

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ  
імені С.З. ГЖИЦЬКОГО**

**Факультет біолого-технологічний  
Кафедра охорони праці  
та технологічного обладнання у тваринництві**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК  
РИБОГОСПОДАРСЬКА  
ГІДРОТЕХНІКА  
З ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗІЇ**

**для здобувачів першого (бакалаврського) і другого (магістерського) освітнього рівня в галузі знань: «Н. Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина» Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького Південного кампусу**



**Львів 2025**

**УДК 626:639.3:528**  
**Б 610**

**Рецензенти:**

**Білонога Ю.Л.** – доктор технічних наук, професор кафедри процесів та апаратів харчової інженерії ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького.

**Пукало П. Я.** – кандидат ветеринарних наук., доцент кафедри водних біоресурсів та аквакультури.

**Ю.П. Білаш, І.Г. Ярошович,  
Б.П. Чайковський, А.О. Бойко**

Б 610 Рибогосподарська гідротехніка з основами геодезії: навчальний посібник / Ю.П. Білаш, І.Г. Ярошович, Б.П. Чайковський, А.О. Бойко. – Львів : ПрАТ «Артсервіс», 2025. – 66 с.

**ISBN 978-617-95475-7-7**

Навчальний посібник затверджений на засіданні кафедри охорони праці та технологічного обладнання у тваринництві, протокол № 18 від 20 червня 2025р.

Навчальний посібник затверджено на засіданні науково-методичної ради факультету біолого-технологічного, протокол № 1 від 29 червня 2025 р.

Навчальний посібник укладено відповідно до робочої програми для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) і другого (магістерського) освітнього рівня в галузі знань: «Н. Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина» Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького Південного кампусу, при офлайн форматі (очне навчання), онлайн (дистанційній) та дуальній формі навчання.

**УДК 626:639.3:528**

© Білаш Ю. П., Ярошович І.Г.,  
Чайковський Б.П., Бойко А. О. 2025

© ЛНУВМБ, 2025

© ПрАТ “Артсервіс”, 2025

**ISBN 978-617-95475-7-7**

# Зміст

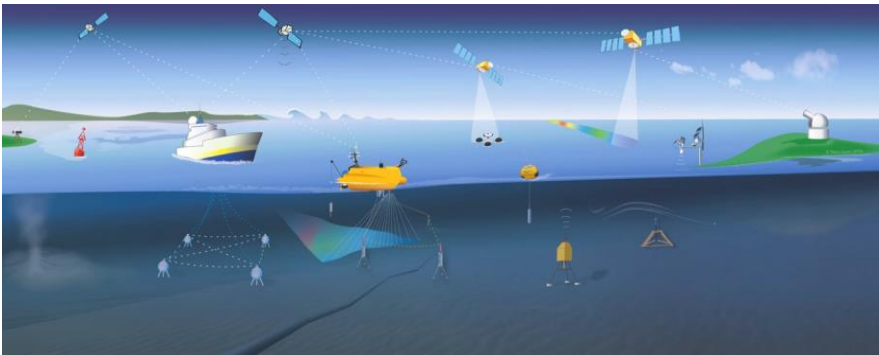
Вступ .....	4
Перелік скорочень та умовних позначень .....	5
1. Предмет інженерної геодезії .....	6
1.1. Геодезична інформація та її представлення .....	9
2. Інженерно-геодезичні роботи на різних стадіях проектування водогосподарських систем та гідротехнічних споруд .....	12
2.1. Короткі відомості про водогосподарські системи і гідротехнічні споруди .....	12
2.2. Гідротехнічні вишукування .....	15
2.3. Геодезичні роботи на різних стадіях проектування гідротехнічних споруд .....	17
3. Водні ресурси України .....	20
<b>Запитання для самоконтролю</b> .....	<b>25</b>
4. Методи геометричних вимірювань. Системи координат в геодезії .....	26
5. Масштаби планів і карт. Точність масштабів .....	27
6. Розграфлення та номенклатура карт і планів .....	31
7. Зміст карт і планів. Рельєф, його зображення .....	37
<b>Запитання для самоконтролю</b> .....	<b>44</b>
8. Вимірювання на картах (планах) елементів просторового положення об'єктів .....	45
9. Оцінка точності виміряних величин. Закон нормального розподілу випадкових величин. ....	46
10. Поняття про нерівноточні вимірювання та їх обробку .....	49
11. Основні принципи оцінки якості геодезичних робіт .....	50
12. Система допусків у будівництві. Вимоги нормативних документів .....	51
13. Проектні побудови на картах (планах) .....	52
14. Визначення площ ділянок земної поверхні .....	59
<b>Запитання для самоконтролю</b> .....	<b>62</b>
Література .....	64

## Вступ

Рибогосподарська гідротехніка є важливою галуззю, що забезпечує ефективне використання водних ресурсів для цілей рибництва, створення сприятливих умов для вирощування риби, а також підтримки екологічної рівноваги у водоймах. Система гідротехнічних споруд дозволяє регулювати гідрологічний режим, забезпечувати оптимальний водообмін, підтримувати необхідний рівень кисню у воді, а також здійснювати захист водойм від забруднення та заростання.

Одним із ключових аспектів проектування та експлуатації гідротехнічних споруд є точне планування і вимірювання територій, що досягається за допомогою геодезичних знань. Основи геодезії забезпечують інженерів необхідними методами визначення координат, висот і площ, що є критично важливими для правильного розташування споруд, прокладання каналів, будівництва дамб, шлюзів та інших елементів гідротехнічної інфраструктури.

У рамках цієї дисципліни розглядаються питання, пов'язані з конструктивними особливостями гідротехнічних споруд для рибного господарства, принципами їх функціонування, методами зйомки, побудови планів місцевості та використання геодезичних приладів. Вивчення даної теми дозволяє закласти ґрунтовні знання для подальшого практичного використання у сфері водного господарства, аквакультури та екологічного менеджменту



## Перелік скорочень та умовних позначень

БВ – берегова відмітка  
ВБ – водозбірний басейн  
ВН – водне навантаження  
ВПр – верхній підпірний рівень  
ГТС – гідротехнічна споруда  
ГВП – гідровузол промислового призначення  
ЗВ – зливовий випуск  
НПр – нормальний підпірний рівень  
ОГТ – огорожувальна гідротехнічна споруда  
РГС – рибогосподарська споруда  
РПВ – рівень повного водосховища  
СП – став-плотина  
ТВ – технічна вода  
УГР – управління гідроресурсами  
ШП – шандорна плита  
ГІС – геоінформаційна система  
ГПК – геодезичний (гідрологічний) пост контролю  
ГТ – геодезичні точки  
ДН – дирекційний напрям  
КВ – контрольна відмітка  
ПП – пункт полігонометрії  
РМ – репер металевий  
ТГ – теодолітна група  
ФР – фіксований репер  
ШГ – шкільний гідрометр  
ДБН – державні будівельні норми  
ДСТУ – державний стандарт України  
СЗ – санітарна зона  
ФГ – фермерське господарство  
ЧГС – час гідротехнічної служби  
м<sup>3</sup>/с – кубічний метр за секунду (одиниця витрати води)  
м – метр  
мм – міліметр  
МГ – міліграм

# 1. Предмет інженерної геодезії

Завданням інженерної геодезії є вивчення та застосування топографо-геодезичних методів робіт в процесі вишукування, проектування, будівництва та експлуатації інженерних споруд. Вона тісно пов'язана з інженерно-будівельною справою, земле-впорядкуванням і використанням природних ресурсів.

Під час *вишукування інженерних споруд і об'єктів* природних ресурсів завданням інженерної геодезії є створення топографічної основи для проектування інженерних споруд і геодезичне забезпечення інших видів вишукувань (інженерно-геологічних, інженерно-гідрологічних та інших).

*При проектуванні інженерних споруд* завданням інженерної геодезії є створення опорної геодезичної основи, планів і профілів відповідних масштабів на конкретні об'єкти, геодезична підготовка проекту для перенесення його в натуру, підрахунки площ і об'ємів.

При *будівництві інженерних споруд* особливе місце займають геодезичні розпланувальні роботи, тобто роботи, які б забезпечили дотримання геометричних параметрів об'єкта, розміщення його відповідно до вимог проектів.

Під час *експлуатації інженерних споруд* виконуються періодичні геодезичні вимірювання для обслуговування технологічних процесів, а також спостереження за деформаціями цих споруд і технологічного обладнання. Результати періодичних спостережень дають можливість виявити не тільки значення деформацій, але і вжити профілактичних заходів для нормальної експлуатації інженерної споруди та технологічного обладнання.

Виходячи з такого широкого діапазону застосування геодезичних методів робіт, їх особливостей та специфіки, точності та методики, *інженерну геодезію умовно можна розділити на такі складові:*

- 1) Топографо-геодезичні вишукування на територіях використання природних ресурсів та будівництва інженерних об'єктів;

- 2) Інженерно-геодезичне проектування;
- 3) Геодезичні розпланувальні роботи;
- 4) Геодезичний контроль за дотриманням технологічних вимог і стабільності положення технологічного обладнання.

Основою для *проектування водогосподарських та гідротехнічних споруд*, що забезпечують використання водних ресурсів є гідрологічні та гідрометричні дослідження, які проводяться в комплексі з інженерно-геодезичними та інженерно-геологічними вишукуваннями. Дані цих досліджень висвітлюють умови, які необхідно врахувати при будівництві та експлуатації цих інженерних об'єктів.

Під час проектування водогосподарських та гідротехнічних споруд вивчають особливості гідрологічного режиму використовуваних водних об'єктів, характер фізико-геологічних процесів, що відбуваються на даній території, а також прогнозують ті зміни які можуть відбутися у навколишньому середовищі в результаті їх будівництва. Для раціонального використання водних ресурсів важливе значення мають прогнози екстремальних проявів у режимах стоку і водності водотоків, а саме: максимальних рівнів і об'ємів води під час паводків і повеней, прогнози льодових явищ – замерзання, скресання криги, характеру льодоходу тощо.

Важливими питаннями, які необхідно розв'язати у водогосподарському та енергетичному будівництві є *оцінка водних запасів і водного балансу конкретних об'єктів (рік, озер, водосховищ)* чи територій, вивчення можливих змін у природних процесах пов'язаних з перерозподілом водних ресурсів, оцінка умов переформування русел рік та берегів водосховищ, прогнозні розрахунки ступеня забруднення природних вод та розроблення гідрологічних засобів їх очищення.

Об'єм і масштаби водогосподарського будівництва визначаються потребами споживачів водних ресурсів. Тому важливим завданням є *розрахунки водного балансу і режимів перерозподілу водних запасів в залежності від природних умов стоку і потреб споживання*. Зростання потреб у гідроресурсах викликає необхідність чіткого обліку кількості та якості води, специфіки споживання, умов використання у технологічних

процесах та характеристик водного кругообігу. Вирішення усіх перелічених завдань неможливе без застосування сучасних методів і засобів вимірювань та обчислень під час вишукувань і проектування інженерних об'єктів. Особливо важливим є використання комп'ютерних технологій і даних дистанційного зондування.

Важливою проблемою, яка виникає перед сучасним суспільством є *раціональне використання природних ресурсів, дотримання балансу у виробництві та споживанні і збереженні задовільного стану довкілля*. Однією із складових на стадії підготовки і розроблення проектів раціонального використання природних ресурсів є забезпечення проектних робіт вихідними даними і матеріалами попередніх інженерних вишукувань. Вихідні дані і матеріали одержують в результаті проведення інженерних вишукувань, серед яких інженерно-геодезичні є найбільш важливими і необхідними, оскільки забезпечують просторову прив'язку об'єктів природних ресурсів та їх елементів, визначення геометричних і фізичних параметрів, якісних і кількісних характеристик. Геодезичні спостереження забезпечують проведення моніторингу за станом і динамікою розвитку природних процесів та стихійних явищ, дають можливість проводити розрахунки для прогнозування змін в природних комплексах та екосистемах.

Таким чином, важливою проблемою геодезичної діяльності, яка охоплює велике коло питань господарсько-економічних відносин і вивчення природних процесів є *геодезичне забезпечення використання природних ресурсів*. Отже, методи інженерно-геодезичних робіт забезпечують вивчення, освоєння та експлуатацію основних видів природних ресурсів. Геодезичні роботи пов'язані з цією діяльністю включають проектування, перенесення проектів в натуру та відведення ділянок у користування чи власність, і роботи пов'язані з використання певного виду ресурсів. Оскільки для проектування необхідний певний набір вихідних матеріалів, зокрема картографо-геодезичних, то виникає необхідність аналізу повноти, детальності і точності вихідних даних. Отже, важливими питаннями є аналіз детальності, повноти інформації і точності вихідних даних.

## 1.1 Геодезична інформація та її представлення

У зв'язку з переходом в Україні до сучасної постіндустріальної економіки і ринкових відносин та розвитку інформаційного суспільства виникає необхідність задоволення у зростаючих обсягах природоресурсною інформацією. Забезпечення такою інформацією без використання геодезичних даних і топографічної інформації, як базових складових геоінформаційних систем, неможливе, оскільки ці дані забезпечують просторову прив'язку всієї природоресурсної інформації.

Найбільш актуальною інформацією, яка забезпечує вимоги пов'язані із новими економічними відносинами, є *інформація про земельні ресурси*, оскільки земля є одним із найважливіших компонентів просторового розміщення промислових та інших об'єктів і невід'ємною частиною нерухомого майна.

Не менш важливе значення має *інформація про водні, лісові та рекреаційні ресурси*, їх розміщення та характеристики.

Використання природних ресурсів земельних, водних, лісових, рекреаційних і інших визначається характером економічних відносин і потребами виробництва, що обумовлюються життєвими потребами суспільства і окремих громад. Об'єкти природних ресурсів включаються в економічний механізм виробництва і суспільного розвитку виходячи із вимог забезпечення життєвим простором, сировиною, продуктами споживання, можливістю задовольнити працю, побут і відпочинок членів суспільства.

Така сукупність вимог передбачає комплексне і водночас раціональне використання природних ресурсів. Тому використання певних об'єктів природних ресурсів здійснюється згідно з проектами, в яких всесторонньо обґрунтовується можливість і доцільність їх використання.

**Проект використання природних ресурсів** – це сукупність документів (розрахунків, креслень, таблиць тощо), в яких наведено проектні рішення щодо форми облаштування території, їх економічного і технічного освоєння та юридичне обґрунтування проектних пропозицій для забезпечення раціонально-

го використання природних ресурсів. Основним документом графічної частини проекту є проектний план, на якому показано розташування житлової забудови, промислових площ, ділянок рекреації, шляхів сполучення, вуличної мережі, меж землекористувань і місце положення запроєктованого об'єкта.

**Суть проектування** полягає в аналітичних розрахунках і графічній побудові з певною точністю економічно обґрунтованих рішень щодо облаштування і використання земельних, лісових, водних та інших площ, місцеположення меж ділянок, що складають територіальну організацію населених пунктів і території поза їх межами. Під час планування населених пунктів і землеустрою їх територій слід добиватись таких проектних рішень, які відповідали б існуючим вимогам щодо збереження довкілля, забезпечили б раціональне використання природних ресурсів.

Показником технічної правильності проекту є точність, яка забезпечується у проектних розрахунках, і точність перенесення в натуру елементів окремих об'єктів. Недостатня точність геодезичних розрахунків і вимірювань можуть призвести до недопустимих похибок в розмірах сторін у формі ділянок і їх площі. Для проведення робіт з використання природних ресурсів потрібні високої якості **картографо-геодезичні матеріали**, які давали б можливість з достатньою повнотою і детальністю відобразити наявну ситуацію. Для цього необхідні заданого масштабу топографічні карти і плани, каталоги координат та інші матеріали, які задовольнили б відповідну точність визначення елементів та характеристик об'єктів природних ресурсів. Наявність великої кількості територіальних одиниць з різними функціональними характеристиками і з високою ціною землі обумовлює підвищені вимоги до точності відображення меж земельних ділянок, визначення їх площ, геометричних та фізико-географічних характеристик.

