

Удовиченко В.В.

МЕТОДИ

ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

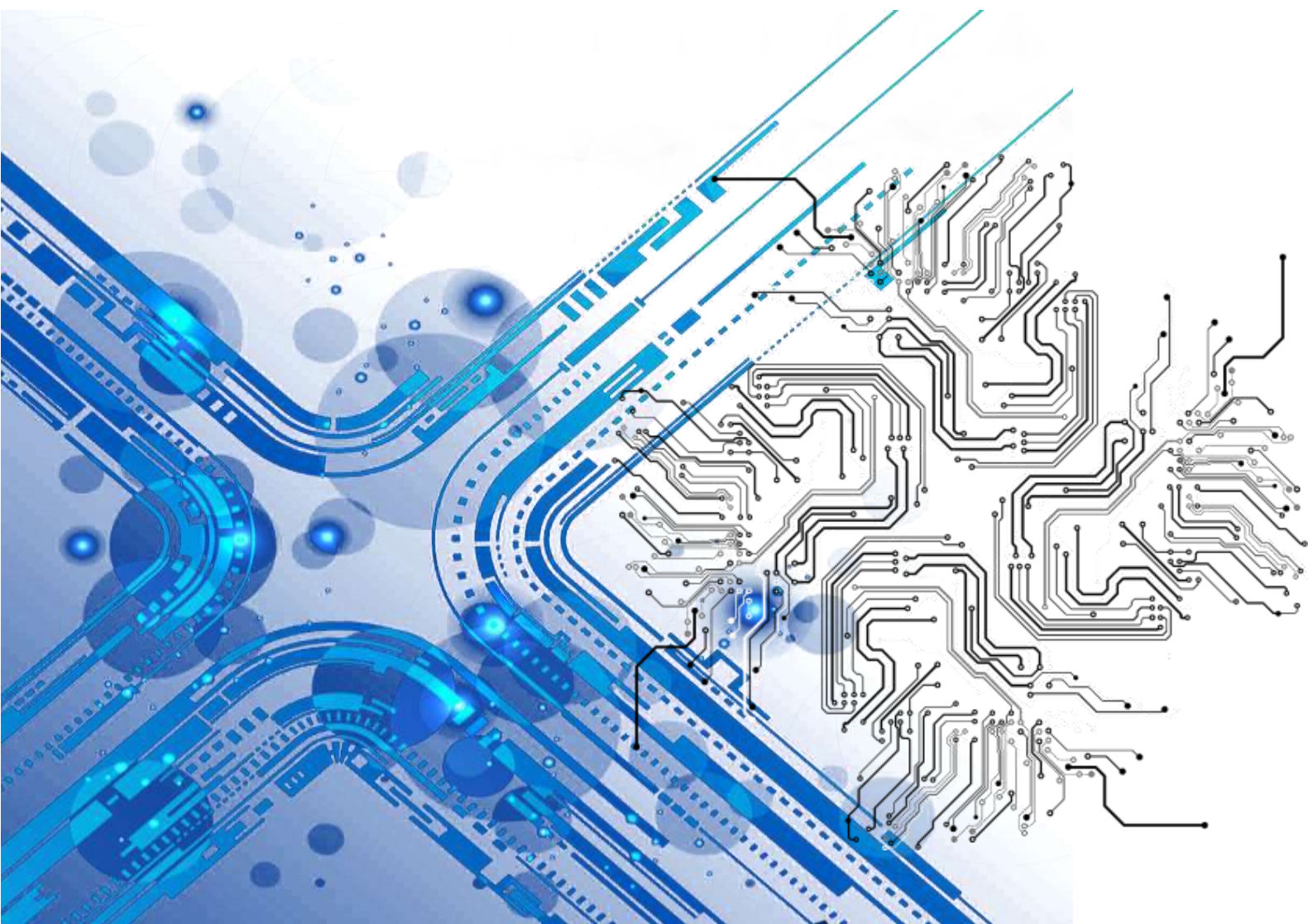
НАВЧАЛЬНО-
МЕТОДИЧНИЙ
КОМПЛЕКС

МЕТОДИ

ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ

ДОСЛІДЖЕНЬ

**НАВЧАЛЬНО-
МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС**





Вікторія Віталіївна УДОВИЧЕНКО

доктор географічних наук,
професор кафедри
фізичної географії та
геоекології
географічного факультету
Київського національного
університету
імені Тараса Шевченка

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

УДОВИЧЕНКО В.В.

Методи ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ
КОМПЛЕКС**

Київ
Видавець Бихун В.Ю.
2026



УДК 911:502/504(075.8)
У31

*Рекомендовано до друку
вченою радою географічного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
(протокол №14 від 28 травня 2026 року)*

Рецензенти:

Самойленко В.М., доктор географічних наук, професор,
старший науковий співробітник навчально-наукової лабораторії екології ландшафту
LandscapeLabKNU Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Кохан С.С., доктор технічних наук, професор,
головний науковий співробітник ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук НАН України»

Кошель А.О., доктор економічних наук, доцент,
професор кафедри геоінформатики і аерокосмічних досліджень Землі Національного
університету біоресурсів і природокористування України

Удовиченко В.В.

У31 **Методи геоекологічних досліджень : Навчально-методичний
комплекс.** Київ : Видавець Бихун В. Ю., 2026. 212 с.

ISBN 978-617-8553-08-1

Навчально-методичний комплекс присвячено висвітленню теоретико-методологічних засад та сучасного методичного апарату геоекологічних досліджень. У виданні розкрито зміст і особливості застосування загальнонаукових, емпіричних, картографічних, аерокосмічних, GIS-орієнтованих, математичних, оціночних і прогнозних методів у системі комплексного геоекологічного аналізу території. Значну увагу приділено польовим і дистанційним дослідженням, морфометричному аналізу рельєфу, моделюванню територіальних структур, оцінюванню екосистемних послуг, антропогенних навантажень та використанню сучасних геоінформаційних технологій і дистанційного зондування Землі. Навчально-методичний комплекс містить методичні рекомендації до виконання практичних робіт, завдання для самостійної роботи та питання для підготовки до іспиту, спрямовані на формування у здобувачів освіти системного геоекологічного мислення та навичок комплексного аналізу геосистем.

Видання буде корисним здобувачам освіти галузі знань Е4 – Науки про Землю, зокрема тим, хто навчається за ОПП «Геоекологія та екосистемні послуги», а також викладачам, аспірантам, фахівцям у сфері геоекології, охорони довкілля, просторового планування та усім тим, хто цікавиться питаннями дослідження й оцінювання стану природного середовища.

© Удовиченко В.В., 2026

© Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, 2026

ISBN 978-617-8553-08-1



Вступ.....	8
РОЗДІЛ І	
РОЗГОРНУТИЙ ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ «МЕТОДИ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ».....	12
Змістовий модуль 1	
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ТА УНІВЕРСАЛЬНІ МЕТОДИ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	14
ТЕМА 1	
Вступ. Теоретико-методологічні основи здійснення комплексних геоecологічних досліджень.....	14

ТЕМА 2

Загальна система методів комплексних геоєкологічних досліджень та їх коротка характеристика..... 15

ТЕМА 3

Картографічні та аналітичні методи геоєкологічних досліджень 16

ТЕМА 4

Методи емпіричного рівня дослідження. Зміст, необхідність та можливості застосування польових досліджень..... 17

ТЕМА 5

Методи напівстаціонарних та стаціонарних геоєкологічних досліджень..... 18

ТЕМА 6

Аерокосмічні методи у геоєкологічних дослідженнях..... 20

ТЕМА 7

Кількісні та математико-статистичні методи у геоєкологічних дослідженнях..... 21

ТЕМА 8

Моделювання та дослідження територіальних структур у геоєкології..... 23

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

СПЕЦІАЛЬНІ, ОЦІНОЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ МЕТОДИ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 25

ТЕМА 9

Методи ландшафтно-геофізичних досліджень..... 25

ТЕМА 10

Методи ландшафтно-геохімічних досліджень..... 26

ТЕМА 11

Оціночні методи у геоєкології. Принципи оцінки природних умов і ресурсів..... 28

ТЕМА 12

Методи оцінювання екосистемних послуг у геоєкологічних дослідженнях..... 29

ТЕМА 13

Методи вирішення актуальних геоекологічних проблем.....	31
---	----

ТЕМА 14

Методи прогнозування та сценарного аналізу у геоекологічних дослідженнях.....	32
---	----

РОЗДІЛ II

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	35
---	-----------

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

Метод координатної (геопросторової) прив'язки об'єктів у геоекологічних дослідженнях: інтеграція топографічних та GIS-підходів.....	38
---	----

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

Метод басейнового аналізу території у геоекологічних дослідженнях: моделювання орогідрографічної мережі та геоінформаційна інтерпретація.....	53
---	----

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

Метод морфометричного аналізу рельєфу у геоекологічних дослідженнях: визначення густоти горизонтального розчленування та його геоінформаційне моделювання.....	76
--	----

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

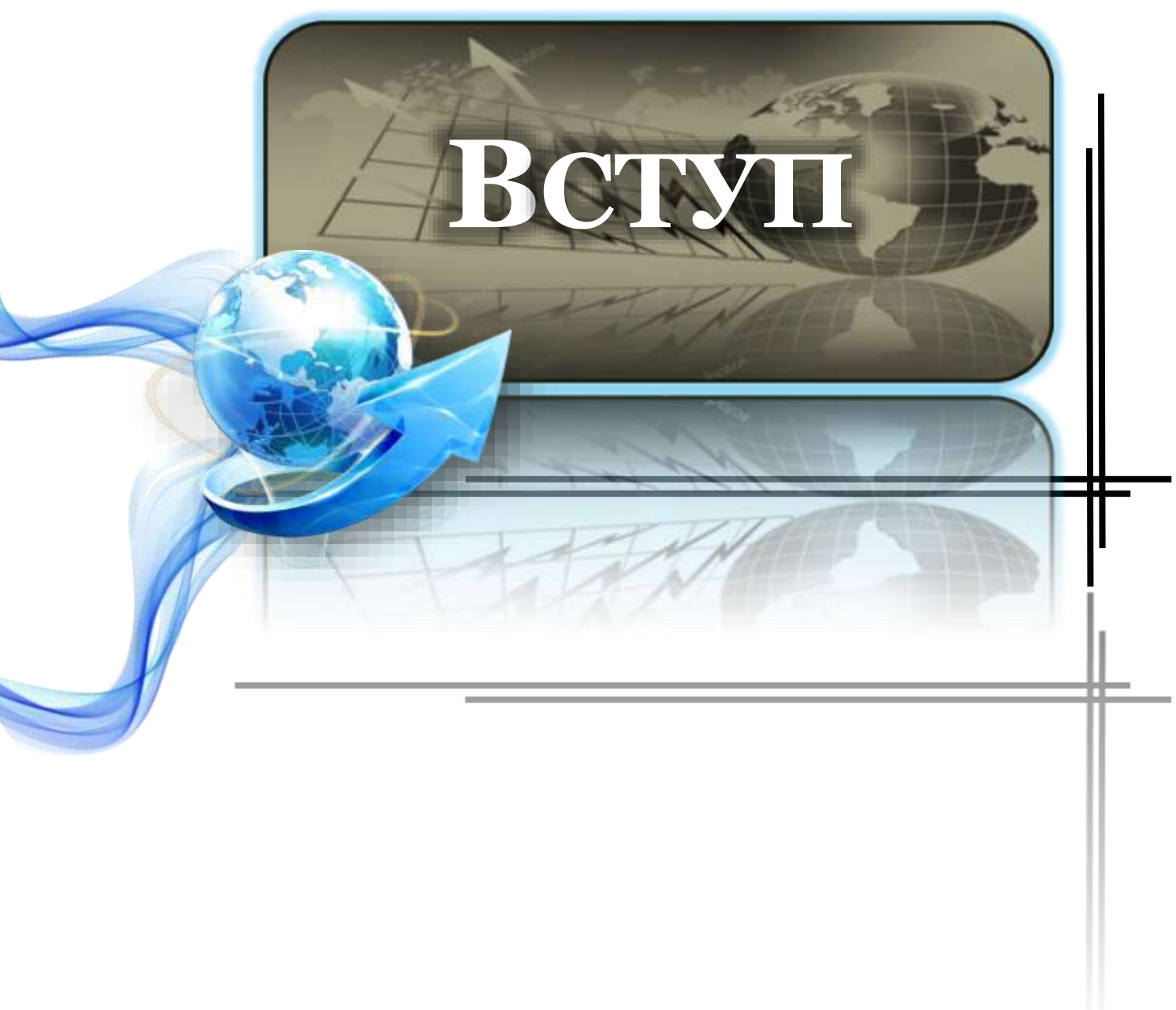
Метод геопросторових польових досліджень: рекогностування території та відбір проб як етап комплексного геоекологічного аналізу	115
---	-----

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

Методи дистанційних геопросторових вишукувань: інтерпретація космічних знімків та спектральний аналіз у геоекологічних дослідженнях.....	145
--	-----

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ.....	193
--	------------

РЕКОМЕНДОВАНІ ТА ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	202
--	------------



Вступ

Шановний читачу! Навчально-методичний комплекс, який Ви тримаєте у руках, є результатом прагнення автора сформувати у здобувачів освіти сучасне геоecологічне мислення, систему фундаментальних і прикладних знань щодо методології, методики та практики здійснення комплексних геоecологічних досліджень, а також розуміння ролі сучасних методів дослідження у процесі вивчення, оцінювання, моніторингу та прогнозування стану природного середовища. Видання спрямоване на підготовку майбутніх фахівців у сфері наук про Землю, геоecології, охорони довкілля, просторового та ландшафтного планування, оцінювання екосистемних послуг, природокористування та ecологічного менеджменту.

Цей навчально-методичний комплекс є виданням, логіка побудови якого ґрунтується на поєднанні теоретико-

методологічних засад геоекологічних досліджень із практичним опануванням сучасного інструментарію аналізу території. Саме тому значна увага приділена не лише загальній характеристиці методів, але й методичним аспектам їх застосування, послідовності виконання досліджень, інтерпретації результатів та інтеграції різних підходів у систему комплексного геоекологічного аналізу. Матеріал подано у структурованій та логічно взаємопов'язаній формі із використанням схем, алгоритмів, таблиць, GIS-орієнтованих підходів та елементів просторового аналізу.

Навчально-методичний комплекс побудований таким чином, аби не бути жорстко прив'язаним виключно до однієї освітньої компоненти чи вузького напряму підготовки, а слугувати універсальною методичною основою для здобувачів освіти у галузі знань Е4 – Науки про Землю та суміжних напрямів підготовки. У межах цього видання комплексні геоекологічні дослідження розглядаються як система взаємопов'язаних методів і підходів, спрямованих на дослідження структури, функціонування, динаміки та стійкості природних і природно-антропогенних геосистем.

Структурно навчально-методичний комплекс складається з двох взаємопов'язаних *змістових частин*. У першій частині розглядаються теоретико-методологічні основи та система методів геоекологічних досліджень, зокрема загальнонаукові, емпіричні, картографічні, GIS- та аерокосмічні методи, методи математичного і просторового аналізу, моделювання територіальних структур, ландшафтно-геофізичні та ландшафтно-геохімічні методи, оціночні підходи, методи дослідження екосистемних послуг, оцінювання антропогенних навантажень, стійкості геосистем, а також методи прогнозування та сценарного аналізу у геоекології. Друга частина – містить методичні рекомендації щодо виконання практичних робіт, побудованих за принципом послідовного ускладнення та інтеграції методів геоекологічних досліджень – від базових геопросторових операцій і морфометричного аналізу до дистанційних методів, польових досліджень, GIS-аналізу та комплексної геоекологічної інтерпретації території.

Теми Розділу I подані у концентрованому, структурованому та методично узагальненому вигляді, що дозволяє сформувати у здобувачів освіти цілісне уявлення про систему методів сучасних геоекологічних досліджень, їх методологічні засади, інструментарій та напрями практичного застосування. Кожна тема супроводжується короткою анотацією, у якій окреслено

основні змістові акценти, ключові поняття, методичні підходи та коло питань, що розглядатимуться у межах відповідного тематичного блоку. Такий підхід спрямований на полегшення сприйняття матеріалу, формування логічних взаємозв'язків між окремими темами та систематизацію знань у межах дисципліни.

Практичні роботи, подані у Розділі II, побудовані за принципом послідовного опанування методів геоecологічних досліджень – від базових геопросторових операцій до комплексного аналізу території. Саме тому за методологічну основу їх побудови та інтеграції у єдину систему було взято наступний логічний ланцюг:

Просторова, у т.ч. морфометрична, основа → Польові методи → Лабораторні дослідження → Дистанційні методи → Антропогенний вплив → ІНТЕГРАЦІЯ.

Такий підхід дозволяє сформуванню у здобувачів освіти цілісне уявлення про організацію геоecологічних досліджень, взаємозв'язок між окремими методами та особливості інтеграції польових, лабораторних, картографічних, дистанційних і GIS-підходів у єдину систему сучасного геоecологічного аналізу.

Окрема увага у виданні приділена сучасним геоінформаційним і дистанційним технологіям дослідження території. Значна частина практичних робіт орієнтована на використання GIS-технологій, цифрових моделей рельєфу, платформ дистанційного зондування Землі, методів спектрального аналізу та геопросторового моделювання. У посібнику розглядаються можливості використання сучасних платформ і ресурсів, зокрема QGIS, Google Earth Pro, Copernicus Browser, Sentinel Hub EO Browser, Google Earth Engine та інших цифрових інструментів аналізу просторових даних.

Практичні роботи мають уніфіковану методичну структуру та поєднують теоретичні положення з їх практичною реалізацією у процесі здійснення геоecологічних досліджень. Кожна робота містить: мету, перелік необхідного обладнання та програмного забезпечення, короткі теоретичні відомості, поетапний опис ходу виконання роботи, блоки самостійної роботи, питання та завдання для самоконтролю, а також висновки та рекомендації щодо інтерпретації отриманих результатів.

Питання та завдання для виконання побудовані за принципом поступового ускладнення та охоплюють концептуально-інтерпретаційний, ситуаційний, кейсовий та інтегративний рівні. Такий підхід спрямований на формування у здобувачів освіти не лише здатності відтворювати теоретичний

матеріал, але й уміння аналізувати просторові закономірності, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, здійснювати геоecологічне оцінювання території та інтегрувати результати досліджень у систему прийняття природоохоронних і управлінських рішень. Разом з тим, виконання практичних робіт та завдань самотійної роботи, кейсів забезпечує формування здатності критично оцінювати результати досліджень, здійснювати їх просторову інтерпретацію, інтегрувати різні джерела інформації та застосовувати отримані результати у системі комплексного геоecологічного аналізу території.

У розділі «Рекомендовані та використані джерела інформації» подано перелік основних літературних, картографічних, нормативних та цифрових джерел, використаних автором під час підготовки цього видання, і таких, які стануть у нагоді здобувачам освіти під час виконання ними практичних завдань та самотійного опрацювання програмного матеріалу. Частина джерел наведена у тексті у вигляді посилань у квадратних дужках, наприклад: [1].

З метою структуризації матеріалу та полегшення його сприйняття й опрацювання, а також для акцентування уваги на найбільш важливих аспектах у цьому навчально-методичному комплексі використано два типи інформаційних блоків, оформлених у вигляді двох типів рамок.

Перший тип рамок орієнтований на виділення ключових *теоретико-методологічних положень*, базових понять, класифікацій та узагальнень, які становлять концептуальну основу відповідних тем.

Другий тип рамок має *інструктивно-методичний характер* і містить ключові настанови, алгоритми виконання практичних робіт, послідовності дій, методичні рекомендації та практичні зауваги, а також елементи прикладного спрямування, необхідні для правильного виконання практичних завдань та щодо застосування методів геоecологічних досліджень і формування професійних навичок.

Для зручності читача окремі розділи, завдання та елементи практичних робіт, позначені *символом «*»*, відповідають найвищому рівню складності та орієнтовані на поглиблене опанування матеріалу, розвиток аналітичного мислення, просторової інтерпретації та здатності до самотійного виконання комплексних геоecологічних досліджень.



РОЗГОРНУТИЙ ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ «МЕТОДИ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»

Дисципліна «Методи геоecологічних досліджень» належить до системи фундаментальної професійної підготовки фахівців у галузі наук про Землю та спрямована на формування у здобувачів вищої освіти цілісного уявлення про сучасні підходи, принципи, методи й методичні прийоми дослідження природних і природно-антропогенних геосистем. Вивчення дисципліни передбачає опанування як теоретико-методологічних засад геоecологічних досліджень, так і практичних аспектів застосування польових, картографічних, геоінформаційних, дистанційних, оціночних та прогнозних методів аналізу території. Особлива увага приділяється системному підходу до вивчення геосистем, аналізу просторової структури території, оцінюванню антропогенних впливів і можливостям використання сучасних GIS- та дистанційних технологій у геоecологічних дослідженнях.

Структура дисципліни побудована за принципом послідовного переходу від загальних теоретико-методологічних основ геоecологічних досліджень до спеціальних, прикладних та оціночних методів аналізу геосистем. Перший змістовий модуль присвячений розгляду універсальних методів геоecологічних досліджень, сутності наукового методу, класифікації методів, особливостей емпіричних, аерокосмічних, польових та геоінформаційних досліджень, а також моделюванню територіальних структур і геосистем. Другий змістовий модуль охоплює спеціальні методи геоecологічних досліджень, зокрема ландшафтно-геофізичні та ландшафтно-геохімічні підходи, оціночні методи, методи оцінювання екосистемних послуг, аналізу антропогенних навантажень, а також прогнозування та прийняття управлінських рішень у сфері природокористування.

Поданий у даному розділі матеріал структуровано відповідно до тематичного плану дисципліни та він відображає основні теоретичні положення, понятійно-термінологічний апарат, методологічні підходи та напрями практичного застосування методів геоecологічних досліджень.

Розгляд окремих тем спрямований не лише на засвоєння теоретичних основ дисципліни, а й на формування у здобувачів здатності комплексно аналізувати геосистеми, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між природними й антропогенними процесами, здійснювати просторову інтерпретацію території та використовувати сучасні методи геоecологічного аналізу у науковій і прикладній діяльності.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ТА УНІВЕРСАЛЬНІ МЕТОДИ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

ТЕМА 1

Вступ. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗДІЙСНЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета, завдання і зміст курсу. Поняття про комплексні геоecологічні дослідження, їх наукове та практичне значення. Об'єкти та предмет геоecологічних досліджень. Основні терміни і поняття.

У межах теми розглядаються мета, завдання та структура дисципліни, її місце у системі наук про Землю та значення у підготовці фахівців у галузі геоecології. Розкривається сутність комплексних геоecологічних досліджень, їх наукове та практичне значення, а також основні поняття, категорії й терміни дисципліни. Особлива увага приділяється формуванню понятійно-термінологічного апарату дисципліни, загальним принципам здійснення геоecологічних досліджень та місцю наукових методів у системі вивчення геосистем.

У темі висвітлюються об'єкти геоecологічних досліджень, зокрема природно-територіальні, природно-антропогенні та територіально-виробничі системи, їх структура, компоненти та властивості. Розглядаються поняття геосистем, їх характерні риси, типи та ієрархічна організація. Аналізуються типологічні й регіональні геосистеми, а також особливості функціонування природних і природно-антропогенних комплексів.

Окрему увагу приділено предмету геоecологічних досліджень, зокрема вивченню властивостей, структури, стану, динаміки та просторової організації геосистем. Розглядаються основні напрями комплексного геоecологічного аналізу території та значення системного підходу у дослідженні природних і антропогенно трансформованих геосистем.

ТЕМА 2

ЗАГАЛЬНА СИСТЕМА МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНИХ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА

Поняття про науковий метод. Співвідношення понять «науковий метод», «методика» й «методологія». Значення наукових методів у загальній системі наукових досліджень та у геоecології. Класифікація наукових методів, основні підходи до її здійснення, критерії та принципи. Характеристика методів, виділених за функціональним призначенням, інформативністю, масштабом, тривалістю, ступенем узагальнення та особливостями практичного застосування.

У межах теми розглядаються теоретичні засади формування системи методів комплексних геоecологічних досліджень, їх місце у структурі наукового пізнання та роль у дослідженні природних і природно-антропогенних геосистем. Аналізуються поняття «науковий метод», «методика» та «методологія», їх співвідношення, функції та значення у процесі здійснення наукових досліджень. Особлива увага приділяється ролі наукових методів у системі геоecологічного аналізу території, формуванні доказової бази дослідження та отриманні достовірних результатів.

У темі висвітлюються основні підходи до класифікації наукових методів, критерії їх виділення та принципи систематизації. Розглядаються методи, диференційовані за:

- ✚ характером і роллю у процесі пізнання,
- ✚ функціональним призначенням,
- ✚ рівнями наукового дослідження,
- ✚ інформативністю,
- ✚ масштабом,
- ✚ тривалістю та
- ✚ сферою застосування.

Аналізуються особливості методів емпіричного та теоретичного рівнів дослідження, загальнонаукових, спеціальних, польових, картографічних, математико-статистичних і міждисциплінарних методів, а також можливості їх комплексного використання у геоecологічних дослідженнях.

Окрему увагу приділено характеристиці методів, що застосовуються у дослідженні геосистем різного рівня організації та просторового масштабу. Розглядаються

особливості використання методів аналізу, порівняння, оцінювання, прогнозування, моделювання та польових спостережень у системі комплексного геоecологічного аналізу території. Аналізується значення інтеграції методів суміжних наук, міждисциплінарного підходу та сучасних геоінформаційних технологій у процесі дослідження стану, динаміки та просторової організації геосистем.

ТЕМА 3

КАРТОГРАФІЧНІ ТА АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методи аналізу та інтерпретації геоecологічної інформації у системі комплексних геоecологічних досліджень. Метод порівняння та його роль у виявленні просторових закономірностей, специфічні риси та напрями застосування. Картографічний метод і методичні прийоми аналізу картографічних матеріалів, його роль у дослідженні геосистем. Топографічні карти та картографічні матеріали як основа просторового аналізу території. Форми фіксації результатів спостережень на картах. Методичні прийоми аналізу картографічних матеріалів, моделювання орогідрографічної сітки та морфометричного аналізу рельєфу.

У межах теми розглядаються основні методи аналізу та інтерпретації геоecологічної інформації, що застосовуються у системі комплексних геоecологічних досліджень. Аналізуються можливості використання аналітичних, картографічних матеріалів, топографічних карт і просторового аналізу території у процесі дослідження природних та природно-антропогенних геосистем. Особлива увага приділяється ролі методів аналізу, порівняння та просторової інтерпретації у формуванні комплексного уявлення про структуру, стан і просторову диференціацію геосистем.

У темі висвітлюються особливості застосування методу порівняння у геоecологічних дослідженнях, його значення для виявлення просторових відмінностей, закономірностей функціонування геосистем та оцінювання ступеня антропогенної трансформації території. Розглядаються специфічні риси картографічного методу, принципи роботи з топографічними картами, особливості використання географічних і прямокутних координат, а також методичні

підходи до геопросторової прив'язки об'єктів у системі геоecологічного аналізу території.

Окрему увагу приділено методичним прийомам аналізу картографічних матеріалів та їх застосуванню у процесі дослідження територіальної структури геосистем. Розглядаються особливості моделювання орогідрографічної сітки, визначення густоти горизонтального розчленування рельєфу, аналізу морфометричних показників та побудови геоecологічних профілів території. Аналізується значення картографічних методів у системі сучасних геоecологічних досліджень, їх взаємозв'язок із GIS-технологіями та роль у просторовій інтерпретації природних і природно-антропогенних процесів.

ТЕМА 4

МЕТОДИ ЕМПІРИЧНОГО РІВНЯ ДОСЛІДЖЕННЯ. ЗМІСТ, НЕОБХІДНІСТЬ ТА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Емпіричний рівень досліджень та система методів емпіричного пізнання у геоecології. Польові дослідження, їх зміст, значення та можливості застосування у системі комплексного геоecологічного аналізу території. Класифікація польових досліджень за змістом, формою та масштабом. Етапи організації та проведення польових геоecологічних досліджень. Методичні прийоми польових спостережень, рекогностування території, геоecологічного профілювання та картографування.

У межах теми розглядаються теоретичні та методичні основи емпіричного рівня геоecологічних досліджень, його місце у системі наукового пізнання та роль у формуванні первинної інформаційної бази дослідження геосистем. Аналізуються основні методи емпіричного рівня досліджень, зокрема польових спостережень, картографування, застосування аерофотоматеріалів і космічних знімків, а також особливості їх використання у процесі комплексного геоecологічного аналізу території. Особлива увага приділяється значенню польових досліджень як основи отримання фактичного матеріалу про структуру, стан, функціонування та динаміку природних і природно-антропогенних геосистем.

У темі висвітлюються основні етапи організації та проведення польових геоecологічних досліджень, зокрема підготовчий, польовий та камеральний. Розглядаються методичні аспекти постановки завдання дослідження, складання програми польових робіт, календарного плану, підготовки польової документації та картографічної основи. Аналізуються методичні прийоми рекогносрування місцевості, вибору маршрутів, точок спостереження та організації польових робіт залежно від масштабу й специфіки дослідження. Окрема увага приділяється методиці складання попередніх карт-гіпотез, підготовці легенд та використанню картографічних матеріалів у процесі польових досліджень.

Крім того, у темі розглядаються методичні прийоми дослідження основних компонентів геосистем у польових умовах, зокрема літогенної основи, рельєфу, ґрунтового покриву, гідрокліматичних та біотичних компонентів, а також сучасних фізико-географічних процесів і напрямів використання території. Аналізуються особливості здійснення маршрутних і площинних досліджень, методика геоecологічного профілювання та ландшафтного картографування. Значна увага приділяється первинному опрацюванню польових матеріалів, камеральній обробці результатів досліджень, створенню та редагуванню картографічних матеріалів, а також вимогам до підготовки та оформлення підсумкових звітів за результатами комплексних геоecологічних досліджень.

ТЕМА 5

МЕТОДИ НАПІВСТАЦІОНАРНИХ ТА СТАЦІОНАРНИХ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Стаціонарні та напівстаціонарні геоecологічні дослідження: сутність, зміст, програми та методики здійснення. Метод комплексної ординації та особливості його реалізації у системі стаціонарних досліджень. Методичні прийоми дослідження геосистем у різних природних зонах і гірських районах. Особливості польових досліджень молодих ландшафтів вулканічних територій. Можливості застосування GIS-технологій у системі стаціонарних і напівстаціонарних геоecологічних досліджень.

У межах теми розглядаються теоретичні та методичні основи стаціонарних і напівстаціонарних геоecологічних

досліджень, їх місце у системі комплексного вивчення природних та природно-антропогенних геосистем. Аналізуються сутність, зміст і специфічні риси стаціонарних досліджень, особливості організації тривалих спостережень за функціонуванням і динамікою геосистем, а також можливості використання напівстаціонарних підходів у процесі польового геоекологічного аналізу території. Особлива увага приділяється програмам стаціонарних досліджень, структурі польових спостережень, методичним прийомам збору та систематизації даних, а також ролі довготривалих спостережень у виявленні закономірностей розвитку геосистем.

У темі висвітлюється метод комплексної ординації як один із ключових методів стаціонарних геоекологічних досліджень. Розглядаються його сутність, основні етапи реалізації, особливості закладання полігонів-трансектів та організації спостережень у межах факторально-динамічних рядів фацій і циклів фацій. Аналізуються можливості застосування методу комплексної ординації у процесі дослідження просторової структури геосистем, функціонування природних компонентів та виявлення закономірностей територіальної диференціації природного середовища. Окрема увага приділяється сучасним тенденціям розвитку стаціонарних досліджень та їх значенню у системі моніторингу природних і природно-антропогенних процесів.

У межах теми розглядаються особливості організації та проведення польових досліджень у різних природних зонах рівнинних і гірських територій. Аналізуються специфічні риси дослідження геосистем тундри, лісової зони, лісостепу, степу, напівпустель, субтропічних і карстових територій, а також молодих вулканічних ландшафтів. Значна увага приділяється специфіці польових досліджень у гірських районах, зокрема впливу складного рельєфу, висотної диференціації природних компонентів, строкатості літологічних умов та дрібноконтурності природно-територіальних комплексів на організацію польових робіт. Розглядаються методичні прийоми маршрутного знімання, профілювання та просторової інтерпретації геосистем у складних природних умовах.

Окрему увагу приділено можливостям застосування сучасних GIS-технологій у системі стаціонарних і напівстаціонарних геоекологічних досліджень. Аналізуються можливості використання геоінформаційних систем для просторової прив'язки точок спостереження, створення цифрових моделей рельєфу, побудови геоекологічних профілів,

моделювання орогідрографічної сітки та картографування результатів польових досліджень. Розглядаються особливості інтеграції даних польових спостережень із матеріалами дистанційного зондування Землі, використання QGIS, Google Earth Pro та цифрових картографічних платформ для візуалізації, аналізу й геоєкологічної інтерпретації просторових даних. Аналізується значення GIS-технологій у процесі моніторингу динаміки геосистем, оцінювання антропогенних впливів та формування сучасних інформаційних баз геоєкологічних досліджень.

ТЕМА 6

АЕРОКОСМІЧНІ МЕТОДИ У ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Поняття аерокосмічної зйомки та основні складові аерокосмічних досліджень. Джерела аерокосмічної інформації та види аерофотоматеріалів. Географічна прив'язка аерокосмічних знімків та визначення їх математичної основи. Загальногеографічне та тематичне дешифрування аерокосмічних знімків. Дешифрувальні ознаки об'єктів місцевості та методичні прийоми інтерпретації аерокосмічних матеріалів. Напрями застосування аерокосмічних методів у системі геоєкологічних досліджень.

У межах теми розглядаються теоретичні та методичні основи застосування аерокосмічних методів у геоєкологічних дослідженнях, їх місце у системі сучасного просторового аналізу території та значення для вивчення природних і природно-антропогенних геосистем. Аналізуються поняття аерокосмічної зйомки, основні принципи отримання аерокосмічної інформації та характеристика фотографічного методу аерокосмічних досліджень. Особлива увага приділяється джерелам аерокосмічної інформації, сучасним супутниковим платформам, аерофотоматеріалам та можливостям використання відкритих аерокосмічних ресурсів і цифрових платформ дистанційного зондування Землі.

У темі висвітлюються методичні аспекти географічної прив'язки аерофотознімків і космічних знімків до топографічних та загальногеографічних карт. Розглядаються поняття математичної основи знімка, методичні прийоми визначення масштабу аерокосмічних зображень, способи перенесення об'єктів зі знімків на карту та особливості

просторових спотворень космічних знімків. Аналізуються класифікації аерокосмічних матеріалів, типи космічних знімків та специфіка їх використання у процесі геоecологічного аналізу території.

Окрему увагу приділено загальногеографічному та тематичному дешифруванню аерокосмічних знімків. Розглядаються сутність, види та методи дешифрування, дешифрувальні ознаки об'єктів місцевості, особливості камерального та польового дешифрування, а також методичні прийоми топографічного й тематичного аналізу аерокосмічних матеріалів. Аналізуються специфічні особливості дешифрування космічних знімків, використання стереоскопічного спостереження, технології інтерпретації космічних зображень та можливості застосування аерокосмічних методів у процесі дослідження структури геосистем, землекористування, антропогенних змін і просторової динаміки природного середовища.

У межах теми також розглядаються сучасні напрями застосування аерокосмічних методів у геоecологічних дослідженнях із використанням GIS- та дистанційних технологій. Аналізуються можливості використання платформ Copernicus Browser, Sentinel Hub EO Browser, Google Earth Pro, NASA Worldview та інших цифрових ресурсів для візуалізації, дешифрування та просторового аналізу космічних знімків. Значна увага приділяється інтеграції аерокосмічних даних із GIS-середовищем, використанню спектральних каналів та спектральних індексів для оцінювання стану рослинного покриву, зволоження території, виявлення антропогенних трансформацій і здійснення сучасного геоecологічного моніторингу території.

ТЕМА 7

КІЛЬКІСНІ ТА МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ У ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Кількісні методи аналізу геоecологічної інформації та їх роль у дослідженні геосистем. Математичні та статистичні методи у системі геоecологічних досліджень. Табличні методи представлення та аналізу даних. Методи визначення кореляційних залежностей, оцінювання однорідності природних комплексів та інтерпретації кількісних показників. Застосування математико-статистичних

методів у процесі геоєкологічного аналізу, оцінювання та прогнозування стану території.

У межах теми розглядаються теоретичні та методичні основи застосування кількісних, математичних і статистичних методів у геоєкологічних дослідженнях, їх роль у процесі аналізу, оцінювання та моделювання природних і природно-антропогенних геосистем. Аналізуються можливості використання кількісних показників для характеристики просторової структури території, стану природних компонентів, антропогенних навантажень і динаміки геоєкологічних процесів. Особлива увага приділяється значенню кількісного аналізу у формуванні об'єктивної та доказової основи геоєкологічних досліджень.

У темі висвітлюються особливості застосування математико-статистичних методів у процесі опрацювання геоєкологічної інформації. Розглядаються методи статистичного аналізу ступеня однорідності природних комплексів, методи узагальнення та систематизації даних, а також можливості використання таблиць як засобу аналітичного представлення результатів дослідження. Аналізуються підходи до кількісного оцінювання геосистем, визначення просторових закономірностей та інтерпретації отриманих числових показників у системі комплексного геоєкологічного аналізу території.

Окрему увагу приділено методам визначення кореляційних залежностей між компонентами геосистем та природно-антропогенними процесами. Розглядаються особливості застосування методів парної та множинної кореляції, рангового коефіцієнта кореляції Спірмена, а також принципи аналізу сили, напрямку та статистичної значущості зв'язків між досліджуваними показниками. Аналізуються можливості використання кореляційного аналізу у процесі виявлення взаємозв'язків між природними компонентами, оцінювання впливу антропогенних чинників та прогнозування змін стану геосистем.

У межах теми також розглядаються перспективи застосування математичних і статистичних методів у сучасних GIS- та дистанційних геоєкологічних дослідженнях. Аналізуються можливості інтеграції кількісного аналізу з геоінформаційними системами, цифровими моделями рельєфу, спектральними індексами та просторовими базами даних. Значна увага приділяється ролі математико-статистичних методів у процесі геоєкологічного моделювання, оцінювання

ризиків, аналізу просторових закономірностей та прийняття управлінських рішень у сфері природокористування і моніторингу довкілля.

ТЕМА 8

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СТРУКТУР У ГЕОЕКОЛОГІЇ

Системно-структурний підхід у геоекологічних дослідженнях. Поняття моделі та типи моделей у геоекології. Методи моделювання територіальних структур і геосистем. Моделювання просторових полів, структур взаємного розміщення та територіальної організації геосистем. Кластеризація та методи аналізу територіальних структур. Роль GIS-технологій і математико-картографічного моделювання у дослідженні геосистем.