*Картографо-геодезичні матеріали включають топографічні карти і плани, схеми, креслення та набір текстових документів, таблиць, списків, реєстрів тощо.* Зміст картографо-геодезичних матеріалів визначається сукупністю елементів і складових планів, які є відображенням властивостей природних

об'єктів чи явищ довкілля.

Картографо-геодезичні матеріали використовують для вирішення наступних задач:

- прийняття управлінських рішень на рівні органів влади і комунальних служб;
- виконання графоаналітичних розрахунків для складання проектів використання природних ресурсів;
- виконання проектних розрахунків із обґрунтуванням та удосконаленням технічних рішень щодо розвитку інфраструктури населених пунктів;
- визначення об'ємів мас землі, води, гірських порід у випадку складання проектів будівельних, водогосподарських, мінерально-сировинних об'єктів;
- встановлення і визначення положення меж адміністративно-територіальних одиниць, меж населених пунктів, землеволодінь і землекористувань, ділянок інших природних ресурсів;
- визначення площ земельних ділянок та інших структурно-облікових одиниць;
- складання графічних додатків до правових та управлінських документів;
- планування природоохоронних та санітарно-екологічних заходів тощо.

Планово-картографічні матеріали є просторовим базисом, який забезпечує планово-висотний зв'язок даних про об'єкти і явища довкілля у відповідних системах координат і висот на всіх рівнях представлення. Зміст інформації про природні ресурси відображається на планах, або в базах даних електронних засобів, масштаби яких встановлюються в залежності від співвідношення елементів ситуації, рівня представлення даних і необхідної точності визначень. На топографічних планах інформація зображується умовними знаками, в електронних засобах відповідними кодами і графічними засобами.

Збір та систематизація інформації здійснюється за **об'єктовим принципом**. Дані об'єктового рівня реєструються в процесі знімання в масштабі, що забезпечує наступне створення топографічних планів усіх масштабів і рівнів. Так, згідно з нормативними документами, знімання міст здійснюється в

масштабах 1:500 - 1:1000, сільських населених пунктів – в масштабі 1:2000.

Кількість елементів і характеристик об'єктів, які показують на топографічних планах різні, в залежності від виду і призначення об'єкта. Найбільш насиченими кадастровою інформацією є плани масштабу 1:500, 1:1000. Крім обов'язкових елементів, а саме - межі адміністративно-територіальних та облікових одиниць, елементів гідрографії, вуличної мережі, автодоріг, будівель та споруд, на планах вказують інформацію про інженерні комунікації їх спеціальні характеристики: призначення споруд, матеріали їх виготовлення, їх планове і висотне положення, розміри, пересічення з іншими комунікаціями тощо. Плани масштабів 1:1000- 1:2000 використовуються як базові плани в міських і сільських населених пунктах. В цих масштабах також здійснюють знімання кварталів забудови, будівель і споруд, ділянок вулиць і доріг, інженерних комунікацій, зелених насаджень, рекреаційно-екологічних зон тощо.

## **2. Інженерно-геодезичні роботи на різних стадіях проектування водогосподарських систем та гідротехнічних споруд**

### **2.1. Короткі відомості про водогосподарські системи і гідротехнічні споруди**

Водні ресурси використовуються у різних галузях народного господарства і шляхом їх безпосереднього споживання (водопостачання, сільське господарство), і як елемент технологічного процесу (теплогідроенергетика, видобуток корисних копалин тощо).

Вода є носієм теплової енергії і складовою технологічною процесу електростанцій (ТЕС, АЕС), в гідроенергетиці використовують потенціальну енергію води. Видобуток рудних і нерудних корисних копалин пов'язаний з використанням гідроресурсів для транспортування гідромеханічним способом порід і відходів виробництва, при цьому значні площі займають

гідровідвали, золото- і шлакосховища.

Важливе значення мають транспортні перевезення на внутрішніх водних артеріях, а також на морях і океанах. Інженерне вирішення завдань водопостачання і відведення комунальних та виробничих стоків об'єднується в проблему створення водогосподарських систем. Для раціонального використання та охорони водних ресурсів необхідно налагодити їх розподіл між споживачами. Це неможливо без перерозподілу поверхневого стоку і запасів підземних вод, накопичення водних мас у водосховищах для їх подальшої подачі до споживачів. Ця проблема тісно пов'язана із побудовою меліоративних систем, які призначені для створення сприятливих умов у сільськогосподарському виробництві. Використання гідроресурсів здійснюється шляхом будівництва водогосподарських систем і гідротехнічних споруд. *До водного господарства належать гідроенергетика, іригація (зрошування), осушування, водопостачання, водовідведення, системи розподілу стоку рік тощо.*

**Водогосподарські системи. Водне господарство** - це сукупність водогосподарських, гідромеліоративних систем і гідротехнічних споруд, що забезпечують розподіл водних ресурсів між водоспоживачами шляхом перерозподілу та регулювання стоку, їх раціональне використання, охорону вод під забруднення, очищення промислових та комунальних стоків, захист населених пунктів і сільськогосподарських угідь від небезпечних проявів водної стихії.

До складу водогосподарських систем зараховуємо водозабір, гідровузол, водосховище, канали різного призначення, трубопроводи, меліоративні системи, насосні станції, допоміжні інженерні споруди.

**Водозабірні споруди** призначені для забирання води із водойм чи водотоків з метою задоволення господарських потреб. Вони розташовані на початку, в "голові" водогосподарської системи.

**Споруди які призначені для використання водних ресурсів (гідроресурсів) називаються гідротехнічними.** Гідротехнічні споруди, які призначені для забирання води з водойми чи водотоку для господарських потреб, вироблення електроенергії

на ГЕС, водопостачання населених пунктів і промислових об'єктів, зрошення сільськогосподарських угідь тощо, називаються водозаборами, а водозабори для ГЕС називаються водоприймачами.

За специфікою забору води можна *вирізнити водозабірні споруди з поверхневим (відкритим) і водозабірні споруди з глибинним водозабором*. Водозабори класифікують за такими ознаками:

- за видом джерела водопостачання - річкові, озерні, морські підземні води;
- за місцем розташування на ділянках рік - гірські, передгірні, рівнинні;
- за гідравлічними умовами транспортування води від водозабору - самотічно і з механічною подачею води;
- в залежності від наявності чи відсутності греблі у складі водозабірної гідровузла - безгребельні і гребельні. Безгребельні водозабори можливі, коли рівень води і її витрати достатні для самотічного постачання. Коли ж рівень води у природному руслі не забезпечує виводу необхідної кількості води необхідно споруджувати греблю.

Комплекси водозабірних та інших гідротехнічних споруд утворюють водозабірний гідротехнічний вузол, основними гідротехнічними спорудами якого є водозабірний ківш, насосні станції канали, резервуар-водойма тощо.

**Гідровузли. Сукупність гідротехнічних споруд, які об'єднані певною водогосподарською проблемою, розташовані на обмеженій території, технологічно пов'язані між собою називаються вузлом гідротехнічних споруд, або гідровузлом.**

До складу гідровузлів: належать: гребля залізобетонна із водовипуском, глухі земляні греблі, водосховище, гідроелектростанція (ГЕС), водопропускні та водопровідні споруди, споруди водного транспорту тощо. *Гідротехнічні споруди поділяються на загальні і спеціальні.*

**Гідроспоруди загального призначення** забезпечують створення та підтримку необхідного напору та об'ємів води у верхньому б'єфі, а також сприятливих гідравлічних умов протікання

води. До них зараховуємо водонапірні споруди, греблі, дамби, водоводи - канали, напірні і безнапірні трубопроводи, тунелі, водоскиди - трубчасті, шахтні, траншейні; регуляційні та берегозакріплювальні споруди.

До **спеціальних гідроспоруд** належать силові будівлі ГЕС, споруди водного транспорту, суднохідні шлюзи, лісопропускні і гідромеліоративні споруди тощо. При перегороджуванні ріки греблею рівень води піднімається і у верхньому б'єфі утворюється водосховище, яке забезпечує регулювання стоку - накопичування запасів води в багатоводний період року і розподіл стоку в маловодний сезон.

Транспортування води до споживачів здійснюється каналами і трубопроводами, які бувають *самотічними* і *напірними*. Для створення напору будують насосні станції, які забезпечують підйом води з русла ріки, водозабору чи водосховища на вищі горизонти з метою подальшого її транспортування.

Для регулювання стоку води і приведення річища ріки в придатний для експлуатації стан необхідно спорудити цілий комплекс гідротехнічних регуляційних споруд і здійснити відповідні роботи з метою:

- зменшення впливу глибинної ерозії у верхній течії;
- зменшення впливу бокової ерозії в середній течії;
- зменшення відкладання наносів і впливу явищ, які зв'язані з ними в нижній течії.

До регуляційних споруд належать струмененапрямні дамби, захисні огорожувальні дамби, що призначені для захисту населених пунктів і промислових об'єктів від паводків, загати для закріплення дна, підпірні стінки, фаशि́ни тощо.

Розташування цих та інших споруд залежить від характеру деформацій русла, параметри яких вивчаються геодезичними та гідрологічними методами.

## **2.2. Гідротехнічні вишукування**

Створення всіх інженерних споруд здійснюється в два етапи: **проектування та будівництво. Вишукування і проектування** - початок будівництва, коли визначаються якісні характери-

стики майбутньої споруди її функціональні особливості, експлуатаційні якості, довговічність, архітектурні форми тощо. Інженерні споруди неможливо проектувати, не вивчивши природні та економічні умови району будівництва. Тому процесу проектування передують **вишукування**, об'єми і склад яких визначаються типом інженерної споруди, характером місцевості, природними умовами тощо.

Вишукування поділяються на **економічні** та **інженерні**. До основних видів інженерних вишукувань належать: геодезичні, інженерно-геологічні та інженерно-гідрометеорологічні. Під час проектування водогосподарських систем і гідротехнічних споруд вишукування проводяться комплексно і називаються **гідротехнічними**.

**Гідротехнічні вишукування** -- це сукупність польових, камеральних і лабораторних робіт, які виконуються з метою одержати матеріали, що необхідні для підготовки проектів використання водних ресурсів і будівництва гідротехнічних споруд, а також розробки заходів щодо зменшення шкідливого впливу водної стихії. Проект повинен передбачати комплексне використання гідроресурсів.

Залежно від характеру об'єкта і його призначення у комплексах гідротехнічних досліджень можна виділити такі різновиди вишукувань:

- водноенергетичні вишукування - для проектування і будівництва гідровузлів та гідроелектростанцій;
- меліоративні вишукування - для проектування і будівництва водно-меліоративних систем зрошення і осушення;
- воднотранспортні вишукування - для проектування і будівництва споруд водного транспорту та покращення умов судноплавання;
- вишукування для водопостачання комунальних і промислових об'єктів та відведення стоків;
- вишукування для промислового і гірничого виробництва - водосховищ, ставів охолоджувачів, хвостосховищ, гідро-, шлако-золівідвалів тощо.

До гідротехнічних вишукувань входять геодезичні, топографічні, промірні, гідрологічні, гідрометеорологічні, гідргеологі-

чні та інші роботи.

Геодезичні роботи спрямовані на створення опорної планової і висотної мережі. Під час топографічних і промірних робіт здійснюють знімання суші і водних об'єктів, картографування берегової та руслової ситуації.

У процесі гідрологічних робіт досліджують режим водотоків та водойм: рівні води, швидкість течії, витрати води, рух наносів, переформування руслової ситуації тощо, а під час гідрогеологічних робіт - вивчають режим та склад підземних вод. Крім того, у процесі метеорологічних досліджень вивчають погоду і клімат району робіт, кількість опадів, напрям і силу вітру тощо.

Причому у гідротехнічних вишукуваннях геодезичні, топографічні, гідрологічні та інші роботи виконуються комплексно для складання проектів та висвітлення всіх аспектів будівництва.

Основними матеріалами, які створюються в процесі польових та камеральних робіт є каталоги координат і висот опорних пунктів, топографічні і гідрографічні плани різних масштабів, повздовжні і поперечні профілі водотоків та лінійних споруд, дані про морфологічні та гідрологічні характеристики водних об'єктів, карти виходу підземних вод, геологічні плани, структурні розрізи геологічного середовища тощо.

### **2.3. Геодезичні роботи на різних стадіях проектування гідротехнічних споруд**

Проект — це комплексне інженерне, архітектурне, конструкторське, об'ємно-планувальне і технологічне рішення, що враховує конкретні умови експлуатації і забезпечує нормальне функціонування об'єктів будівництва відповідності з їх призначенням. Згідно з нормативними документами розроблення проектно-кошторисної документації проводиться однією (проект із розрахунками кошторисної вартості) або двома стадіями.

Типові нескладні проекти розробляються однією, а нові індивідуальні проекти, а також проекти великих виробничих комплексів, що мають регіональне або державне значення - двома стадіями.

Двостадійне проектування включає складання технічного проекту і виготовлення робочої документації, а перед всім процесом проектування розробляється техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) - допроектний документ, в якому обґрунтовується доцільність і можливість будівництва даного об'єкту. У залежності від стадії проектування виконуються відповідні види і об'єми робіт для певного конкретною об'єкту.

Для складання ТЕО послуговуються наявними картографо-геодезичними, геологічними та іншими матеріалами. Щоб проєктувати гідровузли необхідно вивчити режим певної ділянки ріки.

На топографічній карті і поздовжньому профілі водотоку позначають місця розташування ГЕС, розраховують висоти нормальних підпірних рівнів та основні параметри ГЕС, визначають положення водосховищ, площі затоплення, об'єми води.

Для цих проектних розрахунків необхідний поздовжній профіль ріки в масштабах 1:500000 - 1:100000 - для великих рік і 1:100000 – 1:50000 для малих рік. Межі затоплень та об'єми води у водосховищах визначають на топокартах у масштабах 1:100000 – 1:25000. Для проекту компонування споруд гідровузла використовують плани і аерофотознімки масштабів 1:10000- 1:5000.

Техніко-економічне обґрунтування проекту каналу здійснюють з використанням карт масштабів 1:100000 на весь район будівництва і карт масштабів 1:25000 - для смуги місцевості шириною 2-3 км вздовж траси каналу. При тому використовують також поздовжні профілі рік, дані про планово-висотну основу, аерофотознімки та інші матеріали. Аналогічні проектні розробки для гідровідвалів, золошлаковідвалів, шлакосховищ здійснюють на таких самих топографічних картах (масштаб 1:100000 1:25000). Необхідні також геологічні карти, матеріали гідрологічних вишукувань, аерофотознімки тощо.

Найбільший об'єм вишукувань виконують під час допроектних робіт - для складання технічного проекту. Під час проектування гідровузлів створюють планово-висотну основу, проводять топографічні знімання та промірні роботи, складають поздовжні та поперечні профілі рік. Відповідно до цього для проектуван-

ня гребель, дамб необхідні карти і плани в масштабах 1:10000 – 1: 5000, а водосховищ, хвостосховищ, водоводів, регуляційних споруд - карти масштабів 1:10000, 1:5000, 1:2000, залежно від величини ділянки будівництва. На цих картографічних матеріалах визначають площі затоплення і об'єми водних мас водосховищ, положення захисних дамб, підпірних стінок, дренажних систем, причалів, пристаней. Винесення в натуру проектних контурів водосховищ, хвостосховищ тощо, відведення земель під затоплення і заповнення проводять після закінчення технічного проекту.

Дещо по іншому підходять до проектування каналів (магістральних, воднотранспортних), для яких створюють планово-висотну основу, виконують знімання смуги каналу шириною 1-2 км в масштабі 1:10000 -1:5000 з перерізом рельєфу 2-1 м для вибору оптимального варіанту траси каналу. Під час проектування траси каналу в складних умовах, на ділянках річищ рік, де проходить канал, а також для розвідування родовищ будівельних матеріалів створюють топографічні плани в масштабі 1:2000 з перерізом рельєфу 0,5 – 1 м. Складання повздовжніх та поперечних профілів траси каналу виконують камерально на одержаних топографічних матеріалах.

На стадії робочих креслень виконують такі вишукування. На гідровузлах здійснюють винесення в натуру осей греблі і земляних дамб, виконують топографічні знімання в масштабах

1: 1000 -1:500 з перерізом рельєфу  $h = 0,5-1,0$  м. Для складання генплану ГЕС, розміщення комунікацій, електричного обладнання, ліній електропередач, готують розпланувальні креслення осей котлованів, гребель, дамб, фундаментів, створюють розпланувальну планово-висотну основу.

На водосховищах, хвостосховищах і інших спорудах виконують роботи для перенесення в натуру проектного контура, складають креслення гідроспоруд (шлюзів, пристаней), готують розпланувальні креслення осей дамб, гребель, підпірних стінок, дренажних систем тощо.

Для проектування каналів виконують перенесення траси в натуру і польове трасування осі каналу. Здійснюють голографічні знімання в масштабах 1:2000 – 1:1000 з перерізом рельєфу 1,0 -

0,5 м для проектування траси каналу в складних місцях, а також будівельних майданчиків під селища, бетонних заводів, ремонтно-механічних заводів.

Після закінчення проектних розробок винесені в натуру гідротехнічні споруди передають гідробудівельникам для їх будівництва.

### 3. Водні ресурси України

Водні ресурси використовуються в різних галузях народного господарства як шляхом їх безпосереднього споживання (водопостачання, сільське господарство), так і як елемент технологічного процесу (тепло - і гідроенергетика, видобуток корисних копалин тощо). Вода відіграє важливу роль у розвитку живих організмів та у процесах, що відбуваються в навколишньому середовищі. Водні ресурси формуються за рахунок поверхневих і підземних вод.

**Атмосферні опади.** В природі спостерігається безперервний водообіг. Під впливом сонячної радіації з поверхні океанів відбувається випаровування води в атмосферу. Частина водяної пари повертається знову в океан, решта переноситься на материки, де випадає у вигляді опадів. Атмосферні опади на суші частково проникають в ґрунт, утворюючи підземні води, інша частина стікає по земній поверхні, утворюючи струмки та ріки, а решта – знову випаровується.

За рік на Україні випадає, в середньому, 610 мм опадів, що складає  $366 \text{ км}^3$  води, з яких  $310 \text{ км}^3$  випаровуються, а решта акумулюється у вигляді поверхневого стоку і частково інфільтрує в товщу ґрунтів. На території України атмосферні опади випадають нерівномірно. Найбільше опадів випадає в Карпатах (800-1000 мм за рік), менше на Поліссі (600-800 мм) та в західному лісостепу (600-700 мм) і найменше в центральному і південному степу (350-500 мм).

**Густота річкової мережі в Україні.** Регіональні особливості рельєфу і клімату в Україні обумовили різницю в густоті річкової мережі. Найбільша густота в Карпатах і Закарпатті – 1,5 км на  $1 \text{ км}^2$  території, в Передкарпатті – 0,75 км на  $1 \text{ км}^2$ . На

решті території України середня густина річкової мережі становить 0,2-0,5 км на 1 км<sup>2</sup>.

Водні ресурси країни формуються за рахунок поверхневих і підземних вод. Основна частина потреб у воді народного господарства і водопостачання населення задовольняється водами поверхневого стоку рік. Основні об'єми поверхневого стоку – це води великих і середніх рік.

**Ріки.** На території України нараховується близько 73 тисячі річок. З них понад 94 % – це малі річки довжиною до 10 км. Тільки понад 100 рік мають довжину більше 100 км, води яких складають основні об'єми поверхневого стоку.

Більшість рік належать до басейнів Чорного і Азовського моря, незначна частина рік тече в Балтійське море. Загальний об'єм річкового стоку в Україні становить 210 км<sup>3</sup>, з них 30 км<sup>3</sup> – транзитний стік.

Найбільшими ріками, що протікають територією України є: Дунай, Дніпро, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець, Західний Буг та інші.

Ріка Дунай, друга після Волги ріка Європи, територією України протікає 175 км, в нижній частині русла. Загальна її довжина становить 2960 км, площа басейну – 817 тис. км<sup>2</sup>, середньорічний об'єм стоку – 123 км<sup>3</sup>. Притоками Дунаю, що течуть територією України, є ріки Тиса і Прут.

Найбільшою водною артерією нашої країни є Дніпро – третя за величиною (після Волги і Дунаю) ріка Європи. Довжина Дніпра складає – 2280 км, в межах України – 1120 км, загальна площа басейну – 518,5 тис. км<sup>2</sup>., на території нашої держави – 393 тис. км<sup>2</sup>., середньорічний об'єм стоку становить 53,5 км<sup>3</sup>. Найбільшими притоками Дніпра є ріки Прип'ять, Десна, Ворскла, Сула, Рось та інші.

Ріка Дністер, довжиною 1382 км (в межах України – 705 км) з площею басейну 72,1 тис. км<sup>2</sup> і середньорічним об'ємом стоку – 8,7 км<sup>3</sup>. Основні притоки Дністра – ріки Стрий, Бистриця, Лімниця, Тисмениця, Верещиця, Свіча, Збруч, Смотрич та інші.

На схід від Дністра тече ріка Південний Буг, що бере початок на вододілі Случа і Збруча, довжиною близько 800 км, площа басейну понад 18 тис. км<sup>2</sup>, об'єм стоку – 3,4 км<sup>3</sup>.

На крайньому сході протікає притока Дону – Сіверський Донець, протяжність в межах України – 950 км, площа басейну – понад 24 тис км<sup>2</sup>, об'єм стоку – 5 км<sup>3</sup>.

**Природні і штучні водойми.** До водних ресурсів, крім стоку річок, входять води природних і штучних водойм. На Україні нараховується близько 700 природних озер, з них 30 площею понад 10 км<sup>2</sup>. Загальна площа водної поверхні озер становить 6172 км<sup>2</sup>, сумарний об'єм води – 96,9 млн. м<sup>3</sup>. Крім озер, на Україні є 22,3 тис. ставків, загальною площею 1,7 тис. км<sup>2</sup> і об'ємом води 2,5 км<sup>3</sup>.

Серед найбільших озер можна назвати Шацькі озера: Світязь, площею 27,0 км<sup>2</sup>, Пулемецьке – площа – 16,3 км<sup>2</sup>, Турське на Поліссі, площа – 13,5 км<sup>2</sup>. Великі озера знаходяться в пониззі Дунаю: Ялпуг, площа – 149 км<sup>2</sup>, Кагул – 90 км<sup>2</sup>, Кугурлуй – 82 км<sup>2</sup>, Катлабух – 68 км<sup>2</sup>, Китай – 60 км<sup>2</sup>. На узбережжі Чорного моря, розташовані озера Сасик, площею 210 км<sup>2</sup> і Алібей, площа – 72 км кв. На Кримському півострові знаходяться озера Сасик площею 76,3 км<sup>2</sup> і Донузлав – 48,2 км<sup>2</sup>.

**Водосховища.** Для акумуляції запасів води і їх перерозподілу на великих ріках було споруджено водосховища. Так на Дніпрі побудовано каскад із шести водосховищ загальною площею 6898 км<sup>2</sup>, загальний об'єм води – 43,8 км<sup>3</sup>, корисний об'єм – 18,4 км<sup>3</sup>. Зокрема: Київське – площею 922 км<sup>2</sup>, Канівське – 582 км<sup>2</sup>, Кременчуцьке – 2252 км<sup>2</sup>, Дніпродзержинське – 567 км<sup>2</sup>, Дніпровське – 410 км<sup>2</sup>, Каховське – 2155 км<sup>2</sup>. На Дністрі споруджено Дністровське водосховище площею 142 км<sup>2</sup>, на Сіверському Дінці – Печенізьке – 86,2 км<sup>2</sup>, на р. Оскол – Червонооскольське – 123 км<sup>2</sup>. На більшості середніх рік також побудовано ряд водосховищ, зокрема, на Ворсклі, Росі, Гірському Тикичі, Горині, Серегі, Ужі, Збручі, Смотричі та ін., всього понад 230, загальною площею 740 км<sup>2</sup>.

**Підземні води.** Важливе значення у водогосподарському балансі, крім поверхневих, мають підземні води. Вони містяться у верхній частині земної кори і поповнюються за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Глибина залягання підземних вод залежить від геологічної будови верхньої частини земної кори і змінюється від 1 до 150 м. Основні запаси підземних вод зосе-

реджені в західній і північній частині країни.

За деякими даними запаси підземних вод в Україні складають 18,6 км<sup>3</sup>, з яких 2,9 км<sup>3</sup> зосереджено на Поліссі, 7,1 км<sup>3</sup> – в Лісостепу, 1,8 км<sup>3</sup> – у степу, 6,48 км<sup>3</sup> – у Карпатах і лише 0,25 км<sup>3</sup> в Криму.

**Споживачами прісної води** є промисловість, комунальні господарства населених пунктів, сільське господарство. Можливості забезпечення чистою питтєвою водою в північних областях в 2-3 рази більші ніж у південних. Найкраще забезпечені питтєвою водою Волинська, Рівненська, Чернігівська, Сумська, північні райони Київської та Полтавської областей. За останні 15 років споживання свіжої води в Україні скоротилось втричі.

У промислово розвинених регіонах Придніпров'я і Донбасу якість питтєвої води невисока через забруднення поверхневих вод промисловими стоками, від яких спостерігаються забруднення і підземних вод. В степовому Криму підземні води забруднені майже на 40% усієї площі, що призвело до закриття семи водозаборів. Забруднення поверхневих вод відбувається внаслідок скидання у природні водні мережі недостатньо очищених, або неочищених стоків. Так в 2003 р. по країні відведено близько 3 млн. м<sup>3</sup> забруднених вод, в тому числі неочищених – 0,8 млн. м<sup>3</sup>.

В Україні сформувався потужний водогосподарський комплекс, метою діяльності якого є водозабезпечення населення і всіх об'єктів господарювання, охорона поверхневих і підземних вод від забруднення і виснаження джерел водопостачання.

**Екологічна безпека водних екосистем.** Важливим природним ресурсом є вода, тому надзвичайно серйозне значення має екологічна безпека водних екосистем. Кількість і якість води, що обумовлюється густотою річкової мережі, розміщенням водойм, запасами і глибиною залягання ґрунтових вод, станом водних екосистем, формує середовище для проживання людей та їх виробничої діяльності.

Значні навантаження на водні екосистеми, великі об'єми забору і споживання води викликані високою урбанізацією, екстенсивним розвитком комунального господарства, надмірною концентрацією промислового виробництва, зрошувальною ме-

ліорацією тощо. Спостерігається значна нерівномірність споживання води. Найбільше води використовують у Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Київській, Херсонській та інших південних областях. В той же час, споживання свіжої води в маловодних регіонах країни значно менше середніх значень по країні. Незважаючи на створення потужних водогосподарських систем, зокрема, будівництво великих водосховищ з метою акумуляції і перерозподілу поверхневого стоку, прокладання магістральних каналів для транспортування води у маловодні регіони і покращення їх водопостачання, залишається багато невирішених проблем. Основними проблемами які серйозно впливають на екологічну безпеку є: дисбаланс між потребами у воді та її природними запасами, загальний дефіцит якої становить понад 10 км<sup>3</sup>; забір води значно перевищує максимально допустимі рівні, що зумовлює виснаження водних екосистем; забруднення поверхневих і підземних вод комунальними і промисловими стоками; деградація і руйнація штучних та природних водойм і водотоків.

Водні ресурси, що використовуються у технологічних процесах різних галузей промисловості, знову повертаються у природні водні об'єкти. В процесі використання у технологічних процесах вода забруднюється різними хімічними речовинами. У промислових стоках, які скидають у ріки і водойми, в значних концентраціях наявні нафтопродукти, аміак, фенол, сполуки важких металів, радіоактивні елементи тощо. Об'єми забруднених стічних вод, які попадають у поверхневі води досягають 5 км<sup>3</sup>. Найбільш забруднені ріки Дніпро з притоками, Західний Буг, Сіверський Донець. Рівень забрудненості цих та інших річок перевищує гранично допустимі норми у 5-7 раз, а по деяких інгредієнтах і в 10 разів.

Певний негативний вплив на екологічний стан водотоків і водойм мають поверхневий стік із сільськогосподарських угідь та скидні води меліоративних систем. Води, які попадають у водні екосистеми з полів та меліоративних систем, містять в собі значну концентрацію нітратів, пестицидів, гербіцидів та інших сполук.

## Запитання для самоконтролю

1. Які задачі вирішуються інженерною геодезією?
2. На які складові розділяється інженерна геодезія?
3. Які проблеми вивчаються під час проектування водогосподарських та гідротехнічних споруд?
4. В чому суть геодезичного забезпечення використання природних ресурсів?
5. Роль інженерної геодезії в забезпеченні природо-ресурсною інформацією?
6. В чому суть проектування використання природних ресурсів?
7. Як визначається масштаб знімання об'єктів для виконання їх планів?
8. Які об'єкти відносяться до водного господарства?
9. Які споруди називаються гідротехнічними?
10. За якими ознаками класифікують водозабори?
11. Що таке гідровузли?
12. На які групи поділяються гідроспоруди?
13. В скільки і які етапи здійснюється створення всіх інженерних споруд?
14. В чому суть гідротехнічних вишукувань?
15. На які групи діляться вишукування?
16. Які є різновиди вишукувань?
17. Що таке проект?
18. В чому суть двостадійного проектування?
19. З яких основних етапів складається проектування?
20. Які особливості водообігу в регіонах України?
21. Дати характеристику річкової мережі України.
22. Дати характеристику природних і штучних водойм України.
23. Дати характеристику підземних вод України.
24. Які основні споживачі води в Україні і як вони нею забезпечуються?
25. Які проблеми водних екосистем впливають на екологічну безпеку України?
26. Які картографо-геодезичні матеріали потрібні для проведення природоресурсних робіт?
27. Для вирішення яких задач потрібні картографо-геодезичні матеріали?

## **4. 'Методи геометричних вимірювань. Системи координат в геодезії**

Визначення геодезії як науки про вимірювання на земній поверхні, математичної обробки результатів вимірювань і оцінки їх точності.

Геодезія - наука про методи визначення фігури і розмірів Землі, зображення земної поверхні на планах і картах і точних вимірювань на місцевості, пов'язаних з розв'язанням різних наукових і практичних завдань.

Виділяють вищу геодезію (вивчає фігуру, розміри і гравітаційне поле Землі, а також теорію й методи побудови опорної геодезичної мережі), топографію та прикладну геодезію (використання методів і техніки геодезії для розв'язання спеціальних вимірювальних завдань у різних галузях господарства).

Завдання геодезії: визначення форми і розмірів Землі та її зовнішнього гравітаційного поля - основна наукова задача; побудова опорної геодезичної мережі на всій території країни - основна науково-технічна задача; картографування земної поверхні (карти і плани); забезпечення геодезичними даними всіх видів будівництва.

Наукові дисципліни геодезії: вища геодезія; фізична геодезія; космічна геодезія; радіогеодезія; аерофотогеодезія; картографія; топографія; інженерна геодезія.

Завдання інженерної геодезії:

- 1) На стадії інженерно-будівельних пошуків: складання топографічних планів будівельних ділянок; складання поздовжніх профілів лінійних споруд; узгодження питань щодо відведення земель, забезпечення будівництва електроенергією, водою, газом і т.п.
- 2) На стадії проектування: складання плану вертикального планування (розрахунок картограми земляних робіт); підготовка даних для перенесення проекту на місцевість (складання креслення розпланування); побудова розбивочної основи.