У межах теми розглядаються теоретичні та методологічні основи системно-структурного підходу у геоекологічних дослідженнях, його значення для вивчення структури, функціонування та просторової організації природних і природно-антропогенних геосистем. Аналізуються поняття «модель» і «моделювання», основні типи моделей у геоекології, а також роль моделювання у процесі дослідження складних територіальних систем, вивчення структури, функціонування, динаміки та територіальної диференціації природного середовища. Особлива увага приділяється значенню моделей як інструменту узагальнення, аналізу та інтерпретації геоекологічної інформації, можливостям використання моделей у процесі геоекологічного аналізу території.

У темі висвітлюються основні напрями моделювання геосистем і територіальних структур, основні типи моделей, що застосовуються у геоекологічних дослідженнях, зокрема структурні, функціональні, просторові, картографічні, математичні та геоінформаційні. Розглядаються територіальні географічні структури, їх класифікація та особливості просторової організації. Аналізуються структури взаємного розміщення природних об'єктів, методологічні та методичні складнощі їх моделювання, а також можливості використання моделей для дослідження закономірностей територіальної диференціації геосистем. Значна увага приділяється аналізу структур різноякісних ареалів, безперервних скалярних полів, структур відношень та відповідностей.

Окрему увагу приділено методам математико-картографічного моделювання територіальних структур. Розглядаються модель тренд-аналізу (метод найближчого сусідства), модель ентропійної регулярності розміщення точок, модель елементарних трикутників, а також метод залишкових поверхонь. Аналізуються принципи моделювання просторових полів, методи визначення просторових закономірностей та особливості аналізу структури геополів у геоecологічних дослідженнях. Висвітлюються можливості застосування кількісних, статистичних та GIS-методів для дослідження просторової організації геосистем.

У межах теми розглядаються методи кластеризації та аналізу територіальних структур, їх роль у виділенні однорідних територіальних утворень і виявленні просторових закономірностей функціонування геосистем. Аналізуються підходи до моделювання ландшафтної структури території, територіальних поєднань природних компонентів та антропогенно трансформованих систем. Значна увага приділяється використанню GIS-технологій, цифрових моделей рельєфу, просторових баз даних, просторового аналізу та дистанційного зондування Землі у процесі моделювання геосистем і дослідження територіальних структур.

Окремо висвітлюється роль моделей у вивченні природних комплексів, оцінюванні просторової організації геосистем та аналізі взаємозв'язків між природними компонентами. Розглядаються можливості застосування моделей у системі геоecологічного моніторингу, територіального планування, оцінювання антропогенних навантажень і дослідження стійкості геосистем. Значна увага приділяється ролі моделей у процесі прогнозування стану геосистем, оцінювання антропогенних впливів, виявлення просторових ризиків та підтримки прийняття управлінських рішень у сфері природокористування й моніторингу довкілля.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

СПЕЦІАЛЬНІ, ОЦІНОЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ МЕТОДИ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

ТЕМА 9

МЕТОДИ ЛАНДШАФТНО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сутність геофізики ландшафту, її головні завдання та місце у системі геоекологічних досліджень. Поняття про поля та геопотенційні поля. Методи ландшафтно-геофізичних досліджень геосистем. Основні етапи здійснення ландшафтно-геофізичних досліджень процесів і явищ. Ландшафтно-індикативні методи та можливості практичного застосування результатів геофізичних досліджень у геоекології.

У межах теми розглядаються теоретичні та методологічні основи геофізики ландшафту як одного з напрямів комплексних геоекологічних досліджень. Аналізуються сутність геофізики ландшафту, її головні завдання та роль у вивченні структури, функціонування, енергетичних і речовинних зв'язків геосистем. Особлива увага приділяється дослідженню фізичних процесів у природних і природно-антропогенних геосистемах, а також значенню геофізичних методів у процесі аналізу стану та динаміки природного середовища.

У темі висвітлюються зміст поняття «поля» та «геопотенційного поля», зокрема гравітаційного, магнітного, атмосферно-електричного та електричного полів, їх основні властивості та особливості прояву у геосистемах. Розглядаються фізичні параметри геосистем, методичні підходи до їх визначення та аналізу, а також значення фізичних характеристик у процесі дослідження природних процесів і явищ. Аналізуються можливості використання геофізичних показників для оцінювання функціонального стану геосистем та виявлення закономірностей їх просторової організації.

Окрему увагу приділено методам ландшафтно-геофізичних досліджень, зокрема балансовому методу, методам визначення фізичних параметрів геосистем, математико-статистичним методам та іншим підходам до виявлення зв'язків між компонентами геосистем. Розглядаються особливості використання кількісних показників у процесі аналізу потоків речовини та енергії, оцінювання функціонування геосистем і моделювання природних процесів. Аналізуються можливості застосування фізико-математичних моделей для дослідження геосистем та інтерпретації взаємозв'язків між природними компонентами.

У межах теми розглядаються основні етапи здійснення ландшафтно-геофізичних досліджень процесів і явищ, зокрема накопичення емпіричного матеріалу, застосування статистичних методів, визначення фізичних параметрів явищ, побудови фізико-математичних моделей та встановлення функціональних зв'язків у геосистемах. Аналізуються можливості застосування ландшафтно-індикативних методів для виявлення стану природного середовища, оцінювання геоecологічних процесів та вирішення прикладних завдань у сфері природокористування, моніторингу довкілля та прогнозування змін геосистем.

ТЕМА 10

МЕТОДИ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Геохімія ландшафту: сутність, головні завдання та предметні напрями досліджень. Методи ландшафтно-геохімічного аналізу геосистем. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану території та стійкості геосистем до забруднень. Алгоритм здійснення ландшафтно-геохімічного аналізу території. Ландшафтно-геохімічне картографування та моделювання міграції речовин у геосистемах.

У межах теми розглядаються теоретичні та методологічні основи геохімії ландшафту як одного з ключових напрямів комплексних геоecологічних досліджень. Аналізуються сутність, головні завдання та предметні напрями ландшафтно-геохімічних досліджень, зокрема геохімія систем, геохімія процесів і геохімія окремих елементів та сполук, у тому числі техногенного походження. Особлива увага приділяється вивченню хімічного складу та фізико-хімічних властивостей

геосистем, закономірностей міграції хімічних елементів, особливостей формування геохімічних структур і ролі геохімічних процесів у функціонуванні природних та природно-антропогенних систем.

У темі висвітлюються основні методи ландшафтно-геохімічних досліджень, зокрема ландшафтно-геохімічний метод пошуку корисних копалин, методи визначення генези та геохімічних механізмів формування ландшафтів, моделювання процесів міграції речовин, а також методи ландшафтно-геохімічного картографування та районування території. Розглядаються можливості застосування ландшафтно-геохімічних підходів у процесі оцінювання екологічного стану територій, визначення ступеня хімічного забруднення геосистем, аналізу стійкості природних комплексів до техногенного впливу та їх здатності до самоочищення. Аналізуються поняття геохімічних бар'єрів, їх кількісної оцінки та ролі у процесах міграції й акумуляції речовин.

Окрему увагу приділено традиційним методам ландшафтно-геохімічних досліджень, зокрема лабораторним методам аналізу хімічного складу компонентів геосистем, аналітичним методам розрахунку середнього вмісту елементів, кларків, коефіцієнтів концентрації та інших геохімічних показників. Розглядаються методичні підходи до здійснення спряженого геохімічного аналізу, визначення закономірностей просторової диференціації хімічних елементів та особливості ландшафтно-геохімічного картографування із використанням типологічної класифікації геосистем. Аналізуються можливості застосування GIS-технологій і просторового аналізу у процесі створення ландшафтно-геохімічних карт та геоecологічної інтерпретації результатів дослідження.

У межах теми розглядається алгоритм здійснення ландшафтно-геохімічного аналізу території, що включає інвентаризаційні дослідження природних і ландшафтно-господарських систем, аналіз джерел техногенного впливу, оцінювання вмісту токсичних елементів у компонентах геосистем та вивчення природних режимів території. Аналізуються методичні підходи до ландшафтно-геохімічного аналізу просторової організації території, формування первинних і вторинних полів забруднення, впливу геохімічного середовища на живі організми та здоров'я людини. Значна увага приділяється ландшафтно-геохімічній оцінці екологічного стану території, оцінюванню ступеня забруднення

геосистем та застосуванню біоіндикаторів у процесі геоекологічного аналізу.

Окремо висвітлюються питання джерел вихідної інформації як важливої передумови здійснення ландшафтно-геохімічних досліджень та методичні аспекти ландшафтно-геохімічного картографування. Розглядаються принципи створення елементно-компонентних, каскадних, міграційних структур і карт геохімічних бар'єрів, а також можливості використання результатів ландшафтно-геохімічних досліджень у системі моніторингу довкілля, оцінювання антропогенних впливів та управління природокористуванням.

ТЕМА 11

ОЦІНОЧНІ МЕТОДИ У ГЕОЕКОЛОГІЇ. ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ПРИРОДНИХ УМОВ І РЕСУРСІВ

Сутність оцінки природного середовища та її місце у системі геоекологічних досліджень. Відмінність і співвідношення процесів оцінки та інвентаризації. Об'єкти, суб'єкти та територіальні одиниці геоекологічної оцінки. Методи якісної та кількісної оцінки природних умов і ресурсів. Інтегральна оцінка геосистем та методичні підходи до створення ландшафтно-оціночних карт.

У межах теми розглядаються теоретичні та методологічні основи оціночних методів у геоекології, їх значення у процесі дослідження, аналізу та раціонального використання природних умов і ресурсів. Аналізуються сутність процесу оцінки природного середовища, його роль у системі комплексних геоекологічних досліджень, а також співвідношення понять «оцінка» та «інвентаризація». Особлива увага приділяється визначенню об'єкта та суб'єкта оцінки, основним напрямам і типам оціночних досліджень, а також значенню геоекологічної оцінки у процесі прийняття природоохоронних і управлінських рішень.

У темі висвітлюються поняття «природні умови» та «природні ресурси», їх місце у системі геоекологічного аналізу території та особливості оцінювання природно-ресурсного потенціалу. Розглядаються специфічні риси економічної оцінки природних ресурсів, методичні підходи до кількісної оцінки природно-ресурсного потенціалу та всебічної якісної оцінки природних умов і ресурсів. Аналізуються територіальні одиниці

оцінки, принципи їх виділення та значення просторової диференціації території у процесі здійснення геоєкологічних оцінок.

Окрему увагу приділено методам якісної та кількісної оцінки геосистем, принципам відбору оціночних показників та особливостям їх застосування у геоєкологічних дослідженнях. Розглядаються способи та форми виразу оцінки, методичні прийоми переходу від часткових (поелементних) оцінок до інтегральної оцінки природних комплексів, а також підходи до узагальнення результатів оцінювання. Аналізуються можливості використання бальних шкал, рейтингових систем, індексних методів та інтегральних показників у процесі оцінювання стану геосистем і природних ресурсів.

У межах теми також розглядаються методичні підходи до створення оціночних класифікацій природних територіальних комплексів та розроблення ландшафтно-оціночних карт. Аналізуються принципи картографічного відображення результатів оцінювання, можливості використання GIS-технологій у процесі створення цифрових оціночних моделей території та просторової інтерпретації геоєкологічної інформації. Значна увага приділяється ролі оціночних методів у системі моніторингу довкілля, просторового планування, оцінювання екологічних ризиків і забезпечення збалансованого природокористування.

ТЕМА 12

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ У ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Сутність поняття «екосистемні послуги» та їх місце у системі сучасних геоєкологічних досліджень. Класифікації екосистемних послуг та принципи їх оцінювання. Кількісні, якісні та просторові методи оцінювання екосистемних послуг. Польові, геоінформаційні та дистанційні методи дослідження екосистемних послуг. Інтеграція оцінки екосистемних послуг у систему геоєкологічного аналізу та моніторингу території.

У межах теми розглядаються теоретичні та методологічні основи оцінювання екосистемних послуг у системі геоєкологічних досліджень, їх значення для аналізу стану геосистем, оцінювання природно-ресурсного потенціалу території та забезпечення збалансованого

природокористування. Аналізуються підходи до трактування поняття «екосистемні послуги», їх роль у підтриманні функціонування природних і природно-антропогенних систем, а також значення екосистемних послуг для суспільства, економіки та якості довкілля. Особлива увага приділяється міжнародним класифікаціям екосистемних послуг, зокрема підходам Millennium Ecosystem Assessment (MEA) та CICES, відповідно до яких екосистемні послуги поділяються на забезпечувальні, регулювальні, культурні та підтримувальні.

У темі висвітлюються основні підходи та методи оцінювання екосистемних послуг, зокрема якісні, кількісні, просторові, економічні та інтегральні методи оцінювання. Розглядаються методичні підходи до картографування екосистемних послуг, оцінювання їх просторового розподілу, аналізу екосистемної ємності території та визначення взаємозв'язків між структурою геосистем і характером наданих екосистемних послуг. Аналізуються можливості використання індикаторного, балансового, індексного та матричного підходів у процесі оцінювання екосистемних послуг, а також роль GIS-технологій і просторового моделювання у геоecологічному аналізі території.

Окрему увагу приділено польовим методам дослідження екосистемних послуг, зокрема рекогносцюванню території, інвентаризації природних компонентів, оцінюванню стану рослинного покриву, аналізу біотичних і абіотичних компонентів геосистем та фіксації просторових характеристик екосистем. Розглядаються методичні підходи до польового оцінювання забезпечувальних, регулювальних і культурних екосистемних послуг, а також можливості використання біоіндикаторів і геоecологічних показників у процесі моніторингу функціонування геосистем. Аналізуються особливості інтеграції польових спостережень із матеріалами дистанційного зондування Землі та геоінформаційними системами.

У межах теми розглядаються сучасні цифрові інструменти та платформи оцінювання екосистемних послуг, зокрема i-Tree Eco, i-Tree Canopy, MyTree, ITree-MyTree, PlantNet та інші GIS- і web-орієнтовані системи аналізу екосистем. Аналізуються можливості використання цих платформ для інвентаризації зелених насаджень, оцінювання поглинання вуглецю, регулювання водного стоку, очищення повітря, моніторингу стану деревної рослинності та визначення екосистемної цінності урбанізованих територій. Значна увага приділяється

інтеграції результатів польових спостережень, GIS-аналізу та дистанційних методів у систему моніторингу екосистемних послуг і підтримки прийняття управлінських рішень у сфері природокористування та охорони довкілля.

ТЕМА 13

МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ АКТУАЛЬНИХ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

Актуальні геоecологічні проблеми сучасності та методичні підходи до їх дослідження і вирішення. Методи оцінювання антропогенних навантажень на природні комплекси. Методи експертного та розрахункового оцінювання антропогенного впливу. Методи оцінювання стійкості геосистем та аналізу їх здатності до збереження функціонування в умовах антропогенних навантажень.

У межах теми розглядаються сучасні геоecологічні проблеми, їх сутність, причини виникнення та значення у системі дослідження природних і природно-антропогенних геосистем. Аналізуються основні напрями антропогенної трансформації природного середовища, зокрема урбанізація, промислове та транспортне навантаження, аграрне освоєння території, деградація земель, забруднення компонентів довкілля та порушення стійкості геосистем. Особлива увага приділяється необхідності комплексного геоecологічного аналізу території та застосуванню сучасних методів оцінювання антропогенних впливів у процесі вирішення актуальних геоecологічних проблем.

У темі висвітлюються методичні підходи до оцінювання антропогенних навантажень на природні комплекси. Розглядається система параметрів, що визначають ступінь антропогенного впливу на геосистеми, а також принципи інтегрального оцінювання антропогенних навантажень. Аналізуються методи експертного оцінювання антропогенних впливів, зокрема ранжування видів антропогенного впливу за ступенем їх суттєвості та глибини змін, класифікація угідь за співвідношенням природних і трансформованих територій, а також визначення коефіцієнта антропогенної змінності території за показником антропізації ландшафтів.

Окрему увагу приділено розрахунковим методам інтегрального оцінювання антропогенних навантажень.

Розглядаються методичні підходи до визначення рівнів індустріального, транспортного, аграрного та рекреаційного навантаження на геосистеми, а також можливості використання кількісних показників у процесі аналізу просторової структури антропогенного впливу. Аналізуються особливості інтеграції статистичних, картографічних та GIS-методів у процесі оцінювання антропогенних навантажень, створення карт антропогенної трансформації території та виявлення територій із підвищеним рівнем геоекологічного ризику.

У межах теми розглядаються методи оцінювання стійкості геосистем, їх теоретичні основи, головні завдання та методологічні складнощі визначення показників стійкості природних геосистем. Аналізуються методи безпосереднього («об'єктивного»), посереднього та суб'єктивного оцінювання стійкості геосистем, а також комплекс показників, що характеризують стійкість, адаптивність і здатність геосистем до самовідновлення. Розглядаються поняття форм стійкості геосистем, «відмови» геосистеми, типів відмов та методів їх визначення. Значна увага приділяється кількісним методам оцінювання стійкості геосистем та можливостям використання результатів оцінювання у процесі геоекологічного прогнозування, моніторингу довкілля, природоохоронного планування та управління природокористуванням.

ТЕМА 14

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА СЦЕНАРНОГО АНАЛІЗУ У ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Поняття прогнозу та прогнозування у геоекологічних дослідженнях. Методологічні основи, принципи та етапи геоекологічного прогнозування. Методи сценарного аналізу, імплікаційних шкал, екстраполяції та інтерполяції у прогнозуванні стану геосистем. Просторове та часове прогнозування змін природного середовища. Роль прогнозування у прийнятті природоохоронних і управлінських рішень.

У межах теми розглядаються теоретичні та методологічні основи прогнозування у геоекологічних дослідженнях, його значення у процесі аналізу, оцінювання та управління станом природного середовища. Аналізуються поняття «прогноз» і «прогнозування», їх співвідношення та роль у системі

комплексного геоекологічного аналізу території. Особлива увага приділяється актуальності здійснення геоекологічного прогнозування в умовах сучасних антропогенних трансформацій природного середовища, глобальних екологічних змін та необхідності передбачення можливих наслідків природних і антропогенних процесів.

У темі висвітлюються методологічні основи геоекологічного прогнозування, класифікації прогнозів, етапи прогнозування та основні вимоги до прогнозних досліджень. Розглядаються співвідношення понять «прогноз» і «план», принципи вибору територіальних і часових операційних одиниць прогнозування, а також особливості використання природної та соціально-економічної інформації у процесі оцінювання майбутніх змін природного середовища. Аналізуються головні проблеми та методичні складнощі, що виникають під час здійснення геоекологічного прогнозування, зокрема складність прогнозування багатокomпонентних і динамічних геосистем.

Окрему увагу приділено методам сценарного аналізу та побудови причинно-наслідкових зв'язків у геоекології. Розглядається сутність методу імплікаційних шкал, принципи формування причинно-наслідкових ланцюгів та логіка побудови імплікаційних схем для аналізу деградації геосистем і розвитку геоекологічних процесів. Аналізуються можливості інтеграції показників у межах імплікаційного аналізу та використання імплікаційних шкал для оцінювання екологічних ризиків, визначення ключових факторів трансформації природного середовища та прогнозування розвитку геоекологічних ситуацій. Аналізуються методичні підходи до прогнозування на основі фізико-географічних аналогій, математичного моделювання, GIS-технологій, дистанційного моніторингу та просторового аналізу. Розглядаються основні елементи моделювання для потреб прогнозування, а також значення геоінформаційних систем у процесі створення прогнозних моделей та сценаріїв розвитку геосистем.

У межах теми висвітлюються кількісні методи прогнозування, зокрема методи екстраполяції та інтерполяції. Розглядаються сутність просторової та часової екстраполяції, принципи поширення виявлених закономірностей у просторі й часі, а також умови коректного застосування екстраполяційних методів у геоекологічних прогностичних та сценарних дослідженнях. Аналізуються джерела похибок при екстраполяції, методичні обмеження прогнозних оцінок та

особливості інтерполяції у процесі аналізу просторово диференційованих геоекологічних показників. Значна увага приділяється перевагам і обмеженням інтерполяційних методів у процесі оцінювання стану природного середовища та побудови прогнозних поверхонь і карт.

Окремо розглядаються рівні геоекологічного прогнозування – глобальний, регіональний та локальний. Аналізуються глобальні прогнозні моделі змін природного середовища, проблеми прогнозування процесів деградації земель, спустелення, змін водних ресурсів та інших глобальних геоекологічних процесів. Розглядаються особливості регіонального та локального прогнозування, роль природних зон як природного фону прогнозування та оцінювання потенційної стійкості геосистем. Значна увага приділяється прикладним аспектам прогнозування змін природного середовища під впливом водосховищ, меліоративних систем, урбанізації, промислових і гірничовидобувних об'єктів, а також прогнозування рекультивації земель як складової природоохоронної діяльності. Висвітлюється роль прогнозування у системі районного планування, оцінювання екологічних ризиків та розроблення природоохоронних заходів.

Значна увага приділяється ролі прогнозування у процесі прийняття управлінських рішень, забезпеченні збалансованого природокористування та формуванні стратегій охорони довкілля. Аналізуються можливості використання результатів геоекологічного прогнозування у системі моніторингу довкілля, територіального планування та управління природними ресурсами, для оцінювання екологічних ризиків, визначення потенційних наслідків антропогенних впливів та обґрунтування природоохоронних заходів. Значна увага приділяється інтеграції прогнозування із системами моніторингу довкілля, GIS-технологіями та сучасними цифровими платформами аналізу геоекологічної інформації.



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Успішне опанування здобувачами вищої освіти дисципліни «Методи геоєкологічних досліджень» передбачає комплексне поєднання теоретичної підготовки, практичного застосування методів геоєкологічного аналізу та самостійного опрацювання навчального матеріалу.

Вивчення дисципліни спрямоване на формування у здобувачів системного уявлення про сучасні підходи, методи та методичні прийоми дослідження геосистем, просторової організації природних і природно-антропогенних територій, а також особливостей проведення польових, картографічних, геоінформаційних і дистанційних геоєкологічних досліджень. Важливе значення у процесі вивчення дисципліни має розуміння причинно-наслідкових взаємозв'язків між компонентами геосистем, умінь аналізувати просторові закономірності, інтерпретувати результати досліджень та використовувати сучасні GIS- і дистанційні технології у геоєкологічному аналізі території.

Навчальним планом дисципліни передбачено проведення практичних занять та виконання практичних робіт, спрямованих на формування у здобувачів практичних навичок застосування методів геоєкологічних досліджень. Практичні роботи побудовані за принципом послідовного ускладнення та інтеграції різних методичних підходів – від координатної прив'язки об'єктів і морфометричного аналізу рельєфу до польових геопросторових досліджень, геоінформаційного моделювання та дистанційного аналізу території на основі космічних знімків і спектральних індексів. Значна увага приділяється поєднанню традиційних картографічних підходів із сучасними геоінформаційними системами, платформами дистанційного зондування Землі та методами просторової інтерпретації результатів дослідження.

Під час підготовки до практичних занять і виконання практичних робіт здобувачам рекомендується опрацьовувати лекційний матеріал, використовувати рекомендовані літературні джерела, геоінформаційні ресурси, електронні платформи дистанційного моніторингу та довідкові матеріали.

Особливу увагу доцільно приділяти засвоєнню термінологічного апарату дисципліни, принципів роботи з топографічними картами, космічними знімками, GIS-середовищем і методами просторового аналізу.

Важливим складником підготовки є також формування навичок критичного аналізу результатів досліджень, оцінювання достовірності отриманих даних та їх геоекологічної інтерпретації.

Практичні роботи рекомендується виконувати в окремому зошиті формату А4 та в електронному вигляді із використанням GIS-програмного забезпечення і спеціалізованих платформ дистанційного зондування Землі.

Картографічні матеріали, схеми, профілі, моделі та результати геоінформаційного аналізу повинні оформлюватися відповідно до загальноприйнятих картографічних вимог, правил і стандартів.

Під час виконання робіт важливим є не лише механічне відтворення окремих етапів аналізу, а й розуміння методичної логіки застосування конкретного методу у системі комплексних геоекологічних досліджень.

З метою більш повного опанування програмного матеріалу до кожної практичної роботи подано:

- ✚ методичні пояснення,
- ✚ завдання для самостійної роботи,
- ✚ контрольні запитання та
- ✚ кейс-орієнтовані завдання,

спрямовані на розвиток навичок аналітичного мислення, просторової інтерпретації території та комплексного геоекологічного оцінювання природних і природно-антропогенних геосистем.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

МЕТОД КООРДИНАТНОЇ (ГЕОПРОСТОРОВОЇ) ПРИВ'ЯЗКИ ОБ'ЄКТІВ У ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ІНТЕГРАЦІЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ТА GIS- ПІДХОДІВ

МЕТА РОБОТИ

Метою практичної роботи є формування у здобувачів цілісного уявлення про **метод геопросторової локалізації (прив'язки) об'єктів** як базовий інструмент геоecологічних досліджень, а також набуття практичних навичок визначення, аналізу та інтерпретації координат об'єктів із використанням топографічних карт і геоінформаційних систем.

У процесі виконання роботи передбачається досягнення таких результатів:

- **навчальна мета:** опанування принципів визначення географічних і прямокутних координат об'єктів;
- **методична мета:** засвоєння підходів до просторової прив'язки об'єктів у аналоговому (картографічному) та цифровому (GIS) середовищі;
- **аналітична мета:** формування вміння оцінювати точність визначених координат, порівнювати результати, отримані різними методами, та інтерпретувати їх у контексті геоecологічних досліджень.

ЗАВДАННЯ РОБОТИ

У ході виконання практичної роботи здобувач має:

1. Ознайомитися з принципами геопросторової локалізації (прив'язки) об'єктів за топографічною картою.
2. Визначити географічні координати об'єктів за градусною сіткою.
3. Визначити прямокутні координати за кілометровою сіткою топографічної карти.

4. Освоїти базові прийоми перенесення координат у цифрове середовище з використанням QGIS.
5. Виконати створення точкового шару об'єктів із відповідною атрибутивною інформацією.
6. Перевірити правильність визначення координат за допомогою Google Earth Pro.
7. Оформити результати розрахунків і просторових даних у табличному вигляді з використанням Microsoft Excel.
8. Провести порівняльний аналіз аналогового та GIS-підходів до визначення координат.
9. Зробити висновки щодо точності, ефективності та доцільності застосування різних методів у геоecологічних дослідженнях.

ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для виконання цієї практичної роботи Вам знадобляться:

- ✓ навчальна топографічна карта масштабу 1:50 000 або 1:25 000, наприклад У-34-37-В;
- ✓ лінійка;
- ✓ калькулятор;
- ✓ комп'ютер або ноутбук;
- ✓ програмне забезпечення **QGIS**;
- ✓ **Google Earth Pro** або вебверсія Google Earth;
- ✓ **Microsoft Excel** або Google Sheets;
- ✓ за можливості – сканований фрагмент топографічної карти у форматі JPG / PNG / TIFF.

СУТНІСТЬ МЕТОДУ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ (ПРИВ'ЯЗКИ) ОБ'ЄКТІВ

Метод геопросторової локалізації (прив'язки) об'єктів полягає у визначенні точного положення природних або антропогенних об'єктів у межах земної поверхні за допомогою координатних систем.

У геоecологічних дослідженнях цей метод є базовим, оскільки забезпечує:

- ✓ просторову прив'язку результатів польових спостережень;
- ✓ локалізацію джерел впливу на довкілля;
- ✓ картографування природних і антропогенних процесів;
- ✓ інтеграцію різнорідних даних у єдину геоінформаційну систему;
- ✓ можливість подальшого просторового аналізу.

Реалізація методу може здійснюватися у двох взаємодоповнювальних формах:

- ✓ **аналоговий (картографічний)** – за допомогою топографічних карт, де координати визначаються вручну;
- ✓ **цифровий (GIS-орієнтований)** – із використанням геоінформаційних систем, що дозволяють автоматизувати процеси визначення, обробки та візуалізації координат.

Поєднання цих підходів забезпечує глибше розуміння суті просторової прив'язки та формує у користувачів навички переходу від традиційних картографічних методів до сучасних геоінформаційних технологій.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Топографічна карта є великомасштабним картографічним зображенням місцевості, на якому за допомогою умовних знаків показано рельєф, гідрографію, населені пункти, дороги, рослинність, господарські об'єкти та інші елементи території.

Однією з найважливіших властивостей топографічної карти є можливість **визначати просторове положення об'єктів**. Для цього використовують координати.

У цій практичній роботі розглядаються два основні типи координат: *географічні* та *прямокутні*.

Географічні координати

Географічні координати показують положення точки на земній поверхні за допомогою:

- **географічної широти;**
- **географічної довготи.**

Широта визначає положення точки відносно екватора, а довгота – відносно початкового меридіана. Географічні координати подаються у градусах, хвилинах і секундах або у десяткових градусах.

Наприклад:

50°27'30" пн. ш.

30°31'15" сх. д.

У GIS-середовищі такі координати часто подаються у десятковому форматі, наприклад:

50.4583°

30.5208°.

Прямокутні координати

Прямокутні координати визначають положення точки на площині, тобто у проєкції. Вони виражаються у метрах або кілометрах.

Для визначення прямокутних координат використовується кілометрова сітка топографічних карт. Вона дає змогу

визначити положення точки відносно ліній прямокутної координатної системи.

Прямокутна координата точки/об'єкта складається з координати X та Y .

Координата **X** зазвичай показує віддалення точки у напрямку північ – південь, а координата **Y** – у напрямку захід – схід у межах відповідної координатної зони.

Важливо розуміти, що в GIS-програмах координати залежать від обраної системи координат та проєкції. Тому одна й та сама точка може мати:

- ✚ географічні координати, виражені у градусах;
- ✚ прямокутні координати, виражені у метрах;
- ✚ координати у різних проєкціях залежно від налаштувань карти.

МЕТОДИЧНА ЛОГІКА ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Ця робота складається з двох взаємопов'язаних частин.

Перша частина є **аналоговою**. Вона виконується за паперовою або сканованою топографічною картою. Мета цієї частини спрямована на те, аби здобувачі зрозуміли принцип визначення координат вручну.

Друга частина є **цифровою**. Вона виконується у середовищі QGIS, Google Earth Pro та Microsoft Excel. Її мета – показати, як ті самі дії з визначення координат реалізуються у сучасному геоінформаційному середовищі.

Таким чином, практична робота не протиставляє паперову карту і GIS, а показує перехід від «ручного» визначення координат – до цифрової просторової ідентифікації об'єктів.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

У межах даної практичної роботи реалізується інтегрований підхід, що передбачає послідовне виконання таких етапів:

1. **Аналоговий етап** – визначення координат за топографічною картою з метою засвоєння базових принципів просторової прив'язки.
2. **Цифровий етап (GIS)** – перенесення координат у середовище QGIS, створення точкових об'єктів та робота з атрибутивними даними.
3. **Верифікаційний етап** – перевірка координат та їх просторового положення за допомогою Google Earth Pro.
4. **Аналітичний етап** – порівняння результатів, оцінка точності та інтерпретація отриманих даних.

Такий підхід дозволяє не лише виконати розрахунки, але й сформулювати у майбутніх професіоналів системне розуміння ролі координат у геоєкологічних дослідженнях.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

ЧАСТИНА А

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЗА ТОПОГРАФІЧНОЮ КАРТОЮ

Визначення географічних координат точки

Визначення географічних координат за топографічною картою здійснюється за допомогою градусної рамки карти.

Для цього необхідно:

1. Знайти на карті задану точку, наприклад точку А.
2. Визначити, між якими поділками рамки карти вона розташована.
3. Провести від точки А уявні або допоміжні перпендикуляри до південної / північної та західної / східної рамки карти.
4. Визначити значення широти та довготи за найближчими підписами рамки.
5. Обчислити проміжне значення координат, якщо точка розташована між підписаними поділками.

У результаті студент має отримати координати точки А у форматі:

широта: ...

довгота: ...

Наприклад:

50°20'02" пн. ш.

30°45'00" сх. д.

Визначення прямокутних координат точки

Визначення прямокутних координат здійснюється за кілометровою сіткою топографічної карти.

Для заданої точки А необхідно:

1. Визначити квадрат кілометрової сітки, у якому розташована точка.
2. Знайти горизонтальну лінію сітки, що утворює нижню сторону квадрата.
3. За цією лінією визначити початкове значення координати **X**.
4. Виміряти відстань від нижньої горизонтальної лінії сітки до точки А.
5. Перевести цю відстань у метри відповідно до масштабу карти.
6. Додати отримане значення до початкової координати **X**.

7. Аналогічно визначити координату **Y** за лівою вертикальною лінією квадрата.

Приклад визначення координати X

Якщо точка А розташована у квадраті 6513, а нижня горизонтальна лінія має значення:

$X = 6065 \text{ км}$,

то це означає, що початкове значення координати становить:

$X = 6\,065\,000 \text{ м}$.

Далі вимірюємо відстань від нижньої лінії квадрата до точки А.

Наприклад: $L_x = 1,2 \text{ см}$.

Якщо масштаб карти 1:50 000, то в 1 см на карті відповідає 500 м на місцевості.

Отже: $1,2 \text{ см} \times 500 \text{ м} = 600 \text{ м}$.

Повна координата X становитиме:

$X = 6\,065\,000 \text{ м} + 600 \text{ м} = 6\,065\,600 \text{ м}$.

Приклад визначення координати Y

Якщо ліва вертикальна лінія квадрата має значення:

$Y = 4313 \text{ км}$,

то початкове значення координати становить:

$Y = 4\,313\,000 \text{ м}$.

Вимірюємо відстань від лівої вертикальної лінії квадрата до точки А.

Наприклад: $L_y = 1,0 \text{ см}$.

Для масштабу 1:50 000:

$1,0 \text{ см} \times 500 \text{ м} = 500 \text{ м}$.

Повна координата Y становитиме:

$Y = 4\,313\,000 \text{ м} + 500 \text{ м} = 4\,313\,500 \text{ м}$.

Результат аналогової частини

Результати визначення координат доцільно подати у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Географічні та прямокутні координати заданих точок

Об'єкт	Квадрат карти	Географічна широта	Географічна довгота	X, м	Y, м
Точка А	6513	...	...	6 065 600	4 313 500
Гора Андогська	6611	...	...	...	...
Гора Велика Михалинська	6812	...	...	...	...
Джерело Біле	6513	...	...	...	...

ЧАСТИНА В

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПЕРЕВІРКА КООРДИНАТ У QGIS

Підготовка робочого середовища QGIS

Перед початком роботи необхідно відкрити QGIS і створити новий проєкт.

Рекомендована послідовність дій:

1. Відкрити QGIS.
2. Створити новий проєкт.
3. Зберегти його у власній папці та задати його назву як, наприклад:
Практична_1_Координати_QGIS.
4. У нижньому правому куті вікна QGIS перевірити систему координат проєкту.
5. Для роботи з географічними координатами можна використати систему:
WGS 84 / EPSG:4326.
6. Для роботи із прямокутними координатами потрібно обрати відповідну проєкцію, яка відповідає карті або території дослідження.

Додавання топографічної карти у QGIS

Якщо у наявності є сканований фрагмент топографічної карти, його можна використати в якості растрової підложки.

Для цього:

1. Обрати меню **Layer / Шар**.
2. Натиснути **Add Layer / Додати шар**.
3. Обрати **Add Raster Layer / Додати растровий шар**.
4. Завантажити файл топографічної карти.
5. Перевірити, чи карта правильно відображається у вікні проєкту.

Якщо сканована карта не має просторової прив'язки, її потрібно геоприв'язати.

Геоприв'язка топографічної карти

Геоприв'язка потрібна для того, щоби зображення карти мало правильне положення у просторі.

Для геоприв'язки можна використати координати кутів карти або перетини ліній кілометрової сітки.

Послідовність дій буде наступною:

1. Відкрити інструмент **Georeferencer / Геоприв'язувач**.
2. Завантажити сканований фрагмент карти.
3. Обрати контрольні точки.

4. Для кожної контрольної точки ввести її координати.
5. Мінімально бажано задати 4 контрольні точки, розташовані по кутах або рівномірно по карті.
6. Обрати тип трансформації.
7. Запустити процес геоприв'язки.
8. Додати отриманий геоприв'язаний растр у проєкт QGIS.

Створення точкового шару

Для нанесення об'єктів, координати яких визначаються у практичній роботі, потрібно створити точковий шар.

Послідовність дій для цього буде наступна:

1. Обрати **Layer / Шар**.
2. Далі **Create Layer / Створити шар**.
3. Обрати **New GeoPackage Layer** або **New Shapefile Layer**.
4. Тип геометрії – **Point / Точка**.
5. Задати назву шару, наприклад:
coordinates_practice_1
6. Додати поля атрибутивної таблиці (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2.

Атрибутивна таблиця створеного точкового шару

Назва поля	Тип даних	Зміст
id	Integer	номер точки
name	Text	назва об'єкта
square	Text	квадрат карти
lat	Decimal	широта
lon	Decimal	довгота
x_coord	Decimal	прямокутна координата X
y_coord	Decimal	прямокутна координата Y
source	Text	джерело координат
note	Text	примітка

Нанесення точок за координатами

Після створення точкового шару необхідно нанести об'єкти на карту.

Виконання цього завдання можливе двома варіантами щодо виконання.

Варіант 1. Нанесення точки вручну

1. Увімкнути режим редагування шару.
2. Обрати інструмент додавання точки.

3. Поставити точку у відповідному місці карти.
4. Заповнити атрибутивну таблицю.
5. Зберегти зміни.

Цей варіант подібний до роботи з паперовою картою, але замість олівця використовується цифровий точковий шар.

Варіант 2. Нанесення точки за таблицею координат

Цей варіант є більш цифровим і рекомендованим для GIS-частини практичної роботи.

1. Створити в Microsoft Excel таблицю (як, наприклад, таблиця 1.3) з координатами об'єктів.
2. Обов'язково передбачити окремі колонки для назви об'єкта, широти й довготи.
3. Зберегти таблицю у форматі CSV.

Таблиця 1.3.

Зразок Excel таблиці з координатами об'єктів

id	name	latitude	longitude
1	Гора Андогська	...	...
2	Гора Велика Михалинська	...	...
3	Джерело Біле	...	...

4. У QGIS обрати **Layer** → **Add Layer** → **Add Delimited Text Layer**.
5. Завантажити CSV-файл.
6. У полі X обрати довготу, у полі Y обрати широту.
7. Вказати систему координат WGS 84 / EPSG:4326.
8. Додати точки на карту.

Перевірка координат у QGIS

Після нанесення точок потрібно перевірити, чи правильно вони розташовані.