- 3) На стадії будівництва: розбивка і закріплення на місцевості основних, проміжних і монтажних осей; винос проектних відміток на монтажні горизонти; контроль геометричної точності будівельно-монтажних робіт; виконавчі зйомки.
- 4) На стадії експлуатації: визначення деформацій інженерних споруд.

## 5. Масштаби планів і карт. Точність масштабів

Зображення фізичної поверхні Землі на горизонтальній площині (на папері) є складним, оскільки в дійсності — це тривимірна (об'ємна) система, яка на площині має зображуватися двовимірною. Зображення просторового об'єкту опусканням перпендикулярів з характерних його точок на площину називається ортогональною проекцією.

В геодезії точки фізичної поверхні Землі умовно проєктують на її рівневу поверхню, а тому положення точки в просторі визначається її абсолютною висотою і координатами на рівневій поверхні.

При інженерних роботах, як правило, необхідно знати не довжину самої лінії, а її горизонтальне прокладання, тобто довжину проєкції цієї лінії на горизонтальну площину. При цьому звичайно виникають незначні похибки, якими можна нехтувати. Вважаємо, що ортогональна проєкція ділянки поверхні Землі розміром близько  $400 \text{ км}^2$ , перенесена на план, похибок практично немає. В зв'язку з цим і з метою практичного використання результати геодезичних вимірювань домовилися показувати на планах і картах.

**Топографічним планом** називають зменшене і подібне зображення на папері (горизонтальній проєкції) відносно малих ділянок поверхні Землі з надто малими похибками, якими при вирішенні інженерних завдань можна знехтувати.

**Карта** – це зменшене, узагальнене зображення земної поверхні, побудоване на площині в певній картографічній проєкції та системі умовних знаків, на якій відображена сукупність основних елементів місцевості.

**Топографічною картою** називають зменшене зображення всієї поверхні Землі або значної її частини на горизонтальній площині, побудоване за певними математичними законами. Карта має похибки і вони тим більші, чим менший масштаб карти.

**Цифрові (електронні) карти** призначенні для виконання автоматичних (автоматизованих) розрахунків за допомогою відповідного апаратного, програмного та інформаційного забезпечення, вони не дають змоги працювати з ними безпосередньо користувачу – людині без зазначених засобів.

Тверді копії (тиражні відбитки) карт виконані на папері, пластику, тканині, тощо та оптимізовані для роботи з ними виконавцем-людиною.

Цифрові (електронні) карти та тверді копії (паперові тиражні відбитки) карт (надалі- карти) за змістом поділяються на:

- загальногеографічні;
- спеціальні.

На загальногеографічних картах всі елементи місцевості відображають з однаковою повнотою, яка залежить від масштабу карти.

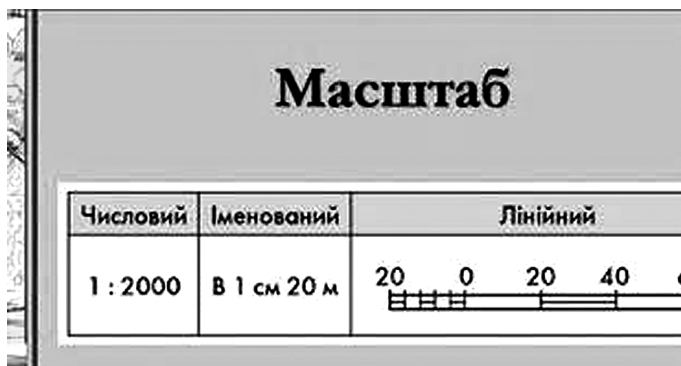
На спеціальних картах відображають окремі елементи місцевості або наносять, вдруковують необхідні додаткові дані, ненаведені на загальногеографічних картах.

**Топографічні карти України** – це загальногеографічні карти універсального призначення, за допомогою яких можна визначити планове та висотне місце розташування точок земної поверхні. До топографічних карт, які використовують належать карти масштабів **1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000**.

**Масштабом** називається ступінь зменшення горизонтальних проєкцій ліній місцевості на планах і картах. При обробці й зображенні результатів топографічних зйомок користуються масштабами різних видів — чисельним, лінійним, поперечним (рис.1).

**Чисельний масштаб** показують у вигляді правильного дробу, чисельник якого дорівнює одиниці, а зна-

менник - деякому цілому числу, яке показує у скільки разів відстань між двома точками зменшена порівняно з відповідним горизонтальним прокладанням цієї лінії на місцевості (1/500 і 1 : 500, 1/10000 і 1 : 10000 тощо).



**Рис.1. Масштаби**  
*а – чисельний; б – лінійний; в - поперечний*

При порівнянні між собою чисельних масштабів вживають терміни менший і крупніший. При цьому слід пам'ятати, що чим менший знаменник масштабу, тим він крупніший, а відповідно і точніший.

Для більш зручного користування чисельний масштаб записують у вигляді іменованого масштабу, наприклад: в 1 см 5 м.

" показують у вигляді прямої лінії або двох паралельних ліній довільної довжини (8— 10 см) з поділками на рівні відрізки. Довжина одного відрізка називається основою масштабу.

Відрізку відповідає визначена кількість метрів на горизонтальному прокладанні лінії. Для більшої зручності при користуванні цим масштабом його лівий крайній відрізок (рис.2.1.) розділений на короткі відрізки, які, як правило, відповідають десятій частині основи масштабу.

**Поперечний масштаб** застосовують при виконанні найточніших вимірювань довжини ліній на карті і плані.

Поперечний масштаб гравірують на спеціальних металевих лінійках, які називають **масштабними**, або на геодезичних транспортирах, виготовлених з металу (найчастіше з рафінованої міді) або поліметалів, які не піддаються корозії. Цей масштаб дозволяє вимірювати відстані з точністю ціни найменшої поділки і якщо ця найменша поділка відповідає 1/100 частині основи масштабу, то масштаб називається сотенним, або нормальним.

Вплив масштабу на зміст планів і карт настільки значний, що їх домовились класифікувати за масштабами.

Кarti виготовлені в масштабі 1:200000 і більше (1:100000, 1:50000 й інші) називаються **великомасштабними**. Кarti, виготовлені в масштабах від 1:200000 до 1:1000000, називаються **середньомасштабними**, а карти, масштаб яких менший за 1:1000000 (1:500000, 1:1000000 й інші) — **дрібномасштабними**.

Плани теж класифікують за масштабами. Плани, виготовлені в масштабі 1 : 5000 і більше (1 : 1000, 1 : 500 й інші), називаються **великомасштабними**. Плани, виготовлені в масштабах від 1:5000 до 1:10000 називаються **середньомасштабними**, а плани, виготовлені в масштабах менших за 1:10000,— **дрібномасштабними**.

Великомасштабні топографічні карти із зображеними на них контурами і рельєфом поверхні Землі майже не відрізняються від дрібномасштабних планів і несуть велику інформацію. Ними користуються як і планами.

На картах і планах більшого масштабу можна детальніше зобразити об'єкти, за допомогою їх точніше і якісніше вирішувати поставлені завдання будівництва.

Застосування того або іншого масштабу визначається призначенням топографічної карти або плану, характером ситуації на даній місцевості та техніко-економічними показниками. Вибір масштабу топографічної карти або плану регламентується обов'язковим для всіх організацій, підприємств і установ незалежно від їх відомчої підпорядкованості Положенням, яке містить назву проекту або окреме проектне рішення і відповідно до них масштаби карт або планів. Наприклад, проекти і

робочу документацію за будови мікрорайонів або окремих об'єктів висотою до п'яти поверхів складають на планах масштабу 1:1000, більше п'яти поверхів — на планах масштабу 1:500, розміщення технологічно пов'язаних між собою підрозділів підприємства — на планах масштабу 1:200 — 1:100, розміщення технологічного обладнання на підприємствах — на планах масштабу 1:100 — 1:625 і більше.

Вважається, що людина з добрим зором розрізняє на папері (на карті або плані) точку від голки ніжки вимірювача, діаметр якої дорівнює 0,1 мм. Це послугувало основою для твердження, що горизонтальна відстань на місцевості, яка відповідає в даному масштабі відрізка довжиною 0,1 мм на карті або плані, називається **точністю масштабу**.

Наприклад, для плану, виконаному в масштабі 1:200, точність масштабу становитиме 2 см ( $0,1 \times 200 = 0,02 \text{ м} = 2 \text{ см}$ ), а для плану масштабу 1:1000 — 10 см ( $0,1 \times 1000 = 0,1 \text{ м} = 10 \text{ см}$ ).

## **6. Розграфлення та номенклатура карт та планів**

Призначення карт і планів настільки широке, що можна стверджувати, що немає такої галузі виробництва, де б не користувалися картою або планом.

Географічні карти, які відображають Землю в цілому або окремі її значні за площею частини за тією інформацією, яку вони несуть, поділяються на загальногеографічні — універсального призначення (гідрографія, рельєф, населені пункти, шляхи сполучення тощо) і тематичні, на яких, наприклад, максимум інформації приділяється одному з елементів, а решта або деякі з них подаються як допоміжні.

За своїм призначенням карти можуть бути довідкові, туристичні, військові, адміністративні, навчальні тощо.

Загальногеографічні карти, виконані в масштабі 1:10000, називаються **топографічними картами**. Всі ці карти (крім карт масштабу 1:1000000) виконуються в рівнокутній

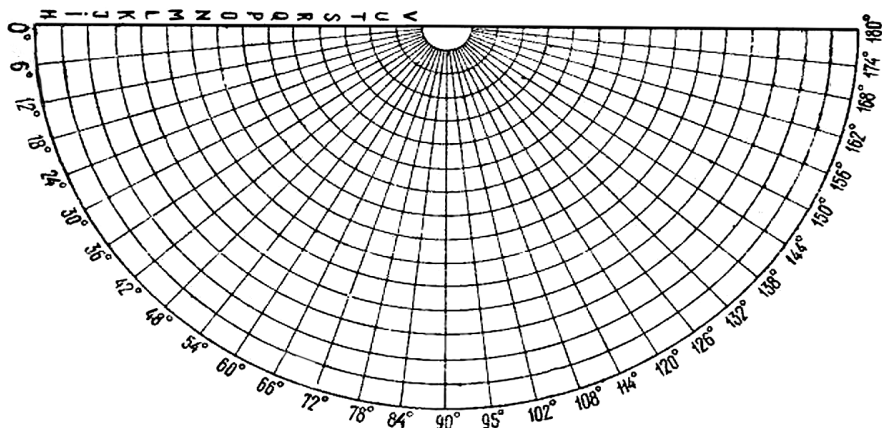
**проекції Гауса**, де вся поверхня Землі зображується на багатьох листах паперу.

Для зручності користування картою розміри одного листа становлять приблизно  $0,20—0,25 \text{ м}^2$ , тобто квадрат із стороною  $40—50 \text{ см}$ . Межами листа карти, які створюють його рамку, є паралелі і меридіани. В основі розграфлення і номенклатури топографічних карт, тобто системи поділу карт на окремі листи та їх позначення, лежить карта масштабу

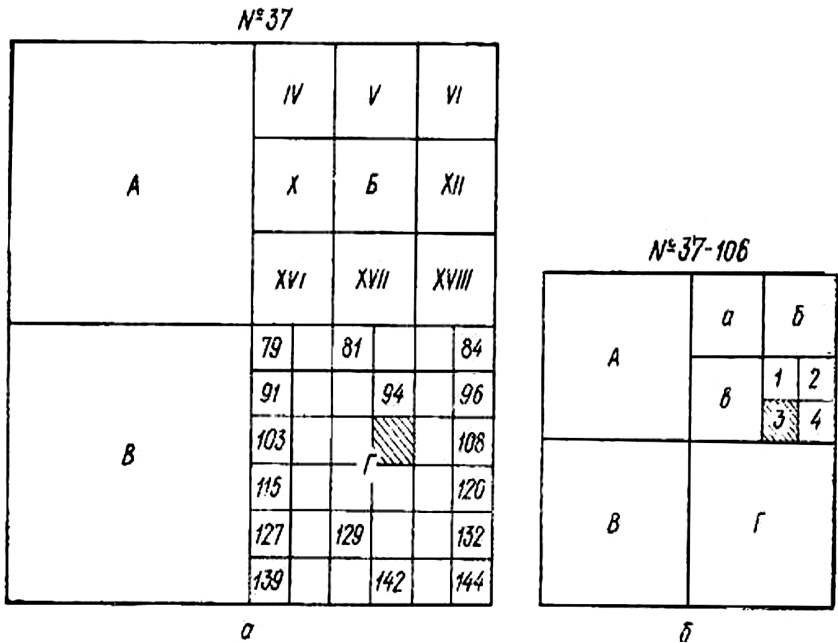
$1:1000000$ . Листи цієї карти по паралелях створюють чотириградусні ряди, а по меридіанах — шестиградусні колони. Ряди позначаються великими літерами латинського алфавіту, починаючи з букви *A* від екватора, а колони — арабськими цифрами з нумеруванням із заходу на схід (рис. 2).

Номенклатура листа карти  $1:1000000$  поділяється на чотири листи карти масштабу  $1:500000$  з позначенням *A, B, B, Г* (рис.3, а), на 36 листів карти масштабу  $1:200000$ , які нумерують римськими цифрами I, II III IV, ..., XXXVI, на 144 листи карти масштабу  $1:100000$ , які позначаються арабськими цифрами 1, 2, 3, 4, ..., 144.

Лист масштабу  $1:100000$  розділяється меридіанами і паралелями на чотири листи з позначеннями *A B, B, Г* карти масштабу  $1:50000$  (рис.3,б).



*Рис.2. Схема нарізання листів карти масштабу  $1:1000000$*



**Рис.3. Номенклатура листів карт (заштриховані трапеції):**  
*a* – листа карти № 37-106 (1:100 000);  
*б* – листа карти № 37-106-Б-г-3 (1:10 000)

Кожен лист карти масштабу 1 :50 000 поділяється на чотири листи карти масштабу 1 : 25 000, які позначаються малими буквами *a*, *б*, *в*, *г*, а кожний лист карти цього масштабу, в свою чергу, поділяється на чотири листи карти масштабу 1 : 10000, які позначаються цифрами 1, 2, 3, 4. Зразок номенклатури карт зазначених масштабів наведений у табл.1.

Таблиця 1

**Зразок номенклатури карт на район М-36**

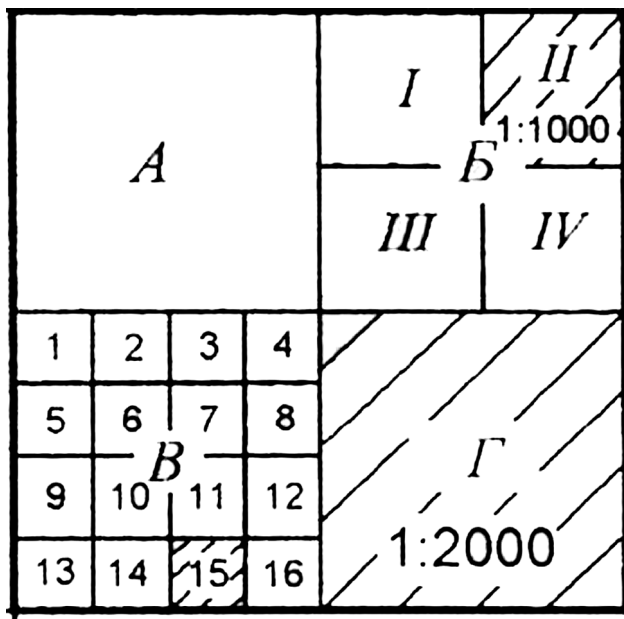
Маштаб	Номенклатура	Розміри рамок карт	
		Довгота	Широта
1:1000000	М-36	6°	4°
1:500000	М-36-А	3°	2°

1:200000	М-36-XI	60'	40'
1:100000	М-36-142	30'	20'
1:50000	М-36-142-А	15'	10'
1:25000	М-36-142-Б-а	7' 30"	5'
1:10000	М-36-142-Б-2-4	3' 45"	2' 30"
1:5000	М-36-142-(256)	1'52" .5	1' 15"
1:2000	М-36-142-(256-й)	37" .5	25"

Лист карт масштабу 1 : 100000 є основою для розграфлення і номенклатури листів планів масштабів 1:5000 і 1:2000.

Основою номенклатури топографічних планів масштабу 1:5000 є лист карти масштабу 1:100000, а основою номенклатури топографічних планів масштабу 1:2000 і більше — лист плану 1:5000. Для топографічних планів, на яких зображуються ділянки поверхні Землі площею до 20 км<sup>2</sup>, приймається квадратна розграфлення, не пов'язана із загальнодержавною номенклатурою. Інструкцією для топографо-геодезичних робіт при інженерних вишукуваннях для промислового, міського і сільськогосподарського будівництва рекомендуються такі розміри рамок: 40x40 см для планів масштабу 1:5000 і 50x50 см для планів більшого масштабу— 1:2000, 1:1000, 1:500 і тощо. (рис.4).

Координатні лінії на топографічних картах. Сторона листа топографічної карти з відрізками меридіанів (дійсних) і паралелей створюють внутрішню рамку листа. Поряд з внутрішньою рамкою розташована мінутна рамка карти, 1:5000 поділки якої відповідають одній мінуті довготи і широти (рис.4).



*Рис.4. Розграфлення на топографічних планів масштабу 1:5000: III-Б (1:10000; IV –Г-11 (1:500)*

На листах топографічних карт, починаючи з масштабу 1:500000 і більше нанесена координатна сітка — сукупність вертикальних і горизонтальних ліній, паралельних осьовому меридіану і екватору відповідно. Сітка має можливість графічно визначити координати необхідних точок. Лінії сітки, паралельні осьовому меридіану, створюють з топографічним меридіаном кут зближення меридіанів, значення якого для середньої точки листа карти зазначають під південною стороною рамки. Там наводиться і магнітне схилення  $\times 50$  см для планів більшого масштабу— 1:2000, 1:1000, 1:500 і тощо (рис.5).

**Координатні лінії на топографічних картах.** Сторона листа топографічної карти з відрізками меридіанів (дійсних) і паралелей створюють внутрішню рамку листа. Поряд з внутрішньою рамкою розташована мінутна рамка карти, поділки якої відповідають одній мінуті довготи і широти (рис. 2.5).

На листах топографічних карт, починаючи з масштабу 1:500000 і більше нанесена координатна сітка — сукупність вертикальних і горизонтальних ліній, паралельних осьовому меридіану і екватору відповідно. Сітка має можливість графічно визначити координати необхідних точок. Лінії сітки, паралельні осьовому меридіану, створюють з географічним меридіаном кут зближення меридіанів, значення якого для середньої точки листа карти зазначають під південною стороною рамки. Там наводиться і магнітне

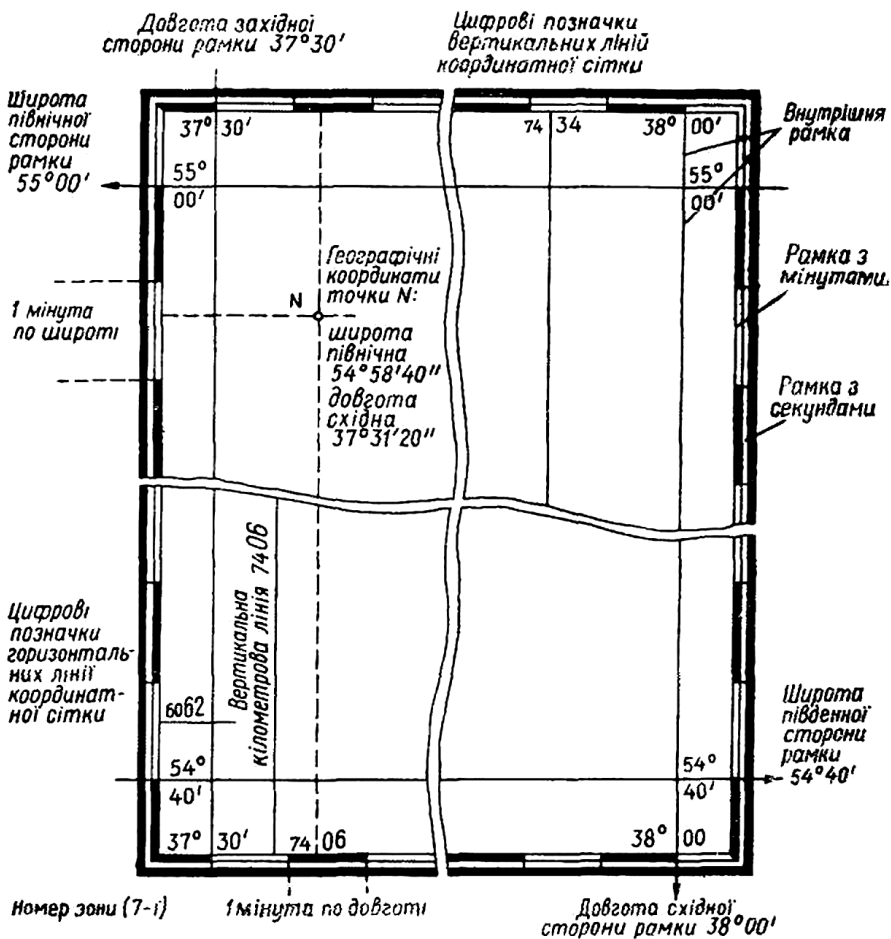


Рис.5. Визначення координат точки на карті

## 7. Зміст карт і планів. Рельєф, його зображення

Зміст карт і планів залежить від їх призначення, масштабу і, безумовно, від складності ситуації на поверхні Землі, тобто тієї її частини, яка зображується на карті або плані. На картах і планах всі об'єкти (рельєф, населені пункти, дороги, інженерні споруди, контури сільськогосподарських угідь, водойми тощо) зображують за допомогою умовних знаків, які показують місце розташування об'єкта, а також його кількісну і якісну характеристики.

Об'єкти, які є на місцевості, при зображенні можна поділити на дві групи. Одна група за своїми розмірами вписується в масштаб карти або плану (сільськогосподарські угіддя, населені пункти, деякі водойми) і зображується в масштабі. Об'єкти іншої групи за своїми характеристиками не підлягають зображенню в масштабі карти або плану (дороги, малі річки і струмки, містки, кілометрові стовпи, колодязі, геодезичні знаки тощо) і позначаються умовними знаками.

**Масштабні знаки** зображують об'єкт подібно до оригіналу, при цьому за допомогою масштабу в межах його точності можна визначити розміри (площу) об'єкта, його орієнтацію відносно сторін світу, форму (контури), а **безмасштабні знаки** визначають тільки місцезнаходження об'єктів, але при цьому не можна визначити їх розміри. Як масштабні, так і безмасштабні знаки доповнюються іншими даними (цифровими показниками, розпізнавальними знаками). Знання умовних топографічних знаків дозволяє мати чітке уявлення про місцевість, зображену на карті або плані.

Особливе місце серед умовних знаків карт і планів займає зображення **рельєфу місцевості**. Оскільки рельєф — це просторовий об'єкт, а його необхідно показувати на площині, застосовують умовні позначення, які деякою мірою дають уявлення про форми земної поверхні, крутості (стрімкості) схилів, відмітки точок та їх перевищення. Залежно

від призначення карти або плану рельєф можна зображувати різними способами. Рельєф місцевості на карті або плані можна показати цифровими величинами окремих характерних точок. Велика кількість таких показників свідчить про форму рельєфу і крутість схилів, але користуватися такою картою або планом дуже важко.

Наочну уяву про форму рельєфу і крутість схилів дає **спосіб штрихів**, нанесених паралельно схилу.

На більш крутих схилах штрихи товщі, але при цьому не можна визначити перевищення однієї точки відносно іншої

Добру уяву про рельєф дає **кольорове його зображення** (зелений або коричневий колір різної інтенсивності), але і цей спосіб, як і попередні, майже не дає уявлення про перевищення однієї точки відносно іншої і має не практичне значення, а пізнавальне (найчастіше застосовується при виготовленні географічних карт).

Найбільш практичним способом зображення рельєфу, який дає можливість вирішувати інженерні завдання, є **спосіб горизонталей (ізоліній)**. *Горизонталлю називається слід, який одержують від перерізу земної поверхні рівневою поверхнею, отже, горизонталь — це замкнена крива лінія, яка показує геометричне місце точок земної поверхні з однаковою висотою.*

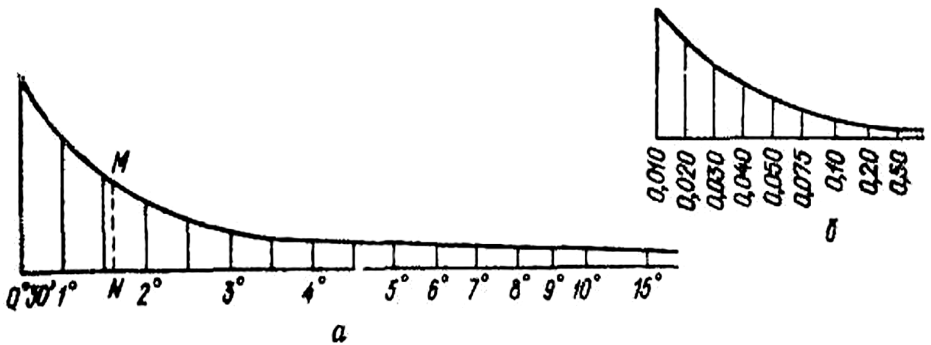
При зображенні рельєфу місцевості горизонталями припускають, що рівневі поверхні, які перерізають поверхню Землі, розташовані між собою на однаковій відстані, яка називається **висотою перерізу**, вона пишеться на кожному листі карти під південною лінією рамки.

**Відстань між двома сусідніми горизонталями на топографічній карті називається закладанням.** Якщо горизонталі непаралельні між собою, то закладення вимірюють по лінії падіння — по лінії, перпендикулярній до двох сусідніх горизонталей.

Залежно від масштабу і характеристики району на топографічних картах і планах прийняті такі висоти перерізу рельєфу (табл.2).

**Залежність висоти перерізу рельєфу від характеристики району та масштабу**

Характеристика району	Висота перерізу на картах і планах масштабу, м				
	1:5000	1:10000	1:20000	1:50000	1:100000
Плоскорівнинний	0,5-1,0	1,0-2,0	2,5	10,0	20,0
Рівнинний, бугристий	0,5-1,0	2,5	5,0	10,0	20,0
Передгірний, гірський	0,5	5,0	5,0	10,0	20,0
Високогірний	-	-	10,0	20,0	40,0



**Рис.6. Графіки закладень: а – для кутів нахилу; б – для схилів**

Крім суцільних горизонталей інколи проводять допоміжні: напівгоризонталі (через  $0,5h$ ) і чвертьгоризонталі (через  $0,25h$ ), які зображують пунктиром. Висота перерізу  $h$ , закладання  $d$  і крутість схилу  $v$ , зв'язані між собою залежністю  $tg v = h/d$ , де  $v$  — схил.

Чим більша крутість схилу  $v$  (кут нахилу), тим менше закладення (при постійному  $h$ ).

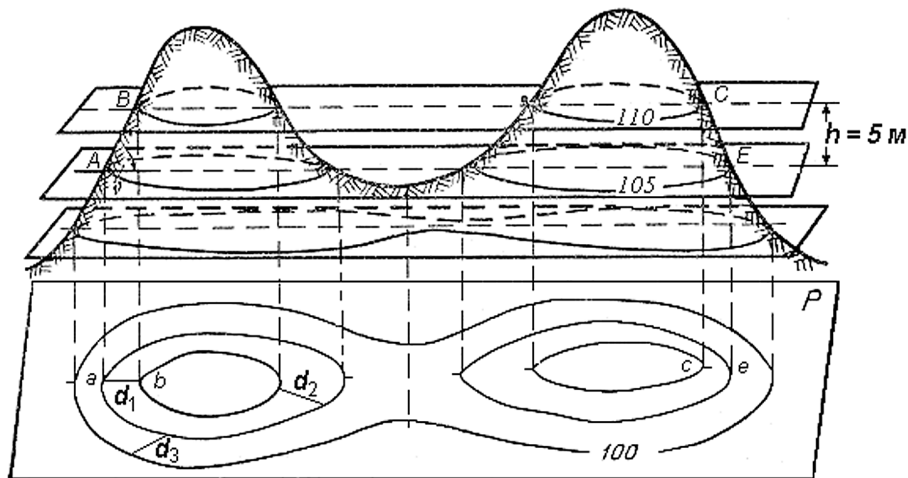
Для графічного визначення кутів нахилу  $v$  за заданим значенням закладання  $d$ , масштабу  $M$ , висоти перерізу рельєфу  $h$  будують графік закладання (рис.6). Вздовж прямої лінії основи графіку на-

мічають точки, які відповідають значення кутів нахилу. Перпендикулярно основи графіку від намічених точок відкладають відрізки (в масштабі карти), довжина яких відповідає закладанням, тобто  $d = h \operatorname{ctg} v$ .

Кінці цих відрізків з'єднують плавною кривою. Закладання лінії, кут нахилу якої визначають, знімають з карти за допомогою вимірювача, а потім, користуючись графіком, знаходять відповідне йому значення кута нахилу.

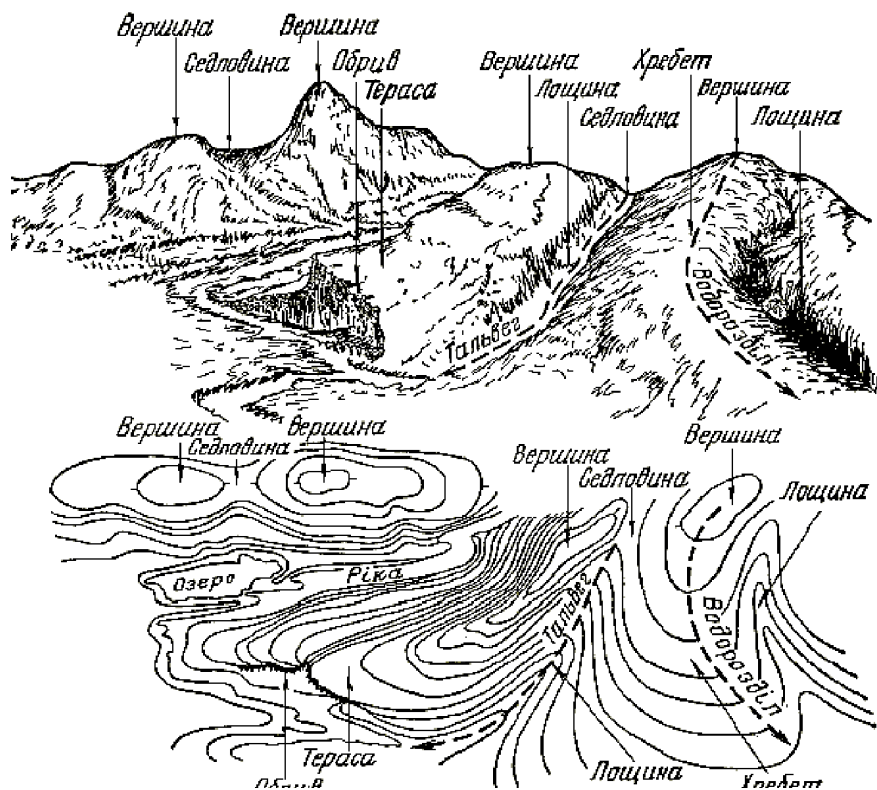
При проектуванні трас лінійних споруд (доріг, трубопроводів різного призначення) виникає необхідність де з якої точки, наміченої на карті, провести лінію заданого нахилу і за заданим напрямком. Для цього спочатку розраховують значення закладання  $d$ , яке відповідає заданим значенням нахилу  $i$  та висоті перерізу  $h$ ,  $d = h/i$ .