Для цього необхідно:

1. Увімкнути підкладку OpenStreetMap або іншу базову карту.
2. Порівняти положення точок із топографічною картою.
3. Перевірити, чи не потрапили точки за межі потрібного квадрата.
4. За потреби уточнити координати.
5. Відкрити атрибутивну таблицю і перевірити правильність заповнення полів.

Перетворення координат у QGIS

Однією з переваг QGIS є можливість працювати з різними системами координат.

Виконавець роботи має виконати такі дії:

1. Відкрити властивості шару з точками.
2. Перевірити систему координат шару.
3. За потреби експортувати шар в іншій системі координат.
4. Порівняти координати точки у географічній та прямокутній системах.
5. Занести результати до таблиці.

Під час виконання цього етапу важливо звернути увагу на те, що:

- у географічній системі координати подаються у градусах;
- у прямокутній системі координати подаються у метрах;
- зміна системи координат не змінює реального положення точки, але змінює спосіб числового запису її координат.

ЧАСТИНА С

ПЕРЕВІРКА КООРДИНАТ У GOOGLE EARTH PRO

Робота з Google Earth Pro

Google Earth Pro можна використати для наочної перевірки визначених географічних координат.

Для цього необхідно:

1. Відкрити Google Earth Pro.
2. У пошуковому рядку ввести координати об'єкта.
3. Перевірити, де розташована точка.
4. Порівняти її положення з топографічною картою та шаром у QGIS.
5. За потреби створити мітку для кожного об'єкта.
6. Зберегти точки у форматі KML або KMZ.

Експорт точок із QGIS у Google Earth Pro

Для перевірки результатів можна також експортувати створений у QGIS точковий шар у формат KML.

Послідовність дій для цього буде наступною:

1. Натиснути правою кнопкою миші на шар із точками.
2. Обрати **Export / Експорт**.
3. Обрати **Save Features As / Зберегти об'єкти як**.
4. У форматі файлу вибрати **KML**.
5. Задати назву файлу.

6. Зберегти.

7. Відкрити файл у Google Earth Pro.

Після цього виконавець роботи має перевірити, чи збігається просторове положення точок із очікуваним місцем розташування об'єктів.

ЧАСТИНА D

ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ В MICROSOFT EXCEL

Таблиця результатів

Усі набуті результати необхідно оформити у вигляді таблиці (таблиця 1.4).

Створення такої таблиці є рекомендованим з огляду на те, що такий крок допомагає структурувати отриману на попередніх етапах виконання практичної роботи інформацію, порівняти та узагальнити її.

Таблиця 1.4.

Шаблон оформлення результатів в Microsoft Excel

№	Назва об'єкта	Квад- рат карти	Геогра- фічна широта	Геогра- фічна довгота	X, м	Y, м	Джерело визначен- ня	Примітка
1	Гора Андогська	6611	...	...	...	...	Топокарта / QGIS	...
2	Гора Велика Михалинська	6812	...	...	...	...	Топокарта / QGIS	...
3	Джерело Біле	6513	...	...	...	...	Топокарта / QGIS	...

Порівняння результатів

Окремо доцільно створити таблицю порівняння аналогового та цифрового способів визначення координат (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5.

Порівняння аналогового та цифрового способів визначення координат

Об'єкт	Координати за картою	Координати у QGIS	Різниця похибка	/ Причина розбіжності
Гора Андогська	...	...	...	...
Гора Велика Михалинська	...	...	...	...
Джерело Біле	...	...	...	...

Можливими причинами розбіжностей можуть бути:

- *похибка ручного вимірювання;*
- *неточність сканованої карти;*
- *похибка геоприв'язки;*
- *різні системи координат;*
- *округлення значень;*
- *людський фактор під час нанесення точки.*

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Завдання 1. Аналіз місцевості за топографічною картою

Розгляньте запропоновану навчальну топографічну карту масштабу 1:50 000 або 1:25 000 У-34-37-В або її фрагмент.

Використовуючи систему топографічних умовних знаків, опишіть місцевість у квадратах:

1. 6811;
2. 6613;
3. 6512.

Під час опису зверніть увагу на:

- домінуючі форми рельєфу;
- гідрографічні об'єкти;
- рослинність;
- населені пункти;
- шляхи сполучення;
- господарське використання території;
- потенційні природні або антропогенні особливості, несприятливі фізико-географічні процеси та явища.

Завдання 2. Визначення координат за топографічною картою

Визначте географічні та прямокутні координати таких об'єктів:

1. гори Андогської, 160,6 м, квадрат 6611;
2. гори Великої Михалинської, 213,8 м, квадрат 6812;
3. джерела Білого, квадрат 6513.

Результати занесіть до таблиці.

Завдання 3. Створення цифрового шару об'єктів у QGIS

На основі визначених координат створіть у QGIS точковий шар, що містить три об'єкти:

- гора Андогська;

- гора Велика Михалинська;
- джерело Біле.

Для кожного об'єкта заповніть атрибутивну таблицю.

Обов'язкові поля атрибутивної таблиці:

- ✓ назва об'єкта;
- ✓ квадрат карти;
- ✓ географічна широта;
- ✓ географічна довгота;
- ✓ прямокутна координата X;
- ✓ прямокутна координата Y;
- ✓ джерело визначення координат;
- ✓ примітка.

Завдання 4. Перевірка координат у Google Earth

Експортуйте створений у QGIS шар у формат KML і відкрийте його в Google Earth Pro.

Перевірте:

- ✓ Чи правильно відображаються точки?
- ✓ Чи відповідає їх положення топографічній карті?
- ✓ Чи немає зміщення?
- ✓ Які можливі причини розбіжностей?

Завдання 5. Порівняльний аналіз методів

Порівняйте аналоговий і цифровий способи визначення координат.

У висновку дайте відповідь на питання:

1. Який спосіб є точнішим?
2. Який спосіб є швидшим?
3. Який спосіб краще підходить для навчання основ координат?
4. Який спосіб доцільніше використовувати у GIS-дослідженнях?
5. Чому навіть у цифрову епоху важливо розуміти принцип «ручного» визначення координат?

МЕТОДИЧНІ ПОЯСНЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Під час виконання цієї практичної роботи важливо не обмежуватися механічним визначенням координат. Здобувач має зрозуміти, що координати є основою подальшого набуття будь-якої просторової інформації.

У географічних, геоекологічних та екологічних дослідженнях координати використовуються для:

- ✓ фіксації точок спостереження;
- ✓ прив'язки польових проб;
- ✓ нанесення джерел забруднення;
- ✓ картографування природних і антропогенних об'єктів;
- ✓ моніторингу змін території;
- ✓ створення баз геоданих;
- ✓ порівняння даних різного походження;
- ✓ аналізу просторових закономірностей.

Наприклад, під час польового геоecологічного дослідження координати потрібні досліднику для фіксації місця відбору проб ґрунту, води або рослинності. Якщо координати визначено неправильно, подальший аналіз може бути просторово некоректним.

Саме тому ця практична робота є базовою для подальшого вивчення наступних тем, пов'язаних зі:

- ✚ створенням тематичних карт;
- ✚ аналізом рельєфу;
- ✚ оцінкою землекористування;
- ✚ моніторингом екологічного стану території;
- ✚ векторизацією об'єктів;
- ✚ просторовим аналізом у QGIS та інших.

ТИПОВІ ПОМИЛКИ ЗДОБУВАЧІВ

Під час виконання цієї роботи найчастіше трапляються такі помилки, на які ще до початку виконання викладених вище завдань ми рекомендуємо звертати увагу:

1. Плутанина між широтою і довготою.
2. Неправильне зчитування підписів рамки карти.
3. Помилкове визначення координат не від тієї лінії кілометрової сітки.
4. Неправильний перерахунок сантиметрів у метри.
5. Ігнорування масштабу карти.
6. Запис координат без одиниць виміру.
7. Плутанина між градусами, мінутами, секундами і десятковими градусами.
8. Неправильний вибір системи координат у QGIS.
9. Внесення широти у поле X, а довготи – у поле Y.
10. Неврахування похибки геоприв'язки сканованої карти.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чим географічні координати відрізняються від прямокутних?

2. Чому географічні координати подаються у градусах, а прямокутні – у метрах?
3. Для чого на топографічній карті використовується кілометрова сітка?
4. Чому під час роботи у QGIS важливо правильно обрати систему координат?
5. Які похибки можуть виникати під час визначення координат за паперовою картою?
6. Чому координати є основою створення баз геоданих?
7. Як можна перевірити правильність визначення координат у Google Earth Pro?
8. У яких геоєкологічних дослідженнях необхідна точна координатна прив'язка об'єктів?
9. Чому результати ручного та цифрового визначення координат можуть відрізнятись?
10. Яке практичне значення має вміння переходити від топографічної карти до GIS-середовища?

ФОРМА ЗВІТНОСТІ

За результатами виконання цієї практичної роботи здобувач подає викладачу на перевірку:

1. Заповнену таблицю координат об'єктів.
2. Короткий опис місцевості у заданих квадратах карти.
3. Скріншот створеного точкового шару у QGIS.
4. Таблицю порівняння координат, визначених аналоговим і цифровим способом.
5. Короткий висновок про переваги й обмеження кожного методу.
6. За можливості – файл KML / KMZ із нанесеними точками.

ОЧІКУВАНИЙ ВИСНОВОК ЗДОБУВАЧА

У висновку здобувач має зазначити, що визначення координат є базовою операцією картографічного та GIS-аналізу. Аналоговий спосіб дає змогу зрозуміти принцип координатної прив'язки на топографічній карті, тоді як цифрові інструменти QGIS і Google Earth Pro забезпечують швидше, зручніше та точніше опрацювання просторових даних.

Виконання роботи дозволяє перейти від традиційного картографічного аналізу до створення цифрового шару просторових об'єктів, що є основою подальших геоєкологічних досліджень, польового моніторингу та просторового моделювання.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

МЕТОД БАСЕЙНОВОГО АНАЛІЗУ ТЕРИТОРІЇ У ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: МОДЕЛЮВАННЯ ОРОГІДРОГРАФІЧНОЇ МЕРЕЖІ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

МЕТА РОБОТИ

Метою практичної роботи є формування у здобувачів цілісного уявлення про **метод басейнового аналізу території** як одного з ключових інструментів геоєкологічних досліджень, а також набуття практичних навичок моделювання орогідрографічної мережі, аналізу її просторової структури та геоінформаційної інтерпретації отриманих результатів із використанням топографічних карт і геоінформаційних систем.

У процесі виконання роботи передбачається досягнення таких результатів:

- **навчальна мета:** опанування принципів виділення елементів орогідрографічної мережі та визначення порядків долин стоку;
- **методична мета:** засвоєння підходів до моделювання басейнової структури території в аналоговому (картографічному) та цифровому (GIS) середовищі;
- **аналітична мета:** формування вміння інтерпретувати просторову організацію стоку, оцінювати її геоєкологічне значення та порівнювати результати, отримані різними методами.

ЗАВДАННЯ РОБОТИ

У ході виконання практичної роботи здобувач має:

1. Ознайомитися з теоретичними основами методу басейнового аналізу території та його значенням у геоєкологічних дослідженнях.
2. Проаналізувати топографічну карту з метою виявлення елементів орогідрографічної мережі досліджуваної території.

3. Побудувати орогідрографічну мережу на основі топографічної карти із використанням аналогових методів, визначивши порядки долин стоку за обраним методичним підходом, виділивши вододільні лінії та окресливши межі водозбірних басейнів.
4. Створити картографічну модель басейнової структури території із відповідною системою умовних позначень.
5. Освоїти базові прийоми моделювання гідрографічної мережі у середовищі QGIS із використанням цифрової моделі рельєфу (DEM).
6. Виконати автоматизоване або напівавтоматизоване моделювання поверхневого стоку за цифровою моделлю рельєфу (DEM) із застосуванням інструментів гідрологічного аналізу.
7. Виконати виділення водотоків і басейнів у GIS-середовищі та створити відповідні векторні шари.
8. Здійснити геоінформаційну інтерпретацію орогідрографічної мережі та просторової організації стоку.
9. Перевірити отримані результати та їх відповідність реальним умовам за допомогою Google Earth Pro.
10. Оформити результати моделювання та аналізу у табличному та картографічному вигляді із використанням Microsoft Excel.
11. Провести порівняльний аналіз аналогового та GIS-підходів до моделювання орогідрографічної мережі.
12. Зробити висновки щодо ефективності застосування методу басейнового аналізу у геоекологічних дослідженнях.

ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для виконання цієї практичної роботи Вам знадобляться:

- ✓ навчальна топографічна карта масштабу 1:50 000 або 1:25 000 (наприклад, У-34-37-В);
- ✓ лист кальки (формату А4); прості олівці різної твердості; гумка; лінійка;
- ✓ комп'ютер або ноутбук;
- ✓ програмне забезпечення QGIS;
- ✓ Google Earth Pro;
- ✓ Microsoft Excel або Google Sheets;
- ✓ цифрова модель рельєфу (DEM) досліджуваної території (за наявності);
- ✓ за можливості – сканований фрагмент топографічної карти у форматі JPG / PNG / TIFF.

СУТНІСТЬ МЕТОДУ БАСЕЙНОВОГО АНАЛІЗУ ТЕРИТОРІЇ В КОНТЕКСТІ ОРОГІДРОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Метод басейнового аналізу території полягає у дослідженні просторової організації поверхневого стоку шляхом виділення, моделювання та інтерпретації орогідрографічної мережі і водозбірних басейнів, у межах яких відбувається формування та перерозподіл водних потоків, речовин та енергії.

У геоекологічних дослідженнях цей метод є одним із базових, оскільки дозволяє:

- ✓ аналізувати просторову організацію поверхневого стоку;
- ✓ визначати межі водозбірних басейнів як функціональних геосистем;
- ✓ оцінювати інтенсивність ерозійних процесів;
- ✓ виявляти шляхи міграції забруднювальних речовин;
- ✓ обґрунтовувати природоорієнтовані рішення й підходи до управління територіями;
- ✓ планувати екологічний моніторинг.

Ключовим елементом реалізації методу є **моделювання орогідрографічної мережі**, яка відображає:

- систему водотоків різних порядків;
- їх ієрархічну організацію;
- вододільні лінії;
- межі водозбірних басейнів.

У межах даної практичної роботи реалізація цього методу розглядається **в контексті орогідрографічного моделювання**, тобто через побудову та аналіз орогідрографічної мережі як просторового відображення структури стоку, адже саме орогідрографічна мережа виступає базовою моделлю, що дозволяє перейти від аналізу рельєфу до дослідження процесів формування стоку та їх геоекологічної інтерпретації.

Реалізація методу здійснюється у двох взаємодоповнювальних *формах*:

- 1) **аналоговій (картографічній)** – на основі аналізу топографічних карт й шляхом інтерпретації рельєфу, визначення порядків долин стоку та проведення вододільних ліній вручну;
- 2) **цифровій (геоінформаційній)** – із використанням QGIS, що передбачає моделювання поверхневого стоку за цифровою моделлю рельєфу (DEM), автоматизоване виділення гідрографічної мережі та басейнів, а також їх подальшу геоінформаційну інтерпретацію.

Поєднання цих підходів забезпечує глибше розуміння закономірностей формування орогідрографічної мережі, підвищення точності просторового аналізу та дозволяє сформуванню у здобувачів навички переходу від традиційного картографічного аналізу до сучасного геоінформаційного моделювання та інтерпретації просторових процесів й від якісної інтерпретації рельєфу до кількісного моделювання процесів, забезпечуючи коректну геоекологічну інтерпретацію результатів дослідження.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Орогідрографічна мережа є просторово організованою системою водотоків і вододілів, що формується під впливом рельєфу, геологічної будови, кліматичних умов і антропогенних чинників. Вона відображає закономірності формування та розподілу поверхневого стоку й виступає основою для проведення басейнового аналізу території.

У межах геоекологічних досліджень орогідрографічна мережа розглядається не лише як елемент гідрографії, а і як **функціональна структура геосистеми**, що визначає напрямки перенесення води, речовини та енергії.

Орогідрографічна мережа та її елементи

До основних елементів орогідрографічної мережі належать:

- водотоки (річки, струмки, тимчасові водотоки);
- долини стоку;
- вододільні лінії;
- водозбірні басейни різних рівнів;
- вузли злиття водотоків.

Їх взаємне розташування формує **ієрархічну структуру стоку**, яка є предметом басейнового аналізу.

Порядки долин стоку (Strahler-подібна логіка)

Одним із ключових інструментів аналізу орогідрографічної мережі є визначення порядків водотоків та долин стоку. У даній практичній роботі використовується підхід, близький до логіки **Стралера (Strahler)** (Kirchner, 1993) (рис. 2.1).

Основні принципи визначення порядків:

- ✓ найменші водотоки, що не мають приток, належать до **I порядку**;
- ✓ при злитті двох водотоків одного порядку формується водотік **на порядок вищий** ($I + I \rightarrow II$; $II + II \rightarrow III$ і т.д.);
- ✓ при злитті водотоків різного порядку порядок зберігається за **вищим із них**;

- ✓ притоки нижчого порядку не змінюють порядок головного водотоку;
- ✓ для транзитних річок, порядок яких неможливо визначити в межах карти, він оцінюється як **на один вищий за максимальний порядок їх приток**.

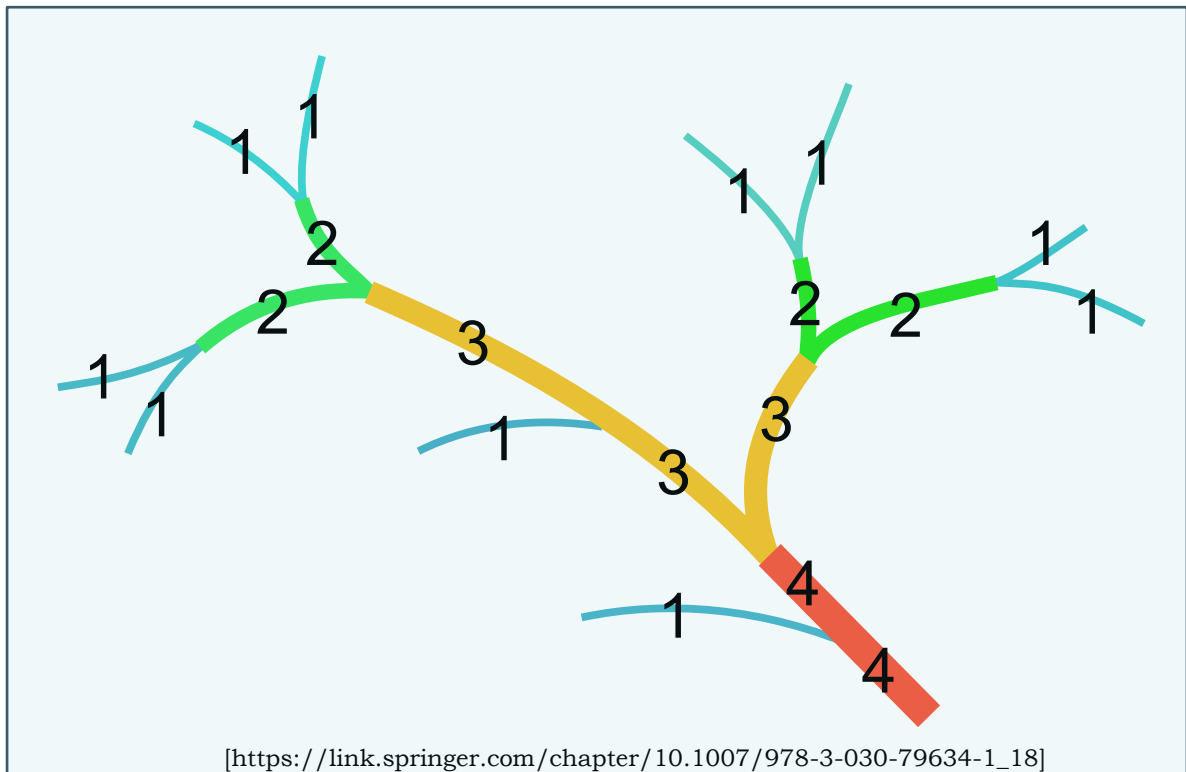


Рис. 2.1. Діаграма порядків стоку Стралера

Такий підхід дозволяє:

- ✓ відобразити ієрархію водотоків;
- ✓ оцінити ступінь розчленування території;
- ✓ аналізувати складність і густоту гідрографічної мережі.

Вододіли та водозбірні басейни

Вододільні лінії є межами між сусідніми водозбірними басейнами і визначають напрямок стоку.

Їх проведення базується на:

- аналізі горизонталей;
- визначенні підвищених ділянок рельєфу;
- інтерпретації форм рельєфу (хребти, міжріччя).

Водозбірний басейн у нашому випадку розглядається як **елементарна просторова одиниця геоекологічного аналізу**, у межах якої відбувається формування, трансформація та перенесення води і пов'язаних із нею речовин.

Значення басейнового підходу у геоекології

Басейновий підхід дозволяє досліджувати територію як цілісну систему, в якій:

- всі процеси пов'язані зі стоком;
- забруднення поширюються за напрямком водних потоків;
- природні та антропогенні впливи мають просторово впорядкований характер.

Це робить його ключовим для: а) оцінки екологічного стану територій; б) аналізу ерозійних процесів; в) моделювання поширення забруднень; г) планування природоохоронних заходів.

Аналоговий і геоінформаційний підходи до аналізу

У межах даної роботи застосовуються два взаємодоповнювальні підходи:

- ✚ **аналоговий (картографічний)** – базується на інтерпретації топографічної карти, що дозволяє сформувати розуміння закономірностей формування орогідрографічної мережі;
- ✚ **геоінформаційний** – реалізується із використанням QGIS і передбачає моделювання поверхневого стоку за цифровою моделлю рельєфу (DEM), автоматизоване виділення водотоків і басейнів та їх подальший аналіз.

Поєднання цих підходів забезпечує підвищення точності отриманих результатів; можливість роботи із великими за розмірами територіями; формування навичок просторового моделювання; перехід від інтерпретації рельєфу до кількісного аналізу.

МЕТОДИЧНА ЛОГІКА ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Виконання даної практичної роботи базується на поетапному опануванні **методу басейнового аналізу території** через поєднання аналогового (картографічного) та геоінформаційного підходів із подальшою геоінформаційною інтерпретацією отриманих результатів.

Практична робота побудована таким чином, щоби забезпечити *послідовний перехід*:

від інтерпретації рельєфу за топографічною картою →
до моделювання орогідрографічної мережі →
до аналізу та інтерпретації
просторової організації стоку в геоінформаційному
середовищі.

У межах роботи виділяються такі взаємопов'язані *етапи*:

1. Аналоговий етап

На цьому етапі здобувач:

- ✓ аналізує рельєф території за горизонталями топографічної карти;
- ✓ виявляє водотоки та елементи гідрографічної мережі;
- ✓ визначає порядки долин стоку відповідно до обраного методичного підходу;
- ✓ проводить вододільні лінії;
- ✓ формує уявлення про басейнову структуру території.

Даний етап є базовим, оскільки дозволяє зрозуміти закономірності формування стоку та просторову організацію орогідрографічної мережі.

1. Моделювальний (картографічний) етап

На основі отриманих результатів здобувач:

- ✓ виконує побудову орогідрографічної мережі;
- ✓ створює картографічну модель басейнової структури;
- ✓ відображає порядки водотоків, долин стоку і вододіли;
- ✓ розробляє систему умовних позначень.

Цей етап передбачає перехід від аналізу до **моделювання просторової структури стоку** у графічній формі.

3. Геоінформаційний (GIS) етап

На цьому етапі здійснюється перенесення аналогових підходів у цифрове середовище з використанням QGIS.

На цьому етапі здобувач:

- ✓ працює з цифровою моделлю рельєфу (DEM);
- ✓ виконує моделювання поверхневого стоку;
- ✓ здійснює автоматизоване або напіваавтоматизоване виділення водотоків;
- ✓ визначає межі водозбірних басейнів;
- ✓ створює векторні шари орогідрографічної мережі.

Даний етап дозволяє перейти до **кількісного та автоматизованого аналізу території**.

4. Верифікаційний етап

Отримані результати перевіряються із використанням Google Earth Pro.

На цьому етапі здобувач:

- ✓ порівнює змодельовану мережу з реальною;
- ✓ оцінює відповідність отриманих результатів аналізу реальному стану території;
- ✓ виявляє можливі розбіжності.

Цей етап забезпечує **контроль достовірності отриманих результатів**.

5. Аналітико-інтерпретаційний (завершальний) етап

На завершальному етапі здобувач:

- ✓ аналізує отриману орогідрографічну мережу;
- ✓ оцінює її ієрархічну структуру;
- ✓ інтерпретує особливості просторової організації стоку;
- ✓ визначає геоєкологічне значення басейнової структури;
- ✓ порівнює результати аналогового та геоінформаційного підходів.

Саме цей етап забезпечує перехід від технічного виконання роботи до **усвідомленого геоєкологічного аналізу**.

Методичний підхід до виконання роботи

Виконання даної практичної роботи базується на інтеграції класичних картографічних і сучасних геоінформаційних методів дослідження території та спрямований на формування у здобувачів системного розуміння просторової організації поверхневого стоку в межах водозбірних басейнів.

У межах реалізації **методу басейнового аналізу території** застосовується *комплексний підхід*, що поєднує:

- інтерпретацію рельєфу та гідрографічної мережі за топографічною картою;
- побудову орогідрографічної моделі як узагальненого відображення організації поверхневого стоку;
- моделювання поверхневого стоку за цифровою моделлю рельєфу (DEM);
- геоінформаційну обробку, візуалізацію та інтерпретацію просторових даних.

Такий підхід дозволяє розглядати територію не як сукупність окремих елементів, а як **цілісну геоєкологічну систему**, в межах якої водозбірні басейни виступають базовими функціональними одиницями.

Застосований під час виконання цієї практичної роботи методичний підхід передбачає послідовну реалізацію принципу: **від якісної інтерпретації рельєфу → до кількісного моделювання процесів → й до геоєкологічної інтерпретації отриманих результатів**.

У цьому контексті:

- аналоговий етап формує уявлення про закономірності формування орогідрографічної мережі;

- геоінформаційний етап забезпечує можливість її кількісного аналізу та моделювання;
- аналітичний етап дозволяє інтерпретувати отримані результати з позицій геоєкології.

Важливою складовою методичного підходу є також етап **верифікації результатів**, що реалізується шляхом порівняння змодельованих даних із реальними просторовими умовами за допомогою Google Earth Pro.

Таким чином, застосування означеного інтегрованого підходу забезпечує: а) підвищення достовірності отриманих результатів дослідження; б) формування навичок просторового мислення; в) розвиток здатності до поєднання різних джерел географічної інформації; г) підготовку здобувачів до виконання більш складних геоєкологічних досліджень.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

ЧАСТИНА А

АНАЛІЗ БАСЕЙНОВОЇ СТРУКТУРИ ТА ПОБУДОВА ОРОГІДРОГРАФІЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ТОПОГРАФІЧНОЮ КАРТОЮ

У цій частині роботи здійснюється аналіз рельєфу території та інтерпретація елементів орогідрографічної мережі за топографічною картою з метою визначення порядків долин стоку, проведення вододільних ліній і побудови картографічної моделі басейнкової структури території.

Реалізацію цієї частини практичної роботи доцільно здійснювати покроково відповідно до наступних етапів.

Етап 1. Аналіз рельєфу території

1. Розгляньте запропонований фрагмент топографічної карти.
2. Проаналізуйте рельєф за горизонталями, звертаючи увагу на: а) підвищені ділянки; б) зниження; в) напрямки схилів.
3. Визначте орієнтовні напрямки поверхневого стоку.

Етап 2. Виявлення елементів орогідрографічної мережі

1. Виділіть на карті водотоки (річки, струмки, балки).
2. Визначте їх просторове розташування та взаємозв'язки.
3. Зверніть увагу на місця злиття водотоків.

Етап 3. Визначення порядків долин стоку

1. Почніть визначення порядків від витоків.

2. Присвойте найменшим водотокам та лощинам I порядок.
3. При злитті двох водотоків одного порядку підвищьте порядок на одиницю.
4. При злитті водотоків різного порядку збережіть порядок більшого.
5. Для транзитних річок визначте порядок як на один вищий за максимальний порядок приток.

Етап 4. Виділення вододільних ліній

1. Визначте найвищі точки рельєфу.
2. Проведіть вододіли між сусідніми басейнами.
3. Обмежте водозбірні басейни річок II порядку і вище.

Етап 5. Побудова орогідрографічної мережі

1. Накладіть кальку на карту.
2. Перенесіть водотоки різних порядків, використовуючи різну товщину ліній.
3. Нанесіть вододільні лінії.
4. Перевірте узгодженість побудованої мережі.

Етап 6. Створення картографічної моделі

1. Оформіть орогідрографічну мережу як єдину картографічну модель.
2. Розробіть систему умовних позначень для: а) порядків водотоків; б) вододілів.
3. Додайте пояснювальні елементи (за потреби).

ЧАСТИНА В

МОДЕЛЮВАННЯ ОРОГІДРОГРАФІЧНОЇ МЕРЕЖІ У QGIS

У цій частині роботи виконується моделювання орогідрографічної мережі із використанням геоінформаційних технологій, опановуються його базові прийоми, що передбачає обробку цифрової моделі рельєфу (DEM), аналіз параметрів поверхневого стоку та автоматизоване виділення водотоків і водозбірних басейнів із подальшим створенням векторних шарів та їх аналізом.

Моделювання орогідрографічної мережі здійснюється у наступній послідовності.

Етап 1. Підготовка вихідних даних та робочого середовища

1. Відкрийте QGIS та створіть новий проєкт.

2. Збережіть проєкт у власній папці (використайте назву, наприклад, *Практична_2_Басейни_QGIS*).
3. Завантажте цифрову модель рельєфу (DEM) у послідовності кроків: Layer → Add Layer → Add Raster Layer.
4. Перевірте або задайте систему координат проєкту (рекомендовано узгодити з DEM).
5. За потреби обріжте DEM до меж досліджуваної ділянки (використавши інструмент Clip Raster).

Етап 2. Підготовка DEM до аналізу

Перед моделюванням стоку необхідно усунути помилки рельєфу:

1. Використайте інструмент **Fill sinks (заповнення западин)** як послідовність кроків: Processing Toolbox → Hydrology → Fill sinks.
2. Отримайте скориговану DEM, придатну для аналізу стоку. Зверніть увагу на те, що наявність «провалів» у DEM може призводити до некоректного моделювання стоку.

Етап 3. Моделювання поверхневого стоку

1. Виконайте розрахунок **напряmkів стоку (Flow Direction)** як послідовність кроків: Processing Toolbox → Hydrology → Flow Direction.
2. На основі отриманого шару визначте напрямки руху води по поверхні.
3. Виконайте розрахунок **накопичення стоку (Flow Accumulation)** як послідовність кроків: Processing Toolbox → Hydrology → Flow Accumulation.
4. Проаналізуйте отримані результати (результат – растр, що відображає концентрацію стоку).

Етап 4. Виділення гідрографічної мережі

1. На основі шару Flow Accumulation виконайте автоматизоване виділення водотоків та формування мережі, задавши **порогове значення** через Raster Calculator або інструменти extraction (важливо: *підбір порогу впливає на густоту мережі*).
2. Створіть бінарний растр водотоків, у якому:
значення «1» – водотік;
значення «0» – інша територія.
3. Перетворіть растр водотоків у векторний шар (лінії) через послідовність кроків: Raster → Conversion → Polygonize або Line extraction tools.
4. Перевірте адекватність отриманої структури.

Етап 5. Виділення водозбірних басейнів

1. Використайте інструмент **Watershed analysis** у послідовності кроків: Processing Toolbox → Hydrology → Watershed.
2. Визначте межі басейнів.
3. Оберіть **точки стоку (pour points)** або визначте їх автоматично.
4. Отримайте растр басейнів.
5. Перетворіть растр у векторний шар (полігони) у послідовності кроків: Raster → Conversion → Polygonize.

Етап 6. Створення та оформлення векторних шарів

1. Створіть шари: «Водотоки» (лінійний шар) та «Басейни» (полігональний шар).
2. Додайте атрибутивні поля, наприклад:
 - а) для водотоків: порядок, назва, тип;
 - б) для басейнів: площа, характеристика.
3. Виконайте класифікацію водотоків за порядками.
4. Налаштуйте візуалізацію, зокрема:
 - а) товщина ліній (за порядком);
 - б) кольори басейнів.
5. Оформіть атрибутивну інформацію.

Етап 7. Перевірка результатів

1. Додайте до проєкту базову карту (наприклад, OpenStreetMap).
2. Порівняйте:
 - ✓ положення водотоків;
 - ✓ конфігурацію мережі;
 - ✓ межі басейнів.
3. За потреби скоригуйте параметри моделювання.

Етап 8. Збереження результатів

1. Збережіть:
 - ✓ проєкт QGIS (.qgz);
 - ✓ векторні шари (GeoPackage / Shapefile).
2. За потреби експортуйте результати:
 - ✓ у формат зображення (PNG, JPG);
 - ✓ у формат KML для подальшої роботи в Google Earth Pro.

ЧАСТИНА С

ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ У GOOGLE EARTH PRO

На даному кроці практичної роботи виконується перевірка достовірності (верифікація) результатів моделювання орогідрографічної мережі, що передбачає зіставлення отриманих у GIS-середовищі даних із реальними особливостями території за допомогою Google Earth Pro. Для виконання верифікації необхідно здійснити такі дії:

1. Експортуйте отримані результати з QGIS.
2. Відкрийте їх у Google Earth Pro.
3. Порівняйте: змодельовану мережу з реальною та положення водотоків.
4. Визначте можливі розбіжності.

ЧАСТИНА D

ОФОРМЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ У MICROSOFT EXCEL

У цій частині роботи виконується систематизація, узагальнення та аналіз отриманих результатів моделювання орогідрографічної мережі з метою їх порівняння, оцінки та подальшої геоecологічної інтерпретації.

Оформлення та аналіз результатів здійснюється у такій послідовності.

Етап 1. Табличне оформлення результатів

Для систематизації отриманих результатів необхідно оформити їх у вигляді таблиць.

1. Створення таблиці порядків водотоків

У таблиці доцільно передбачити такі поля:

- назва водотоку;
- порядок водотоку;
- довжина (км);
- тип водотоку (головний / притока);
- джерело визначення (топографічна карта / GIS);
- примітка.

2. Створення таблиці характеристик басейнів

У таблиці необхідно відобразити:

- назва басейну або водотоку, що його формує;
- площа басейну (км²);

- максимальний порядок водотоків у межах басейну;
- характер рельєфу;
- особливості стоку;
- примітка.

Таблиці оформлюються із використанням Microsoft Excel або аналогічного програмного забезпечення.

Етап 2. Порівняльний аналіз результатів

1. Порівняння результатів

Здійсніть порівняння результатів, отриманих:

- ✓ аналоговим (картографічним) методом;
- ✓ шляхом GIS-моделювання.

Зверніть увагу на: а) конфігурацію гідрографічної мережі; б) кількість і розгалуженість водотоків; в) межі водозбірних басейнів; г) узгодженість порядків водотоків.

2. Визначення відмінностей і причин розбіжностей

Аналізуючи отримані результати, визначте, які саме відмінності спостерігаються; яким є їх просторовий характер (локальні / системні). Обґрунтуйте причини виявлених розбіжностей, зокрема: а) похибки ручної інтерпретації; б) масштабу карти; в) якості DEM; г) параметрів моделювання; д) особливостей алгоритмів GIS; е) антропогенних змін території.

3. Табличне оформлення порівняння

Оформіть отримані результати порівняння у вигляді таблиці (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1.

Порівняння результатів аналогового та GIS-підходів

Об'єкт / ділянка	Результат за топокартою	Результат у GIS	Відмінності	Причини розбіжностей
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

Етап 3. Геоєкологічна інтерпретація результатів

1. Аналіз просторової структури стоку

Для здійснення аналізу просторової структури стоку з'ясуйте: а) характер організації орогідрографічної мережі; б) ступінь розгалуженості; в) ієрархічну структуру; г) зв'язок між рельєфом і напрямками стоку.

2. Визначення геоекологічно значущих зон

Визначте: а) ділянки потенційної ерозії; б) зони акумуляції; в) напрями переносу речовин і забруднень.

3. Узагальнення результатів

Здійсніть узагальнення результатів та заповніть таблицю (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2.

Геоекологічна інтерпретація басейнової структури

Ділянка	Характер стоку	Геоекологічні процеси	Потенційні ризики	Примітка
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

4. Формулювання висновків

Сформулюйте узагальнений висновок, у якому: а) схарактеризуйте басейнову структуру території; б) оцініть ефективність застосованих методів; в) обґрунтуйте значення результатів для геоекологічних досліджень.

Таким чином, послідовне виконання наведених етапів забезпечує реалізацію методу басейнового аналізу території через поєднання аналогового та геоінформаційного підходів і створює підґрунтя для подальшої геоекологічної інтерпретації отриманих результатів.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Завдання 1. Аналіз рельєфу та гідрографічної мережі за топографічною картою

Розгляньте запропонований фрагмент навчальної топографічної карти масштабу 1:50 000 або 1:25 000 (У-34-37-В або інший, наданий викладачем).

Виконайте аналіз території, звернувши увагу на:

- домінуючі форми рельєфу;
- напрямки поверхневого стоку;
- характер гідрографічної мережі;
- густоту водотоків;
- наявність ерозійних форм рельєфу.

Сформулюйте короткий висновок щодо особливостей просторової організації стоку на досліджуваній території.

Завдання 2. Побудова орогідрографічної мережі (аналоговий підхід)

На основі топографічної карти:

1. Виділіть водотоки та долини стоку.
2. Визначте порядки долин стоку.
3. Проведіть вододільні лінії.
4. Побудуйте орогідрографічну мережу на кальці.
5. Створіть картографічну модель із системою умовних позначень.

Оформіть отриманий результат у вигляді завершеної картографічної моделі.

Завдання 3. Моделювання орогідрографічної мережі у QGIS

На основі цифрової моделі рельєфу (DEM) та шляхом використання інструкцій, наданих вище:

1. Виконайте моделювання поверхневого стоку.
2. Виділіть гідрографічну мережу.
3. Визначте межі водозбірних басейнів.
4. Створіть відповідні векторні шари.

Збережіть результати у вигляді проєкту QGIS.

Завдання 4. Верифікація результатів у Google Earth Pro

Перевірте отримані результати та:

- ✓ порівняйте змодельовану мережу із реальною;
- ✓ оцініть її відповідність особливостям місцевого рельєфу;
- ✓ визначте можливі розбіжності.

Сформулюйте пояснення причин виявлених відмінностей.