Потім за допомогою вимірювача беруть знайдене значення  $d$ , ставлять одну ніжку вимірювача на намічену на карті або плані точку, а другу ніжку ставлять на найближчу горизонталь і намічають точку. Потім з одержаної точки переходить на наступну горизонталь і так далі. Одержані таким чином точки з'єднують лініями, які показують трасу лінійної споруди за заданим схилом (рис.7).



**Рис.7. Рішення завдань на плані з горизонталями:**  
**а** – визначення позначки точки **С**;  
**б** – проведення лінії заданого схилу

При проектуванні лінійних споруд завжди виникає необхідність показувати профіль місцевості з подальшим використанням цих матеріалів для виконання різних розрахунків. Профілем місцевості називається зменшене зображення вертикального розрізу місцевості за заданим напрямком.

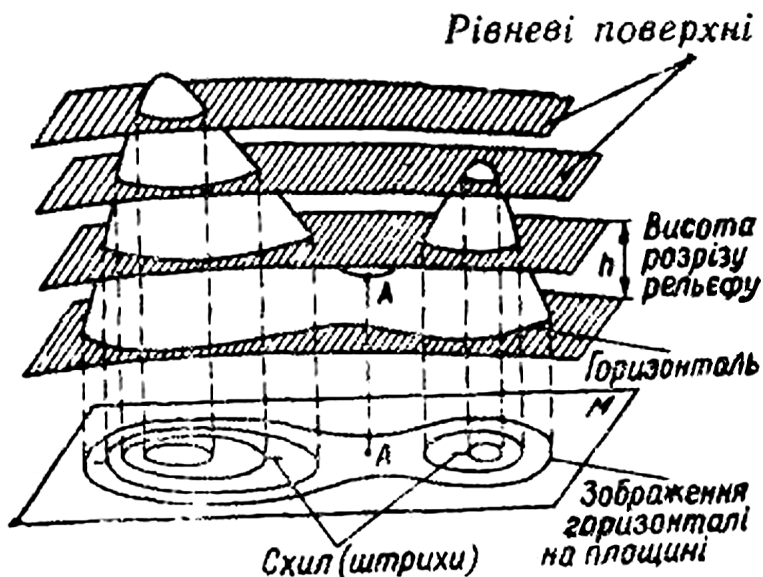


**Рис.8. Основні форми рельєфу**

Якщо на карті з горизонталями провести якусь лінію, то для будь-якої її точки можна визначити горизонтальне віддалення від початкової точки і висоту. Відклавши ці величини по горизонталі і вертикалі та з'єднавши кінці вертикальних ліній плавною кривою, одержують зображення вертикального розрізу поверхні Землі вздовж заданої лінії. Як правило, масштаб горизонтальних відстаней беруть таким як і масштаб карти, а масштаб висоти (вертикальний масштаб) зна-

чно більшим — у 10 разів і більше. Основі профілю приписують якусь умовну висоту, яка на 4—6 м менша - за найнижчу точку профілю поверхні Землі на трасі споруди. При цьому на карті або плані простежується не тільки перевищення однієї точки над іншою, а й деякі елементи рельєфу у вибраному напрямку вертикального розтину поверхні Землі.

Рельєф поверхні Землі надзвичайно різний, але в спрощеному понятті розрізняють п'ять основних форм: *гора, котловина, хребет, лощина і сідловина*. Кожна з цих форм має свої складові частини, які в сукупності і дають уявлення про всю форму, а деякі з них є зв'язуючими між самими формами (рис.9).



*Рис.9 Зображення рельєфу горизонталями*

Горою називається конусоподібна форма рельєфу, яка піднімається над навколишньою місцевістю більше ніж на 200 м. На географічних (топографічних) картах великого масштабу ділянки поверхні Землі з абсолютною висотою понад 200 м позначають світло-коричневим кольором, а менше 200 м – зеленим.

Якщо висота такого підвищення менша 200 м то його називають **бугром**. Наявність таких бугрів, зв'язаних між собою, на якійсь відносно малій території поверхні Землі дає право характеризувати рельєф цієї місцевості як бугристий. **Найвища точка гори називається вершиною**, *бічні поверхні гори утворюють схили, які в своїй нижній частині переходять в підосхву*.

**Котловина** — поглиблення конічної або блюдцеподібної форми, найнижча частина якого називається **дном**. Котловина має схили, які у верхній частині при переході до навколишнього рельєфу закінчуються **брівкою**. Котловина має замкнену безстічну форму, її дно постійно або періодично перезволожується або навіть заливається водою.

**Хребет** — *це витягнуте підвищення, яке знижується в якомусь напрямку*. Два схили хребта в своїй верхній частині з'єднуються, утворюючи водорозділ або перевал.

З понижених форм рельєфу найбільш поширеною є **лощина** — витягнуте й нахилене в одному напрямку жолобоподібне поглиблення поверхні Землі. Схили лощини перетинаються по лінії стікання талої та дощової води. Найнижча частина лощини називається **водозливною лінією**, або **тальвегом**. Широкі лощини з похилими задернованими (покритими трав'яною рослинністю) схилами називаються **долинами**. Лощини у вигляді глибоких промоїн, створених дією текучої води, називають **балками**. На значній території України, особливо в зоні північного Степу і Лісостепу схили і дно таких балок вкриті листяним лісом і кущами.

Сідловина утворилася при злитті двох сусідніх гір і має форму сідла. Від сідловини беруть початок дві лощини, які простягнулися в протилежних напрямках. **Сідловина, як і хребет, називається перевалом**. Всі ці форми рельєфу на плані зображуються горизонталями та допоміжними позначками, що дає чітке уявлення про дійсний рельєф місцевості.

Принцип одержання горизонталей різних форм рельєфу місцевості зображено на рис.9.

## **Запитання для самоконтролю**

1. В чому складність зображення фізичної поверхні Землі на горизонтальній площині?
2. Що називають географічним планом?
3. Що називають топографічною картою?
4. Що називається масштабом?
5. Які є види масштабів?
6. Яке призначення карт і масштабів?
7. Як поділяються карти за своїм призначенням?
8. Яка схема нарізання листів карт?
9. Дайте схему номенклатури листів карт.
10. Дайте схему розграфі топографічних планів.
11. Як визначаються координати точки на карті?
12. Що таке координатні лінії на топографічних картах?
13. На які групи діляться об'єкти, які є на місцевості?
14. Які умовні позначення використовуються для показу рельєфу місцевості?
15. Які є прийняті висоти перерізу рельєфу місцевості?
16. Поясніть суть графіків закладання.
17. Що називається профілем місцевості?
18. Які є основні форми рельєфу?
19. Як зображується рельєф горизонталями?
20. Дайте визначення поняття «гора».
21. Дайте визначення понять «котловина», «хребет», «сідловина».

## 8. Вимірювання на картах (планах) елементів просторового положення об'єктів

**Географічні координати.** При проведенні меридіана  $\lambda\lambda$  і паралелі  $\varphi\varphi$  через точку  $N$  карти необхідно сторони мінутної трапеції, всередині якої розташована ця точка, розділити на частини, пропорціонально до відрізка  $a$  і  $b$  та  $c$  і  $d$ , значення яких визначають графічно. Довготу  $\lambda$  і широту  $\varphi$  визначають за формулами:

$$\lambda = \lambda_1 + \frac{\tilde{n}}{\tilde{n} + \hat{a}}(\lambda_2 - \lambda_1); \quad \varphi = \varphi_1 + \frac{\hat{a}}{\hat{a} + b}(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (1)$$

**Прямокутні координати  $X$  і  $Y$**  точки  $N$  знаходять як суми координат  $X_o, Y_o$  квадрату координатної сітки, всередині якого розташована ця точка, і відповідних прирощень  $\Delta X, \Delta X', \Delta Y, \Delta Y'$ . Ці прирощення вимірюють на карті і перевіряють виконання умов  $\Delta X + \Delta X' = X'_o - X_o$  і  $\Delta Y + \Delta Y' = Y'_o - Y_o$ , де  $X_o$  і  $Y_o$  — координати протилежного кута квадрата. Одержані розходження, обумовлені не тільки похибками вимірювань, а й деформацією паперу, розподіляють пропорційно довжині вимірюваних прирощень і шукані координати визначають за формулами:

$$X = X_o + \Delta X = X'_o + \Delta X'; \quad Y = Y_o + \Delta Y = Y'_o + \Delta Y.$$

**Визначення висоти точок.** Якщо точка дається на горизонталі, її висоту встановлюють за висотою цієї горизонталі, а якщо точка розташована між горизонталями, то необхідно між горизонталями через точку  $C$  провести лінію, перпендикулярну до двох сусідніх горизонталей, а висоту точки  $C$  визначити інтерполюванням.

**Визначення відстаней.** З метою вимірювання прямих відрізків ліній на карті, крім лінійного масштабу, використовують поперечний масштаб. Точність масштабу визначається ціною його найменшої поділки:

$$t = \frac{l}{(nm)}, \quad (2)$$

де  $l$  — довжина основи;  $n$  — кількість поділок основи масштабу;  $m$  — кількість поділок по вертикалі, тобто проведених паралельно основі.

Вимірювання довжини криволінійних відрізків доцільно провадити за допомогою приладу, який називається *курвіметром*.

**Визначення на карті або плані кутів орієнтування.** При безпосередньому вимірюванні географічного азимута лінії через початкову її точку провести меридіан (лінію, паралельну східній або західній рамці карти) і відносно цього меридіана виміряти азимут. Простіше цю операцію виконати, якщо спочатку визначити дирекційний кут напрямку лінії, а потім, використовуючи зближення меридіанів (дається під південною рамкою карти), розрахувати азимут за формулою:  $A = \alpha + \nu$  або магнітний азимут:  $A_m = A - \delta = \alpha + \nu - \delta$ , де  $\nu$  — зближення меридіанів;  $\alpha$  — дирекційний кут;  $\delta$  — магнітне схилення.

Суть іншого методу визначення дирекційного кута такий. Дану лінію продовжують до перетину нею координатної лінії і в цій точці визначають дирекційний кут, а потім розраховують азимут.

## **9. Оцінка точності вимірюваних величин**

### **Закон нормального розподілу випадкових величин.**

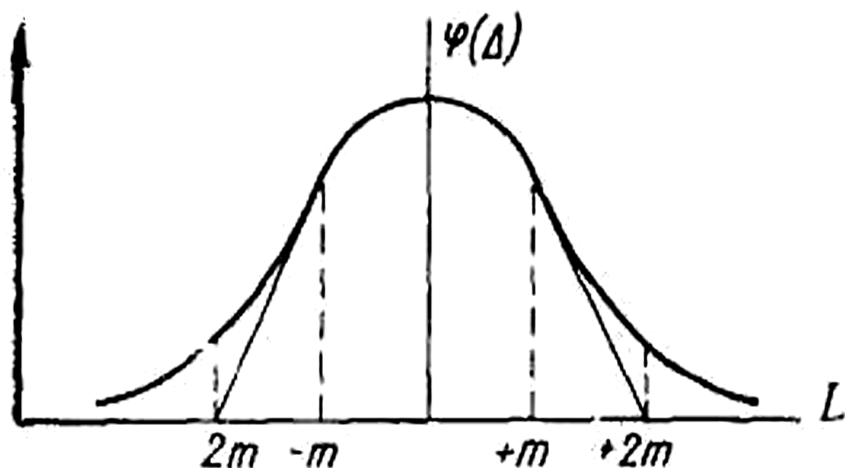
Властивості випадкових похибок виявляються завжди в достатньо великій їх кількості, а тому можна констатувати, що частота появи випадкової похибки залежить від величини цієї похибки.

Німецький вчений Н. Ф. Гаус математично сформулював закон розподілу вірогідностей, який називається законом Гауса, або нормальним законом розподілу випадкових похибок.

Відкладаючи вздовж осі абсцис значення випадкових похибок, а по осі ординат їх вірогідність появи при достатньо великій кількості результатів вимірювань, можна одержати криву розподілу похибок (рис.1).

Крива розподілу симетрична відносно осі ординат і, якщо випадкова похибка дорівнює нулю ( $\Delta = 0$ ), ордината набуває максимального значення. Крива має дві точки перетину при  $\Delta = \pm m$ . Дотичні до кривої в точках перетину відсікають на осі абсцис відрізки, що дорівнюють  $\Delta = \pm 2m$ .

Найбільша кількість результатів вимірювань (рис.1) розташована поблизу вірогідного значення  $X$ .



*Рис.10. Крива розподілу випадкових похибок*

**Вимірювання, які виконують в однакових умовах і однаковими приладами, називаються рівноточними.** Для якісної оцінки результатів вимірювань величина не може прийматися як дійсна в зв'язку з тим, що вона випадкова, а тому різна для кожного вимірювання і невідома. Головною ж характеристикою точності вимірювання є **середня квадратична похибка вимірювання  $m$ :**

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{(\Delta^2)}{n}}, \quad (3)$$

де  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  — випадкові похибки вимірювань.

Ця формула дає точне значення середньої квадратичної похибки нескінченно великій кількості  $n$  вимірювань, але в зв'язку з тим, що в практичних умовах кількість вимірювань обмежена, то значення  $m$  теж є випадковим.

При цьому точність розрахунку  $m$  характеризується середньою квадратичною похибкою  $m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}}$ ,

Формулу  $m = \sqrt{\frac{(\Delta^2)}{n}}$  використовують при компаруванні вимірювальних приладів або оцінці методів вимірювань, коли є можливість порівняти одержані значення з відомою величиною  $X$ , визначеною за допомогою більш точних приладів, або методів. Таке значення показника  $X$  не дорівнює дійсному, але відрізняється від нього несуттєво, а тому його називають дійсним.

За допомогою закону Гауса можна довести, що при достатньо великій кількості вимірювань випадкова похибка може бути більша за середню квадратичну похибку приблизно в 33 випадках із 100; більша за подвоєну середню квадратичну похибку приблизно у 5 випадках із 100; більша за потроєну середню квадратичну похибку майже у 3 випадках із 1000.

Потроєну середню квадратичну похибку називають граничною:  $\Delta_{gp} = 3m$ .

Випадкові похибки, які перевищують значення  $3m$  вважають грубими, а результати вимірювань з такими похибками вибраковують.

При проектуванні інженерно-геодезичних робіт допустима похибка вимірювань майже завжди задається. Приймаючи заданий допуск за граничний, тобто  $\Delta_{gp}$ , можна вибрати такі при-

лади, інструменти або методи, які б забезпечили середні квадратичні похибки не більші 1/3 граничної похибки, тобто

$$m < \Delta_{\text{гр.}}$$

## 10. Поняття про нерівноточні вимірювання та їх обробку

Нерівноточні вимірювання, одержані різними виконавцями, приладами, методами і в різних умовах, характеризуються різними ступенями надійності. Вимірювання з більшою точністю повинні, очевидно, мати й більший вплив на кінцевий результат. Для цього кожному результату дається деяка вага, яка визначається через середню квадратичну похибку

$$c = \frac{K}{m^2},$$

де  $K$  — деяка постійна величина.

З ряду нерівноточних вимірювань  $l_1, \dots, l_n$ , знаючи загальну середину за формулою

$$n_0 \frac{c_1 l_1 + c_2 l_2 + \dots + c_n l_n}{c_1 + c_2 + \dots + c_n} = \frac{(cl)}{c}. \quad (4)$$

З метою характеристики якості нерівноточних вимірювань вираховують середню квадратичну похибку умовного вимірювання, вага якого дорівнює одиниці

де  $V$  - відхилення від загальної арифметичної середини.

Точність загальної арифметичної середини характеризується середньою арифметичною похибкою

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{(c)}}.$$

Уважно розглянувши формули рівноточних і нерівноточних вимірювань можна зробити висновок, що при обробці даних нерівноточних вимірювань можна перейти до формул, які застосовуються при обробці рівноточних вимірювань, якщо середній квадратичній похибці умовного вимірювання дати вагу одиниці.

## 11. Основні принципи оцінки якості геодезичних робіт

Кінцевою продукцією будівельного виробництва є будови і споруди. Геодезичні роботи при дослідженнях, проектуванні, спорудженні і експлуатації будівель створюють вихідну інформацію, яка дає чітке уявлення про оптимальність розміщення споруди та окремих її частин і визначає основні техніко-економічні показники цієї споруди.

Першорядним показником якості будівельно-монтажних робіт є ступінь дотримання геометричних параметрів, який залежить від якості геодезичного контролю на всіх етапах будівельно-монтажних робіт - від розмітки споруди до виконавчої зйомки. Отже, допустимі граничні похибки геодезичних вимірювань повинні визначатися техніко-економічними і якісними показниками галузевого виробництва.

Відповідність параметрів точності розмітаних робіт нормативним вимогам оцінюються порівнянням фактичного середньоквадратичного відхилення та нормативних даних на лінійні, кутові і висотні виміри.

Наприклад, при вимірюванні довжини автомобільної траси або залізниці допускається така похибка, за якої відношення одержаної під час геодезичних вимірювань загальної довжини дороги до фактичної не викликає похибок сумарної вартості будівництва і приведених допоміжних витрат понад встановлену величину -  $\Delta_{\text{буд}}$ , %.

Висока якість проектних і будівельних робіт може бути досягнута тільки тоді, коли в процесі їх виконання похибки геодезичних вимірювань не будуть перевищувати задану граничну величину.

Відповідно до таких граничних похибок необхідно підбирати і розраховувати точність геодезичних приладів, інструменту і пристроїв, а також певну методику вимірювань.

## 12. Система допусків у будівництві. Вимоги нормативних документів

Точність зведення будівель і споруд визначається сукупністю характеристик процесів виконання проектних розмірів будівельних конструкцій при їх виготовленні, встановленні в проектне положення і виконанні геодезичних розміток на всіх горизонтах зведення об'єкта.

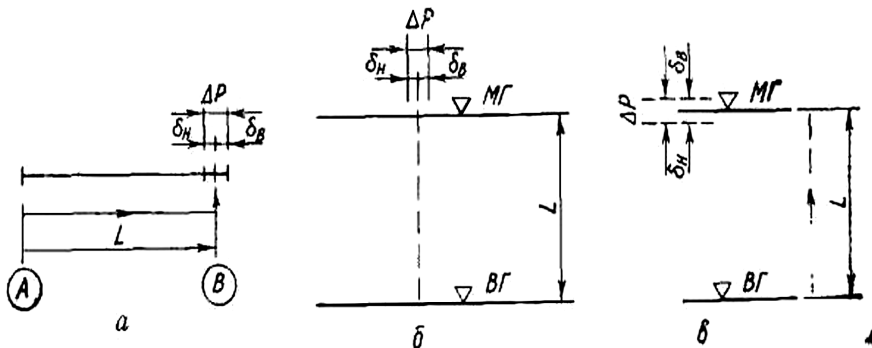
Похибки, які обов'язково виникають при виготовленні, монтажі будівельних конструкцій і геодезичних роботах необхідно враховувати на стадії створення робочих креслень з метою забезпечення нормального процесу зведення об'єкта, довговічності роботи конструкцій і надійності експлуатації споруди.

Розміри конструкцій і вузлів споруди (крок колон, висота будівлі в цілому та поверхів, прогони тощо) приймаються залежно від призначення за теоретичними розрахунками на основі різнобічних властивостей будівельних матеріалів та режимів роботи споруди. Ці розрахункові розміри конструкцій, одержані за результатами їх виготовлення, або розміри окремих частин будівлі, одержані за результатами винесення проекту в натуру, називають **дійсними**. Вони можуть відхилитися від проектного розміру (бути меншими або більшими), але ці відхилення обмежуються відповідними інтервалами  $A$  між найбільшим і найменшим розмірами, які називаються **допусками** (рис.2).

Система допусків побудована за принципом групування граничних похибок у СНіП (будівельні норми і правила) або подвоєного значення їх в ГОСТах на окремі будівельно-монтажні і геодезичні процеси виробництва в класи точності.

При проектуванні споруди визначається клас точності залежно від її призначення і способів виконання будівельно-монтажних і геодезичних робіт.

За ГОСТ 21778—81, ГОСТ 21780—83 і ГОСТ 21779—82, СНіП та іншими нормативними документами повинні встановлюватись конкретні класи точності і допуски або граничні відхилення від номінальних параметрів, які необхідно забезпечити при виконанні робіт.



**Рис.11. Допуски за розміточні роботи:**

***а*** – допуск розмітки осей в плані; ***б*** – допуск передавання осей по вертикалі; ***в*** – допуск передавання висотних відміток; **ВГ** – вихідний горизонт; **МГ** – монтажний горизонт

Допуски на геометричні параметри за ГОСТ 21779—82 визначені для температури  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Наведені у ГОСТах класи точності належать до процесів, операцій і застосовуваних засобів технологічного забезпечення і контролю точності. Допуск залежно від класу точності і розміру визначається за формулою  $\Delta = ki$ , де  $i$  — одиниця допуску, мм;  $k$  — коефіцієнт точності, який дорівнює кількості одиниць точності, встановлених для кожного класу відповідними стандартами.

Точність виготовлення елементів і конструкцій регламентується:

допусками на лінійні розміри конструкцій, які характеризують точність їх довжини, ширини, діаметру, розташування і діаметрів отворів створів, карнизів, виступів тощо; допусками на конфігурацію конструкцій, які характеризують форми конструкцій відносно номінальної (неплощинність, непрямолінійність, непрямокутність тощо).

### **13. Проектні побудови на картах (планах)**

Картографія, як відомо, це галузь науки, техніки, виробництва і навчальна дисципліна, яка охоплює вивчення, створення та використання різноманітних картографічних творів. Картографування — це комплекс робіт (польових і камеральних) зі створення карт.

Актуальність картографічних досліджень населення на сучасному етапі зростає в зв'язку з поглибленням кризової демографічної ситуації в Україні. Актуальним є розробка шляхів та методів створення електронних динамічних моделей проблемно-практичної орієнтації з широкими можливостями оперативної обробки і поновлення інформації.

Наукова значимість проблеми та її недостатнє вивчення і визначають актуальність теми дослідження.

Динамічні аспекти надають картам природи, населення, господарства додаткову наукову цінність, відкривають перспективу для різноманітних теоретичних узагальнень.

При розгляді картографічної діяльності як суспільно-історичної системи, що розвивається і удосконалюється у часі, завжди існує потреба виявляти тенденції розвитку картографії та картографування для внесення до цього процесу необхідних коректив, а також для формування завдань і напрямів подальшого розвитку рибного господарства. Область картографічних знань займає тепер видно місце в культурному і господарському будівництві.

Проекти використання природних ресурсів розробляються на картах і планах відповідних масштабів. В залежності від розмірів території, на якій розміщені об'єкти природних ресурсів, детальності та точності проектних розробок, технологічних особливостей використовують карти і плани таких масштабів.

Карти масштабу 1:10000 використовуються для складання генпланів міст, схем вуличної мережі, землевпорядкувальних планів сільськогосподарських угідь, ситуаційних планів промислових об'єктів, проектів водогосподарських систем та гідротехнічних об'єктів, планів лісовпорядкування, проектів водосховищ тощо.

Топографічні плани масштабу 1:5000 можуть застосовуватися: для розробки генеральних планів населених пунктів, проектів розміщення першочергового будівництва, магістральних інженерних мереж та комунікацій, транспортних шляхів, інженерної підготовки земельно-господарського устрою та озеленення території, для складання планів окремих районів міст, проектів детального планування на незабудованій території при нескладному рельєфі місцевості та плануванні приміської зони, для розробки технічних проектів промислових, гірничих та сільськогосподарських підп-

риємств, для виконання пошуково-розвідувальних робіт, визначення запасів родовищ корисних копалин, для розробки проектів осушення та зрошення сільськогосподарських земель, регулювання річок-водозбірників, для земельного та містобудівного кадастрів, для камерального трасування автомобільних доріг, каналів, ЛЕП тощо, для проектування і будівництва гідровузлів на малих рівнинних і гірських річках, для визначення на місцевості проектного контуру водосховища.

Топографічні плани масштабу 1:2000 використовуються для розробки генеральних планів малих міст, селищ міського типу і сіл, проектів детального планування та ескізів забудови, для детальних розвідок родовищ корисних копалин, розробки технічних проектів і генеральних планів морських портів, судноремонтних заводів і окремих гідротехнічних споруд, для розробки технічного проекту теплових електростанцій, водозаборів, гідротехнічних споруд, загороджувальних дамб, розробки проектів і робочих креслень осушення і зрошення земель сільськогосподарського призначення, для ведення кадастрів населених пунктів, інвентаризації земель та землеустрою індивідуальних сільськогосподарських угідь.

В масштабах 1:5000 та 1:2000 можуть створюватися топографічні плани шельфової зони морів і внутрішніх водойм. Топографічні плани шельфу призначаються для локальних геофізичних і геологорозвідувальних робіт, розробки проектів експлуатації морських родовищ корисних копалин і будівництва в морі інженерних споруд тощо.

Топографічні плани масштабу 1:1000 застосовуються: для складання генерального плану та робочих креслень будівництва на забудованих і незабудованих територіях з малоповерховою забудовою, для вертикального планування і проектування озеленення території та складання планів інженерних комунікацій, для складання робочих креслень бетонних гребель, будівель гідровузлів, для розробки проектів перебудови існуючих та робочих креслень нових залізничних станцій і вузлів, для детальних розвідок та підрахування запасів корисних копалин родовищ із складною геологічною будовою, для ведення кадастрів населених пунктів.

Топографічні плани масштабу 1:500 можуть застосовуватися:

для складання виконавчих планів промислових підприємств, багатопверхової забудови з густою мережею підземних інженерних комунікацій, для проведення вертикального планування, складання планів існуючих підземних мереж та споруд і прив'язки будівель та споруд до ділянок забудови міста, для складання робочих креслень гребель, напірних трубопроводів, будівель ГЕС та інших споруд, для ведення кадастру населених пунктів. Плани масштабів 1:1000 та 1:500 є основними планами обліку підземних комунікацій. Вони повинні відображати точне планове і висотне положення всіх без винятку підземних комунікацій з показом їх основних технічних характеристик.

На топографічних планах масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 достовірно та з необхідною точністю і детальністю (залежно від масштабу плану) відображають: пункти геодезичних мереж: ґрунтові та стінні репери і пункти знімальної основи, які закріплені на місцевості центрами; будівлі і споруди, їхні характеристики згідно з умовними знаками; промислові об'єкти - будівлі і споруди заводів, фабрик, електростанцій, шахт, кар'єрів, торфозробок тощо, бурові та експлуатаційні свердловини, нафтові та газові вишки, цистерни, наземні трубопроводи, лінії електропередач, об'єкти комунального господарства тощо показують відповідними умовними знаками. Будівлі, які відображаються в масштабі плану, показують на планах за контурами їхніх цоколів.

На планах масштабу 1:5000 та 1:2000 незабудованих територій обов'язковому відображенню підлягають магістральні підземні нафто-газо- і водопроводи. На планах масштабів 1:1000 та 1:500 всі мережі підземних комунікацій наносять за наявності матеріалів виконавчого знімання, або якщо є завдання на знімання підземних комунікацій. Відповідними знаками показують залізниці, шосейні та ґрунтові дороги і споруди біля них, гідрографія місцевості: річки, озера, водосховища, канали, канави, водоводи гідротехнічні споруди та об'єкти водного транспорту.

Рельєф місцевості відображається горизонталями, позначками висот і умовними знаками обривів, скель, ярів, осипів, зсувів, ям, курганів тощо. Форми мікрорельєфу показують напівгоризонталями або допоміжними горизонталями. Умовними знаками позначають види рослинності (дерева, чагарники, трав'яний покрив),

грунти (піщані, галькові, глинисті, щебеневі та інші), мікроформи земної поверхні, болота, солончаки тощо.

Картографо-геодезичні матеріали, що використовуються для створення проектів використання природних ресурсів повинні відповідати певним вимогам, основними з яких є: точність, достовірність інформації, зручність і наглядність сприйняття, доступність. Точність, достовірність і насиченість інформацією визначаються масштабом і предметною специфікою планів; зручність і наглядність - системою умовних знаків і наповнюваністю інформацією про елементи і характеристики природно-ресурсних об'єктів; наглядність та зручність сприйняття залежать від насиченості деталями і елементами, можливістю і легкістю читання топографічних планів та інших графічних документів.

Одним з найважливіших параметрів інформації про природні ресурси є точність, яка залежить від середніх квадратичних помилок польових вимірювань, від помилок, які допускаються під час опрацювання цих результатів, чи дигіталізації існуючих топографічних планів і карт. Вибір масштабу знімальних робіт визначається необхідністю картографічного забезпечення робіт з використання природних ресурсів, цінністю природних об'єктів, насиченістю території інженерно-технічною та промисловою інфраструктурою, площею його території, станом топографо-геодезичного забезпечення тощо.

Крім того вибір масштабу картографо-геодезичних матеріалів залежить від багатьох факторів і рівнів представлення природно-ресурсної інформації в електронних засобах. Оскільки масштаб, в першу чергу, визначає точність представлення основного (базового) рівня інформації, то виникає питання вибору так званого базового масштабу топографічних знімів і вихідних геодезичних матеріалів у випадку використання комп'ютерних технологій.

**Базовий масштаб топографічного знімання** - це співвідношення зображуваних на планах елементів з розмірами в натурі для їх відображення в графічному чи електронному вигляді, яке забезпечує збір, систематизацію і опрацювання інформації в будь-якому іншому масштабі.

Основними вихідними матеріалами для складання природно-ресурсних планів є топографічні карти і плани відповідних масш-

табів, а також матеріали аерофотознімань. Базовим масштабом топографічних знімань є масштаб 1:500, оскільки в процесі знімання в цьому масштабі можна одержати точні і повні дані для складання топопланів всього масштабного ряду. Отже, як з принципової (основоположної) точки зору, так і з технологічного підходу базовим масштабом, як топографічного знімання так і електронних карт можна прийняти масштаб 1:500.

Точність **кадастрових планів** характеризує похибки відображення геометричних параметрів і об'єктів та їх взаємного положення. Показник точності кадастрових планів має важливе значення, тому що висновок про можливість використання вихідних матеріалів, наприклад, топографічних планів, геологічних карт тощо, оцінюється саме за цими показниками. В деяких випадках критерій точності може бути єдиним і достатнім показником можливості і технологічності створення кадастрових планів.

Точність планів, складених за матеріалами різних видів знімань (мензульного, тахеометричного, аерофотознімання), взагалі кажучи, різна із-за різних технологій і приладів, які використовуються у цих роботах. Але цю різницю у точності планів можна врахувати, звівши відмінності у точності до помилок в окремих елементарних технологічних ланках (вимір кута, лінії, перевищення тощо), які в подальшому можна порівнювати із графічною точністю. Так для теодолітного чи мензульного знімання ці похибки приблизно однакові і досягають 0,4 мм в масштабі плану. Така ж приблизно точність планів складених за матеріалами аерофотознімання.