Завдання 5. Порівняльний аналіз застосованих підходів

Порівняйте результати:

- ✓ аналогового (картографічного) підходу;
- ✓ геоінформаційного (GIS) моделювання.

У відповіді обґрунтуйте:

1. Який підхід є точнішим? Чому?
2. Який підхід є більш інформативним? Чому?
3. Які обмеження має кожен із підходів? Чому?
4. У яких випадках доцільно застосовувати кожен із них?

Завдання 6. Геоекологічна інтерпретація отриманих результатів

На основі отриманих результатів:

1. Схарактеризуйте просторову структуру стоку ділянки дослідження.

2. Визначте ділянки із потенційно підвищеною ерозійною активністю.
3. Проаналізуйте можливі напрямки переносу забруднювальних речовин.
4. Сформулюйте висновки щодо геоекологічного стану території.

МЕТОДИЧНІ ПОЯСНЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Під час виконання даної практичної роботи важливо усвідомити той факт, що побудова орогідрографічної мережі не є лише технічною процедурою, а виступає складовою реалізації **методу басейнового аналізу території** як одного із базових у геоекологічних дослідженнях.

Сутність цього методу полягає у розгляді території як системи взаємопов'язаних водозбірних басейнів, у межах яких відбувається формування, трансформація та перенесення води, наносів і забруднювальних речовин. Саме тому правильне виділення елементів орогідрографічної мережі та її ієрархічної структури є необхідною передумовою здійснення будь-якого подальшого просторового аналізу.

Значення орогідрографічної мережі у геоекологічних дослідженнях

Орогідрографічна мережа визначає:

- ✓ напрямки поверхневого стоку;
- ✓ шляхи перенесення речовини та енергії;
- ✓ локалізацію зон накопичення і транзиту;
- ✓ межі функціональних геосистем (басейнів).

У цьому контексті **водозбірний басейн** розглядається як **базова просторова одиниця геоекологічного аналізу**, що дозволяє інтегрувати природні та антропогенні процеси в єдину систему.

Роль аналогового (картографічного) етапу

Незважаючи на широке використання геоінформаційних технологій, ручна побудова орогідрографічної мережі за топографічною картою має принципове значення, оскільки:

- ✓ формує розуміння взаємозв'язку рельєфу та стоку;
- ✓ розвиває навички просторового мислення;
- ✓ дозволяє інтерпретувати морфологію території;
- ✓ забезпечує усвідомлення логіки формування гідрографічної мережі.

Без цього етапу використання GIS-інструментів часто набуває формального характеру.

Роль геоінформаційного моделювання

Використання геоінформаційних систем, зокрема QGIS, дозволяє перейти від якісної інтерпретації до кількісного аналізу території.

Моделювання поверхневого стоку за цифровою моделлю рельєфу (DEM) дає можливість:

- ✓ автоматизувати виділення гідрографічної мережі;
- ✓ визначати межі водозбірних басейнів;
- ✓ аналізувати інтенсивність стоку;
- ✓ працювати з великими обсягами просторових даних;
- ✓ підвищувати точність результатів дослідження.

При цьому важливо розуміти, що результати GIS-моделювання залежать від:

- якості вихідних даних (DEM);
- обраних параметрів аналізу;
- правильності інтерпретації отриманих результатів.

Геоінформаційна інтерпретація отриманих результатів

Заключним і найбільш важливим етапом є інтерпретація побудованої орогідрографічної мережі. Тому у цьому контексті важливо вмісти відповісти на такі питання:

- ✓ Як організований стік на досліджуваній території?
- ✓ Які ділянки є зонами активного водозбору?
- ✓ Де можливі процеси ерозії та/або акумуляції?
- ✓ Якими є потенційні шляхи перенесення забруднень?

Саме на цьому етапі відбувається перехід:

від виконання завдання → до геоекологічного аналізу.

Отже, важливо розуміти, що басейновий підхід, реалізований через аналіз орогідрографічної мережі, є методичною основою для здійснення:

- ✚ геоекологічного моніторингу територій;
- ✚ оцінки ерозійних процесів;
- ✚ управління водними ресурсами;
- ✚ аналізу поширення та міграції забруднювальних речовин.

Таким чином, інтерпретація отриманих результатів дозволяє не лише схарактеризувати просторову організацію стоку, а й застосувати результати моделювання для вирішення прикладних геоекологічних завдань.

Інтеграція підходів як основа навчання

Поєднання аналогового та геоінформаційного підходів під час виконання завдань цієї практичної роботи дозволяє:

- ✓ глибше зрозуміти сутність просторових процесів;
- ✓ сформулювати цілісне бачення території;
- ✓ підвищити достовірність отриманих результатів;

- ✓ підготуватися до виконання складних досліджень у майбутньому.

Такий підхід відповідає сучасним вимогам до підготовки фахівців у галузі геоекології, де поєднання класичних методів і цифрових технологій є необхідною умовою майбутньої професійної діяльності.

ТИПОВІ ПОМИЛКИ ЗДОБУВАЧІВ

Під час виконання завдань даної практичної роботи найчастіше трапляються помилки, пов'язані як із неправильним розумінням суті методу басейнового аналізу, так і з технічними аспектами його реалізації. Нижче наведено основні з них, на які рекомендується звернути увагу до початку виконання завдань.

Помилки аналогового (картографічного) етапу

1. Неправильне визначення напрямків поверхневого стоку (ігнорування форми/конфігурації горизонталей).
2. Ототожнення знижених форм рельєфу із водотоками без урахування їх морфології.
3. Помилки у визначенні витоків водотоків.
4. Неправильне встановлення порядків долин стоку:
 - ✓ ігнорування принципу злиття водотоків;
 - ✓ механічне підвищення порядку без дотримання методичних правил.
5. Проведення вододілів без урахування місцевих особливостей рельєфу (наприклад, проведення по долинах замість міжріч).
6. Порушення логіки басейнової структури (перетин вододільних ліній, «розриви» басейнів тощо).
7. Відсутність або некоректне оформлення системи умовних позначень.

Помилки моделювання у GIS-середовищі

1. Використання цифрової моделі рельєфу (DEM) низької якості або невідповідної роздільної здатності.
2. Ігнорування попередньої обробки DEM (наявність «провалів» / sinks).
3. Неправильне застосування інструментів гідрологічного аналізу у QGIS:
 - ✓ некоректне виконання Flow Direction;
 - ✓ помилки при розрахунку Flow Accumulation.
4. Неправильний вибір порогового значення для виділення водотоків.

5. Отримання надмірно деталізованої або, навпаки, спрощеної гідрографічної мережі.
6. Відсутність перевірки відповідності змодельованої мережі особливостям рельєфу.
7. Неправильне створення або заповнення атрибутивних таблиць.

Помилки інтерпретації отриманих результатів

1. Формальне виконання побудови без аналізу структури стоку.
2. Невміння пов'язати орогідрографічну мережу з рельєфом території.
3. Ігнорування ієрархічної структури водотоків.
4. Відсутність пояснення причин розбіжностей між аналоговим і GIS-підходами.
5. Неправильне трактування результатів моделювання як «абсолютно точних».

Помилки верифікації результатів

1. Відсутність перевірки результатів у Google Earth Pro.
2. Ігнорування невідповідностей між змодельованою та реальною гідрографічною мережею.
3. Невміння пояснити причини розбіжностей (через якість DEM; масштаб карти; параметри моделювання; антропогенні зміни території).

Загальні методичні помилки

1. Виконання роботи як сукупності окремих дій без розуміння їх взаємозв'язку.
2. Ігнорування басейнового підходу як системного методу аналізу.
3. Невміння перейти від побудови моделі до її геоecологічної інтерпретації.
4. Недооцінка ролі аналогового етапу у формуванні просторового мислення.

Методичний акцент

Слід пам'ятати, що метою цієї роботи є не лише побудова орогідрографічної мережі, а й формування вміння:

аналізувати, моделювати та інтерпретувати просторову організацію стоку в межах басейнових систем

Уникнення наведених вище помилок дозволить підвищити якість виконання роботи та сформулювати цілісне розуміння методу басейнового аналізу території у геоecологічних дослідженнях.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає сутність методу басейнового аналізу території та чому він вважається базовим у геоекологічних дослідженнях?
2. Чому водозбірний басейн розглядається як елементарна просторова одиниця геоекологічного аналізу?
3. Яким чином рельєф визначає структуру орогідрографічної мережі та напрямки поверхневого стоку?
4. У чому полягає логіка визначення порядків долин стоку за підходом, близьким до логіки Стралера? Які його переваги порівняно з альтернативними підходами?
5. Чому при злитті водотоків різного порядку порядок не змінюється? Який фізико-географічний зміст цього правила?
6. Які помилки можуть виникати при визначенні порядків водотоків і як вони впливають на результати басейнового аналізу?
7. У чому полягає різниця між орогідрографічною мережею, гідрографічною мережею та басейною структурою території?
8. Чому правильне проведення вододілів є критично важливим для подальшого геоекологічного аналізу?
9. Які геоекологічні процеси можна досліджувати на основі аналізу орогідрографічної мережі?
10. У чому полягають принципові відмінності між аналоговим (картографічним) і геоінформаційним підходами до аналізу басейнової структури?
11. Які обмеження має ручна інтерпретація орогідрографічної мережі за топографічною картою?
12. Які переваги надає використання цифрової моделі рельєфу (DEM) у моделюванні поверхневого стоку?
13. Яким чином вибір параметрів гідрологічного аналізу у QGIS впливає на результати моделювання орогідрографічної мережі?
14. Чому результати автоматизованого моделювання стоку не можна вважати абсолютно точними без їх подальшої інтерпретації?
15. У чому полягає роль верифікації результатів із використанням Google Earth Pro?
16. Які фактори можуть зумовлювати розбіжності між змодельованою орогідрографічною мережею та реальною?
17. Як басейнова структура території впливає на поширення забруднювальних речовин?

18. Яким чином аналіз орогідрографічної мережі може бути використаний для оцінки ерозійних процесів?
19. Чому поєднання аналогового та геоінформаційного підходів є методично доцільним?
20. У чому полягає геоекологічна інтерпретація орогідрографічної мережі і чим вона відрізняється від її побудови?

ФОРМА ЗВІТНОСТІ

За результатами виконання цієї практичної роботи здобувач подає викладачу на перевірку:

1. **Картографічну модель орогідрографічної мережі**, побудовану за топографічною картою (аналоговий варіант) із системою умовних позначень.
2. **Цифрові результати моделювання у QGIS**, що включають:
 - ✓ шар водотоків;
 - ✓ шар водозбірних басейнів;
 - ✓ проєкт QGIS (.qgz).
3. **Скріншоти або картографічні візуалізації**, що відображають результати моделювання орогідрографічної мережі.
4. **Результати верифікації у Google Earth Pro** (скріншоти або короткий опис перевірки).
5. **Табличні матеріали**, оформлені з використанням Microsoft Excel (за потреби):
 - ✓ характеристики водотоків;
 - ✓ елементи басейнової структури;
 - ✓ результати порівняльного аналізу.
6. **Порівняльний аналіз результатів**, отриманих аналоговим і геоінформаційним підходами.
7. **Короткий письмовий загальний висновок**, що відображає результати моделювання та їх геоекологічну інтерпретацію.

ОЧІКУВАНИЙ ВИСНОВОК ЗДОБУВАЧА

У висновку здобувач має зазначити, що метод басейнового аналізу території дозволяє розглядати досліджувану ділянку як цілісну систему водозбірних басейнів, у межах яких відбувається формування та просторове впорядкування поверхневого стоку, а використання GIS значно підвищує точність і аналітичні можливості дослідження.

У результаті виконання роботи здобувач має продемонструвати те, що:

- ✓ орогідрографічна мережа є відображенням рельєфу та ключовим елементом просторової організації стоку;
- ✓ аналоговий (картографічний) підхід забезпечує розуміння закономірностей формування гідрографічної мережі;
- ✓ геоінформаційне моделювання із використанням QGIS та цифрової моделі рельєфу (DEM) дозволяє автоматизувати процеси виділення водотоків і басейнів та підвищити точність аналізу;
- ✓ результати моделювання потребують обов'язкової верифікації та геоінформаційної інтерпретації;
- ✓ поєднання аналогового та геоінформаційного підходів є найбільш ефективним для виконання геоекологічних досліджень.

Виконання даної практичної роботи забезпечує перехід від інтерпретації рельєфу до моделювання та аналізу просторової організації стоку, що є основою для подальших досліджень, пов'язаних із:

- оцінкою ерозійних процесів;
- аналізом міграції забруднювальних речовин;
- плануванням природоохоронних заходів;
- просторовим моделюванням геоекологічних процесів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

МЕТОД МОРФОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ РЕЛЬЄФУ У ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТОТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РОЗЧЛЕНУВАННЯ ТА ЙОГО ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

МЕТА РОБОТИ

Метою практичної роботи є формування у здобувачів цілісного уявлення про **метод морфометричного аналізу рельєфу** як інструмент геоекологічних досліджень, а також набуття практичних навичок визначення, аналізу та просторового моделювання густоти горизонтального розчленування території із використанням топографічних карт і геоінформаційних систем.

У процесі виконання роботи передбачається досягнення таких результатів:

- **навчальна мета:** опанування принципів визначення густоти розчленування території та побудови відповідних картографічних моделей;
- **методична мета:** засвоєння підходів до морфометричного аналізу рельєфу в аналоговому (картографічному) та цифровому (GIS) середовищі;
- **аналітична мета:** формування вміння інтерпретувати отримані показники густоти розчленування території та оцінювати їх значення у геоекологічному контексті.

ЗАВДАННЯ РОБОТИ

У ході виконання практичної роботи здобувач має:

1. Ознайомитися з теоретичними основами морфометричного аналізу рельєфу та значенням показника густоти розчленування території у геоекології.
2. Виконати інтерпретацію топографічної карти з метою виділення ерозійної (орогідрографічної) мережі.

3. Визначити сумарну довжину ерозійної мережі в межах елементарних одиниць (квадратів або басейнів).
4. Розрахувати показники густоти горизонтального розчленування території.
5. Створити картограму густоти розчленування території шляхом побудови статистичної поверхні розподілу показника густоти розчленування.
6. Освоїти базові прийоми морфометричного аналізу рельєфу у QGIS.
7. Виконати розрахунок густоти розчленування території в GIS-середовищі на основі DEM.
8. Здійснити геоінформаційну інтерпретацію отриманих результатів.
9. Перевірити результати із використанням Google Earth Pro.
10. Провести порівняльний аналіз аналогового та GIS-підходів.

ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для виконання даної практичної роботи Вам знадобляться:

Аналогова (картографічна) частина:

- ✓ навчальна топографічна карта масштабу 1:50 000 або 1:25 000 (наприклад, У-34-37-В);
- ✓ лист кальки або чистого паперу формату А4;
- ✓ курвиметр або циркуль-вимірювач (для визначення довжин водотоків та долин стоку);
- ✓ лінійка;
- ✓ калькулятор;
- ✓ прості та кольорові олівці; гумка;
- ✓ матеріали попередньої практичної роботи (побудована орогідрографічна мережа).

Цифрова (GIS-орієнтована) частина:

- ✓ комп'ютер або ноутбук;
- ✓ програмне забезпечення QGIS;
- ✓ цифрова модель рельєфу (DEM) досліджуваної території (за можливості);
- ✓ векторний шар орогідрографічної мережі (створений у попередній практичній роботі або наданий викладачем);
- ✓ базові картографічні підкладки (наприклад, OpenStreetMap або супутникові знімки);
- ✓ Google Earth Pro для верифікації результатів;
- ✓ Microsoft Excel або Google Sheets для табличного оформлення та обробки результатів.

Додатково (за потреби):

- ✓ векторний шар орогідрографічної мережі та шар водозбірних

басейнів, створені/отримані під час виконання попередньої практичної роботи;

- ✓ програмні інструменти для аналізу щільності (Line Density, Kernel Density) у середовищі QGIS;
- ✓ підключення до Інтернету для завантаження геоданих та базових карт.

СУТНІСТЬ МЕТОДУ МОРФОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ РЕЛЬЄФУ В КОНТЕКСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТОТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РОЗЧЛЕНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ

Метод морфометричного аналізу рельєфу полягає у кількісному дослідженні просторових характеристик земної поверхні шляхом визначення та інтерпретації показників, що відображають особливості її будови, структури та ступінь розчленування.

Під час виконання завдань даної практичної роботи реалізація методу розглядається **в контексті визначення густоти горизонтального розчленування території**, яка характеризує інтенсивність розвитку ерозійної (орогідрографічної) мережі та ступінь пересіченості рельєфу.

Густота розчленування визначається як відношення сумарної довжини ерозійної мережі до площі досліджуваної території або ж як середня відстань між сусідніми тальвегами. Даний показник дозволяє кількісно оцінити просторову організацію рельєфу та є важливим індикатором геоморфологічних і геоекологічних процесів.

У геоекологічних дослідженнях метод морфометричного аналізу рельєфу забезпечує:

- ✓ оцінку ступеня розчленування території;
- ✓ виявлення зон інтенсивного розвитку ерозійних процесів;
- ✓ аналіз умов формування поверхневого стоку;
- ✓ визначення просторової неоднорідності рельєфу;
- ✓ обґрунтування рішень у сфері природокористування та територіального планування.

Ключовим елементом реалізації методу є **орогідрографічна мережа** (див. пояснення до Практичної роботи №2), яка виступає просторовою основою для розрахунку морфометричних показників і відображає систему ерозійних форм рельєфу.

Реалізація методу у даній роботі здійснюється у двох взаємодоповнювальних формах:

- **аналоговий (картографічний)** – шляхом інтерпретації топографічної карти й виділених тальвегів, вимірювання довжин ерозійної мережі та побудови картографічної моделі густоти розчленування території;
- **цифровий (геоінформаційний)** – із використанням QGIS, що передбачає аналіз вже створеної або змодельованої орогідрографічної мережі, розрахунок показників густоти розчленування, а також побудову просторових моделей їх розподілу.

При цьому важливо враховувати, що на даному етапі **не здійснюється повне моделювання орогідрографічної мережі**, а використовується раніше створена або отримана мережа водотоків та долин стоку як основа виконання морфометричного аналізу рельєфу та визначення густоти горизонтального розчленування території.

Таким чином, якщо у попередній практичній роботі акцент було зроблено на моделюванні структури стоку, то у даній роботі основна увага зосереджується на **кількісному аналізі цієї структури**.

Поєднання аналогового та геоінформаційного підходів дозволяє:

- ✓ забезпечити розуміння взаємозв'язку між рельєфом і ерозійною мережею;
- ✓ підвищити точність розрахунків;
- ✓ здійснювати просторовий аналіз розподілу показників густоти розчленування;
- ✓ виконувати геоекологічну інтерпретацію отриманих результатів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Теоретичні відомості, подані у цій частині, формують науково-методичну основу виконання практичної роботи та спрямовані на розуміння сутності морфометричного аналізу рельєфу як інструменту геоекологічних досліджень. Засвоєння наведених понять, показників і підходів є необхідною передумовою коректного визначення густоти горизонтального розчленування території, побудови відповідних картографічних моделей та подальшої інтерпретації отриманих результатів як у аналоговому, так і у геоінформаційному середовищі.

Поняття горизонтального розчленування рельєфу

Рельєф земної поверхні є результатом взаємодії ендегенних та екзогенних процесів, серед яких важливу роль відіграють

процеси ерозії, акумуляції та денудації. Однією з ключових характеристик, що відображає ступінь перетвореності рельєфу, є *горизонтальне розчленування території*.

Горизонтальне розчленування рельєфу – це характеристика ступеня «поділу» території ерозійною мережею (водотоками, балками, ярами), що відображає інтенсивність розвитку лінійних форм рельєфу.

Основним кількісним показником горизонтального розчленування є *густота розчленування території*.

Густота розчленування території

Густота розчленування (l) характеризує середню довжину ерозійної мережі в межах одиниці площі та визначається за формулою (3.1):

$$l = \frac{L}{P} \quad (3.1)$$

де:

L – сумарна довжина ерозійної мережі (км);

P – площа досліджуваної території (км²).

Даний показник дозволяє оцінити:

- ✓ інтенсивність розвитку ерозійних процесів;
- ✓ ступінь пересіченості рельєфу;
- ✓ характер просторової організації водотоків.

Чим більше значення густоти розчленування, тим більш розвиненою є ерозійна мережа та більш розчленованим – рельєф.

Середня відстань між тальвегами

Альтернативною характеристикою є **середня відстань між сусідніми тальвегами (a)**, яка є оберненою величиною до густоти розчленування та визначається за формулою (3.2):

$$a = \frac{P}{L} \quad (3.2)$$

Цей показник широко використовується у практичних задачах (зокрема, плануванні території), оскільки дозволяє оцінити:

- ✓ ширину водозбірних басейнів;
- ✓ просторову «щільність» ерозійних форм;
- ✓ зручність господарського освоєння території.

Особливості визначення показників для різних типів рельєфу

Для територій із різними морфологічними умовами застосовуються різні підходи до оцінки розчленування:

- ✚ для рівнинних територій із переважанням лінійної ерозії використовується показник густоти розчленування;
- ✚ для горбистих, западинних або озерних районів доцільно враховувати кількість форм рельєфу та їх просторову концентрацію;
- ✚ у складних умовах можливе комбінування показників.

Методи визначення густоти розчленування

Визначення густоти розчленування території може здійснюватися за кількома підходами.

1. Метод рівноплощинних квадратів

Територія поділяється на однакові за площею ділянки (наприклад, 1 км²), у межах яких визначається сумарна довжина ерозійної мережі.

Переваги такого методу полягають у тому, що наявна:

- ✓ простота розрахунків;
- ✓ можливість статистичного аналізу;
- ✓ зручність подальшої обробки даних.

Недоліками цього методу є можливе спотворення результатів через довільність поділу території.

2. Метод елементарних басейнів

Відповідно до цього методу визначення показників здійснюється в межах природних водозбірних одиниць – елементарних басейнів.

Переваги такого методу полягають у тому, що наявна:

- ✓ більша природна обґрунтованість;
- ✓ точніше відображення структури стоку.

Недоліками цього методу є: а) складність виділення басейнів; б) більша трудомісткість.

Картографічне відображення густоти розчленування

Результати визначення густоти розчленування відображаються у вигляді:

- **картограми** – відображення показників у межах елементарних ділянок (квадратів або басейнів);
- **статистичної поверхні розподілу** – узагальненої моделі просторового розподілу показника;
- **ізодеи** – ліній, що з'єднують точки з однаковими значеннями густоти розчленування.

Ізодеи дозволяють досліднику: а) виявити закономірності просторового розподілу показника; б) виділити зони підвищеної та зниженої розчленованості; в) оцінити просторові градієнти показника.

Шкали оцінки густоти розчленування

У зв'язку з різноманітністю природних умов не існує універсальної шкали оцінки густоти розчленування. Для рівнинних територій часто застосовується шкала оцінки **середньої відстані між сусідніми тальвегами (водотоками)**, яка є оберненою величиною до густоти розчленування. Значення цієї відстані (у кілометрах) характеризують ступінь горизонтального розчленування території (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1.

Шкала оцінки горизонтального розчленування території за показником середньої відстані між елементами ерозійної мережі

Показник (відстань)	Інтерпретація (ступінь розчленування)
більше 5 км	дуже слабе розчленування
5–2 км	слабе
2–1 км	середнє
1–0,5 км	значне
менше 0,5 км	сильне

Таким чином, чим меншою є середня відстань між тальвегами, тим більш розчленованою є територія і тим вищою є густина ерозійної мережі.

Наведена шкала використовується для інтерпретації отриманих результатів і побудови картографічних моделей густоти розчленування території.

Геоecологічне значення показника

Густина розчленування території є важливим індикатором геоecологічного стану території, оскільки відображає:

- інтенсивність ерозійних процесів;
- умови формування поверхневого стоку;
- потенційні напрями переносу речовин;
- ступінь антропогенного впливу на рельєф.

Високі значення густоти розчленування можуть свідчити про:

- ✓ активізацію ерозійних процесів;
- ✓ підвищену небезпеку деградації ґрунтів;
- ✓ складні умови для господарського освоєння території.

Густота розчленування у GIS-середовищі

У сучасних геоінформаційних системах, зокрема у QGIS, показник густоти розчленування може визначатися:

- шляхом аналізу векторних шарів водотоків;
- на основі цифрових моделей рельєфу (DEM);
- із використанням інструментів щільнісного аналізу (Line Density, Kernel Density).

Це дозволяє:

- ✓ автоматизувати розрахунки;
- ✓ підвищити точність оцінки;
- ✓ отримати безперервні поверхні розподілу показника;
- ✓ виконувати просторову інтерпретацію результатів.

Таким чином, розглянуті теоретичні положення та показники морфометричного аналізу рельєфу формують основу для кількісної оцінки ступеня горизонтального розчленування території. Їх застосування дозволяє перейти **від описового аналізу рельєфу до його формалізованого кількісного** представлення у вигляді картографічних моделей, що відображають просторову диференціацію показників.

Засвоєння цих підходів є необхідною передумовою коректного виконання подальших етапів практичної роботи, пов'язаних із розрахунками, моделюванням та геоекологічною інтерпретацією отриманих результатів.

МЕТОДИЧНА ЛОГІКА ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Дана практична робота є логічним продовженням попередніх етапів опанування методів геоекологічних досліджень та виконання відповідних практичних робіт і завдань, й спрямована на **перехід від просторової ідентифікації об'єктів та моделювання структури стоку до їх кількісного аналізу**.

Якщо у попередніх практичних роботах було сформовано базові навички:

- ✓ геопросторової локалізації об'єктів (визначення координат);
- ✓ побудови орогідрографічної мережі та виділення водозбірних басейнів,

то у даній роботі основна увага зосереджується на **морфометричному аналізі рельєфу**, а саме – визначенні густоти горизонтального розчленування території як кількісного показника організації ерозійної мережі, що є важливим для оцінки інтенсивності ерозійних процесів, аналізу умов

формування поверхневого стоку, виявлення потенційних напрямів перенесення речовин і забруднень, обґрунтування рішень у сфері природокористування та територіального планування, а також врахування морфологічних особливостей території під час проектування інженерної та транспортної інфраструктури.

Методична логіка виконання цієї роботи базується на послідовному переході:

від якісного аналізу → до кількісного оцінювання → до просторового моделювання → до геоєкологічної інтерпретації.

У межах практичної роботи реалізуються такі взаємопов'язані етапи:

1. **Аналітичний етап (аналоговий)***

Передбачає інтерпретацію топографічної карти, виділення елементів ерозійної мережі та підготовку вихідних даних для подальших розрахунків.

2. **Розрахунковий етап (аналоговий)**

Полягає у визначенні сумарної довжини ерозійної мережі в межах елементарних одиниць (квадратів або басейнів) та обчисленні показників густоти розчленування території.

3. **Картографічний етап (аналоговий)**

Включає побудову картограми густоти розчленування та статистичної поверхні розподілу показника із використанням ізоденс, що дозволяє відобразити просторову диференціацію досліджуваного параметра.

4. **Геоінформаційний етап (GIS)**

Передбачає використання можливостей QGIS для розрахунку та візуалізації показників густоти розчленування території.

При цьому важливо враховувати, що на даному етапі **не здійснюється повне моделювання орогідрографічної мережі, а використовується раніше створена або отримана мережа водотоків як основа для виконання морфометричного аналізу.*

*Таким чином, якщо у попередній практичній роботі акцент було зроблено на моделюванні структури стоку, то у даній роботі основна увага зосереджується на **кількісному аналізі цієї структури**.*

5. Аналітико-інтерпретаційний етап

Передбачає узагальнення отриманих результатів, їх порівняння та геоекологічну інтерпретацію, зокрема оцінку умов розвитку ерозійних процесів, просторової організації стоку та потенційних напрямів перенесення речовин.

Таким чином, дана практична робота демонструє перехід від традиційних картографічних прийомів дослідження рельєфу до сучасних методів його кількісного аналізу та геоінформаційного моделювання, що забезпечує формалізоване представлення морфометричних характеристик території, підвищує точність оцінювання просторової організації рельєфу та створює підґрунтя для обґрунтованої геоекологічної інтерпретації природних процесів і явищ.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

У межах даної практичної роботи реалізується **інтегрований морфометрично-геоінформаційний підхід** до дослідження рельєфу, який поєднує традиційні картографічні методи із сучасними можливостями геоінформаційних систем.

Сутність методичного підходу полягає у тому, що визначення густоти горизонтального розчленування території розглядається не лише як розрахунок окремого показника, а і як **комплексна процедура аналізу просторової організації рельєфу**, що включає:

- інтерпретацію топографічної основи;
- кількісну оцінку параметрів ерозійної мережі;
- побудову картографічних моделей;
- просторовий аналіз отриманих результатів;
- їх геоекологічну інтерпретацію.

Методичний підхід передбачає використання двох взаємодоповнювальних середовищ дослідження: *аналогового та цифрового*.

Аналогове (картографічне) середовище

Передбачає роботу з топографічною картою як базовим джерелом просторової інформації, що дозволяє:

- сформулювати уявлення про морфологію рельєфу;
- виявити елементи ерозійної мережі;
- виконати первинні вимірювання довжин водотоків,

та на основі отриманих результатів:

- розрахувати показники густоти розчленування;
- побудувати картографічну модель (картограму та ізоденси).

Даний етап є принципово важливим, оскільки забезпечує розуміння фізико-географічної сутності досліджуваного показника та формує базові аналітичні навички.

Цифрове (GIS-орієнтоване) середовище

Передбачає використання QGIS для аналізу та моделювання просторових характеристик рельєфу, що дозволяє:

- автоматизувати розрахунок морфометричних показників;
- працювати з векторними та растровими даними;
- використовувати результати попередніх етапів/практичних робіт (орогідрографічну мережу);
- будувати безперервні поверхні розподілу показників (density-аналіз);
- виконувати просторову візуалізацію та аналіз результатів.

При цьому важливо враховувати те, що на даному етапі **не здійснюється повне моделювання орогідрографічної мережі**, а використовується раніше створена або отримана мережа водотоків як основа для виконання морфометричного аналізу.

Концептуальна інтеграція підходів

Поєднання аналогового та GIS-орієнтованого підходів під час виконання такої практичної роботи дозволяє:

- ✓ забезпечити перехід від «ручного» вимірювання до автоматизованого аналізу;
- ✓ підвищити точність і відтворюваність результатів;
- ✓ сформувати системне бачення дослідження рельєфу;
- ✓ інтегрувати результати у подальші геоecологічні дослідження.

Таким чином, якщо у попередній практичній роботі акцент було зроблено на моделюванні структури стоку, то у даній роботі реалізується **морфометричний підхід до її кількісного аналізу**, що дозволяє перейти від структурного опису до оцінки інтенсивності процесів, які формують рельєф.

Методична спрямованість роботи

Реалізований у даній практичній роботі підхід орієнтований на формування у здобувачів:

- ✓ здатності до кількісного аналізу рельєфу;
- ✓ навичок роботи з різними типами геопросторових даних;
- ✓ вміння поєднувати картографічні та геоінформаційні методи;
- ✓ здатності до геоecологічної інтерпретації результатів дослідження.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

ЧАСТИНА А.

ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТОТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РОЗЧЛЕНУВАННЯ ЗА ТОПОГРАФІЧНОЮ КАРТОЮ (АНАЛОГОВИЙ ЕТАП)

На даному етапі здійснюється морфометричний аналіз рельєфу на основі орогідрографічної мережі, побудованої у попередній практичній роботі, або наданої викладачем, що передбачає, разом з тим, визначення сумарної довжини ерозійної мережі та розрахунок показників густоти горизонтального розчленування території.

Використання вже сформованої мережі водотоків та долин стоку дозволяє зосередитися не на її побудові (як це мало місце під час виконання практичної роботи №2), а на **кількісному аналізі** (визначенні густоти горизонтального розчленування території).

Таким чином, якщо у попередній практичній роботі основна увага приділялася виділенню та моделюванню структури стоку, то на даному етапі реалізується її **морфометрична оцінка**.

Виконання завдань даного етапу здійснюється як логічно виправдана послідовність наступних кроків.

1. Підготовка вихідних матеріалів

1. Використайте фрагмент топографічної карти, що аналізувався у попередній роботі.
2. Перенесіть (або використайте вже нанесену) орогідрографічну мережу на кальку або чистий аркуш паперу.
3. Переконайтеся у коректності відображення водотоків і тальвегів.

2. Вибір просторової основи для розрахунків

Для визначення густоти розчленування оберіть один із підходів:

- ✓ **метод квадратів** (за кілометровою сіткою карти);
- ✓ **метод елементарних басейнів** (за вододільними лініями).

(Рекомендовано використовувати метод квадратів як базовий).

3. Вимірювання довжин ерозійної мережі

1. У межах кожного елементарного квадрата (1 км²) визначте сумарну довжину водотоків та долин стоку. Використовуйте курвіметр або циркуль-вимірювач.

2. Для підвищення точності вимірів виконайте попередній крок **двічі**; обчисліть середнє значення.
3. Переведіть отримані значення у кілометри відповідно до масштабу карти.

4. Розрахунок показників густоти розчленування

Для кожної елементарної ділянки:

1. Визначте її площу (P).
2. Використовуючи сумарну довжину водотоків та долин стоку (L), обчисліть показник (l):

$$l = \frac{L}{P}$$

3. За потреби визначте також показник середньої відстані між тальвегами (a):

$$a = \frac{P}{L}$$

5. Табличне оформлення результатів

1. Занесіть отримані на попередніх кроках значення у відповідну таблицю (таблиця 3.2).
2. Перевірте коректність обчислень.

Таблиця 3.2.

Результати визначення густоти горизонтального розчленування території за елементарними ділянками

№	Елементарна ділянка (квадрат/басейн)	Довжина водотоків, l (см)	Довжина водотоків, L (км)	Площа, P (км ²)	Густота розчленування, l = L/P (км/км ²)	Середня відстань між тальвегами, a = P/L (км)	Ступінь розчленування

6. Побудова картограми густоти розчленування

1. Нанесіть отримані значення густоти розчленування у кожен квадрат.
2. Використайте умовні позначення або числові індекси.

7. Побудова статистичної поверхні розподілу

1. Виконайте інтерполяцію отриманих значень.
2. Проведіть ізоденси (лінії однакових значень густоти розчленування).
3. Виділіть ареали із різним ступенем густоти розчленування відповідно до шкали (див. блок вище «Теоретичні відомості»).

ЧАСТИНА В.

МОРФОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ У QGIS (GIS-ЕТАП)

На даному етапі здійснюється морфометричний аналіз рельєфу у GIS-середовищі з використанням орогідрографічної мережі, отриманої у попередній практичній роботі або наданої викладачем.

При цьому важливо враховувати, що на даному етапі **не здійснюється повне моделювання орогідрографічної мережі**, а використовується раніше створена або отримана мережа водотоків та долин стоку як основа для визначення густоти горизонтального розчленування території.

Таким чином, якщо у попередній практичній роботі акцент було зроблено на моделюванні структури стоку, то у даній роботі основна увага зосереджується на **кількісному аналізі цієї структури**.

Виконання завдань GIS-етапу здійснюється у наступній послідовності.

1. Підготовка робочого середовища

1. Відкрийте QGIS та створіть новий проєкт.
2. Встановіть систему координат проєкту (рекомендовано – метричну, наприклад UTM).
3. Додайте шари:
 - ✓ векторний шар водотоків;
 - ✓ (за наявності) межі басейнів або досліджуваної ділянки;
 - ✓ базову карту (OpenStreetMap або супутникові знімки).

2. Підготовка та перевірка геометрії шару водотоків

1. Перевірте коректність геометрії шару (Vector → Geometry → Check validity).
2. За потреби виправте помилки (Fix geometries).
3. Переконайтеся у тому, що:
 - ✓ всі водотоки є лінійними об'єктами;
 - ✓ відсутні дублікати або розриви.

3. Розрахунок довжин водотоків (інструменти геометрії)

1. Відкрийте атрибутивну таблицю шару.
2. Створіть нове поле, наприклад:
length_km (тип – Decimal).
3. Використайте калькулятор полів:
 $\text{length} / 1\,000$ (якщо проєкція в метрах).

Отримайте довжину кожного водотоку у кілометрах.

4. Виділення елементарних одиниць аналізу

Оберіть один із запропонованих нижче підходів:

✚ Варіант 1 (рекомендований) – за сіткою квадратів, як послідовність кроків:

1. Vector → Research Tools → Create Grid.
2. Тип: Rectangle (Polygon).
3. Розмір: 1 × 1 км.
4. Обріжте сітку за межами досліджуваної території (Clip).

✚ Варіант 2 – за басейнами.

Використайте полігональний шар басейнів з практичної роботи №2.

5. Просторове агрегування даних

1. Використайте інструмент:
Join attributes by location (summary).
2. Об'єкти:
 - полігони (квадрати/басейни) – як база;
 - лінії (водотоки) – як джерело.
3. Оберіть операцію:
sum (сума довжин).

На цьому етапі Ви отримаєте сумарну довжину водотоків у кожній просторовій одиниці.

6. Розрахунок густоти розчленування

1. Додайте поле у атрибутивну таблицю:
density (тип – Decimal).
2. Використайте формулу для розрахунку показника:
 - ✓ у розрізі квадратів (1 км²): $\text{density} = \text{length_km}$
 - ✓ у розрізі довільної площі:
 $\text{density} = \text{length_km} / \text{area_km}^2$
3. За потреби додайте поле:
distance_a = 1 / density

7. Класифікація та просторова диференціація показника густоти розчленування території

1. Відкрийте властивості шару.
2. Виконайте Symbolology → Graduated.
3. Оберіть поле **density** або **distance_a**.
4. Задайте класи відповідно до шкали розподілу показника.

8*. Побудова безперервної поверхні (просторової моделі) густоти розчленування території

1. Використайте один з інструментів просторового аналізу:
 - ✓ Line Density (для лінійних об'єктів), або

- ✓ Heatmap (Kernel Density) як універсальний інструмент побудови щільнісних поверхонь.

(Див. також «Методичні пояснення до виконання роботи» нижче).

2. Налаштуйте основні параметри моделювання:

- ✓ радіус пошуку (наприклад 500–1 000 м) (див. «Методичні пояснення до виконання роботи» нижче);
- ✓ розмір пікселя (залежно від масштабу дослідження);
- ✓ (за потреби) метод згладжування.

3. Виконайте побудову растрової поверхні густоти розчленування.

У результаті Ви отримаєте **безперервну модель просторового розподілу густоти розчленування території**, яка відображає зміну інтенсивності розвитку ерозійної мережі у межах досліджуваної ділянки.

Отримана модель є GIS-еквівалентом статистичної поверхні, що в аналоговому підході відображається за допомогою ізоденс.