Відомо, що середні квадратичні помилки в положенні на карті чітких контурів і предметів місцевості відносно пунктів планової знімальної основи не повинні перевищувати 0,5 мм для топопланів карт рівнинної та горбистої місцевості з ухілами до 6°, і 0,7 мм для лісистих, гірських і високогірних районів.

Під точністю плану (карти) розуміють величину середньої квадратичної помилки положення контурної точки на плані відносно найближчого пункту планової геодезичної основи, враховуючи, що помилки положення пунктів знімальної основи є складовою частиною середньої квадратичної помилки положення контурної точки.

Похибка положення точки (пункту)  $m_t$  – двовимірна і визна-

часться за формулою:

$$m_t^2 = m_x^2 + m_y^2, \quad (5)$$

де  $m_x$ ,  $m_y$  - помилки координат точки, тобто помилки положення точки за осями координат.

Найбільш правильно помилки положення точки характеризуються еліпсом помилок, але для оцінки точності плану в середньому, помилки положення точки за осями координат рівномірні, тому точність положення точки можна характеризувати кругом помилок. Для розрахунків точності значення  $m_x$ ,  $m_y$  у формулі (5) приймають рівними і незалежними одна від одної. Тому

$$m_x = m_y = m_k, \quad (6)$$

де  $m_k$  - середня квадратична помилка координати точки. Тоді згідно з (6)

$$m_t = m_k \cdot \sqrt{2} \quad (7)$$

Звідси

$$m_k = m_t / \sqrt{2} \quad (8)$$

Точність знімальної основи, в тому числі планових знаків, відносно пунктів державної геодезичної мережі і геодезичних мереж згущення не повинні перевищувати на відкритій місцевості і забудованій території 0,2мм в масштабі плану і 0,3 мм – на місцевості покритій лісом і чагарником. Похибки у висотах рельєфних точок відносно найближчих висотних опорних точок не повинні перевищувати  $1/4 h$ , якщо кут нахилу земної поверхні менший  $2^\circ$ ;  $1/3 h$ , якщо кут нахилу  $2-6^\circ$ , для масштабів 1:5000, 1:2000, з перерізом рельєфу 1 м;  $1/3 h$  якщо кут нахилу в межах  $2-10^\circ$  для масштабів 1:1000, 1:500 з перерізом рельєфу 1,0-0,5 м, де  $h$  – висота перерізу рельєфу. Для схилів із кутами більше  $6-10^\circ$  кількість горизонталей повинна відповідати різниці висот точок визначених на перегінах схилів. Помилки рельєфу не повинні перевищувати  $1/3 h$ , де  $h$  – висота перерізу рельєфу.

## 14. Визначення площ ділянок земної поверхні

Потреба у визначенні площі будь-якої ділянки на поверхні Землі виникає майже завжди при проведенні дослідних, проектних, будівельних та експлуатаційних робіт, пов'язаних з вирішенням багатьох інженерно-технічних або соціально-економічних завдань. Площу ділянки можна визначити на карті або плані, а також безпосередньо на місцевості. Визначення площі ділянки за результатами вимірювання на місцевості аналітичним способом — метод найбільш високої точності, але трудомісткий і потребує відносно багато часу. Визначити площу ділянки аналітичним способом можна такими способами: за координатами вершин замкненого полігону; визначенням площі найпростіших геометричних фігур, на які розбивають ділянку з подальшим підсумовуванням загальної площі (геометричний спосіб).

Для визначення площі за координатами її вершин візьмемо найпростіший полігон, координати вершин якого відомі (рис.3).

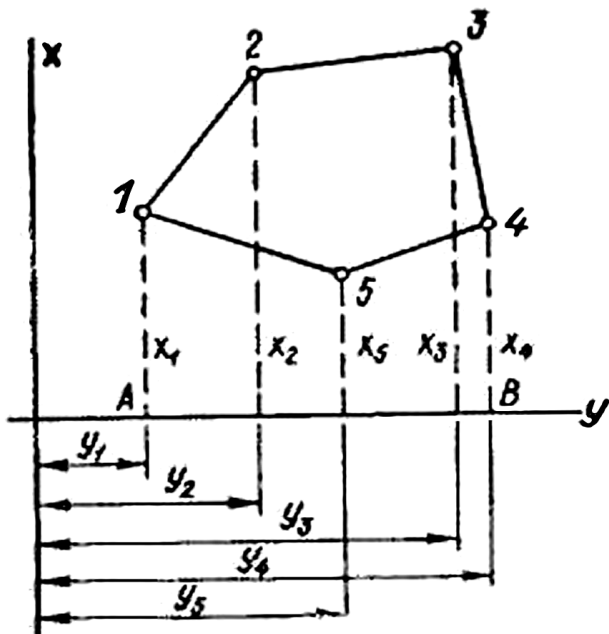


Рис.12. Визначення площі за координатами вершин полігону

Опустимо перпендикуляри з вершин полігону на вісь ординат і одержимо відповідні трапеції з основами  $X_1, X_2, X_3$  і висотами  $Y_1—Y_2, Y_1—Y_3, Y_2—Y_3$ , виразимо площу трикутника через площі цих трапецій і після відповідних скорочень та групувань по  $X$  і  $Y$  одержимо:

$$2D = \sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) = \sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}), \quad (9)$$

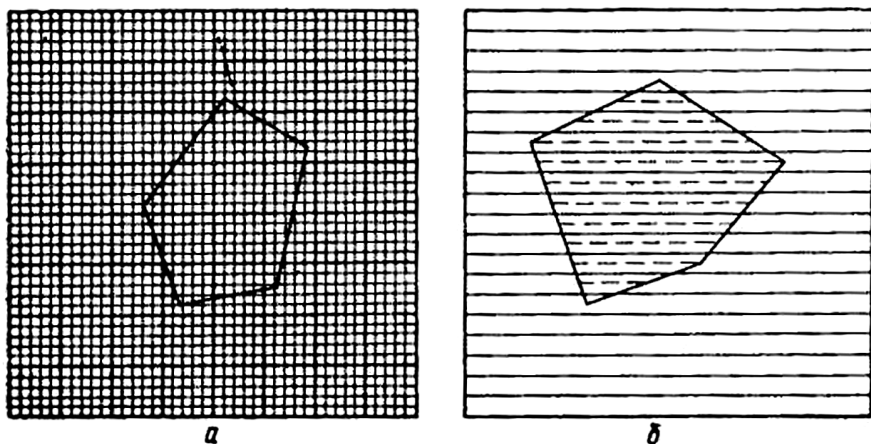
Звідси можна зробити висновок, що подвоєна площа ділянки дорівнює сумі добутків абсцис кожної точки на різницю ординат попередньої і наступної точок або ординати кожної точки на різницю абсцис наступної і попередньої точок.

Суть геометричного способу полягає у розподілі ділянки з відносно складною конфігурацією на простіші геометричні фігури (трикутники, чотирикутники тощо) з подальшим визначенням загальної площі ділянки.

Різновидом геометричного способу визначення площі є спосіб використання різних палеток у вигляді сіток квадратів на прозорому папері (кальці) із сторонами 2—10 мм або системи рівновіддалених між собою паралельних суцільних і пунктирних ліній.

Щоб спростити підрахунки і зменшити похибки, проводять потовщені лінії через 5 або 10 малих квадратів, що полегшує підрахунки їх кількості.

При визначенні площі ділянки палетку з паралельними лініями накладають так, щоб крайні точки контуру ділянки розташовувались між її лініями. При цьому ділянка перетинається лініями палетки на фігури, близькі за формою до форми трапеції. Щоб одержати площу контуру, необхідно додати площі окремих трапецій, які визначають як добуток висоти трапеції на її середню лінію. В зв'язку з тим, що висота трапеції відома і однакова, то завдання полягає у визначенні довжини середніх ліній, якими є лінії палетки, а межами трапеції — пунктирні лінії палетки. Точність визначення площі ділянки палетками невисока і похибка збільшується при збільшенні площі ділянки, а тому цей спосіб не знаходить широкого застосування.



**Рис.13. Палетки:**

***а* – з сіткою квадратів; *б* – з паралельними лініями**

Механічним способом площу визначають за допомогою спеціального приладу — планіметра (рис.5). Найбільш поширені полярні планіметри з двома важелями — полюсним і обвідним, з'єднаними шарніром, закріпленим на полюсному важелі. На обвідному важелі розміщена пересувна каретка з відліковим механізмом. При обведенні по контуру ділянки обідок відлікового колеса котиться по паперу карти або плану.

При визначенні площі за допомогою планіметра обвідну точку з'єднують з раніше визначеною початковою точкою контуру і роблять чотиризначний відлік  $n_n$  (початковий). Перша цифра береться з лічильника цілих обертів відлікового колеса, дві наступні цифри показують кількість цілих поділок на відліковому колесі відносно нульової поділки верньєра і остання — кількість поділок від нуля верньєра до поділки, яка збігається з поділкою відлікового колеса.

Обводять контур ділянки за годинниковою стрілкою, виконуючи повний оберт і знову беруть відлік  $n_k$ . Різниця кінцевого і початкового відліків показує площу ділянки в поділках планіметра, а щоб визначити площу в гектарах або квадратних метрах, необхідно знати ціну поділки планіметра  $P$ , тобто:  $S = P(n_k - n_n)$ .

Ціною поділки планіметра є площа прямокутника, що дорівнює добутку довжини обвідного важеля  $W$  на поділку планіметра  $l$ , яка відповідає тисячній частині довжини обідка відлікового колеса,  $P = Wl$ .

В зв'язку з тим, що каретка відлікового механізму переміщується, то довжина обвідного важеля змінюється. Цим користуються, щоб зручно для розрахунків ціну поділки планіметра встановлювати при різному положенні полюса планіметра — всередині вимірюваної ділянки і зовні.

Якщо полюс розташовується всередині контура, то його площа визначається за формулою:  $S = P(n_k - n_n + q)$ , де  $g$  — постійне число планіметра.

Визначити постійне число  $q$  можна, якщо виміряти площу однієї й тієї ж ділянки двічі з різним положенням полюсу — всередині ділянки і зовні. Тоді з урахуванням обох наведених формул можна записати:  $S = P(n_k - n_n) = S = P(n_k' - n_n' + q)$ , звідси:  $q = (n_k - n_n) - (n_k' - n_n')$ .

Якість результатів вимірювання планіметром залежить від величини і конфігурації ділянки, положення планіметра відносно ділянки і якості паперу. Не рекомендується вимірювати планіметром ділянки площею на карті або плані менше  $15 \text{ см}^2$ . Перед початком роботи необхідно перевірити планіметр. Він повинен відповідати таким вимогам: відлікове колесо повинне обертатися вільно, без зусиль і не мати люфта; площина обідка відлікового колеса має бути перпендикулярною осі обвідного важеля.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Як визначається довгота і широта?
2. Як визначається висота точки?
3. Як визначаються відстані на карті?
4. Як визначаються кути орієнтування?
5. В чому суть закону нормального розподілу випадкових величин?
6. Нарисуйте криву розподілу випадкових величин?

7. За якою формулою визначається середня квадратична похибка вимірювання?
8. Які вимірювання називаються рівноточними і нерівноточними?
9. Які основні показники якості будівельно-монтажних робіт?
10. Як враховуються похибки геодезичних робіт при будівельно-монтажних роботах?
11. Які масштаби карт і планів використовуються?
12. Де використовуються масштаби 1:10000?
13. Де використовуються масштаби 1:5000?
14. Де використовуються масштаби 1:2000?
15. Де використовуються масштаби 1:1000. 1:500?
16. В чому суть базового масштабу топографічного знімання :
17. Що таке точність плану (карти)?
18. Які існують способи визначення площ ділянок земної поверхні?
19. Як визначається площа за координатами вершин полігону?
20. В чому суть палеток в вигляді сіток квадратів?
21. В чому суть палеток з паралельними лініями?
22. Як визначається площа за допомогою планіметра?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Стріхи В. А. Рибогосподарська гідротехніка. Навчальний посібник. Олдіплюс, 2022. С.107. <https://eprints.zu.edu.ua/42865/1/1.pdf>
2. Хлапук М.М., Шинкарук Л.А., Дем'янюк А.В., Дмитрієва О.А. Гідротехнічні споруди. Навчальний посібник. Рівне. 2013. С.241. <https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/Гідротехніка.pdf>
3. Шаульський Д.В. Конспект лекцій з дисципліни «ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ»: ХНАМГ, 2012. С.55 с. <https://eprints.kname.edu.ua/24618/1/ПЕЧ%20основи%20геодезії-2010-36-Л.pdf>
4. Державні будівельні норми України (ДБН). Гідротехнічні споруди. Загальні положення. Київ: Мінрегіонбуд, 2018.
5. Любіцева О. О., Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Водні об'єкти України та оцінка їхньої якості для рекреації : навч. посіб. Київ : КНУ, 2022. С.252.
6. Napich H., Pikarenia D., Orlinska O., Kovalenko V., Rudakov L. та ін. Improving the system of technical diagnostics and environmentally safe operation of soil hydraulic structures on small rivers // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. № 4(11). С. 46–59. <https://dSPACE.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/9983/1/1.pdf>
7. Taseski G., Sofronievska M., Krstovski N. Application of building information modeling (BIM) in hydrotechnics // Proceedings of the UKIM Civil Engineering Faculty. 2024. С.103–109
8. FAO. Report of the FAO/RECOFI Workshop on Fishery Stock Indicators and Stock Status. FAO Fisheries and Aquaculture Reports No. 970. Rome : FAO, 2009. 89 p.

9. Katsidoniotaki E. та ін. Multifidelity digital twin for real-time monitoring of structural dynamics in aquaculture net cages 2024. <https://arxiv.org/abs/2406.04519>
10. Bezyk K., Burhaz M., Lichna A. The creation of special commodity fish farm on the Black Sea lakes of Odesa region // Scientific Horizons. 2024. № 9(124). С.90–97 [https://www.researchgate.net/publication/341257172\\_The\\_creation\\_of\\_special\\_commodity\\_fish\\_farm\\_on\\_the\\_black\\_sea\\_lakes\\_of\\_Odesa\\_region](https://www.researchgate.net/publication/341257172_The_creation_of_special_commodity_fish_farm_on_the_black_sea_lakes_of_Odesa_region).
11. Basic equipment and tools required for fish farming: a beginners guide. <https://www.agrifarming.in/basic-equipment-and-tools-required-for-fish-farming-a-beginners-guide>
13. D. Dudley. Aquaponics for profit. 2d edition. 2022. 470 p.
14. Обладнання для аквакультури. Інтернет-джерело. <http://shop.vismar-aqua.com/aquaculture>

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Ю.П. Білаш  
І.Г. Ярошович  
Б.П. Чайковський  
А.О. Бойко

## **РИБОГОСПОДАРСЬКА ГІДРОТЕХНІКА З ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗІЇ**

для здобувачів першого (бакалаврського) і другого (магістерського) освітнього рівня в галузі знань: «Н. Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина» Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького Південного кампусу

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Редактор-упорядник *Ю.П. Білаш*  
Комп'ютерний набір *Ю.П. Білаш*  
Верстка *ПрАТ «Артсервіс»*  
Підготовка до друку *ПрАТ «Артсервіс»*

Підписано до друку 19.11.2025.  
Формат 60х90 1/16  
Папір офсетний. Друк офсетний.  
Умов.-друк. арк. 4,15  
Наклад 10 прим.  
Зам. № 25-1119/К

**Видано ПрАТ «Артсервіс»**  
Україна, 79018, м. Львів, вул. Антоновича, 47  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
До державного реєстру видавців, виготовлювачів  
І розповсюджувачів видавничої продукції  
Серія дк № 8111 від 11.06.2024 р.

**Віддруковано у ПрАТ «Артсервіс»**  
Україна, 79028, м. Львів, вул. Пасічна, 141  
Тел. +38 050 317-26-29  
E-mail: artservice.druk@ukr.net