9. Порівняння результатів

На даному етапі здійснюється зіставлення результатів, отриманих різними методами, з метою оцінки їх узгодженості, виявлення просторових відмінностей та встановлення причин розбіжностей.

Для цього порівняйте результати, отримані:

- а) аналоговим методом (картограма густоти розчленування);
- б) методом просторового агрегування у GIS (квадрати або басейни);
- в) методом побудови безперервної поверхні (density-модель).

Під час порівняння зверніть увагу на такі аспекти та визначте:

- 1) ступінь просторової узгодженості результатів;
- 2) наявність локальних відмінностей;
- 3) можливі причини розбіжностей (масштаб, метод, параметри аналізу).

10. Експорт результатів

Виконайте експорт результатів у такій послідовності:

- 1. Збережіть проєкт (.qgz).
- 2. Експортуйте:
 - ✓ карту (PNG/JPG – для презентацій та звітів; PDF (за потреби) – для друку);
 - ✓ шари (GeoPackage)*.

Налаштуйте композицію (легенда, масштаб, підпис, рамка); забезпечте читабельність і логічну градацію показника.

*Пам'ятайте, що експорт просторових даних та збереження створених шарів у форматі **GeoPackage**, дозволяє (за умови заданої коректно системи координат та наявної атрибутивної таблиці, що містить усі необхідні поля):

- ✓ зберегти геометрію та атрибутивні дані;
- ✓ використовувати результати у подальших GIS-дослідженнях.

3. Підготуйте файл для візуалізації та використання у Google Earth Pro:

- ✓ експортуйте шари у формат KML/KMZ;
- ✓ перевірте коректність відображення;
- ✓ оцініть відповідність реальному просторовому положенню об'єктів.

На даному етапі здійснюється підготовка результатів дослідження до представлення, збереження та подальшого використання у навчальній, науковій або прикладній діяльності. Таким чином, результати дослідження набувають завершеної форми, придатної для подальшого аналізу, інтерпретації та використання у геоекологічних дослідженнях.

ЧАСТИНА С.

ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ У GOOGLE EARTH PRO

На даному етапі здійснюється верифікація результатів морфометричного аналізу шляхом їх зіставлення із реальними особливостями території, відображеними на супутникових знімках та у глобальних геоінформаційних сервісах, зокрема у Google Earth Pro (див. також інформацію у частині «Методичні пояснення до виконання роботи» нижче).

Метою цього етапу є перевірка коректності просторового положення елементів ерозійної мережі, а також узгодженості отриманих результатів із реальною морфологією рельєфу.

Верифікація результатів здійснюється у наступній послідовності.

1. Підготовка даних до перевірки

1. Відкрийте Google Earth Pro.
2. За потреби імпортуйте результати роботи:
 - ✓ файл KML/KMZ із точками або лініями;

- ✓ або використайте координати окремих об'єктів.

3. Переконайтеся, що:

- ✓ система координат відображається коректно;
- ✓ об'єкти розташовані у межах досліджуваної території.

2. Перевірка просторового положення водотоків

1. Зіставте положення водотоків:

- ✓ із супутниковими знімками;
- ✓ із візуально вираженими формами рельєфу (долини, балки, яри).

2. Оцініть те:

- ✓ чи відповідає напрямок водотоків реальному напрямку стоку;
- ✓ чи збігаються основні лінії ерозійної мережі з природними формами місцевості.

3. Перевірка конфігурації ерозійної мережі

1. Проаналізуйте:

- ✓ форму та розгалуженість мережі;
- ✓ характер злиття водотоків;
- ✓ загальну структуру дренажної системи.

2. Зверніть увагу на:

- ✓ відповідність мережі рельєфу;
- ✓ наявність логічної ієрархії водотоків;
- ✓ відсутність «аномальних» або неприродних ліній.

4. Виявлення можливих відхилень

Визначте ділянки, де спостерігаються:

- ✓ зміщення водотоків відносно реального положення;
- ✓ спрощення або надмірна генералізація мережі;
- ✓ невідповідність напрямків стоку;
- ✓ відсутність окремих елементів мережі або їх надлишкове відображення.

5. Встановлення можливих причин невідповідностей

Зафіксуйте можливі причини виявлених відхилень:

- похибки аналогового визначення тальвегів;
- особливості генералізації топографічної карти;
- неточність геоприв'язки;
- відмінності у масштабах джерел даних;
- обмеження роздільної здатності супутникових знімків.

6. Фіксація результатів верифікації

1. Занесіть виявлені відхилення до робочих матеріалів

(таблиця або короткий опис).

2. За потреби:

- ✓ скоригуйте положення окремих елементів;
- ✓ уточніть результати GIS-аналізу.

Таким чином, верифікація результатів дозволяє оцінити ступінь їх відповідності реальним умовам місцевості, виявити можливі похибки та забезпечити підвищення достовірності подальшого геоекологічного аналізу.

ЧАСТИНА D.

ОФОРМЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

На даному етапі виконання практичної роботи здійснюється узагальнення, систематизація та інтерпретація набутих результатів морфометричного аналізу рельєфу з метою оцінки просторової організації ерозійної мережі та її геоекологічного значення.

На відміну від попередніх етапів, де основна увага приділялася отриманню та первинному зіставленню результатів, у даній частині здійснюється їх поглиблений аналіз, інтерпретація та узагальнення.

Оформлення та аналіз результатів здійснюється у наступній послідовності.

1. Табличне оформлення результатів

1. Узагальніть отримані значення густоти розчленування у вигляді таблиці (див. зразок у таблиці 3.2).
2. Передбачте такі показники:
 - ✓ номер елементарної ділянки;
 - ✓ довжина водотоків (L);
 - ✓ площа (P);
 - ✓ густота розчленування ($l = L/P$);
 - ✓ середня відстань між тальвегами ($a = P/L$);
 - ✓ ступінь розчленування (відповідно до обраної шкали).
3. Забезпечте:
 - ✓ узгодженість одиниць виміру;
 - ✓ логічну структурованість даних;
 - ✓ готовність таблиці до подальшого аналізу та візуалізації.
4. За потреби оформіть результати у Microsoft Excel.

2. Картографічне оформлення результатів

1. Оформіть картограму густоти розчленування території.
2. Побудуйте карту ізоденс як статистичну поверхню розподілу показника.
3. Розробіть систему умовних позначень, яка відображає градації густоти розчленування (див. таблиця 3.1).
4. Забезпечте:
 - ✓ читабельність картографічного зображення;
 - ✓ логічну послідовність класів відповідно до градації значень;
 - ✓ узгодженість із масштабом дослідження;
 - ✓ відповідність між числовими значеннями та їх графічним відображенням.

На цьому етапі відбувається перехід від табличних даних до просторової моделі.

3. Поглиблений порівняльний аналіз результатів

Проаналізуйте результати, отримані різними методами:

- ✓ аналоговим (картографічним);
- ✓ геоінформаційним (у QGIS);
- ✓ методом побудови безперервної поверхні (density-модель).

Здійсніть оцінку та пояснення:

Просторової узгодженості

- ✓ чи збігаються зони високих і низьких значень густоти розчленування;
- ✓ чи зберігається загальна конфігурація просторового розподілу показника.

Локальних відмінностей

- ✓ чи наявні розбіжності у межах окремих ділянок;
- ✓ чи спостерігається наявність аномалій;
- ✓ чи є зміщення максимумів і мінімумів;
- ✓ як змінюється межа між класами розчленування.

Ступеня генералізації

- ✓ який метод відображає детальнішу структуру;
- ✓ який – більш узагальнену;
- ✓ як це впливає на просторову модель та на її інтерпретацію.

Причин розбіжностей

- ✓ похибки аналогових вимірювань;
- ✓ впливу масштабу топографічної карти-основи;
- ✓ особливостей геометрії елементарних одиниць (квадрати / басейни);
- ✓ параметрів GIS-аналізу (радіусу пошуку, розміру пікселя, методу цільнісного аналізу);
- ✓ ефекту згладжування у безперервній поверхні.

4. Геоекологічна інтерпретація результатів

Проаналізуйте отримані результати з позицій геоекологічного підходу.

Зокрема, визначте:

Просторову організацію стоку

- ✓ як організована ерозійна мережа;
- ✓ які ділянки є зонами активного водозбору.

Функціональні зони території

- ✓ ділянки з високою густотою розчленування:
 - потенційно активні зони ерозії;
 - території з інтенсивним поверхневим стоком;
- ✓ ділянки з низькою густотою:
 - відносно стабільні території;
 - зони акумуляції або слабкої ерозійної активності.

Геоекологічні наслідки

- ✓ вплив рельєфу на напрямки перенесення речовин;
- ✓ потенційні зони деградації ґрунтів;
- ✓ ризики розвитку ерозійних процесів;
- ✓ особливості просторової організації землекористування.

Саме на цьому етапі відбувається перехід:

від морфометричного аналізу → до геоекологічної інтерпретації.

5. Узагальнення результатів

Сформулюйте висновки, у яких:

- ✓ схарактеризуйте ступінь горизонтального розчленування території;
- ✓ визначте основні просторові закономірності розподілу показника горизонтального розчленування території;
- ✓ оцініть ефективність застосованих методів, зокрема, зверніть увагу на те, як різні методи впливають на виділення зон ерозійної активності;
- ✓ обґрунтуйте значення отриманих результатів для геоекологічних досліджень;
- ✓ визначте, який метод є більш придатним для:
 - кількісної оцінки;
 - візуалізації;
 - прикладного (геоекологічного) аналізу.

За результатами порівняння сформулюйте узагальнений висновок щодо:

- ✓ ступеня узгодженості застосованих методів;

- ✓ доцільності їх використання у різних дослідницьких ситуаціях;
- ✓ впливу методики на інтерпретацію результатів.

Таким чином, даний етап забезпечує перехід від отримання результатів до їх критичного аналізу та науково обґрунтованої інтерпретації.

Отримані результати можуть бути використані як основа для подальшого аналізу процесів ерозії, оцінки екологічного стану території та обґрунтування рішень у сфері раціонального природокористування.

Отже, послідовне виконання наведених етапів забезпечує реалізацію методу морфометричного аналізу рельєфу через поєднання аналогового та геоінформаційного підходів і створює підґрунтя для подальшої геоекологічної інтерпретації отриманих результатів.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Завдання 1. Визначення густоти горизонтального розчленування території

На основі фрагмента навчальної топографічної карти масштабу 1:50 000 або 1:25 000:

1. Визначте сумарну довжину ерозійної мережі (водотоків) у межах:
 - ✓ квадратів кілометрової сітки;
 - ✓ або елементарних басейнів (за матеріалами попередньої практичної роботи).
2. Обчисліть:
 - ✓ густоту розчленування території ($l = L/P$);
 - ✓ середню відстань між тальвегами ($a = P/L$).
3. Занесіть результати до таблиці.

Завдання 2. Побудова картографічної моделі густоти розчленування

1. На основі отриманих значень побудуйте:
 - ✓ картограму густоти розчленування території;
 - ✓ статистичну поверхню розподілу показника (ізоденси).
2. Розробіть легенду відповідно до шкали густоти розчленування.

3. Виділіть ділянки з різним ступенем горизонтального розчленування території.

Завдання 3. Морфометричний аналіз у GIS-середовищі

У середовищі QGIS:

1. Використайте раніше створений або наданий шар водотоків (результат практичної роботи №2).
2. Виділіть елементарні одиниці аналізу:
 - ✓ за сіткою квадратів (1×1 км);
 - ✓ або за басейнами.
3. Обчисліть довжину водотоків у межах кожної одиниці.
4. Розрахуйте показники:
 - ✓ густоти розчленування;
 - ✓ середньої відстані між тальвегами.
5. Виконайте класифікацію значень показника та побудуйте тематичну карту.
6. Додатково (поглиблений рівень)*:
 - ✓ побудуйте безперервну поверхню густоти розчленування (Line Density або Kernel Density);
 - ✓ оцініть вплив радіуса пошуку на отримані результати.

На даному етапі не здійснюється повне моделювання орогідрографічної мережі, а використовується раніше створена мережа водотоків та долин стоку як основа для морфометричного аналізу рельєфу.

Завдання 4. Верифікація отриманих результатів

З використанням Google Earth Pro:

1. Перевірте відповідність розташування водотоків реальним особливостям території.
2. Оцініть конфігурацію ерозійної мережі.
3. Визначте можливі відхилення та їх причини.

Завдання 5. Порівняльний аналіз методів

Порівняйте результати, отримані:

- аналоговим методом;
- у GIS-середовищі;
- за допомогою безперервної поверхні.

Дайте відповіді на питання:

1. Який метод забезпечує найбільшу точність результатів?
2. Який метод краще відображає локальні особливості рельєфу?
3. Як змінюється результат залежно від рівня генералізації?

4. Які фактори найбільше впливають на розбіжності результатів?

Завдання 6. Геоекологічна інтерпретація результатів

На основі отриманих даних:

1. Визначте:
 - ✓ зони активної ерозії;
 - ✓ ділянки інтенсивного поверхневого стоку;
 - ✓ відносно стабільні території.
2. Оцініть:
 - ✓ вплив густоти розчленування на перенесення речовин;
 - ✓ потенційні ризики деградації ґрунтів;
 - ✓ особливості використання території.
3. Сформулюйте короткий висновок щодо геоекологічного стану досліджуваної території.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ*: СЦЕНАРНІ ЗАВДАННЯ (КЕЙСИ)

Завдання цього блоку орієнтовані на застосування отриманих результатів у прикладних геоекологічних ситуаціях й спрямовані на формування аналітичного мислення здобувачів.

Кейс 1.

Планування лінійного об'єкта (ДОРОГА / ТРУБОПРОВІД)

Уявіть, що на досліджуваній території планується прокладання автомобільної дороги або трубопроводу.

На основі побудованої картографічної моделі густоти розчленування:

1. Визначте:
 - ✓ ділянки з мінімальною густотою розчленування;
 - ✓ ділянки з максимальною густотою розчленування.
2. Обґрунтуйте: а) які території є більш сприятливими для прокладання маршруту; б) які ділянки доцільно уникати.
3. Поясніть:
 - ✓ як густота розчленування впливає на складність інженерного освоєння території;
 - ✓ які геоекологічні ризики можуть виникати (ерозія, зсуви, порушення стоку та ін.).

Зробіть висновок щодо оптимального напрямку прокладання лінійного об'єкта.

Кейс 2.

ОЦІНКА ЕРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ

Розгляньте досліджувану територію як об'єкт геоекологічного моніторингу.

1. На основі карти густоти розчленування:
 - ✓ виділіть зони підвищеної ерозійної активності;
 - ✓ визначте ділянки з потенційно стабільним рельєфом.
2. Проаналізуйте:
 - ✓ як густота розчленування пов'язана з інтенсивністю поверхневого стоку;
 - ✓ які території є найбільш вразливими до деградації ґрунтів.
3. Запропонуйте:
 - ✓ можливі заходи щодо зменшення ерозійних процесів;
 - ✓ напрями раціонального використання території.

Кейс 3.

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ ШЛЯХІВ ПЕРЕНЕСЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ

Уявіть, що в межах досліджуваної території існує локальне джерело забруднення (наприклад, полігон відходів або сільськогосподарська ділянка з інтенсивним внесенням добрив).

1. Визначте:
 - ✓ можливі напрями переміщення забруднювальних речовин;
 - ✓ ділянки, які можуть бути залучені до процесу переносу;
 - ✓ найближчі елементи ерозійної та гідрографічної мережі, через які може відбуватися поширення забруднення.
2. Використовуючи результати аналізу густоти розчленування:
 - ✓ оцініть роль ерозійної мережі у поширенні забруднення;
 - ✓ визначте зони акумуляції речовин;
 - ✓ встановіть, чи може висока густота розчленування посилювати швидкість і просторову дальність перенесення забруднювальних речовин.

3. Оцініть потенційний вплив полігону відходів на:

- ✓ поверхневі води – через потрапляння забрудненого стоку до водотоків;
- ✓ ґрунтовий покрив – через накопичення забруднювальних речовин у зниженнях рельєфу та зонах акумуляції;
- ✓ підземні води – через можливу інфільтрацію фільтрату;
- ✓ рослинність – через зміну умов зволоження, забруднення ґрунтів або вод;
- ✓ прилеглі території землекористування – сільськогосподарські угіддя, рекреаційні ділянки, населені пункти.

4. Обґрунтуйте:

- ✓ які ділянки є найбільш уразливими щодо впливу полігону;
- ✓ які фактори визначають швидкість і напрям переносу забруднень;
- ✓ як густина горизонтального розчленування території може посилювати або, навпаки, локалізувати поширення забруднювальних речовин;
- ✓ які природоохоронні або планувальні заходи доцільно передбачити для зменшення ризику поширення забруднення.

Кейс 4.

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАДАЧ

На основі результатів, отриманих а) аналоговим методом; б) у QGIS; в) шляхом побудови безперервної поверхні, виконайте оцінку придатності кожного методу для вирішення прикладних задач.

Дайте відповіді на питання про те:

1. Який метод є найбільш доцільним для:
 - ✓ детального аналізу території;
 - ✓ візуалізації результатів;
 - ✓ прийняття управлінських рішень?
2. Як змінюється інтерпретація результатів залежно від методу?
3. Чи доцільно використовувати комбінацію методів? Обґрунтуйте свою відповідь.

МЕТОДИЧНІ ПОЯСНЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Під час виконання даної практичної роботи важливо усвідомити те, що визначення густоти горизонтального розчленування території не є лише технічною процедурою підрахунку довжин водотоків, а виступає складовою реалізації морфометричного аналізу рельєфу як одного з базових напрямів геоекологічних досліджень.

Сутність цього підходу полягає у кількісній оцінці просторової організації ерозійної мережі, яка відображає інтенсивність розвитку форм рельєфу, особливості формування поверхневого стоку та структуру водозбору. Саме тому коректне визначення довжин водотоків, вибір елементарних одиниць аналізу та обґрунтоване використання розрахункових показників є необхідною передумовою здійснення подальшого просторового та геоекологічного аналізу.

Логіка переходу від структури до кількісної оцінки

Дана практична робота є логічним продовженням попереднього етапу та виконання попередньої практичної роботи, на якому було здійснено моделювання орогідрографічної мережі.

І якщо у попередній роботі основна увага приділялася:

- ✓ виділенню та структуризації водотоків та долин стоку, то у даній роботі здійснюється:
- ✓ кількісна оцінка цієї структури.

Таким чином, густина розчленування виступає узагальненим показником просторової організації ерозійної мережі.

Значення показника густоти розчленування у геоекологічних дослідженнях

Густина горизонтального розчленування території характеризує:

- інтенсивність розвитку ерозійної мережі;
- ступінь розчленування рельєфу;
- особливості формування поверхневого стоку;
- просторову диференціацію природних процесів.

У цьому контексті територія розглядається як система взаємопов'язаних ділянок, у межах яких проявляються різні за інтенсивністю геоморфологічні та геоекологічні процеси.

Роль елементарних одиниць аналізу

Важливим методичним аспектом є вибір елементарних одиниць, у межах яких здійснюється розрахунок показників густоти розчленування поверхні.

Використання різних підходів дозволяє отримати різні типи просторових моделей:

- ✚ застосування квадратів кілометрової сітки забезпечує:

- уніфікованість розрахунків;
- зручність порівняння результатів, отриманих для різних ділянок;
- можливість подальшої математичної обробки;
- ✚ використання елементарних басейнів дозволяє:
 - врахувати природну організацію стоку;
 - відобразити реальні межі функціонування геосистем.

Таким чином, вибір одиниць аналізу визначає характер узагальнення результатів і впливає на їх подальшу інтерпретацію.

Масштабність і рівень узагальнення

Показники густоти розчленування є масштабозалежними, що означає:

- ✓ їх значення змінюються залежно від масштабу картографічної основи;
- ✓ результати залежать від розміру елементарних ділянок;
- ✓ рівень деталізації визначає характер просторової картини.

Це необхідно враховувати під час:

- ✓ аналізу результатів;
- ✓ порівняння різних методів;
- ✓ побудови картографічних моделей.

Роль аналогового (картографічного) етапу

Незважаючи на активне нині використання геоінформаційних технологій, визначення густоти розчленування за топографічною картою має принципове значення, оскільки:

- ✓ формує розуміння взаємозв'язку рельєфу та ерозійної мережі;
- ✓ дозволяє інтерпретувати морфологію території;
- ✓ розвиває навички просторового аналізу;
- ✓ забезпечує усвідомлення логіки формування показника.

Без цього етапу подальше використання GIS-інструментів часто набуває формального характеру і не забезпечує глибокого розуміння отриманих результатів.

Роль геоінформаційного аналізу

Використання геоінформаційних систем, зокрема QGIS, дозволяє перейти від ручних розрахунків до автоматизованого просторового аналізу.

Застосування GIS-інструментів забезпечує:

- ✓ швидке обчислення довжин водотоків у межах елементарних ділянок;
- ✓ просторове агрегування даних;
- ✓ побудову тематичних карт;
- ✓ створення безперервних моделей розподілу показника;

- ✓ можливість аналізу великих територій.

При цьому важливо враховувати, що результати GIS-аналізу залежать від:

- ✓ якості вихідних даних;
- ✓ коректності вибору елементарних одиниць аналізу;
- ✓ параметрів обробки та узагальнення.

Інтерпретаційне значення отриманих результатів

Отримані показники густоти розчленування дозволяють перейти від кількісних розрахунків до оцінки просторових особливостей території.

Зокрема, вони дають можливість:

- ✓ виявити ділянки з різною інтенсивністю ерозійних процесів;
- ✓ оцінити умови формування поверхневого стоку;
- ✓ визначити просторові закономірності будови рельєфу;
- ✓ обґрунтувати напрями використання території.

Таким чином, морфометричний аналіз виступає основою для подальшої геоecологічної інтерпретації та прийняття практичних, у т.ч. планувальних, рішень.

Узагальнююче положення

Отже, визначення густоти горизонтального розчленування території є важливим етапом переходу від якісного опису рельєфу до його кількісної оцінки, що забезпечує можливість комплексного аналізу природних процесів та їх просторової організації, адже метод визначення густоти розчленування є складовою:

- ✓ морфометричного аналізу рельєфу;
- ✓ басейнового підходу до дослідження території;
- ✓ просторового аналізу природних процесів.

Разом з тим, поєднання аналогового (картографічного) та геоінформаційного підходів під час визначення густоти горизонтального розчленування території є необхідною умовою сучасних геоecологічних досліджень та моделювання особливостей перебігу геоecологічних процесів.

Наведені методичні положення слід враховувати на всіх етапах виконання роботи, оскільки вони визначають коректність отриманих результатів та їх подальшу інтерпретацію у контексті геоecологічних досліджень.

МЕТОДИЧНІ ПОЯСНЕННЯ ЩОДО ВИБОРУ ІНСТРУМЕНТУ ЩІЛЬНІСНОГО АНАЛІЗУ*

При побудові безперервної поверхні густоти розчленування території важливо обрати відповідний інструмент просторового аналізу, оскільки результати можуть відрізнятися залежно від алгоритму обчислення.

Line Density

Інструмент **Line Density** доцільно використовувати у випадках, коли:

- ✓ аналізується **лінійна мережа** (водотоки, ерозійні врізи);
- ✓ необхідно отримати показник, максимально наближений до **класичного визначення густоти розчленування (L/P)**;
- ✓ важливо зберегти **морфологічну структуру мережі**;
- ✓ дослідження має прикладний характер (геоморфологічний, інженерний, геоекологічний аналіз).

У цьому випадку результат інтерпретується як **щільність довжини ліній у межах площі**, що безпосередньо відповідає морфометричному показнику.

Kernel Density (Heatmap)

Інструмент **Kernel Density (Heatmap)** доцільно використовувати, коли:

- ✓ необхідно отримати **узагальнену, згладжену модель розподілу**;
- ✓ досліджується **просторова інтенсивність прояву явища**, а не точне значення показника;
- ✓ важливо виявити:
 - «гарячі точки» (зони підвищеної концентрації);
 - просторові тренди;
- ✓ допускається певний рівень генералізації даних.

У цьому випадку результат відображає **ймовірнісну або інтенсивнісну поверхню**, а не точне значення густоти розчленування.

Узагальнення

Таким чином, порівнюючи ці два інструменти, підсумуємо, що:

- ✚ **Line Density** → придатний для **кількісного морфометричного аналізу**;
- ✚ **Kernel Density** → придатний для **просторової інтерпретації та візуалізації закономірностей**.

Оптимальним є комбіноване використання обох підходів, що дозволяє поєднати точність розрахунків із наочністю просторового відображення результатів.

МЕТОДИЧНІ ПОЯСНЕННЯ ЩОДО ВПЛИВУ РАДІУСА ПОШУКУ НА РЕЗУЛЬТАТ*

Під час побудови безперервної поверхні густоти розчленування території одним із ключових параметрів є **радіус пошуку (search radius)**, який визначає просторовий масштаб узагальнення даних.

Радіус пошуку задає відстань, у межах якої враховуються об'єкти (водотоки та долини стоку) для розрахунку значення густоти розчленування у кожній точці растрової поверхні.

Вплив величини радіуса пошуку

✚ Малий радіус (наприклад, 200–500 м):

- відображає **локальні особливості** ерозійної мережі;
- підвищує деталізацію моделі;
- дозволяє виявити дрібні просторові відмінності;
- формує «контрастну», іноді фрагментовану поверхню.

Недоліком такого радіусу є можливе «перенасичення» поверхні деталями та поява шуму.

✚ Середній радіус (наприклад, 500–1000 м):

- забезпечує **баланс між деталізацією та узагальненням**;
- є оптимальним для більшості навчальних і прикладних завдань;
- дозволяє коректно відобразити просторову структуру розчленування.

Це – рекомендований варіант для виконання даної практичної роботи.

✚ Великий радіус (понад 1000–2000 м):

- формує **узагальнену (згладжену) модель**;
- дозволяє виявити загальні просторові закономірності;
- зменшує вплив локальних варіацій.

Недоліком такого радіусу є те, що:

- втрачається деталізація;
- згладжуються локальні аномалії.

Вибір радіуса пошуку фактично визначає рівень генералізації моделі і, відповідно, масштаб інтерпретації просторових процесів.

Методичні висновки

- ✓ радіус пошуку визначає **масштаб аналізу**;
- ✓ його вибір має відповідати: а) масштабу карти; б) розміру досліджуваної території; в) меті дослідження;
- ✓ зміна радіуса може суттєво впливати на:
 - вигляд картографічної моделі;
 - інтерпретацію результатів.

Рекомендація

Для даної практичної роботи доцільно виконати побудову моделі при одному (базовому) радіусі, або (для поглибленого аналізу)* порівняти результати для різних значень радіуса.

МЕТОДИЧНІ ПОЯСНЕННЯ ЩОДО ОБМЕЖЕНЬ У ВИКОРИСТАННІ GOOGLE EARTH PRO ДЛЯ ВЕРИФІКАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ*

Під час виконання верифікації результатів слід враховувати те, що використання Google Earth Pro має певні обмеження, які можуть впливати на точність оцінки просторового положення об'єктів.

До основних обмежень належать:

1. Роздільна здатність супутникових знімків:

- ✓ у різних регіонах вона може суттєво відрізнятися;
- ✓ дрібні форми рельєфу (яри, тимчасові водотоки) можуть бути невиразними або взагалі не відображатися;
- ✓ деталізація залежить від джерела знімка.

2. Часова невідповідність даних:

- ✓ супутникові знімки можуть бути отримані у різні роки;
- ✓ стан території може змінюватися (через розорювання, забудову, меліорацію тощо);
- ✓ гідрографічна мережа може бути частково трансформована.

3. Обмеження вертикальної інформації:

- ✓ Google Earth Pro не надає детальної цифрової моделі рельєфу для точного аналізу;
- ✓ оцінка форм рельєфу здійснюється переважно візуально;
- ✓ дрібні морфологічні особливості можуть бути інтерпретовані неоднозначно.

4. Похибки геоприв'язки:

- ✓ можливі незначні зміщення зображень;

- ✓ різні джерела даних можуть мати різні системи координат;
- ✓ це може призводити до візуальних невідповідностей.

5. Візуальний характер інтерпретації:

- ✓ перевірка базується переважно на візуальному аналізі;
- ✓ результати можуть залежати від досвіду дослідника;
- ✓ існує ризик суб'єктивної оцінки.

Методичний висновок

Таким чином, Google Earth Pro доцільно використовувати як **допоміжний інструмент верифікації**, який дозволяє:

- ✓ візуально оцінити просторове положення об'єктів;
- ✓ перевірити загальну відповідність результатів;
- ✓ виявити очевидні невідповідності.

Водночас остаточна оцінка достовірності результатів має ґрунтуватися на поєднанні:

- ✓ картографічних матеріалів;
- ✓ GIS-аналізу;
- ✓ теоретичних знань про структуру рельєфу та гідрографічної мережі.

ТИПОВІ ПОМИЛКИ ЗДОБУВАЧІВ

Під час виконання даної практичної роботи здобувачі часто допускають помилки, пов'язані як із визначенням елементів ерозійної мережі, так і з розрахунком показників та їх подальшою інтерпретацією. Усвідомлення цих помилок дозволяє підвищити точність і надійність отриманих результатів.

1. Помилки при виділенні ерозійної мережі

Такими помилками можуть бути:

- ✓ неправильне визначення тальвегів за вигинами горизонталей;
- ✓ пропуск дрібних водотоків або тимчасових форм стоку;
- ✓ включення до ерозійної мережі елементів, які не є водотоками або долинами стоку;
- ✓ порушення логіки злиття водотоків (неврахування їх ієрархії).

2. Помилки при вимірюванні довжин водотоків

- ✓ Неврахування масштабу топографічної карти під час перерахунку значень.
- ✓ Використання занадто грубих вимірювальних інтервалів.
- ✓ Невірне сумування довжин у межах елементарних ділянок.
- ✓ Відсутність перевірки отриманих значень.

3. Помилки при визначенні площі елементарних одиниць

- ✓ Некоректне визначення площі елементарних басейнів.
- ✓ Ігнорування того, що площі квадратів є рівновеликими.
- ✓ Невідповідність площі обраній одиниці аналізу.

4. Помилки у розрахунках показників

- ✓ Неправильне застосування формул:
 - густоти розчленування ($l = L/P$);
 - середньої відстані між тальвегами ($a = P/L$).
- ✓ Плутанина між показниками (l) та (a).
- ✓ Використання некоректних одиниць виміру.
- ✓ Відсутність перевірки логічності отриманих значень.

5. Помилки при картографічному оформленні

- ✓ Невідповідність між табличними даними та картографічним відображенням.
- ✓ Неправильна класифікація значень показника.
- ✓ Відсутність або некоректне оформлення легенди.
- ✓ Порушення логіки градації показника.

6. Помилки при виконанні GIS-аналізу

- ✓ Використання некоректної системи координат.
- ✓ Помилки при розрахунку довжин геометрії.
- ✓ Неправильне просторове агрегування даних.
- ✓ Використання невідповідних параметрів аналізу.
- ✓ Ігнорування перевірки результатів.

7. Помилки при інтерпретації результатів

- ✓ Механічне трактування отриманих значень без урахування рельєфу.
- ✓ Ігнорування масштабованості показників.
- ✓ Неврахування впливу вибору елементарних одиниць аналізу.
- ✓ Неправильне визначення зон ерозійної активності.
- ✓ Відсутність зв'язку між розрахунками та геоecологічними процесами.

Підсумкове положення

Звернення уваги на зазначені типові помилки дозволить не лише підвищити точність виконання розрахунків, а й сформулювати у здобувачів системне розуміння методики морфометричного аналізу рельєфу та її застосування у геоecологічних дослідженнях.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

Запитання у цій частині роботи складені таким чином, аби орієнтувати здобувачів на перевірку розуміння методики визначення густоти горизонтального розчленування території та здатності застосовувати отримані результати у прикладних геоecологічних задачах. Всі запитання поділені на кілька блоків: 1) концептуальні, 2) аналітичні, 3) інтерпретаційні, 4) ситуаційні (кейс-орієнтовані), 5) критичного мислення.

1. Концептуальні запитання

1. Чому густота горизонтального розчленування території не може розглядатися як абсолютний показник без урахування масштабу дослідження?
2. У чому полягає принципова відмінність між використанням квадратів кілометрової сітки та елементарних басейнів як одиниць аналізу?
3. Чому показники густоти розчленування (I) та середньої відстані між тальвегами (a) доцільно використовувати разом?
4. Як густота розчленування відображає просторову організацію ерозійної мережі, а не лише її геометричні характеристики?

2. Аналітичні запитання

5. У яких випадках результати аналогового та GIS-методів можуть суттєво відрізнятись? Поясніть причини таких розбіжностей.
6. Як зміна розміру елементарних одиниць аналізу впливає на значення густоти розчленування та її просторове відображення?
7. Чому безперервна (density) модель може не збігатися з картограмою, побудованою за квадратами?
8. Які параметри GIS-аналізу найбільше впливають на результати розрахунків і чому?

3. Інтерпретаційні запитання

9. Чому ділянки з високою густотою розчленування зазвичай пов'язані з активними ерозійними процесами?
10. Як густота розчленування впливає на формування поверхневого стоку та перенесення речовин?
11. У яких умовах ділянки з низькою густотою розчленування можуть бути екологічно вразливими?
12. Як показники розчленування можуть використовуватися для оцінки придатності території до господарського освоєння?

4. Ситуаційні (кейс-орієнтовані) запитання

13. На території планується будівництво дороги. Який тип ділянок (за густотою розчленування) є найбільш сприятливим і чому?
14. Як зміниться ризик поширення забруднень від полігону ТПВ у межах території з високою густотою розчленування?
15. У яких умовах ерозійна мережа може сприяти локалізації забруднення, а не його поширенню?
16. Який метод (аналоговий, GIS або density-модель) є найбільш доцільним для оцінки зон екологічного ризику? Обґрунтуйте свою відповідь.

5. Запитання на критичне мислення*

17. Чи можна вважати результати GIS-аналізу більш точними, ніж аналогові? За яких умов це твердження є некоректним?
18. Чому використання лише одного методу (без порівняння) може призводити до помилкових висновків?
19. Як зміна параметрів моделювання може вплинути на прийняття управлінських рішень щодо території?
20. Чому морфометричний аналіз рельєфу є необхідною складовою геоекологічних досліджень, а не лише допоміжним інструментом?

ФОРМА ЗВІТНОСТІ

Результати виконання практичної роботи оформлюються у вигляді комплексного звіту, що відображає послідовність виконання завдань, отримані результати та їх геоекологічну інтерпретацію.

Звіт має містити наступні структурні елементи.

1. Титульна сторінка

На ній зазначаються:

- ✓ назва закладу освіти;
- ✓ назва дисципліни;
- ✓ номер і назва практичної роботи;
- ✓ прізвище та ім'я здобувача;
- ✓ курс, група;
- ✓ прізвище викладача;
- ✓ рік виконання роботи.

2. Мета та завдання роботи

Коротко подається:

- ✓ мета практичної роботи;
- ✓ основні завдання, що виконувалися.

3. Вихідні дані та матеріали

Зазначаються:

- ✓ вихідні дані та коротка характеристика використаної топографічної карти (масштаб, номенклатура);
- ✓ перелік використаних матеріалів попередніх практичних робіт;
- ✓ використані програмні засоби (зокрема QGIS, Google Earth Pro, Microsoft Excel та інші).

4. Хід виконання роботи (коротко)

Подати узагальнений опис виконаних етапів, наприклад:

- ✓ визначення густоти розчленування;
- ✓ побудова картографічної моделі;
- ✓ виконання GIS-аналізу;
- ✓ верифікація результатів.

Здійснюється без детального дублювання інструкцій.

5. Табличні результати

Подати таблицю розрахунків, яка містить:

- ✓ номер елементарної ділянки;
- ✓ довжину водотоків (L);
- ✓ площу (P);
- ✓ густоту розчленування (l);
- ✓ середню відстань між тальвегами (a);
- ✓ класифікацію (ступінь розчленування).

6. Картографічні матеріали

До звіту обов'язково додаються:

- ✓ картограма густоти розчленування;
- ✓ карта ізодемс;
- ✓ тематична карта, побудована у QGIS;
- ✓ (за наявності) безперервна модель (density-поверхня)*.

Картографічні матеріали мають містити:

- ✓ легенду;
- ✓ масштаб;
- ✓ підписи;
- ✓ назву карти.

7. Результати порівняльного аналізу

Коротко подати:

- ✓ зіставлення результатів аналогового та GIS-методів;
- ✓ виявлені відмінності;
- ✓ можливі причини розбіжностей.

8. Геоєкологічна інтерпретація

Виконати узагальнений аналіз:

- ✓ просторової організації ерозійної мережі;

- ✓ зон активного стоку та ерозії;
- ✓ потенційно стабільних ділянок;
- ✓ можливих напрямів перенесення речовин.

9. Висновки

Сформулювати:

- ✓ основні результати дослідження;
- ✓ просторові закономірності;
- ✓ оцінку ефективності застосованих методів;
- ✓ значення отриманих результатів для геоекологічного аналізу.

10. Додатки (за потреби)*

Можуть включати:

- додаткові таблиці;
- скріншоти GIS-аналізу;
- матеріали верифікації;
- результати виконання кейс-завдань.

Вимоги до оформлення

У звітних матеріалах має прослідковуватися:

- ✓ логічна послідовність викладу;
- ✓ узгодженість текстових і графічних матеріалів;
- ✓ коректність підписів і позначень;
- ✓ використання єдиної системи одиниць виміру;
- ✓ акуратність і читабельність матеріалів.

Звіт має відображати не лише виконання розрахунків, а й здатність здобувача до аналізу та інтерпретації отриманих результатів у контексті геоекологічних досліджень.

ОЧІКУВАНИЙ ВИСНОВОК ЗДОБУВАЧА

У результаті виконання практичної роботи здобувач має сформулювати цілісне уявлення про густоту горизонтального розчленування території як кількісний показник, що відображає просторову організацію ерозійної мережі та інтенсивність розвитку рельєфу.

Очікується, що здобувач:

- ✓ усвідомлює залежність показника густоти розчленування від:
 - масштабу дослідження;
 - вибору елементарних одиниць аналізу;
 - методики розрахунку;
- ✓ розуміє відмінності між:
 - аналоговим (картографічним) підходом;

- геоінформаційним аналізом;
- побудовою безперервних просторових моделей;
- ✓ вміє пояснити причини розбіжностей результатів, отриманих різними методами;
- ✓ здатний інтерпретувати отримані значення густоти розчленування у контексті:
 - формування поверхневого стоку;
 - розвитку ерозійних процесів;
 - просторової диференціації території;
- ✓ розуміє прикладне значення показника для:
 - оцінки екологічного стану території;
 - аналізу ризиків деградації ґрунтів;
 - обґрунтування рішень у сфері природокористування.

Узагальнююче положення

Таким чином, виконання практичної роботи має забезпечити перехід від формального визначення показників до їх усвідомленого використання як інструменту геоєкологічного аналізу території.

Отже, як бачимо, очікуваний висновок не є шаблоном для відтворення, а виступає орієнтиром для формування власних обґрунтованих висновків здобувача.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

МЕТОДИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ: РЕКОГНОСТУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ТА ВІДБІР ПРОБ ЯК ЕТАП КОМПЛЕКСНОГО ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ

МЕТА РОБОТИ

Метою практичної роботи є формування у здобувачів теоретичних знань і практичних навичок застосування методів геопросторових польових досліджень території шляхом виконання рекогностування та відбору проб як етапу комплексного геоекологічного аналізу.

У процесі виконання роботи здобувач має:

у навчальному аспекті:

- ✓ засвоїти сутність польових геоекологічних досліджень як джерела первинної інформації про стан компонентів довкілля;
- ✓ сформулювати уявлення про рекогностування території як підготовчий етап дослідження;
- ✓ ознайомитися з принципами відбору проб компонентів довкілля;

у методичному аспекті:

- ✓ навчитися планувати маршрут польового обстеження;
- ✓ опанувати прийоми вибору репрезентативних точок спостереження та відбору проб;
- ✓ сформулювати навички геопросторової фіксації польових даних (координат, описів, характеристик об'єктів);

у аналітичному аспекті:

- ✓ усвідомити роль польових даних у подальшому геоінформаційному аналізі;
- ✓ встановити зв'язок між особливостями території та умовами відбору проб;
- ✓ оцінити значення польових досліджень як складової комплексного геоекологічного аналізу території.

Таким чином, практична робота спрямована на забезпечення переходу від теоретичного розуміння польових досліджень до їх практичного застосування у системі геоecологічного аналізу.

ЗАВДАННЯ РОБОТИ

У ході виконання практичної роботи здобувач має (розглядаємо завдання за етапами реалізації):

Теоретико-підготовчий етап

1. Ознайомитися з теоретичними основами методів геопросторових польових досліджень території та їх місцем у системі геоecологічних досліджень.
2. Вивчити принципи рекогностування території як підготовчого етапу польових робіт.
3. Проаналізувати підходи до вибору точок спостереження та відбору проб компонентів довкілля.

Рекогностування території

4. Виконати попередній аналіз досліджуваної території:
 - за топографічними картами;
 - із використанням Google Earth Pro або інших геосервісів.
5. Визначити:
 - характер рельєфу;
 - особливості землекористування;
 - потенційні джерела антропогенного впливу.
6. Обґрунтувати вибір ділянок для проведення польових досліджень.

Планування польового маршруту

7. Розробити маршрут польового обстеження території.
8. Визначити та обґрунтувати:
 - кількість точок спостереження;
 - їх просторове розміщення;
 - типи точок (ключові, контрольні, транзитні тощо).
9. Підготувати схему маршруту з урахуванням:
 - доступності території;
 - репрезентативності обраних ділянок.

Відбір проб компонентів довкілля

10. Обрати типи проб для відбору (ґрунтові, водні тощо) відповідно до умов території та мети дослідження.
11. Виконати:
 - визначення точок відбору проб;
 - опис умов відбору (місце, рельєф, рослинність, характер поверхні);

12. Забезпечити:

- репрезентативність проб;
- дотримання основних принципів їх відбору та фіксації.

У роботі під пробами (зразками) розуміються відібрані матеріали компонентів довкілля, що використовуються для подальшого геоекологічного аналізу.

 Геопросторова фіксація польових даних

13. Зафіксувати координати точок спостереження та відбору проб.
14. Сформувані первинну базу польових даних, яка включає:
 - координати;
 - описові характеристики;
 - тип проби;
 - додаткові спостереження.
15. Підготувати дані для подальшої обробки у QGIS.

 Первинна обробка та візуалізація даних

16. Імпортувати польові дані у GIS-середовище.
17. Створити векторний шар точок спостереження.
18. Атрибутувати дані відповідно до їх характеристик.
19. Побудувати карту розміщення точок відбору проб.

 Аналітичне осмислення результатів

20. Проаналізувати просторове розміщення точок спостереження.
21. Оцінити:
 - репрезентативність вибраних ділянок;
 - відповідність точок умовам території;
22. Встановити зв'язок між:
 - особливостями території;
 - розміщенням точок відбору проб;
 - потенційними геоекологічними процесами.

 Узагальнення результатів

23. Обґрунтувати роль польових досліджень у системі геоекологічного аналізу.
24. Сформулювати висновки щодо:
 - доцільності обраного маршруту;
 - ефективності розміщення точок;
 - значення отриманих даних для подальших досліджень.

ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для виконання цієї практичної роботи використовуватиметься комплекс польового, камерального та геоінформаційного забезпечення, що дозволить здійснити повний цикл геопросторового дослідження – від рекогностування території до підготовки даних для подальшого аналізу.

1. Картографічні та вихідні матеріали

- ✓ навчальна топографічна карта (масштаб 1:50 000 або 1:25 000);
- ✓ матеріали попередніх практичних робіт (координатна прив'язка, орогідрографічна мережа, морфометричні показники);
- ✓ (за наявності) тематичні карти (землекористування, ґрунтів, рослинності),

які використовуються для:

- ✓ попереднього аналізу території;
- ✓ планування маршруту;
- ✓ вибору точок спостереження.

2. Польове обладнання

- ✓ навігаційні засоби (GPS-приймач або мобільний пристрій з геолокацією);
- ✓ блокнот польових спостережень або бланки опису;
- ✓ ручка, олівець, маркер;
- ✓ вимірювальні засоби (рулетка, лінійка – за потреби);
- ✓ фотофіксація (смартфон або фотоапарат),

які використовуються для:

- ✓ визначення координат;
- ✓ опису точок спостереження;
- ✓ документування польових умов.

3. Обладнання для відбору проб

- ✓ інструменти для відбору ґрунтових проб (лопата, бур тощо);
- ✓ ємності або пакети для зберігання проб;
- ✓ етикетки для маркування пакетів;
- ✓ засоби індивідуального захисту (рукавички тощо),

які використовуються для:

- ✓ відбору проб компонентів довкілля;
- ✓ забезпечення їх ідентифікації та збереження.

4. Програмне забезпечення

- ✓ QGIS – для обробки, аналізу та візуалізації набутих просторових даних;
- ✓ Google Earth Pro – для візуального аналізу території та уточнення просторового положення об'єктів;

- ✓ Microsoft Excel – для структурування та первинної обробки табличних даних,

які використовуються для:

- ✓ створення бази польових даних;
- ✓ геопросторової прив'язки точок;
- ✓ побудови картографічних матеріалів.

5. Дані польових спостережень

- ✓ координати точок спостереження;
- ✓ описові характеристики території;
- ✓ інформація про відібрані проби;
- ✓ фотоматеріали,

які є основою:

- ✓ для подальшого геоекологічного аналізу;
- ✓ для інтеграції у GIS-середовище.

Застосування наведеного комплексу обладнання та програмного забезпечення забезпечить можливість виконання повного циклу геопросторового польового дослідження – від збору первинних даних до їх систематизації, візуалізації та підготовки до подальшого геоекологічного аналізу.

СУТНІСТЬ МЕТОДІВ ГЕОПРОСТОРОВИХ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методи геопросторових польових досліджень застосовуються під час безпосереднього вивчення території в природних умовах шляхом рекогностування, спостереження та відбору проб компонентів довкілля з їх обов'язковою просторовою фіксацією.

Сутність цих методів полягає у формуванні первинної геопросторової інформації про стан та властивості природних компонентів, яка є основою для подальшого аналізу, моделювання та інтерпретації геоекологічних процесів.

Значення польових досліджень у геоекологічному аналізі

Польові дослідження є базовим етапом геоекологічного аналізу, оскільки вони забезпечують:

- ✓ отримання первинних даних про стан компонентів довкілля;
- ✓ виявлення реальних просторових особливостей території;
- ✓ уточнення результатів картографічного та дистанційного аналізу;
- ✓ формування емпіричної основи для подальших досліджень.

У цьому контексті польові спостереження дозволяють перейти від узагальнених моделей до реальних умов функціонування геосистем.

Рекогностування як етап дослідження

Рекогностування території є підготовчим етапом польових досліджень, що передбачає:

- ✓ загальне ознайомлення з територією;
- ✓ виявлення її морфологічних та функціональних особливостей;
- ✓ визначення ключових ділянок для подальшого детального вивчення;
- ✓ попередню оцінку факторів природного та антропогенного впливу.

Саме на цьому етапі формується уявлення про просторову організацію території та визначається стратегія подальших досліджень.

Відбір проб як інструмент отримання даних

Відбір проб є одним із основних інструментів польового дослідження, що дозволяє отримати кількісну інформацію про властивості компонентів довкілля.

У даній роботі під пробами (зразками) розуміються відібрані матеріали компонентів довкілля (ґрунтів, вод, рослинності тощо), що використовуються для подальшого геоecологічного аналізу.

Коректність відбору проб визначає:

- ✓ репрезентативність отриманих даних;
- ✓ можливість їх подальшого порівняння;
- ✓ достовірність аналітичних результатів.

Геопросторова фіксація як ключова умова

Визначальною особливістю методу є обов'язкова геопросторова фіксація набутих польових даних, що передбачає:

- ✓ визначення координат точок спостереження;
- ✓ прив'язку проб до конкретних ділянок території;
- ✓ можливість інтеграції даних у GIS-середовище.

Саме геопросторова фіксація забезпечує перехід від окремих спостережень до системного просторового аналізу.

Взаємозв'язок із геоінформаційними технологіями

Методи геопросторових польових досліджень органічно поєднуються із використанням геоінформаційних систем, зокрема QGIS.

Польові дані у цьому контексті виступають:

- ✓ джерелом наповнення геоінформаційних баз даних;
- ✓ основою для побудови просторових моделей;
- ✓ засобом верифікації результатів дистанційних і картографічних досліджень.

Таким чином, польові та GIS-методи не протиставляються, а взаємодоповнюють один одного в межах єдиної системи геоекологічного аналізу.

Отже, методи геопросторових польових досліджень забезпечують формування первинної просторово прив'язаної інформації про територію та становлять собою необхідний етап комплексного геоекологічного аналізу, що поєднує польові спостереження, картографічні матеріали та геоінформаційні технології.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Геопросторові польові дослідження є одним із ключових підходів у геоекології, що забезпечує отримання первинної інформації про стан, властивості та просторову організацію компонентів довкілля безпосередньо в межах досліджуваної території.

На відміну від картографічних і дистанційних методів, польові дослідження дозволяють зафіксувати реальні характеристики природних об'єктів і процесів, що є необхідною умовою достовірного геоекологічного аналізу.

1. Геопросторовий підхід у польових дослідженнях

Геопросторовий підхід передбачає розгляд будь-якого об'єкта або процесу у прив'язці до конкретного місця на земній поверхні.

У межах польових досліджень це означає:

- ✓ фіксацію координат точок спостереження;
- ✓ визначення просторового положення відібраних проб;
- ✓ аналіз взаємного розміщення об'єктів.

Таким чином, польові дані набувають не лише описового, а й просторового характеру, що дозволяє інтегрувати їх у геоінформаційні системи.

2. Основні принципи організації польових досліджень

Польові геоекологічні дослідження базуються на таких принципах:

- **репрезентативність** – вибір точок, що відображають характерні умови території;
- **просторова диференціація** – врахування різноманітності природних умов;
- **системність** – дослідження взаємозв'язків між компонентами довкілля;

- **комплексність** – охоплення різних аспектів природного середовища;
- **геопросторова прив'язка** – фіксація точного положення об'єктів.

Ці принципи визначають якість отриманих польових даних і можливість їх подальшого використання.

3. Типи точок польових спостережень

У польових дослідженнях використовуються різні типи точок спостереження, які відрізняються за своїм функціональним призначенням:

- **ключові точки** – закладаються для дослідження характерних особливостей території;
- **контрольні точки** – використовуються для перевірки отриманих результатів;
- **транзитні точки** – фіксують зміни умов уздовж маршруту.

Вибір типу точки визначається метою дослідження та особливостями території.

4. Підходи до відбору проб

Відбір проб є складовою польових досліджень і здійснюється відповідно до визначених підходів:

- **точковий відбір** – у конкретній локації;
- **лінійний відбір** – вздовж маршруту або профілю;
- **площинний відбір** – у межах певної ділянки.

При цьому важливо враховувати:

- ✓ однорідність умов;
- ✓ характер рельєфу;
- ✓ наявність джерел впливу.

Це забезпечує репрезентативність і достовірність отриманих даних.

5. Зв'язок польових досліджень із попередніми етапами

Польові дослідження не є ізольованими, а базуються на результатах попередньо здійснених маніпуляцій (практичних робіт – у нашому випадку) з:

- координатної прив'язки → визначення положення точок;
- басейнового аналізу → розуміння структури стоку;
- морфометричного аналізу → оцінки особливостей рельєфу.

Це дозволяє:

- ✓ обґрунтовано обирати точки спостереження;
- ✓ враховувати просторову структуру території;
- ✓ підвищити точність польових досліджень.

6. Інтеграція польових даних у геоінформаційні системи

Отримані в полі дані є основою для подальшої обробки у GIS-середовищі, зокрема у QGIS.

Інтеграція даних передбачає:

- ✓ створення просторових баз даних;
- ✓ візуалізацію отриманих результатів;
- ✓ аналіз виявлених просторових закономірностей.

Таким чином, польові дослідження виступають початковим етапом формування геоінформаційної моделі території.

Отже, геопросторові польові дослідження забезпечують формування первинних даних, які, будучи інтегрованими у систему геоінформаційного аналізу, дозволяють здійснювати комплексне вивчення території та обґрунтовано інтерпретувати геоекологічні процеси.

МЕТОДИЧНА ЛОГІКА ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Виконання даної практичної роботи ґрунтується на послідовній реалізації методів геопросторових польових досліджень як складової комплексного геоекологічного аналізу території.

Методична логіка роботи передбачає перехід від попереднього теоретико-картографічного аналізу до безпосереднього вивчення території у природних умовах із подальшою інтеграцією отриманих даних у геоінформаційне середовище.

1. Опора на результати попередніх досліджень

Дана практична робота виконується з урахуванням результатів попередніх етапів дослідження (практичних робіт), зокрема:

- геопросторової прив'язки об'єктів;
- аналізу орогідрографічної структури території;
- оцінки морфометричних характеристик рельєфу;

Це дозволяє:

- ✓ обґрунтовано визначити ділянки польових досліджень;
- ✓ врахувати просторову структуру території;
- ✓ підвищити ефективність рекогностування та відбору проб.

2. Рекогностування як етап просторової орієнтації

Першим практичним етапом польових досліджень є рекогностування території, яке передбачає:

- ✓ загальне ознайомлення з умовами території;
- ✓ виявлення її природних та антропогенних особливостей;
- ✓ визначення ключових ділянок для подальшого дослідження.

На цьому етапі формується просторове бачення території, що визначає подальшу організацію польових робіт.

3. Відбір проб як етап формування первинних даних

Наступним етапом є відбір проб компонентів довкілля, який забезпечує отримання первинної інформації про їх властивості.

У межах даного етапу:

- ✓ визначаються точки відбору проб;
- ✓ враховуються особливості рельєфу та землекористування;
- ✓ забезпечується репрезентативність отриманих даних.

Таким чином, відбір проб виступає переходом від візуального аналізу території до отримання кількісних характеристик.

4. Геопросторова фіксація результатів

Важливою складовою є фіксація просторового положення отриманих даних, що передбачає:

- ✓ визначення координат точок спостереження;
- ✓ прив'язку проб до конкретних ділянок;
- ✓ формування структурованої бази польових даних.

Це забезпечує можливість подальшої інтеграції результатів у геоінформаційні системи.

5. Інтеграція польових даних у GIS-середовище

Отримані польові дані підлягають подальшій обробці у геоінформаційних системах, зокрема у QGIS.

На цьому етапі здійснюється:

- ✓ створення векторних шарів точок спостереження;
- ✓ атрибутивне наповнення даних;
- ✓ просторова візуалізація результатів.

Це дозволяє перейти від локальних спостережень до системного просторового аналізу.

6. Формування основи для подальших досліджень

Результати виконання практичної роботи використовуються як база для наступних етапів геоекологічного аналізу, зокрема:

- лабораторних досліджень відібраних проб;
- аналізу землекористування;
- дистанційного аналізу (NDVI тощо);
- оцінки антропогенного навантаження.

Таким чином, дана робота виступає зв'язуючою ланкою між польовими спостереженнями та аналітичними методами дослідження.

Отже, методична логіка виконання цієї практичної роботи забезпечує послідовний перехід від попереднього просторового аналізу до збору первинних даних у полі та їх інтеграції у геоінформаційне середовище, що є необхідною умовою здійснення комплексного геоекологічного аналізу території.

Саме така логіка виконання роботи забезпечить формування у здобувачів цілісного уявлення про місце польових досліджень у системі сучасних геоекологічних досліджень.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Виконання даної практичної роботи ґрунтується на застосуванні геопросторового підходу до організації польових досліджень як складової комплексного геоекологічного аналізу території. Польове дослідження розглядається як інтегрований процес, що поєднує попередній просторовий аналіз, безпосереднє вивчення території та подальшу геоінформаційну обробку отриманих результатів.

Просторово-орієнтований характер дослідження

Методичний підхід передбачає формування просторового мислення, за якого територія інтерпретується як система взаємопов'язаних компонентів. Польові спостереження розглядаються у прив'язці до їх просторового положення, що забезпечує можливість переходу від локальних даних до узагальненого аналізу.

Поєднання аналітичного та польового етапів

Дослідження базується на інтеграції аналітичного та емпіричного підходів: попередній аналіз території визначає логіку польових робіт, тоді як польові спостереження уточнюють і конкретизують результати просторового аналізу. Така взаємодія забезпечує обґрунтованість вибору точок і достовірність отриманих даних.

Принцип репрезентативності

Вибір точок спостереження та відбору проб здійснюється з урахуванням просторової неоднорідності території, що забезпечує репрезентативність даних і можливість їх подальшої інтерпретації в геоекологічному контексті.

Інтеграція у геоінформаційне середовище

Отримані польові дані підлягають обов'язковій геопросторовій фіксації та подальшій інтеграції у геоінформаційне середовище, зокрема із використанням QGIS. Це забезпечує можливість їх систематизації, візуалізації та просторового аналізу.

Загальна логіка виконання роботи

Методичний підхід реалізується через послідовність «аналіз → польове дослідження → геоінформаційна обробка → інтерпретація», що забезпечує поступове поглиблення розуміння досліджуваної території та формування цілісного уявлення про її геоекологічні особливості.

Таким чином, практична робота виступає зв'язковою ланкою між попередніми етапами просторового аналізу та подальшими прикладними геоекологічними дослідженнями, забезпечуючи інтеграцію польових і геоінформаційних підходів у межах єдиного дослідницького процесу.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

ЧАСТИНА А.

ПІДГОТОВЧИЙ ЕТАП ТА РЕКОГНОСТУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ

На даному етапі здійснюється попереднє вивчення досліджуваної території з метою формування уявлення про її природні та антропогенні особливості, а також обґрунтування вибору ділянок для проведення польових досліджень.

Підготовчий етап є принципово важливим, оскільки саме він визначає ефективність подальших польових робіт і репрезентативність отриманих результатів.

Цей етап здійснюється у наступній послідовності таких видів робіт.

1. Аналіз картографічних та вихідних матеріалів

1.1. Проаналізуйте навчальну топографічну карту досліджуваної території.

1.2. Використовуючи матеріали попередніх практичних робіт, зверніть увагу на:

- ✓ особливості рельєфу;
- ✓ орогідрографічну мережу;
- ✓ ділянки з різною густотою розчленування.

1.3. Визначте потенційно контрастні ділянки території (за рельєфом, структурою стоку, характером поверхні).

2. Візуальний аналіз території

2.1. Виконайте візуальний аналіз території з використанням Google Earth Pro.

2.2. Оцініть:

- ✓ характер землекористування;
- ✓ наявність природних та антропогенних об'єктів;
- ✓ особливості рослинного покриву.

2.3. Визначте можливі зони впливу антропогенних факторів (дороги, населені пункти, господарські об'єкти).

3. Обґрунтування вибору ділянок дослідження

3.1. Виділіть ділянки, які доцільно включити до польового дослідження.

3.2. Обґрунтуйте вибір ділянок з урахуванням:

- ✓ різноманітності природних умов;
- ✓ контрастності території;
- ✓ можливого впливу антропогенних факторів.

3.3. Визначте, які ділянки можуть бути:

- ✓ ключовими;
- ✓ контрольними;
- ✓ допоміжними.

4. Планування маршруту польового обстеження

4.1. Розробіть маршрут польового дослідження території.

4.2. Визначте:

- ✓ послідовність проходження точок;
- ✓ логіку переміщення між ними.

4.3. Забезпечте:

- ✓ доступність ділянок;
- ✓ безпеку виконання робіт;
- ✓ репрезентативність маршруту.

4.4. Схематично відобразіть маршрут на карті або у GIS-середовищі.

5. Попереднє визначення точок спостереження

5.1. Визначте орієнтовні точки польових спостережень.

5.2. Обґрунтуйте їх розміщення з урахуванням:

- ✓ рельєфу;
- ✓ гідрографічної мережі;
- ✓ характеру землекористування.

5.3. Оцініть репрезентативність обраних точок.

Таким чином, у межах підготовчого етапу формується просторове уявлення про досліджувану територію, визначаються ключові ділянки та обґрунтовується маршрут польових робіт, що створює основу для подальшого відбору проб і проведення польових спостережень.

ЧАСТИНА В.

ВІДБІР ПРОБ ТА ПОЛЬОВІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

На даному етапі здійснюється безпосереднє польове дослідження території, що передбачає проведення спостережень та відбір проб компонентів довкілля з метою отримання первинної інформації про їх стан та властивості.

Цей етап є ключовим у структурі роботи, оскільки саме тут відбувається перехід від попереднього аналізу території до **збору емпіричних даних**, які надалі використовуються у геоінформаційному та геоекологічному аналізі.

Послідовність виконання робіт на цьому етапі здійснюється у наступній послідовності.

Емпіричні дані – це фактичні (первинні) дані, отримані безпосередньо у процесі спостережень, вимірювань, експериментів або польових досліджень, які відображають реальні властивості, стан чи особливості досліджуваних об'єктів і процесів.

1. Уточнення та фіксація точок спостереження

1.1. У межах обраного маршруту уточніть розташування запланованих точок спостереження.

1.2. За потреби скоригуйте їх положення з урахуванням:

- ✓ реальних умов місцевості;
- ✓ доступності ділянки;
- ✓ виявлених у полі особливостей території.

1.3. Визначте тип кожної точки (ключова, контрольна, транзитна, інша).

2. Проведення польових спостережень

2.1. У кожній точці виконайте короткий опис території, звертаючи увагу на:

- ✓ характер рельєфу (вододіл, схил, тераса тощо);
- ✓ особливості поверхні;
- ✓ тип землекористування;
- ✓ рослинний покрив;
- ✓ наявність слідів антропогенного впливу.

2.2. Зафіксуйте особливості, що можуть впливати на формування геоecологічних процесів.

3. Вибір місць для відбору проб

3.1. Оберіть місця відбору проб у межах кожної точки спостереження.

3.2. При виборі враховуйте:

- ✓ однорідність умов ділянки;
- ✓ характер рельєфу;
- ✓ положення у системі стоку;
- ✓ можливі джерела впливу.

3.3. Обґрунтуйте доцільність вибору кожного місця відбору проб.

4. Відбір проб компонентів довкілля

4.1. Виконайте відбір проб відповідно до умов території (грунтові, водні тощо).

4.2. Забезпечте:

- ✓ репрезентативність проб;
- ✓ акуратність відбору;
- ✓ уникнення змішування відібраного матеріалу.

4.3. Зафіксуйте для кожної проби:

- ✓ місце відбору;
- ✓ коротку характеристику умов відбору;
- ✓ тип проби.

У роботі під пробами (зразками) розуміються відібрані матеріали компонентів довкілля (ґрунтів, вод, рослинності тощо), що використовуються для подальшого геоекологічного аналізу.

5. Маркування та документування проб

- 5.1. Виконайте маркування кожної проби.
- 5.2. Забезпечте відповідність між:
 - ✓ номером проби;
 - ✓ записами у польовому журналі.
- 5.3. За можливості здійсніть фотофіксацію місця відбору.

6. Первинна оцінка отриманих даних

- 6.1. Оцініть:
 - ✓ достатність кількості відібраних проб;
 - ✓ їх просторове покриття;
 - ✓ відповідність поставленій меті.
- 6.2. За необхідності скоригуйте:
 - ✓ кількість точок;
 - ✓ їх розміщення.

Таким чином, у межах польового етапу здійснюється формування первинних геопросторово прив'язаних даних, які відображають реальні умови досліджуваної території та є основою для їх подальшої обробки і аналізу у геоінформаційному середовищі.

ЧАСТИНА С.

ГЕОПРОСТОРОВА ФІКСАЦІЯ ТА ОБРОБКА ДАНИХ У GIS

На даному етапі здійснюється перенесення результатів польових спостережень у геоінформаційне середовище з метою їх структуризації, просторової прив'язки та подальшої обробки.

На відміну від попередніх практичних робіт, де основна увага приділялася побудові та моделюванню просторових об'єктів, у даній роботі **GIS** використовується **як інструмент інтеграції та аналізу первинних польових даних**.

Послідовність виконання цієї частини практичної роботи передбачає реалізацію наступних «кроків».

1. Підготовка польових даних до обробки

1.1. Систематизуйте набуті результати польових спостережень у табличному вигляді (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1.

Систематизація результатів польових спостережень та відбору проб

№	Номер точки	Координати (широта, довгота)	Тип точки	Опис території	Тип проби	Додаткові характеристики

1.3. Підготуйте таблицю до імпорту у GIS-середовище.

2. Імпорт даних у GIS-середовище

2.1. Імпортуйте підготовлені дані у QGIS.

2.2. Створіть точковий векторний шар на основі визначених координат точок спостережень.

2.3. Перевірте:

- ✓ коректність відображення точок;
- ✓ відповідність координат реальному положенню.

3. Формування геопросторової бази даних

3.1. Атрибууйте створений шар відповідно до польових даних.

3.2. За потреби доповніть атрибутивну таблицю:

- ✓ інформацією про умови відбору;
- ✓ характеристиками території.

3.3. Забезпечте логічну структуру даних для подальшого аналізу.

4. Візуалізація результатів

4.1. Налаштуйте відображення точок спостереження:

- ✓ за типами точок;
- ✓ за типами проб.

4.2. Додайте базову карту (OpenStreetMap або супутникові знімки).

4.3. Оцініть просторове розміщення точок у межах території.

5. Просторовий аналіз

5.1. Проаналізуйте:

- ✓ розподіл точок відбору проб;
- ✓ їх зв'язок з елементами рельєфу;
- ✓ положення відносно водотоків та інших об'єктів.

5.2. За можливості використовуйте матеріали попередніх практичних робіт (щодо орографії, басейнів стоку, морфометрії).

5.3. Встановіть просторові закономірності розміщення проб.

6. Підготовка картографічних матеріалів

6.1. Створіть тематичну карту розміщення точок спостереження.

6.2. Забезпечте наявність:

- ✓ легенди;
- ✓ підписів;
- ✓ масштабу.

6.3. Підготуйте карту до подальшого використання у звіті.

Таким чином, у межах даного етапу здійснюється перехід від польових спостережень до їх системного представлення у геоінформаційному середовищі, що забезпечує можливість просторового аналізу отриманих даних та їх подальшої геоекологічної інтерпретації.

ЧАСТИНА D.

АНАЛІЗ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

На даному етапі здійснюється узагальнення, систематизація та інтерпретація результатів польових досліджень і їх геоінформаційної обробки з метою оцінки просторових особливостей території та ролі отриманих даних у комплексному геоекологічному аналізі.

Цей етап забезпечує перехід від фіксації даних до їх наукового осмислення та виявлення просторових закономірностей.

Виконується ця частина практичної роботи у наступній послідовності.

1. Оцінка просторового розміщення точок спостереження

1.1. Проаналізуйте розміщення точок відбору проб у межах досліджуваної території.

1.2. Оцініть:

- ✓ рівномірність їх розподілу;
- ✓ охоплення різних типів ділянок;
- ✓ відповідність особливостям рельєфу.

1.3. Визначте, чи відображають точки:

- ✓ просторову диференціацію території;
- ✓ ключові елементи геосистем.

2. Аналіз репрезентативності польових даних

2.1. Оцініть, наскільки відібрані проби є репрезентативними.

2.2. Визначте:

- ✓ чи охоплюють проби різні природні умови;

- ✓ чи враховано можливі зони впливу.

2.3. Обґрунтуйте:

- ✓ достатність кількості відібраних проб;
- ✓ доцільність їх просторового розміщення.

3. Встановлення просторових зв'язків

3.1. Проаналізуйте взаємозв'язок між:

- ✓ розміщенням точок;
- ✓ рельєфом;
- ✓ елементами гідрографічної мережі;
- ✓ характером землекористування.

3.2. Використовуючи матеріали попередніх практичних робіт, визначте:

- ✓ положення точок у межах водозбірних басейнів;
- ✓ їх зв'язок із зонами різної інтенсивності розподілу значень густоти розчленування.

3.3. Встановіть можливі напрями впливу природних процесів.

4. Геоєкологічна інтерпретація

4.1. Оцініть значення отриманих польових даних для аналізу геоєкологічних процесів.

4.2. Визначте:

- ✓ ділянки з потенційно різною інтенсивністю процесів;
- ✓ можливі зони накопичення або перенесення речовин.

4.3. Обґрунтуйте роль:

- ✓ рельєфу,
- ✓ стоку,
- ✓ антропогенного впливу

у формуванні спостережуваних особливостей.

5. Оцінка ролі польових досліджень у системі геоєкологічного аналізу

5.1. Поясніть, яке значення мають польові дані у порівнянні з:

- ✓ картографічними матеріалами;
- ✓ дистанційними методами.

5.2. Обґрунтуйте необхідність їх використання для:

- ✓ перевірки моделей;
- ✓ уточнення результатів аналізу.

6. Узагальнення результатів

6.1. Сформулюйте висновки щодо:

- ✓ просторової організації досліджуваної території;
- ✓ особливостей розміщення точок спостереження;
- ✓ значення отриманих даних для подальших досліджень.

6.2. Визначте, як результати можуть бути використані у:

- ✓ лабораторних дослідженнях;
- ✓ аналізі землекористування;

- ✓ дистанційному аналізі (обрахунок NDVI та інших індексів);
- ✓ оцінці антропогенного навантаження.

Таким чином, у межах даного етапу здійснюється перехід від польових спостережень і їх геоінформаційного представлення до комплексної інтерпретації отриманих результатів, що є необхідною умовою подальшого геоекологічного аналізу території.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота спрямована на поглиблення розуміння методу геопросторового польового дослідження та формування здатності застосовувати отримані результати у геоекологічному аналізі території.

1. Аналіз організації польових досліджень

1. Проаналізуйте розроблений маршрут польового обстеження та оцініть його ефективність шляхом обґрунтування того:
 - ✓ чи охоплює маршрут різні типи геосистем;
 - ✓ чи враховує просторову неоднорідність території.
2. Запропонуйте варіанти оптимізації маршруту (за потреби).

2. Оцінка репрезентативності відбору проб

1. Проаналізуйте просторове розміщення відібраних проб у середовищі QGIS.
2. Визначте:
 - ✓ чи рівномірно розподілені точки;
 - ✓ які ділянки залишилися недослідженими.
3. Обґрунтуйте:
 - ✓ достатність обраної кількості проб;
 - ✓ можливі обмеження отриманих даних.

3. Просторовий аналіз польових даних

1. Використовуючи результати попередніх практичних робіт, проаналізуйте положення точок спостереження відносно:
 - ✓ елементів рельєфу;
 - ✓ водотоків;
 - ✓ зон різної інтенсивності показника густоти розчленування території.
2. Встановіть закономірності розміщення проб.
3. Зробіть висновки щодо впливу природних умов на вибір точок.

4. Підготовка даних до подальших досліджень

1. Сформуйте структуровану базу польових даних у Microsoft Excel.
2. Підготуйте дані для:
 - ✓ лабораторного аналізу;
 - ✓ GIS-обробки.
3. Обґрунтуйте, які показники доцільно визначати у подальших дослідженнях.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ*:

КЕЙС-ЗАВДАННЯ

Завдання цього блоку орієнтовані на застосування отриманих результатів у прикладних геоєкологічних ситуаціях й спрямовані на формування аналітичного мислення здобувачів.

Кейс 1.

ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕЛЬЄФУ НА РОЗМІЩЕННЯ ПРОБОВІДІБРНИХ ТОЧОК

Уявіть, що частина точок відбору проб розташована на схилах, а частина – у зниженнях рельєфу.

Завдання:

1. Проаналізуйте, як рельєф може впливати на:
 - ✓ накопичення речовин;
 - ✓ їх перенесення/перерозподіл.
2. Визначте:
 - ✓ які точки можуть характеризувати зони транзиту;
 - ✓ які – зони акумуляції.
3. Обґрунтуйте, як це вплине на результати подальшого аналізу проб.

Кейс 2.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

Уявіть, що у межах досліджуваної території наявні різні типи землекористування: ліси, орні землі, забудова та інші.

Завдання:

1. Проаналізуйте, як тип землекористування може впливати на:
 - ✓ властивості відібраних проб;

- ✓ просторову варіабельність показників.
- 2. Визначте:
 - ✓ які ділянки є найбільш контрастними;
 - ✓ де доцільно збільшити щільність відбору проб.
- 3. Обґрунтуйте роль антропогенного впливу у формуванні просторової структури даних.

Кейс 3.

ВЕРИФІКАЦІЯ ПОЛЬОВИХ ДАНИХ

Уявіть, що після перенесення даних у GIS було виявлено, що частина точок має неточне розташування.

Завдання:

1. Визначте можливі причини таких відхилень.
2. Запропонуйте способи: а) перевірки координат; б) коригування даних.
3. Обґрунтуйте значення точності геопросторової фіксації для подальшого аналізу.

Кейс 4.

ОЦІНКА ДОСТАТНОСТІ ПОЛЬОВИХ ДАНИХ

Уявіть, що кількість відібраних проб є обмеженою.

Завдання:

1. Оцініть: а) які обмеження це створює для аналізу; б) які типи висновків можуть бути некоректними.
2. Запропонуйте стратегії підвищення репрезентативності.
3. Обґрунтуйте, як це вплине на подальші етапи дослідження.

Кейс 5.

ПІДГОТОВКА ДО ІНТЕГРОВАНОГО ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ

Припустимо, що польові дані планується використати у подальших дослідженнях (геохімія, NDVI, землекористування).

Завдання:

1. Визначте:
 - ✓ які дані є ключовими для інтеграції;
 - ✓ які додаткові показники необхідно зібрати.
2. Обґрунтуйте те, як польові дані можуть бути поєднані з дистанційними.
3. Сформулюйте пропозиції щодо структури інтегрованого геоecологічного аналізу.

МЕТОДИЧНІ ПОЯСНЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Під час виконання даної практичної роботи важливо усвідомити те, що геопросторове польове дослідження є не лише сукупністю технічних дій (рекогностування, відбору проб, фіксації координат), а й виступає складовою реалізації комплексного геоecологічного аналізу території.

Сутність цього підходу полягає у поєднанні безпосереднього спостереження за природними умовами з їх просторовою інтерпретацією та подальшою інтеграцією у геоінформаційне середовище.

Роль польових досліджень у геоecології

Польові дослідження забезпечують формування первинної інформації про стан компонентів довкілля, яка:

- відображає реальні умови території;
- уточнює результати картографічного та дистанційного аналізу;
- слугує основою для подальших лабораторних і аналітичних досліджень.

У цьому контексті польові дані виступають не лише результатом спостережень, а й базою для побудови геоecологічних моделей.

Єдність польового та геоінформаційного підходів

Однією з ключових особливостей сучасних геоecологічних досліджень є поєднання польових методів із геоінформаційними технологіями.

Використання QGIS дозволяє:

- систематизувати польові дані;
- забезпечити їх геопросторову прив'язку;
- здійснювати аналіз просторових закономірностей.

При цьому важливо розуміти, що GIS не замінює польові дослідження, а розширює їх можливості, забезпечуючи перехід від окремих спостережень до узагальненого просторового аналізу.

Значення рекогностування території

Рекогностування виступає не формальним етапом, а основою прийняття рішень у польовому дослідженні.

Саме на цьому етапі:

- формується просторове уявлення про територію;
- визначаються ключові ділянки дослідження;
- закладається логіка розміщення точок спостереження.

Без належного рекогностування відбір проб втрачає системність і може не відображати реальних умов території.

Методична роль відбору проб

Відбір проб слід розглядати не як механічний процес, а як метод отримання кількісної інформації про властивості компонентів довкілля.

У даній роботі під пробами (зразками) розуміються відібрані матеріали компонентів довкілля (ґрунтів, вод, рослинності тощо), що використовуються для подальшого геоecологічного аналізу.

Якість відбору проб визначає:

- достовірність отриманих результатів;
- можливість їх подальшого порівняння;
- коректність геоecологічної інтерпретації.

Геопросторова фіксація як умова аналізу

Визначальною умовою використання польових даних у сучасних дослідженнях є їх геопросторова прив'язка.

Фіксація координат точок спостереження забезпечує:

- інтеграцію даних у GIS;
- можливість просторового аналізу;
- зіставлення з іншими типами даних (картографічними, дистанційними).

Саме це дозволяє перейти від описового рівня дослідження до аналітичного.

Місце роботи у структурі курсу

Дана практична робота займає проміжне положення у структурі навчального курсу:

- ✓ спирається на результати попередніх робіт (просторовий аналіз території);
- ✓ формує базу для наступних етапів (геохімічні дослідження, дистанційний аналіз, оцінка антропогенного навантаження).

Таким чином, вона виступає зв'язуючою ланкою між теоретико-картографічними підходами та прикладними методами геоecологічного аналізу.

Отже, виконання практичної роботи передбачає не лише засвоєння окремих прийомів польового дослідження, а й формування цілісного уявлення про роль польових даних у системі сучасного геоecологічного аналізу та їх інтеграцію з геоінформаційними технологіями.

ТИПОВІ ПОМИЛКИ ЗДОБУВАЧІВ

Під час виконання практичної роботи здобувачі часто допускають помилки, пов'язані не стільки з технікою виконання, скільки з недостатнім розумінням методичної логіки польового дослідження як етапу комплексного геоекологічного аналізу.

Сутність можливих помилок доцільно розглянути відповідно до основних етапів виконання практичної роботи – від підготовчого та польового до геоінформаційної обробки й інтерпретації отриманих результатів.

1. Помилки підготовчого етапу (Частина А) найчастіше пов'язані із **формальним аналізом території**, зокрема з:

- ✓ ігноруванням матеріалів попередніх практичних робіт;
- ✓ відсутністю урахування рельєфу та орогідрографічної структури.

Як наслідок:

вибір ділянок дослідження буває випадковим і не відображає просторової структури території.

Можливий також **невмотивований вибір точок спостереження**, коли:

- ✓ точки обираються без урахування контрастності місцевих умов;
- ✓ відсутнє обґрунтування їх розміщення.

Як наслідок:

отримані дані не є репрезентативними.

2. Помилки польового етапу (Частина В) пов'язані із:

Механічним відбором проб, коли:

- ✓ відбір відбувається без аналізу умов території;
- ✓ має місце ігнорування особливостей рельєфу, стоку, землекористування тощо.

Як наслідок:

проби не відображають реальних геоекологічних процесів.

Недостатнім описом точок спостереження, коли:

- ✓ має місце відсутність фіксації ключових характеристик (рельєфу, наземного покриву, антропогенного впливу);
- ✓ здійснюються узагальнені або неповні записи.

Як наслідок:

ускладнюється інтерпретація результатів.

Порушенням репрезентативності, коли має місце:

- ✓ надмірна концентрація точок в одній частині території;
- ✓ ігнорування окремих типів ділянок.

Як наслідок:

просторове покриття стає нерівномірним.

3. Помилки геоінформаційного етапу (Частина С) пов'язані із:

Некоректною геопросторовою фіксацією, коли:

- ✓ мають місце помилки у координатах;
- ✓ спостерігається невідповідність систем координат.

Як наслідок:

відбувається спотворення просторового положення точок.

Формальне використання GIS, внаслідок чого:

- ✓ відсутня перевірка правильності імпорту даних;
- ✓ робота реалізується лише на рівні візуалізації та без аналізу.

Як наслідок:

GIS використовується як «інструмент малювання», а не аналізу.

Невпорядкована структура даних, тому:

- ✓ відсутня логіка в атрибутивній таблиці;
- ✓ має місце дублювання або пропуски інформації.

Як наслідок:

ускладнюється подальша обробка інформації та аналіз.

4. Помилки аналітичного етапу (Частина D) стосуються:

Опису замість аналізу, коли:

- ✓ здійснюється перелік фактів без встановлення зв'язків;
- ✓ відсутнє пояснення отриманих результатів.

Як наслідок:

робота не виходить на рівень геоєкологічної інтерпретації.

Ігнорування просторових закономірностей, через що:

- ✓ відсутній аналіз розміщення точок;
- ✓ не враховується зв'язок з рельєфом і стоком.

Як наслідок:

втрачається головна цінність геопросторового підходу.

Недооцінка ролі польових даних, що призводить до:

- ✓ відсутності порівняння з картографічними або дистанційними матеріалами;
- ✓ нерозуміння значення польових досліджень у системі аналізу.

Як наслідок:

результати не інтегруються у комплексний геоєкологічний підхід.

Як бачимо, більшість помилок пов'язані з формальним підходом до виконання роботи та недостатнім усвідомленням того, що польове дослідження є **не ізольованим етапом, а складовою системного геоєкологічного аналізу території**.

Уникнення зазначених помилок забезпечує перехід від механічного виконання завдань до формування цілісного наукового підходу до дослідження геосистем.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

З метою систематизації теоретичних положень та перевірки рівня розуміння методичної логіки роботи контрольні запитання поділено на окремі тематичні блоки, що відповідають основним етапам виконання практичної роботи.

1. Теоретико-методологічні питання

1. Поясніть сутність методу геопросторового польового дослідження та його місце у системі геоекологічних досліджень.
2. У чому полягає відмінність між рекогностуванням території та детальним польовим обстеженням?
3. Чому відбір проб не можна розглядати як суто технічну операцію?
4. Обґрунтуйте роль польових досліджень у порівнянні з картографічними та дистанційними методами (обрахунок NDVI, супутникові знімки).

2. Просторове мислення та вибір точок

5. Які критерії визначають репрезентативність точок відбору проб?
6. Чому рівномірний розподіл точок не завжди є оптимальним?
7. Як рельєф території впливає на:
 - ✓ розміщення точок;
 - ✓ інтерпретацію результатів?
8. Поясніть, як басейновий підхід може впливати на вибір точок польових спостережень.

3. Польовий етап

9. Які фактори необхідно враховувати при виборі місця відбору проб?
10. Чому важливо фіксувати не лише координати, а й описові характеристики точки?
11. Як порушення репрезентативності проб впливає на результати дослідження?

4. GIS та обробка даних

12. Поясніть роль геопросторової фіксації даних у подальшому аналізі.
13. Які помилки можуть виникати при імпорті польових даних у QGIS?
14. Чому GIS не може повністю замінити польові дослідження?
15. Які переваги дає інтеграція польових даних у геоінформаційне середовище?

5. Аналітичні та інтерпретаційні питання

16. Як на основі розміщення точок відбору проб можна виявити просторові закономірності території?
17. Поясніть, як рельєф і структура стоку впливають на: а) перенесення речовин, б) їх накопичення.
18. Чому одна й та сама кількість проб може бути достатньою для однієї території та недостатньою для іншої?

6. Кейс-орієнтовані питання*

19. *Уявіть, що всі точки відбору проб розташовані лише на вододілах.*
 - ✦ Які помилки це створює для геоекологічного аналізу?
20. *У межах дослідження частина території (наприклад, заплава річки) залишилась без точок спостереження.*
 - ✦ Як це вплине на результати та їх інтерпретацію?
21. *Якщо проби відібрані без урахування землекористування,*
 - ✦ які аспекти геоекологічного аналізу будуть спотворені?
22. *Під час аналізу в GIS виявлено, що частина точок має зміщення.*
 - ✦ Як це вплине на просторовий аналіз і які дії необхідно виконати для усунення наслідків?

7. Інтеграційні питання

23. Як польові дані можуть бути використані у поєднанні з:
 - ✓ NDVI-аналізом;
 - ✓ картами землекористування;
 - ✓ морфометричними показниками?
24. Обґрунтуйте, чому польове дослідження є необхідним етапом комплексного геоекологічного аналізу.

Узагальнююче питання

25. Поясніть, як змінюється роль дослідника при переході від: збору даних → до їх геоінформаційного аналізу → та до геоекологічної інтерпретації набутої інформації.

ФОРМА ЗВІТНОСТІ

Результати виконання практичної роботи подаються у вигляді індивідуального звіту, який відображає послідовність виконання всіх етапів геопросторового польового дослідження та містить елементи аналізу й інтерпретації отриманих даних.

Структура звіту

1. Титульна сторінка має містити:

- ✓ назву закладу освіти;
- ✓ назву дисципліни;
- ✓ назву практичної роботи;

- ✓ ПІБ здобувача;
- ✓ групу;
- ✓ ПІБ викладача;
- ✓ рік виконання.

2. Мета та завдання роботи:

- ✓ сформульована мета практичної роботи;
- ✓ основні завдання (стисло).

3. Характеристика досліджуваної території має містити короткий опис: а) території; б) особливостей рельєфу; в) характеристики землекористування та г) наявності антропогенних об'єктів.

4. Результати підготовчого етапу (Частина А) мають відображати:

- ✓ обґрунтування вибору ділянок дослідження;
- ✓ схему маршруту польового обстеження;
- ✓ характеристику обраних точок спостереження.

5. Результати польового етапу (Частина В) мають містити:

- ✓ опис точок спостереження;
- ✓ інформацію про відібрані проби;
- ✓ фотоматеріали (за наявності),

які доцільно подати у вигляді таблиці (див. таблиця 4.1).

6. Геоінформаційна обробка даних (Частина С) з:

- ✓ описом процесу імпорту даних у QGIS;
- ✓ характеристикою створених шарів;
- ✓ картою розміщення точок спостереження.

7. Аналіз та інтерпретація (Частина Д) мають містити результати:

- ✓ оцінювання розміщення точок;
- ✓ аналізу репрезентативності;
- ✓ встановлення просторових зв'язків;
- ✓ геоекологічної інтерпретації.

8. Висновки мають відображати:

- ✓ особливості просторової організації території;
- ✓ оцінку ефективності польових досліджень;
- ✓ значення отриманих даних для подальшого аналізу.

Вимоги до оформлення

Оформлюючи звітні матеріали, варто дотримуватися:

- логічної послідовності викладення матеріалу;
- чіткості формулювань;
- наявності картографічних матеріалів;
- коректного використання термінології;
- оформлення таблиць і рисунків відповідно до вимог.

Форма подання

Звіт може бути поданий у вигляді:

- текстового документа (у форматі файту DOCX / PDF);
- та презентації (за погодженням)*.

Картографічні матеріали формуються у середовищі QGIS та додаються до звіту у вигляді зображень або окремих файлів.

Форма звітності передбачає відображення не лише результатів виконання окремих етапів роботи, а й рівня розуміння здобувачем логіки геопросторового польового дослідження та його ролі у системі комплексного геоекологічного аналізу території.

Очікуваний висновок здобувача

У результаті виконання практичної роботи здобувач має продемонструвати розуміння методу геопросторового польового дослідження як невід'ємного етапу комплексного геоекологічного аналізу території.

У висновку доцільно відобразити:

- ✓ **розуміння просторової організації досліджуваної території**, зокрема:
 - особливостей рельєфу;
 - структури поверхневого стоку;
 - характеру землекористування;
- ✓ **оцінку ефективності організації польових досліджень**, включаючи:
 - обґрунтованість маршруту;
 - доцільність вибору точок спостереження;
 - рівень репрезентативності відібраних проб;
- ✓ **результати аналізу отриманих польових даних** з урахуванням їх просторового положення, зокрема:
 - зв'язок між точками відбору проб і природними умовами;
 - виявлені просторові закономірності;
- ✓ **усвідомлення ролі геоінформаційних технологій** у роботі з польовими даними, зокрема:
 - значення геопросторової фіксації;
 - можливості інтеграції даних у GIS-середовище;
- ✓ **обґрунтування значення польових досліджень** для подальшого геоекологічного аналізу, зокрема:
 - лабораторних досліджень проб;

- аналізу землекористування;
- дистанційного моніторингу;
- оцінки антропогенного навантаження.

Узагальнюючий акцент

Очікуваний висновок має відображати не лише результати виконання окремих етапів роботи, а й здатність здобувача:

- ✓ встановлювати причинно-наслідкові зв'язки;
- ✓ інтерпретувати просторові дані;
- ✓ оцінювати роль польових досліджень у системі сучасного геоекологічного аналізу;

Таким чином, у висновку здобувач повинен продемонструвати сформованість цілісного уявлення про взаємозв'язок польових спостережень, геоінформаційної обробки та геоекологічної інтерпретації як складових єдиного дослідницького процесу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ВИШУКУВАНЬ: ІНТЕРПРЕТАЦІЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ТА СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ У ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

МЕТА РОБОТИ

Метою цієї практичної роботи є формування у здобувачів цілісного уявлення про методи дистанційного геопросторового дослідження як інструменти сучасного геоecологічного аналізу території, а також набуття практичних навичок дешифрування космічних знімків, розрахунку спектральних індексів та інтерпретації результатів дистанційного аналізу із використанням геоінформаційних систем і платформ дистанційного моніторингу.

У процесі виконання роботи передбачається досягнення таких результатів:

- **навчальна мета:** опанування принципів дистанційного дослідження території, основ дешифрування космічних знімків та методики розрахунку спектральних індексів (NDVI, NDWI та ін.);
- **методична мета:** формування навичок роботи з космічними знімками у середовищах дистанційного моніторингу та геоінформаційного аналізу, зокрема із використанням платформ [Copernicus Browser](#), QGIS та Google Earth Pro;
- **аналітична мета:** розвиток здатності виявляти просторові особливості природних і антропогенно змінених геосистем на основі аналізу спектральних характеристик поверхні та результатів дешифрування космічних знімків;
- **практична мета:** набуття умінь здійснювати дистанційний геопросторовий аналіз території, інтерпретувати результати спектрального аналізу та використовувати їх для потреб комплексного геоecологічного оцінювання території.

ЗАВДАННЯ РОБОТИ

У ході виконання цієї практичної роботи передбачається розв'язання таких завдань:

✚ Теоретико-методичний блок:

- ✓ ознайомитися з теоретичними засадами дистанційного геопросторового дослідження території та його місцем у системі сучасних геоecологічних досліджень;
- ✓ опанувати принципи візуального дешифрування космічних знімків та інтерпретації спектральних характеристик поверхні;
- ✓ вивчити основні дешифрувальні ознаки природних і антропогенних об'єктів на космічних знімках.

✚ Технологічний блок:

- ✓ навчитися працювати з платформами дистанційного моніторингу та геоінформаційними системами, зокрема [Copernicus Browser](#), QGIS та Google Earth Pro;
- ✓ оволодіти методикою розрахунку спектральних індексів (NDVI, NDWI та ін.);
- ✓ набути навичок підготовки та візуалізації результатів дистанційного аналізу.

✚ Аналітичний блок:

- ✓ здійснити дешифрування космічних знімків та проаналізувати особливості просторової структури досліджуваної території;
- ✓ інтерпретувати результати спектрального аналізу для оцінки стану рослинності, рівня зволоження та особливостей землекористування;
- ✓ встановити просторові закономірності поширення природних і антропогенно трансформованих геосистем.

✚ Практико-орієнтований блок:

- ✓ сформулювати навички використання результатів дистанційного моніторингу для потреб геоecологічного аналізу території;
- ✓ набути практичних умінь інтеграції результатів дистанційного аналізу з іншими видами геоecологічних досліджень;
- ✓ підготувати тематичні картографічні матеріали за результатами дешифрування космічних знімків та спектрального аналізу;
- ✓ навчитися належним чином оформлювати звітну документацію й презентувати отримані результати.

ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для виконання цієї практичної роботи Вам знадобляться:

- ✓ персональний комп'ютер або ноутбук із доступом до мережі Інтернет;
- ✓ космічні знімки території дослідження (Sentinel-2, Landsat або інші доступні матеріали дистанційного зондування Землі);
- ✓ платформа дистанційного моніторингу [Copernicus Browser](#) для візуалізації та аналізу космічних знімків;
- ✓ QGIS для обробки, візуалізації та просторового аналізу даних дистанційного зондування;
- ✓ Google Earth Pro для візуального аналізу території та порівняння результатів дешифрування;
- ✓ електронні картографічні матеріали або базові карти (OpenStreetMap, супутникові підкладки);
- ✓ калькулятор або інструменти автоматизованого розрахунку спектральних індексів;
- ✓ табличний редактор Microsoft Excel (або аналогічне програмне забезпечення) для систематизації та аналізу результатів;
- ✓ методичні матеріали практичної роботи та підготовлені вихідні дані для дослідження.

СУТНІСТЬ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ГЕОПРОСТОРОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Методи дистанційного геопросторового дослідження застосовуються для отримання, аналізу та інтерпретації інформації про стан і просторову організацію природних та антропогенних об'єктів без безпосереднього контакту з ними шляхом використання матеріалів **дистанційного зондування Землі**.

Основою таких методів є аналіз космічних знімків, які відображають спектральні характеристики поверхні та дозволяють виявляти особливості природних компонентів, землекористування, стану рослинності, зволоження території та проявів антропогенного впливу.

Значення дистанційних методів у геоекологічних дослідженнях

Дистанційні методи є одним із ключових інструментів сучасного геоекологічного аналізу, оскільки забезпечують:

- ✓ отримання актуальної просторової інформації про територію;
- ✓ дослідження великих за площею територій;
- ✓ аналіз важкодоступних або небезпечних ділянок;
- ✓ виявлення просторових закономірностей природних і антропогенних процесів;
- ✓ проведення моніторингу змін стану довкілля у часі.

У цьому контексті космічні знімки виступають **джерелом емпіричних геопросторових даних**, необхідних для подальшої геоecологічної інтерпретації.

Дешифрування космічних знімків як основа дистанційного аналізу

Одним із базових елементів дистанційного дослідження є дешифрування космічних знімків.

Дешифрування космічних знімків – процес розпізнавання та інтерпретації об'єктів і явищ за їх дешифрувальними ознаками.

До основних **дешифрувальних ознак** належать:

- форма об'єкта;
- розміри;
- колір і тон зображення;
- текстура;
- просторове розташування;
- взаємозв'язки з іншими об'єктами.

Саме поєднання цих ознак дозволяє здійснювати інтерпретацію території та визначати особливості її просторової структури.

Спектральний аналіз у дистанційних дослідженнях

Важливою складовою дистанційного геопросторового аналізу є використання *спектральних індексів*.

Спектральні індекси дозволяють кількісно оцінювати властивості поверхні на основі співвідношення значень різних спектральних каналів.

У геоecологічних дослідженнях широко використовуються такі індекси як:

- ✚ **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормалізований диференційний вегетаційний індекс)** – для оцінки стану, густоти та продуктивності рослинного

покриву на основі аналізу спектральних характеристик рослинності. Індекс дозволяє виявляти території з різним ступенем розвитку рослинного покриву, аналізувати просторову неоднорідність рослинності, оцінювати деградаційні процеси та здійснювати моніторинг змін стану геосистем у часі;

 **NDWI (Normalized Difference Water Index – нормалізований диференційний водний індекс)** – для аналізу рівня зволоження території, виявлення водних об'єктів і перезволожених ділянок, а також оцінки особливостей водного режиму території. Індекс дозволяє досліджувати просторовий розподіл вологи, аналізувати стан поверхневих вод та оцінювати вплив природних і антропогенних факторів на зволоження геосистем.

Застосування спектральних індексів забезпечує перехід від візуального дешифрування до кількісного аналізу геосистем.

Роль геоінформаційних систем у дистанційному аналізі

Сучасні дистанційні дослідження тісно пов'язані з використанням геоінформаційних систем, зокрема QGIS, які забезпечують:

- ✓ обробку космічних знімків;
- ✓ просторовий аналіз результатів;
- ✓ побудову тематичних карт;
- ✓ інтеграцію дистанційних і польових даних.

При цьому дистанційний аналіз не замінює польові дослідження, а доповнює їх, забезпечуючи можливість комплексного дослідження території.

Зв'язок дистанційних методів із попередніми етапами дослідження

Застосування методів дистанційного геопросторового дослідження спирається на результати, отримані в ході виконання попередніх практичних робіт, зокрема на:

- ✓ геопросторову локалізацію об'єктів;
- ✓ аналіз орогідрографічної структури;
- ✓ морфометричний аналіз рельєфу;
- ✓ результати польових спостережень.

Це дозволяє здійснювати більш обґрунтовану інтерпретацію космічних знімків та результатів спектрального аналізу.

Отже, методи дистанційного геопросторового дослідження забезпечують отримання та інтерпретацію просторової

інформації про територію на основі аналізу космічних знімків і спектральних характеристик поверхні та виступають важливою складовою сучасного комплексного геоecологічного аналізу.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Дистанційні методи дослідження ґрунтуються на аналізі даних дистанційного зондування Землі, які дозволяють отримувати інформацію про стан і властивості території без безпосереднього контакту з об'єктами дослідження.

Основним джерелом таких даних є *космічні знімки*, що формуються внаслідок реєстрації електромагнітного випромінювання, відбитого або випроміненого поверхнею Землі. У сучасних геоecологічних дослідженнях дистанційні методи широко застосовуються для:

- ✓ аналізу землекористування;
- ✓ оцінки стану рослинності;
- ✓ виявлення змін природних компонентів;
- ✓ моніторингу антропогенних впливів;
- ✓ дослідження просторової структури геосистем.

КОСМІЧНІ ЗНІМКИ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ

Космічний знімок є растровим зображенням земної поверхні, отриманим за допомогою супутникових сенсорів у різних діапазонах електромагнітного спектра.

Залежно від *особливостей сенсора та спектрального діапазону* космічні знімки можуть відображати:

- ✓ особливості рослинного покриву;
- ✓ ступінь зволоження території;
- ✓ структуру землекористування;
- ✓ водні об'єкти;
- ✓ урбанізовані території.

Важливими характеристиками космічних знімків є:

- ✓ **просторова роздільна здатність;**
- ✓ **спектральна роздільна здатність;**
- ✓ **часова роздільна здатність;**
- ✓ **радіометрична роздільна здатність.**

Основні характеристики космічних знімків

Ефективність використання космічних знімків у геоecологічних дослідженнях значною мірою визначається їх роздільною

здатністю, яка характеризує можливості супутникового сенсора щодо фіксації просторових, спектральних та часових особливостей території.

Просторова роздільна здатність

Просторова роздільна здатність визначає мінімальний розмір об'єкта на місцевості, який може бути відображений на космічному знімку.

Просторова роздільна здатність **виражається** у метрах і відповідає розміру одного пікселя зображення на земній поверхні.

Наприклад, просторова роздільна здатність 10 м означає, що один піксель охоплює ділянку розміром 10×10 м.

Висока просторова роздільна здатність забезпечує:

- ✓ детальніше відображення території;
- ✓ можливість аналізу дрібних об'єктів;
- ✓ точніше дешифрування структури землекористування.

У геоecологічних дослідженнях вона є особливо важливою під час:

- аналізу урбанізованих територій;
- виявлення локальних змін поверхні;
- дослідження дрібноконтурних ландшафтів.

Спектральна роздільна здатність

Спектральна роздільна здатність характеризує здатність сенсора реєструвати випромінювання у різних діапазонах електромагнітного спектра.

Чим більша кількість спектральних каналів і вужчі їх діапазони, тим точніше можна розрізняти властивості поверхні.

Саме спектральна роздільна здатність забезпечує можливість:

- ✓ розрахунку спектральних індексів;
- ✓ аналізу стану рослинності;
- ✓ виявлення водних об'єктів;
- ✓ дослідження особливостей ґрунтового покриття.

Для геоecологічного аналізу особливе значення мають:

- ✓ червоний спектральний канал (Red) (рис. 5.1);

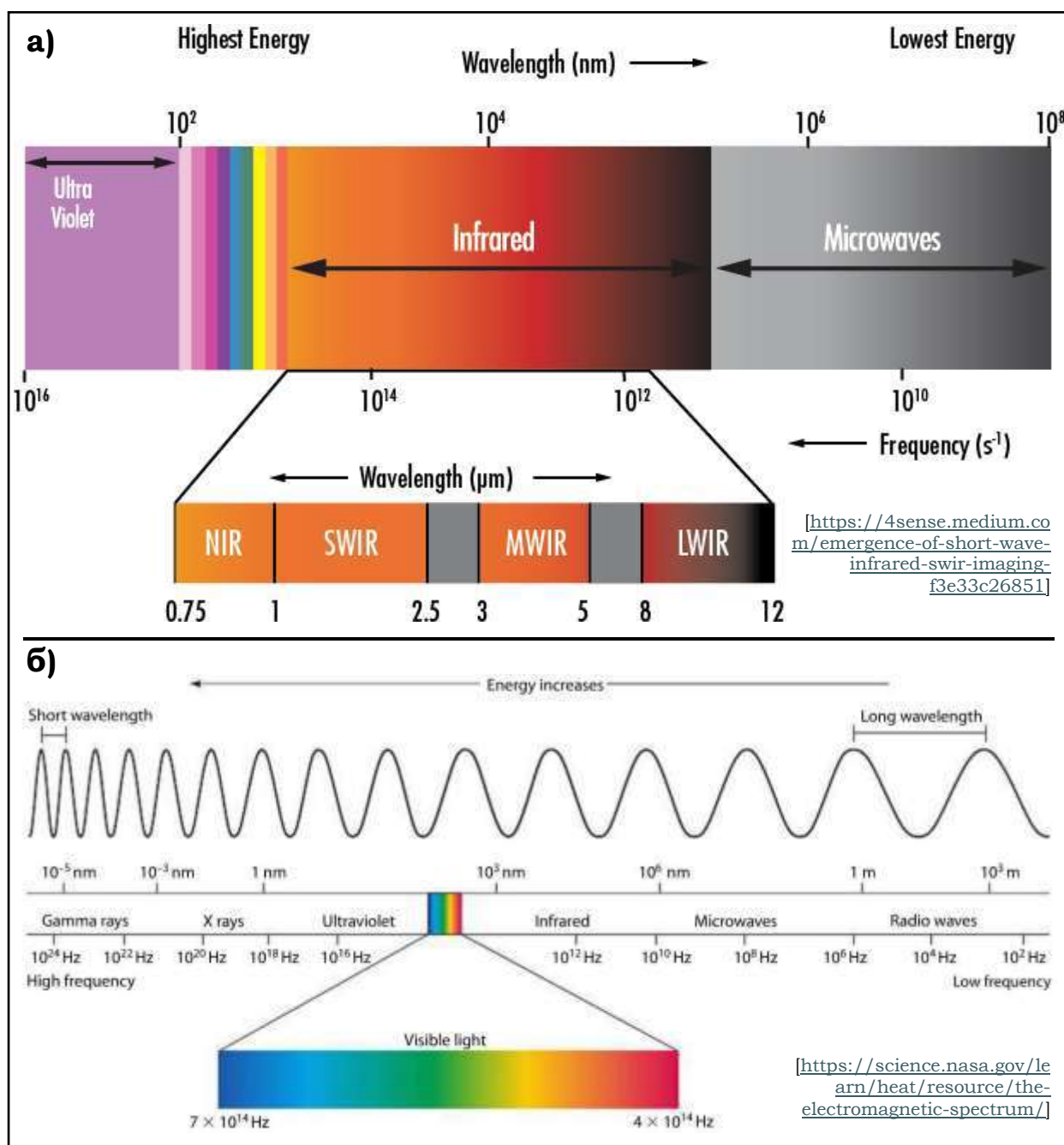


Рис. 5.1. Положення спектральних каналів Red, NIR та SWIR (а) у електромагнітному спектрі (б)

- ✓ ближній інфрачервоний канал (NIR);
- ✓ короткохвильовий інфрачервоний канал (SWIR).

Часова роздільна здатність

Часова роздільна здатність визначає періодичність повторного отримання знімків однієї й тієї самої території.

Часова роздільна здатність характеризує можливість здійснення моніторингу змін у часі та аналізу динаміки природних і антропогенних процесів.

Висока часова роздільна здатність дозволяє:

- ✓ відстежувати сезонні зміни рослинності;
- ✓ аналізувати наслідки стихійних явищ;
- ✓ здійснювати моніторинг землекористування;
- ✓ оцінювати динаміку антропогенних змін.

Саме тому часовий аспект є важливим для систем екологічного моніторингу.

Радіометрична роздільна здатність

Радіометрична роздільна здатність характеризує здатність сенсора розрізняти незначні відмінності інтенсивності електромагнітного випромінювання.

Вона визначає кількість градацій яскравості, які може зафіксувати сенсор.

Чим вища радіометрична роздільна здатність, тим:

- ✓ точніше передаються спектральні відмінності поверхні;
- ✓ краще виявляються слабо виражені зміни;
- ✓ вищою є точність спектрального аналізу.

Для геоекологічних досліджень це особливо важливо під час:

- оцінки стану рослинності;
- аналізу деградаційних процесів;
- виявлення ділянок із різним рівнем зволоження.

Дешифрування космічних знімків

Дешифрування космічних знімків – це процес розпізнавання та інтерпретації об'єктів і явищ за їх візуальними та спектральними ознаками.

У процесі дешифрування використовуються такі основні ознаки:

Геометричні ознаки

Геометричні ознаки характеризують:

- форму;
- розміри;
- контури об'єктів.

Саме вони дозволяють попередньо ідентифікувати природні або антропогенні елементи території.

Тональні та кольорові ознаки

Тон і колір зображення визначаються спектральними властивостями поверхні та дозволяють оцінювати:

- стан рослинності;
- ступінь зволоження;
- тип поверхні;
- характер землекористування.

Текстурні ознаки

Текстура відображає особливості просторової неоднорідності поверхні та використовується для:

- аналізу рослинного покриву;
- виявлення та аналізу урбанізованих територій;
- дослідження структури ландшафтів.

Просторові взаємозв'язки

Просторове положення об'єктів та їх взаємозв'язки з іншими елементами території дозволяють здійснювати комплексну інтерпретацію геосистем.

СПЕКТРАЛЬНІ ІНДЕКСИ

Спектральні індекси – це математичні показники, що обчислюються на основі співвідношення значень різних спектральних каналів космічного знімка.

Вони дозволяють перейти від візуальної інтерпретації до кількісного аналізу території.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI є одним із найбільш поширених спектральних індексів, що використовується для оцінки стану, густоти та активності рослинного покриву.

Основою обрахунку індексу є аналіз спектральних особливостей рослинності, зокрема відмінностей між:

- ✓ ближнім інфрачервоним випромінюванням (NIR);
- ✓ червоним спектральним каналом (Red) (див. рис. 5.1).

Для рослинності характерні специфічні спектральні властивості:

- активне поглинання червоного випромінювання хлорофілом у процесі фотосинтезу;
- інтенсивне відбиття випромінювання у ближньому інфрачервоному діапазоні внаслідок внутрішньої структури листової поверхні.

Саме тому поєднання каналів Red та NIR дозволяє оцінювати стан рослинного покриву та ступінь його розвитку.

NDVI розраховується за формулою (5.1):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (5.1)$$

де:

NIR – значення ближнього інфрачервоного каналу;

Red – значення червоного спектрального каналу.

Методична логіка використання формули

Формула NDVI побудована таким чином, щоби нормалізувати різницю між відбиттям у ближньому інфрачервоному та червоному спектральних діапазонах.

Використання суми каналів у знаменнику дозволяє:

- ✓ зменшити вплив освітленості території;
- ✓ підвищити порівнюваність результатів;
- ✓ забезпечити нормалізацію значень індексу.

У результаті **значення NDVI** змінюються у межах від -1 до +1, причому:

- високі значення відповідають густій рослинності;
- низькі – відкритим поверхням або урбанізованим територіям (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1.

Орієнтовна інтерпретація значень NDVI

Значення NDVI	Інтерпретація
від -1 до 0	водні поверхні, штучні матеріали, відкриті або сильно трансформовані поверхні
0 – 0,2	відкриті ґрунти, урбанізовані території, території зі слабким рослинним покривом
0,2 – 0,5	трав'яниста рослинність, сільськогосподарські угіддя, території із помірною біомасою
0,5 – 0,8	густа та добре розвинена рослинність
понад 0,8	дуже щільний рослинний покрив із високою біологічною продуктивністю

Інтерпретація значень NDVI

Значення NDVI дозволяють оцінювати стан рослинного покриву та просторові особливості території, зокрема ступінь озеленення, характер землекористування, наявність деградованих ділянок і рівень антропогенної трансформації геосистем.

Геоєкологічне значення NDVI

У геоєкологічних дослідженнях NDVI використовується для:

- ✓ оцінки стану рослинного покриву;
- ✓ виявлення деградаційних процесів;
- ✓ моніторингу змін землекористування;
- ✓ аналізу антропогенного навантаження;
- ✓ дослідження динаміки геосистем у часі.

Таким чином, NDVI є важливим інструментом дистанційного моніторингу довкілля та кількісного аналізу стану природних територій.

NDWI (Normalized Difference Water Index)

NDWI використовується для оцінки рівня зволоження території, виявлення водних поверхонь і перезволожених ділянок, а також для аналізу особливостей водного режиму геосистем.

Основою індексу є аналіз спектральних особливостей води та вологи у різних спектральних діапазонах, зокрема відмінностей між:

- ✓ зеленим спектральним каналом (Green);
- ✓ ближнім інфрачервоним каналом (NIR).

Для водних поверхонь та зволожених територій характерні специфічні спектральні властивості:

- ✓ відносно високе відбиття у зеленому спектральному діапазоні;
- ✓ значне поглинання випромінювання у ближньому інфрачервоному діапазоні.

Саме тому поєднання каналів Green та NIR (див. рис. 5.1) дозволяє виявляти водні об'єкти, перезволожені ділянки та оцінювати просторові особливості зволоження території.

NDWI розраховується за формулою (5.2):

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (5.2)$$

де:

Green – значення зеленого спектрального каналу;

NIR – значення ближнього інфрачервоного каналу.

Методична логіка використання формули

Формула NDWI побудована за принципом нормалізації різниці між відбиттям випромінювання у зеленому спектральному діапазоні та його поглинанням у ближньому інфрачервоному діапазоні.

Використання суми каналів у знаменнику дозволяє:

- ✓ зменшити вплив освітленості поверхні;
- ✓ забезпечити порівнюваність результатів;
- ✓ підвищити стабільність спектрального аналізу.

У результаті значення NDWI змінюються у межах від -1 до +1.

Інтерпретація значень NDWI

Значення NDWI (таблиця 5.2) дозволяють оцінювати ступінь зволоження території та виявляти особливості водного режиму геосистем.

Таблиця 5.2.

Орієнтовна інтерпретація значень NDWI

Значення NDWI	Інтерпретація
від -1 до 0	сухі поверхні, урбанізовані території, відкриті ґрунти або ділянки із незначним зволоженням
0 – 0,2	території з помірним рівнем зволоження
0,2 – 0,5	зволожені поверхні, території з підвищеною вологістю ґрунту або рослинного покриву
понад 0,5	водні об'єкти або сильно перезволожені ділянки

При цьому важливо враховувати те, що значення індексу NDWI можуть змінюватися залежно від:

- ✓ типу поверхні;
- ✓ сезону знімання;
- ✓ стану рослинного покриву;
- ✓ особливостей землекористування.

Геоекологічне значення NDWI

У геоекологічних дослідженнях NDWI використовується для:

- ✓ виявлення водних об'єктів;
- ✓ аналізу просторового розподілу зволоження;
- ✓ оцінки змін водного режиму території;

- ✓ виявлення перезволожених і потенційно підтоплених ділянок;
- ✓ аналізу стану рослинності в умовах дефіциту або надлишку вологи;
- ✓ моніторингу природних і антропогенних змін водного середовища.

Таким чином, NDWI є важливим інструментом дистанційного моніторингу водних ресурсів і просторового аналізу зволоження території у системі сучасних геоекологічних досліджень.

Роль платформ дистанційного моніторингу

Сучасні дистанційні дослідження здійснюються із використанням спеціалізованих платформ дистанційного моніторингу та геоінформаційних систем, які забезпечують доступ до супутникових даних, їх візуалізацію, обробку та просторовий аналіз.

Серед найбільш поширених платформ дистанційного зондування Землі найактивніше використовуються:

- [Copernicus Browser](#);
- [Google Earth Engine](#);
- [NASA Earthdata](#);
- [USGS EarthExplorer](#);
- [Sentinel Hub EO Browser](#);
- [NASA Worldview](#).

Однією з найбільш поширених платформ є [Copernicus Browser](#), яка забезпечує:

- ✓ доступ до супутникових даних Sentinel;
- ✓ візуалізацію космічних знімків;
- ✓ розрахунок спектральних індексів;
- ✓ виконання дистанційного аналізу території;
- ✓ порівняння супутникових знімків у часі.

Для подальшої обробки, просторового аналізу та побудови тематичних карт широко використовується QGIS.

Для верифікації результатів дешифрування та детального аналізу території також застосовується Google Earth Pro.

Таким чином, **дистанційні методи дослідження** забезпечують можливість отримання, аналізу та інтерпретації просторової інформації про територію на основі космічних знімків і спектральних характеристик поверхні та виступають важливим інструментом сучасного геоекологічного аналізу.

МЕТОДИЧНА ЛОГІКА ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Ця практична робота складається з кількох взаємопов'язаних частин, які відображають послідовність виконання дистанційного геопросторового дослідження території – від підготовки вихідних даних і візуального дешифрування космічних знімків до спектрального аналізу, геоінформаційної обробки та геоекологічної інтерпретації отриманих результатів.

- ✚ Початковий етап роботи передбачає *підготовку вихідних даних дистанційного зондування Землі та попередній аналіз досліджуваної території*. На цьому етапі здобувачі працюють із космічними знімками у середовищах дистанційного моніторингу та формують загальне уявлення про просторову структуру території, характер землекористування, особливості рослинного покриву та наявність антропогенних об'єктів.
- ✚ Наступна частина роботи має *інтерпретаційно-аналітичний характер і пов'язана з візуальним дешифруванням космічних знімків*. Основна увага на цьому етапі зосереджується на аналізі дешифрувальних ознак об'єктів – форми, кольору, текстури, просторового положення та взаємозв'язків між компонентами території. Саме на цьому етапі формується розуміння принципів дистанційної інтерпретації природних і антропогенно трансформованих геосистем.
- ✚ Подальший етап роботи має *кількісно-аналітичний характер і передбачає розрахунок та інтерпретацію спектральних індексів (NDVI, NDWI тощо) для оцінки стану рослинного покриву, рівня зволоження території та особливостей землекористування*. На цьому етапі здійснюється перехід від візуальної інтерпретації космічних знімків до кількісного аналізу спектральних характеристик поверхні.
- ✚ Важливою складовою роботи є *геоінформаційна обробка результатів дистанційного аналізу* із використанням [Copernicus Browser](#), QGIS та Google Earth Pro. Це забезпечує можливість просторової візуалізації даних, побудови тематичних карт, перевірки достовірності результатів і подальшої геоекологічної інтерпретації.
- ✚ Завершальний етап роботи пов'язаний із *узагальненням отриманих результатів, встановленням просторових закономірностей та оцінкою геоекологічного стану території на основі результатів дешифрування та спектрального аналізу*.

Таким чином, методична логіка роботи побудована за принципом послідовного переходу по ланцюжку:

«підготовка даних → візуальне дешифрування → спектральний аналіз → геоінформаційна обробка → геоекологічна інтерпретація».

Такий підхід забезпечує формування цілісного уявлення про можливості дистанційних методів у системі сучасних геоекологічних досліджень та їх взаємозв'язок із польовими й геоінформаційними методами аналізу території.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Методична логіка виконання цієї роботи та реалізація інтегрованого підходу передбачають послідовне запровадження таких етапів:

1. **Інтерпретаційний етап** – візуальне дешифрування космічних знімків з метою формування розуміння основних дешифрувальних ознак природних і антропогенних об'єктів та особливостей просторової структури території.
2. **Дистанційно-аналітичний етап** – виконання спектрального аналізу території шляхом розрахунку спектральних індексів (NDVI, NDWI тощо) для оцінки стану рослинності, рівня зволоження та особливостей землекористування.
3. **Геоінформаційний етап** – обробка та візуалізація результатів дистанційного аналізу у середовищі QGIS, створення тематичних карт і просторовий аналіз отриманих даних.
4. **Верифікаційний етап** – зіставлення результатів дешифрування та спектрального аналізу з матеріалами високодетального супутникового зображення і даними Google Earth Pro для перевірки достовірності інтерпретації.
5. **Аналітико-інтерпретаційний етап** – узагальнення результатів дистанційного дослідження, встановлення просторових закономірностей та геоекологічна інтерпретація отриманих даних.

Такий підхід забезпечує поєднання візуального дешифрування, кількісного спектрального аналізу та геоінформаційної обробки даних, формуючи цілісне уявлення про можливості дистанційних методів у системі сучасних геоекологічних досліджень.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

ЧАСТИНА А.

ПІДГОТОВКА ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ПОПЕРЕДНІЙ АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЇ

У ході виконання даної частини роботи здійснюється підготовка вихідних матеріалів дистанційного зондування Землі та попередній аналіз досліджуваної території з метою формування загального уявлення про її природні та антропогенні особливості, а також підготовки даних до подальшого дешифрування та спектрального аналізу.

Послідовність виконання цієї частини роботи спрямована на формування у здобувачів базових навичок підготовки, візуалізації та попередньої інтерпретації матеріалів дистанційного зондування Землі як основи подальшого дешифрування космічних знімків і виконання спектрального аналізу території, й складається з наступних етапів: 1) вибору території дослідження, 2) роботи з платформою дистанційного моніторингу, 3) попереднього аналізу космічного знімка та 4) підготовки даних до подальшого геоінформаційного й спектрального аналізу.

1. ВИБІР ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Обрання території для дистанційного аналізу

Для дослідження доцільно обирати територію, у межах якої чітко проявляються різні типи землекористування та природних компонентів.

Під час вибору території врахуйте:

- ✓ різноманітність видів землекористування;
- ✓ наявність природних та антропогенних об'єктів;
- ✓ доступність супутникових даних;
- ✓ наявність контрастних ділянок рослинного покриву;
- ✓ присутність водних об'єктів або перезволожених територій.

1.2. Фіксація меж досліджуваної території

1. Визначте орієнтовні межі території дослідження.
2. За можливості підготуйте:
 - ✓ координати центральної точки;
 - ✓ назву території;
 - ✓ короткий опис її особливостей.
3. Зафіксуйте:

- ✓ адміністративне положення;
- ✓ тип території (урбанізована, аграрна, природна тощо).

2. РОБОТА З ПЛАТФОРМОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

2.1. Початок роботи із платформою дистанційного моніторингу

1. Перейдіть на платформу [Copernicus Browser](#).
2. Авторизуйтеся у системі (за потреби).
3. Ознайомтеся з основними елементами інтерфейсу:
 - пошук території;
 - панель шарів;
 - часовий фільтр;
 - налаштування візуалізації;
 - інструменти спектрального аналізу.

2.2. Пошук території дослідження

1. У рядку пошуку введіть:
 - назву населеного пункту;
 - координати;
 - назву території.
2. Наблизьте карту до необхідного масштабу.
3. Перевірте:
 - правильність вибору території;
 - відповідність меж дослідження.

2.3. Вибір супутникових даних

1. У меню вибору даних оберіть:
 - Sentinel-2 L2A (рекомендовано);
 - або інші доступні супутникові матеріали.
2. Встановіть часовий діапазон знімання.
3. Оберіть знімки:
 - з мінімальною хмарністю;
 - з достатньою якістю відображення території.
4. Зафіксуйте:
 - дату знімання;
 - тип супутникових даних;
 - відсоток хмарності.

3. ПОПЕРЕДНІЙ АНАЛІЗ КОСМІЧНОГО ЗНІМКА

3.1. Аналіз загальної структури території

Проведіть попередній візуальний аналіз космічного знімка.
Оцініть:

- ✓ загальну структуру території;
- ✓ характер землекористування;

- ✓ наявність водних об'єктів;
- ✓ особливості рослинного покриву;
- ✓ наявність урбанізованих ділянок;
- ✓ просторову неоднорідність території.

3.2. Визначення контрастних ділянок

1. Виділіть території, що:
 - ✓ відрізняються за кольором;
 - ✓ мають різну текстуру;
 - ✓ характеризуються неоднорідною структурою.
2. Зверніть увагу на:
 - ✓ межі між різними типами землекористування;
 - ✓ ділянки зі зміненим рослинним покривом;
 - ✓ території з ознаками антропогенного впливу.

3.3. Первинна інтерпретація території

Попередньо визначте:

- ✓ сільськогосподарські території;
- ✓ лісові масиви;
- ✓ урбанізовані ділянки;
- ✓ водні об'єкти;
- ✓ відкриті поверхні.

4. Підготовка даних до подальшого аналізу

4.1. Налаштування відображення космічного знімка

1. Оберіть базову спектральну композицію каналів (рис. 5.2):
 - ✓ True Color;
 - ✓ False Color;
 - ✓ False Color Urban;
 - ✓ SWIR-композицію (за необхідності).
2. Порівняйте відображення території у різних спектральних композиціях.
3. Визначте, яка спектральна композиція є найбільш інформативною для:
 - ✓ дешифрування рослинності;
 - ✓ аналізу землекористування;
 - ✓ виявлення водних об'єктів.

4.2. Налаштування параметрів візуалізації

За потреби виконайте:

- ✓ зміну контрастності;
- ✓ корекцію яскравості;
- ✓ налаштування масштабування;
- ✓ зміну часових параметрів;
- ✓ вибір іншого супутникового знімка.

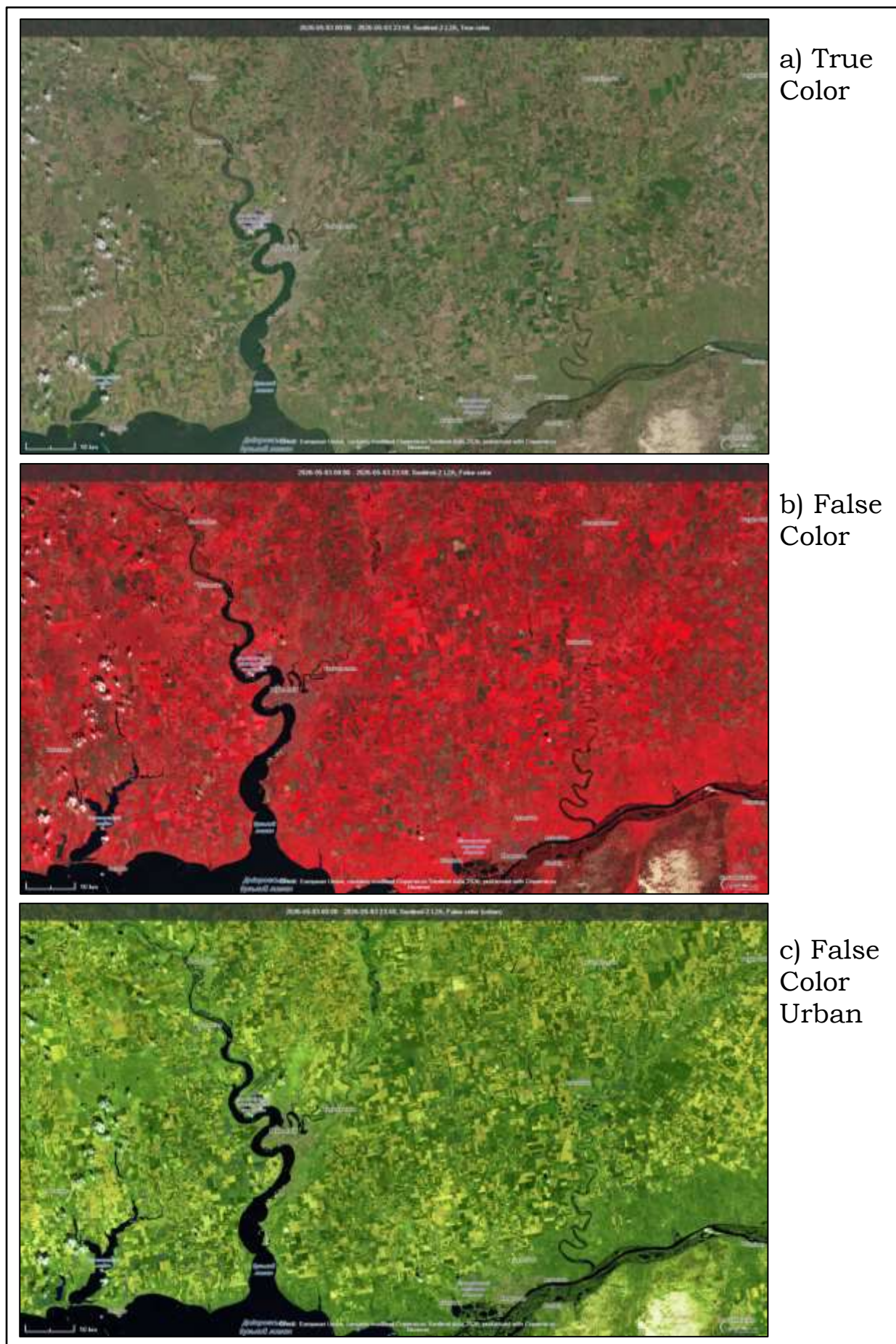


Рис. 5.2. Космічні знімки у різних режимах спектральної візуалізації

4.3. Підготовка матеріалів до дешифрування та спектрального аналізу

1. Підготуйте знімки для подальшої роботи.
2. За потреби:
 - виконайте експорт фрагментів зображення;
 - збережіть координати території;
 - створіть скриншоти або фрагменти знімків.
3. Підготуйте територію до:
 - дешифрування;
 - розрахунку NDVI;
 - розрахунку NDWI;
 - подальшої GIS-обробки.

Таким чином, на даному етапі здійснюється підготовка вихідних матеріалів дистанційного зондування Землі та формується загальне уявлення про просторову структуру досліджуваної території. Отримані результати виступають основою для подальшого дешифрування космічних знімків, виконання спектрального аналізу та геоекологічної інтерпретації території.

ЧАСТИНА В.

ДЕШИФРУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

На даному етапі здійснюється візуальне дешифрування космічних знімків з метою розпізнавання природних та антропогенних об'єктів, аналізу просторової структури території та формування навичок інтерпретації геосистем за їх спектральними і візуальними ознаками.

Послідовність виконання цієї частини роботи спрямована на формування у здобувачів здатності аналізувати космічні знімки у різних спектральних композиціях, встановлювати просторові взаємозв'язки між об'єктами та здійснювати геоекологічну інтерпретацію території на основі дешифрувальних ознак.

1. АНАЛІЗ ДЕШИФРУВАЛЬНИХ ОЗНАК

1.1. Підготовка зображення до дешифрування

1. Відкрийте обраний космічний знімок у [Copernicus Browser](#).
2. Встановіть оптимальний масштаб відображення території.
3. За потреби:
 - змініть рівень масштабування;
 - налаштуйте контрастність;
 - скоригуйте яскравість зображення.
4. Переконайтеся, що:

- ✓ межі території чітко відображаються;
- ✓ основні об'єкти добре розрізняються;
- ✓ відсутні суттєві перешкоди (хмарність, тіні тощо).

1.2. Аналіз основних дешифрувальних ознак

Послідовно проаналізуйте:

Геометричні ознаки

Оцініть:

- форму об'єктів;
- їх розміри;
- конфігурацію контурів.

Зверніть увагу на те, що:

- ✓ природні об'єкти зазвичай мають нерегулярну форму;
- ✓ антропогенні – правильну або геометризovanу структуру.

Тональні та кольорові ознаки

Проаналізуйте:

- ✓ колір;
- ✓ тон;
- ✓ контрастність території.

Визначте:

- ✓ світлі та темні ділянки;
- ✓ контрастні межі між об'єктами;
- ✓ неоднорідності поверхні.

Текстурні ознаки

Оцініть:

- ✓ однорідність або неоднорідність текстури;
- ✓ зернистість поверхні;
- ✓ характер просторової структури.

Порівняйте:

- ✓ лісові масиви;
- ✓ урбанізовані території;
- ✓ сільськогосподарські угіддя.

Просторові взаємозв'язки

Проаналізуйте:

- ✓ взаємне розташування об'єктів;
- ✓ зв'язок між природними компонентами;
- ✓ просторову структуру землекористування.

1.3. Визначення характерних ознак окремих типів об'єктів

Визначте характерні ознаки:

Рослинності

Зверніть увагу на:

- ✓ текстуру;

- ✓ інтенсивність кольору;
- ✓ просторову неоднорідність.

Водних об'єктів

Проаналізуйте:

- ✓ темні тони;
- ✓ форму берегової лінії;
- ✓ особливості розташування.

Урбанізованих територій

Визначте:

- ✓ геометризовану просторову структуру території;
- ✓ регулярність планувальної організації забудови;
- ✓ прямолінійні елементи транспортної інфраструктури;
- ✓ щільність та мозаїчність забудови.

Сільськогосподарських угідь

Зверніть увагу на:

- ✓ контурність полів;
- ✓ однорідність поверхні;
- ✓ сезонні відмінності рослинності.

2. ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ТЕРИТОРІЇ

2.1. Виділення типів землекористування

1. На основі дешифрування визначте:

- ✓ лісові території;
- ✓ сільськогосподарські угіддя;
- ✓ урбанізовані території;
- ✓ водні об'єкти;
- ✓ відкриті поверхні.

2. За можливості:

- оконтурте основні типи землекористування;
- створіть схему або скриншот із умовними позначеннями.

2.2. Аналіз просторової структури території

Проаналізуйте:

- ✓ просторове розміщення об'єктів;
- ✓ мозаїчність території;
- ✓ ступінь антропогенної трансформації.

Визначте:

- ✓ ділянки зі зміненим рослинним покривом;
- ✓ потенційно деградовані території;
- ✓ території з ознаками антропогенного впливу;
- ✓ контрастні просторові зони.

2.3. Попередня геоecологічна інтерпретація

Спробуйте встановити:

- ✓ можливі джерела антропогенного навантаження;
- ✓ особливості структури землекористування;
- ✓ потенційно проблемні території;
- ✓ просторові прояви трансформації геосистем.

3. ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ РЕЖИМІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

3.1. Використання різних спектральних композицій

Оберіть та послідовно проаналізуйте:

- ✓ природнокольорову композицію (True Color);
- ✓ інфрачервону псевдокольорову композицію (False Color);
- ✓ False Color Urban;
- ✓ SWIR-візуалізацію (за необхідності).

3.2. Аналіз особливостей відображення території

Для кожної композиції виконайте наступні дії.

True Color

Оцініть:

- ✓ реалістичність відображення;
- ✓ зручність візуального сприйняття;
- ✓ особливості землекористування.

False Color

Проаналізуйте:

- ✓ інтенсивність розвитку рослинного покриву;
- ✓ контрастність рослинності;
- ✓ стан природних територій.

False Color Urban

Визначте:

- ✓ особливості забудови;
- ✓ межі урбанізованих територій;
- ✓ транспортну інфраструктуру.

SWIR-композиція

Проаналізуйте:

- ✓ рівень зволоження;
- ✓ сухі поверхні;
- ✓ неоднорідність ґрунтового покриву.

3.3. Порівняльний аналіз візуалізацій

Порівняйте ефективність різних типів візуалізації для:

- ✓ дешифрування рослинності;
- ✓ аналізу землекористування;

- ✓ виявлення антропогенного впливу;
- ✓ оцінки стану території.

Визначте:

- ✓ яка композиція є найбільш інформативною;
- ✓ які обмеження має кожен тип візуалізації;
- ✓ як змінюється інтерпретація території залежно від спектральної композиції.

Таким чином, на даному етапі здійснюється візуальне дешифрування космічних знімків та формується розуміння принципів інтерпретації території за дешифрувальними ознаками. Отримані результати виступають основою для подальшого спектрального аналізу, геоінформаційної обробки та геоекологічної оцінки досліджуваної території.

ЧАСТИНА С.

СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЇ

На даному етапі здійснюється кількісний аналіз спектральних характеристик поверхні шляхом розрахунку спектральних індексів, що дозволяють оцінювати стан рослинного покриву, особливості зволоження території та просторову структуру природних і антропогенно трансформованих геосистем. Послідовність виконання цієї частини роботи спрямована на формування у здобувачів навичок кількісного дистанційного аналізу території, інтерпретації спектральних характеристик поверхні та встановлення просторових закономірностей на основі результатів спектрального аналізу.

1. Розрахунок NDVI

1.1. Підготовка вихідних даних

1. Відкрийте обраний космічний знімок у [Copernicus Browser](#) або QGIS.
2. Переконайтеся, що:
 - ✓ знімок має достатню якість;
 - ✓ рівень хмарності є мінімальним;
 - ✓ територія повністю охоплює межі дослідження.
3. За потреби:
 - ✓ уточніть межі території;
 - ✓ налаштуйте масштаб відображення;
 - ✓ виконайте обрізку фрагмента зображення.

1.2. Розрахунок індексу NDVI

1. У меню візуалізації оберіть:
 - NDVI, або
 - інструмент розрахунку користувачьких індексів.
2. Переконайтеся, що для розрахунку використовуються:
 - ✓ канал NIR;
 - ✓ канал Red.
3. За потреби виконайте «ручний» розрахунок індексу за формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

4. Побудуйте карту просторового розподілу NDVI.

1.3. Аналіз карти NDVI

Проаналізуйте:

- ✓ стан рослинності;
- ✓ просторовий розподіл рослинного покриву;
- ✓ неоднорідність території;
- ✓ контрастність між різними типами поверхні.

1.4. Інтерпретація результатів NDVI

Визначте:

- ✓ ділянки з високими значеннями NDVI;
- ✓ території зі слабким розвитком рослинності;
- ✓ урбанізовані поверхні;
- ✓ відкриті ґрунти;
- ✓ потенційно деградовані території.

Зверніть увагу та те:

- ✓ як змінюються значення індексу залежно від типу землекористування;
- ✓ які просторові закономірності проявляються у межах території.

2. Розрахунок NDWI

2.1. Підготовка даних для аналізу зволоження

1. Використайте той самий космічний знімок або інший доступний матеріал дистанційного зондування.
2. Переконайтеся, що:
 - ✓ добре відображаються водні об'єкти;
 - ✓ відсутні значні атмосферні перешкоди;
 - ✓ рівень деталізації є достатнім для аналізу території.

2.2. Розрахунок індексу NDWI

1. У меню візуалізації оберіть:

- ✓ NDWI, або
- ✓ інструмент користувацького розрахунку індексів.
- 2. Переконайтеся, що для розрахунку використовуються:
 - ✓ канал Green;
 - ✓ канал NIR.
- 3. За потреби виконайте «ручний» розрахунок за формулою:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

- 4. Побудуйте карту просторового розподілу NDWI.

2.3. Аналіз карти NDWI

Проаналізуйте:

- ✓ водні об'єкти;
- ✓ перезволожені ділянки;
- ✓ території з різним рівнем зволоження;
- ✓ неоднорідність водного режиму території.

2.4. Інтерпретація результатів NDWI

Визначте:

- ✓ ділянки з високим рівнем зволоження;
- ✓ потенційно підтоплені території;
- ✓ сухі поверхні;
- ✓ просторові особливості розподілу вологи.

Зверніть увагу:

- ✓ як зволоження пов'язане із землекористуванням;
- ✓ як проявляються природні та антропогенні особливості території.

3. ІНТЕРПРЕТАЦІЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ІНДЕКСІВ

3.1. Порівняння результатів NDVI та NDWI

Порівняйте:

- карту NDVI;
- карту NDWI;
- результати попереднього дешифрування території.

Проаналізуйте:

- ✓ просторову узгодженість результатів;
- ✓ контрастність території;
- ✓ взаємозв'язок між рослинністю та зволоженням.

3.2. Встановлення просторових закономірностей

Визначте:

- ✓ специфіку залежностей між рослинністю та рівнем зволоження;
- ✓ особливості просторової структури території;
- ✓ території зі зміненим рослинним покривом;

- ✓ можливі прояви антропогенного впливу.

3.3. Геоєкологічна інтерпретація результатів

Проаналізуйте:

- ✓ як землекористування впливає на значення індексів;
- ✓ які території є найбільш трансформованими;
- ✓ де проявляються ознаки деградації рослинного покриву;
- ✓ які просторові контрасти характеризують територію.

За результатами аналізу сформулюйте попередній висновок щодо:

- ✓ стану рослинного покриву;
- ✓ особливостей зволоження;
- ✓ рівня антропогенного навантаження;
- ✓ геоєкологічного стану досліджуваної території.

Таким чином, на даному етапі здійснюється кількісний спектральний аналіз території на основі розрахунку індексів NDVI та NDWI, що дозволяє виявляти просторові закономірності рослинного покриву, особливості зволоження території та прояви антропогенної трансформації геосистем. Отримані результати виступають основою подальшої геоєкологічної інтерпретації території та оцінки її сучасного стану.

ЧАСТИНА D.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ОБРОБКА ТА ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

На даному етапі здійснюється геоінформаційна обробка результатів дистанційного аналізу, побудова тематичних карт та перевірка достовірності інтерпретації отриманих результатів шляхом їх просторового зіставлення з високодетальними супутниковими зображеннями та реальними особливостями території.

Послідовність виконання цієї частини роботи спрямована на формування у здобувачів навичок інтеграції результатів дистанційного аналізу у GIS-середовище, створення тематичних картографічних матеріалів та критичного оцінювання достовірності отриманих результатів дешифрування й спектрального аналізу.

1. ІМПОРТ РЕЗУЛЬТАТІВ У GIS-СЕРЕДОВИЩЕ

1.1. Підготовка даних до GIS-обробки

1. Підготуйте результати дистанційного аналізу:

- ✓ карти NDVI;
- ✓ карти NDWI;
- ✓ фрагменти космічних знімків;
- ✓ результати дешифрування території.

2. За потреби виконайте:

- експорт растрових матеріалів;
- збереження зображень у відповідному форматі;
- перевірку коректності геоприв'язки.

1.2. Імпорт результатів у QGIS

1. Відкрийте проєкт у QGIS.

2. Імпортуйте:

- космічні знімки;
- карти спектральних індексів;
- тематичні растрові шари.

3. Перевірте:

- ✓ коректність відображення шарів;
- ✓ просторову прив'язку даних;
- ✓ відповідність систем координат.

1.3. Організація тематичних шарів

1. Створіть окремі тематичні шари для:

- землекористування;
- NDVI;
- NDWI;
- результатів дешифрування.

2. Налаштуйте:

- порядок відображення шарів;
- прозорість;
- підписи;
- стиль візуалізації.

3. За потреби:

- виконайте обрізку території;
- обмежте межі дослідження;
- створіть додаткові векторні об'єкти.

2. ПОБУДОВА ТЕМАТИЧНИХ КАРТ

2.1. Створення тематичних картографічних матеріалів

Створіть:

- ✓ карту землекористування;
- ✓ карту NDVI;
- ✓ карту NDWI;
- ✓ карту результатів дешифрування території (за потреби).

2.2. Налаштування картографічного оформлення

Для кожної карти забезпечте:

- ✓ наявність легенди;
- ✓ логічну градацію значень;
- ✓ читабельність картографічних матеріалів;
- ✓ контрастність кольорової шкали;
- ✓ коректне відображення меж території.

2.3. Побудова картографічної композиції

У Layout Manager або аналогічному модулі QGIS:

1. Додайте:

- карту;
- легенду;
- масштаб;
- стрілку півночі;
- назву карти.

2. Налаштуйте:

- розміщення елементів;
- розміри підписів;
- оформлення композиції.

3. Експортуйте карту у формат файлу:

- PNG;
- JPG та/або
- PDF.

2.4. Аналіз тематичних карт

Проаналізуйте:

- ✓ просторову структуру території;
- ✓ контрастність між різними типами поверхні;
- ✓ закономірності розподілу рослинності;
- ✓ особливості зволоження території.

Зверніть увагу на те:

- ✓ як змінюються значення індексів;
- ✓ які території мають найбільш контрастні характеристики;
- ✓ як проявляється антропогенна трансформація.

3. ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1. Підготовка матеріалів до верифікації

1. Відкрийте Google Earth Pro.

2. Завантажте:

- ✓ результати дешифрування;
- ✓ тематичні карти;
- ✓ фрагменти космічних знімків.

3. За потреби:

- ✓ імпортуйте KML/KMZ-файли;
- ✓ налаштуйте прозорість шарів;
- ✓ виконайте порівняння різних джерел зображень.

3.2. Перевірка результатів дешифрування

Використайте Google Earth Pro для перевірки:

- ✓ правильності дешифрування;
- ✓ достовірності інтерпретації об'єктів;
- ✓ коректності визначення типів землекористування.

Порівняйте:

- ✓ межі об'єктів;
- ✓ структуру території;
- ✓ просторові взаємозв'язки між компонентами території.

3.3. Аналіз можливих розбіжностей

Визначте можливі розбіжності між:

- ✓ результатами візуального дешифрування;
- ✓ спектральним аналізом;
- ✓ високодетальними супутниковими зображеннями;
- ✓ реальними особливостями території.

3.4. Оцінка причин розбіжностей

Проаналізуйте можливі причини виявлених розбіжностей:

- ✓ сезонні відмінності знімків;
- ✓ різну просторову роздільну здатність;
- ✓ атмосферні перешкоди;
- ✓ особливості спектральної композиції;
- ✓ похибки інтерпретації.

3.5. Узагальнення результатів верифікації

Сформулюйте висновок щодо:

- ✓ достовірності результатів дистанційного аналізу;
- ✓ точності дешифрування;
- ✓ ефективності використаних методів;
- ✓ обмежень дистанційного дослідження території.

Таким чином, на даному етапі здійснюється інтеграція результатів дистанційного аналізу у геоінформаційне середовище, побудова тематичних карт та перевірка достовірності інтерпретації отриманих результатів. Виконання цієї частини роботи забезпечує формування у здобувачів навичок GIS-обробки даних, картографічного представлення набутих результатів та критичного оцінювання можливостей дистанційних методів у системі сучасних геоекологічних досліджень.

ЧАСТИНА Е.

ГЕОЕКОЛОГІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

На даному етапі здійснюється узагальнення результатів дистанційного дослідження та їх геоєкологічна інтерпретація з метою встановлення просторових закономірностей функціонування території, оцінки проявів антропогенного впливу та визначення можливостей дистанційних методів у системі комплексного геоєкологічного аналізу.

Послідовність виконання цієї частини роботи спрямована на формування у здобувачів навичок просторового узагальнення результатів дистанційного аналізу, встановлення причинно-наслідкових зв'язків між природними та антропогенними компонентами, а також здійснення комплексної геоєкологічної інтерпретації отриманих даних.

1. АНАЛІЗ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ ТЕРИТОРІЇ

1.1. Узагальнення результатів дешифрування та спектрального аналізу

Використовуючи результати:

- дешифрування космічних знімків;
- аналізу NDVI;
- аналізу NDWI;
- тематичних карт,

оцініть загальну просторову структуру досліджуваної території.

1.2. Аналіз структури землекористування

Проаналізуйте:

- ✓ структуру землекористування;
- ✓ співвідношення природних та антропогенно трансформованих територій;
- ✓ просторову організацію геосистем.

Визначте:

- ✓ основні типи землекористування;
- ✓ найбільш трансформовані території;
- ✓ ділянки з різним рівнем антропогенного навантаження.

1.3. Аналіз рослинного покриву

Оцініть:

- ✓ особливості розвитку рослинного покриву;
- ✓ ступінь його неоднорідності;
- ✓ просторову диференціацію рослинності.

Зверніть увагу на:

- ✓ ділянки із високими та низькими значеннями NDVI;
- ✓ контрастність рослинного покриву;
- ✓ зв'язок між рослинністю та типами землекористування.

1.4. Аналіз просторової диференціації території

Визначте:

- ✓ просторово контрастні ділянки;
- ✓ межі між різними типами геосистем;
- ✓ території зі зміненими природними характеристиками.

Проаналізуйте:

- ✓ неоднорідність території;
- ✓ мозаїчність землекористування;
- ✓ просторові закономірності розподілу природних компонентів.

2. Оцінка антропогенного впливу

2.1. Виявлення ознак антропогенної трансформації

На основі результатів дистанційного аналізу визначте:

- ✓ території з ознаками антропогенної трансформації;
- ✓ урбанізовані ділянки;
- ✓ змінені або деградовані території;
- ✓ просторово порушені геосистеми.

2.2. Аналіз деградації рослинного покриву

Визначте:

- ✓ території зі зниженими значеннями NDVI;
- ✓ ділянки із порушеним рослинним покривом;
- ✓ потенційно деградовані території.

Проаналізуйте:

- ✓ можливі причини деградаційних процесів;
- ✓ роль землекористування у зміні стану рослинності;
- ✓ просторові прояви антропогенного впливу.

2.3. Виявлення потенційно проблемних територій

Проаналізуйте:

- ✓ території з порушеним водним режимом;
- ✓ перезволожені або пересушені ділянки;
- ✓ контрастні антропогенно змінені поверхні.

Визначте:

- ✓ потенційно проблемні території;
- ✓ ділянки з ознаками нестабільності геосистем;
- ✓ просторові осередки антропогенного навантаження.

3. ГЕОЕКОЛОГІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1. Аналіз взаємозв'язків між компонентами геосистем

Проаналізуйте особливості:

- ✓ взаємозв'язку між землекористуванням та станом рослинності;
- ✓ впливу структури території на просторовий розподіл NDVI;
- ✓ взаємозв'язку між рівнем зволоження та рослинним покривом.

Зверніть увагу на те:

- ✓ як змінюються спектральні характеристики залежно від типу поверхні;
- ✓ які закономірності проявляються у межах різних типів геосистем.

3.2. Аналіз просторового розподілу зволоження

Проаналізуйте:

- ✓ особливості просторового розподілу NDWI;
- ✓ території з різним рівнем зволоження;
- ✓ особливості зв'язку між рельєфом, землекористуванням та зволоженням.

Визначте:

- ✓ ділянки з підвищеною вологістю;
- ✓ потенційно підтоплені території;
- ✓ території з дефіцитом вологи.

3.3. Виявлення геоecологічних ризиків

На основі комплексного аналізу визначте можливі:

- ✓ ризики деградації рослинного покриву;
- ✓ прояви антропогенного навантаження;
- ✓ порушення структури геосистем;
- ✓ потенційні екологічні проблеми дослідних ділянок.

За можливості:

- ✓ поясніть причини формування виявлених ризиків;
- ✓ встановіть просторові закономірності прояву ризиків.

4. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1. Оцінка можливостей дистанційних методів

Сформулюйте висновки щодо:

- ✓ можливостей застосування дистанційних методів у геоecологічних дослідженнях;
- ✓ ефективності використання космічних знімків;
- ✓ ролі спектрального аналізу у дослідженні геосистем.

4.2. Оцінка ефективності спектрального аналізу

Проаналізуйте:

- ✓ інформативність індексів NDVI та NDWI;
- ✓ можливості кількісного аналізу території;
- ✓ переваги поєднання візуального дешифрування та спектрального аналізу.

Визначте:

- ✓ сильні сторони використаних методів;
- ✓ можливі обмеження дистанційного аналізу.

4.3. Формулювання підсумкового висновку

Сформулюйте узагальнений висновок щодо:

- ✓ геоекологічного стану досліджуваної території;
- ✓ особливостей її просторової структури;
- ✓ рівня антропогенної трансформації;
- ✓ значення отриманих результатів для геоекологічних досліджень.

Таким чином, на даному етапі здійснюється комплексна геоекологічна інтерпретація результатів дистанційного аналізу території, встановлення просторових закономірностей функціонування геосистем та оцінка проявів антропогенного впливу. Виконання цієї частини роботи забезпечує формування у здобувачів цілісного уявлення про можливості дистанційних методів у системі сучасного геоекологічного аналізу та моніторингу довкілля.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

БЛОК 1

АНАЛІЗ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ І ДЕШИФРУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ

Завдання 1. Порівняльне дешифрування різних типів територій

Оберіть дві території, що суттєво відрізняються між собою за існуючим в їх межах характером землекористування (наприклад, урбанізовану та сільськогосподарську).

Використовуючи космічні знімки Sentinel-2 у [Copernicus Browser](#):

- ✓ виконайте візуальне дешифрування територій;
- ✓ визначте основні типи землекористування;
- ✓ порівняйте:
 - структуру території;
 - характер рослинного покриву;
 - ступінь антропогенної трансформації;

- ✓ порівняйте результати дешифрування у композиціях:
 - True Color;
 - False Color;
 - False Color Urban;
- ✓ визначте, яка композиція є найбільш інформативною для різних типів землекористування;
- ✓ зафіксуйте координати ключових ділянок дослідження;
- ✓ створіть схему дешифрування території або оконтурте основні типи землекористування у GIS-середовищі.

Сформулюйте висновок щодо особливостей просторової організації досліджуваних територій.

Завдання 2. Аналіз змін території у часі

Використовуючи космічні знімки різних років:

- ✓ використайте часовий фільтр у [Copernicus Browser](#);
- ✓ порівняйте космічні знімки різних років або сезонів;
- ✓ оцініть динаміку змін території;
- ✓ створіть порівняльні скриншоти або картосхеми змін;
- ✓ за отриманими метаріалами проаналізуйте зміни землекористування;
- ✓ визначте ділянки:
 - урбанізації;
 - деградації рослинності;
 - трансформації природних територій.

Оцініть можливі причини виявлених змін.

БЛОК 2

СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЇ

Завдання 3. Аналіз стану рослинного покриву за NDVI

Розрахуйте індекс NDVI для обраної території.

Побудуйте карту просторового розподілу NDVI та:

- ✓ виконайте класифікацію значень індексу;
- ✓ порівняйте результати NDVI із результатами візуального дешифрування;
- ✓ проаналізуйте, як змінюються значення індексу для різних типів землекористування.

Визначте:

- ✓ ділянки з високими та низькими значеннями індексу;
- ✓ просторові закономірності поширення рослинного покриву;
- ✓ можливі фактори, що впливають на стан рослинності.

Поясніть взаємозв'язок між характером землекористування та значеннями NDVI.

Завдання 4. Аналіз зволоження території за NDWI

Створіть карту просторового розподілу NDWI та, використовуючи індекс NDWI:

- ✓ визначте водні об'єкти та перезволожені ділянки;
- ✓ проаналізуйте просторові особливості зволоження території;
- ✓ визначте межі територій із підвищеним рівнем зволоження;
- ✓ порівняйте результати NDWI з особливостями рельєфу та рослинного покриву;
- ✓ встановіть взаємозв'язок між рельєфом, землекористуванням і характером зволоження;
- ✓ оцініть можливі чинники формування виявлених закономірностей.

БЛОК 3

ГЕОЕКОЛОГІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Завдання 5. Оцінка антропогенного навантаження

На основі результатів дешифрування та спектрального аналізу:

- ✓ визначте території з ознаками інтенсивного антропогенного впливу;
- ✓ створіть схему просторового розподілу антропогенно трансформованих територій;
- ✓ визначте території з найбільш контрастними значеннями NDVI та NDWI;
- ✓ оцініть:
 - ступінь трансформації території;
 - можливі геоекологічні ризики;
 - стан рослинного покриву;
- ✓ встановіть взаємозв'язок між структурою землекористування та спектральними характеристиками поверхні.

Обґрунтуйте, які фактори найбільше впливають на геоекологічний стан території.

Завдання 6. Порівняння результатів дистанційного та польового аналізу

Використайте результати попередньої практичної роботи, присвяченої польовим дослідженням.

Виконайте просторове зіставлення польових та дистанційних даних, порівнявши результати:

- ✓ польових спостережень;
- ✓ дешифрування космічних знімків;
- ✓ спектрального аналізу.

Визначте:

- ✓ ступінь узгодженості набутих результатів;

- ✓ переваги та обмеження дистанційних методів;
- ✓ роль польових досліджень у верифікації результатів дистанційного аналізу;
- ✓ оцініть роль польової верифікації у дистанційних дослідженнях;
- ✓ визначте обмеження здійснення дистанційного аналізу без польових спостережень.

БЛОК 4

КЕЙС-ОРІЄНТОВАНІ ЗАВДАННЯ

Кейс 1.

Виявлення деградації рослинного покриву

Уявіть, що на території дослідження відбувається поступове зменшення площ рослинного покриву.

Використовуючи космічні знімки та обрахунок NDVI:

- ✓ визначте ділянки деградації;
- ✓ оцініть масштаби змін;
- ✓ поясніть можливі причини деградаційних процесів;

Запропонуйте підходи до моніторингу таких змін.

Кейс 2.

Аналіз наслідків антропогенного впливу

Уявіть, що на досліджуваній території розташований великий промисловий або інфраструктурний об'єкт. Для аналізу його впливу на прилеглі геосистеми:

- ✓ побудуйте серію NDVI-карт за різні часові періоди;
- ✓ виконайте буферний аналіз території навколо об'єкта (за можливості у GIS);
- ✓ оцініть зміну спектральних характеристик із віддаленням від джерела впливу.

Використовуючи результати дистанційного аналізу:

- ✓ оцініть швидкість просторових змін;
- ✓ оцініть вплив об'єкта на прилеглі території;
- ✓ визначте:
 - зміни у структурі рослинного покриву;
 - ознаки трансформації землекористування;
 - території з найбільш інтенсивною деградацією;
 - території потенційного поширення антропогенного навантаження.

Узагальнююче завдання

Обґрунтуйте роль дистанційних методів у системі геоecологічного моніторингу антропогенних впливів.

Сформулюйте узагальнений висновок щодо можливостей застосування дистанційних методів у системі сучасних геоecологічних досліджень та їх ролі у виявленні, аналізі й моніторингу просторових змін території.

МЕТОДИЧНІ ПОЯСНЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Під час виконання даної практичної роботи важливо не обмежуватися лише візуальним переглядом космічних знімків або механічним розрахунком спектральних індексів.

Здобувач має усвідомити, що **дистанційні методи** дослідження є одним із ключових інструментів сучасного геоecологічного аналізу території, який дозволяє отримувати, аналізувати та інтерпретувати просторову інформацію про стан природних і антропогенно змінених геосистем.

У геоecологічних дослідженнях **космічні знімки** виступають джерелом емпіричних геопросторових даних, що відображають сучасний стан території, особливості землекористування, структуру рослинного покриву, рівень зволоження та прояви антропогенного впливу.

Саме тому важливо навчитися не лише працювати із супутниковими даними, а й правильно інтерпретувати їх зміст.

Значення візуального дешифрування

Візуальне дешифрування космічних знімків є основою дистанційного аналізу території.

Воно формує здатність розпізнавати природні та антропогенні об'єкти за їх дешифрувальними ознаками – формою, кольором, текстурою, просторовими взаємозв'язками та особливостями розміщення.

На цьому етапі важливо зрозуміти те, що:

- ✓ один і той самий об'єкт може по-різному відображатися у різних спектральних каналах;
- ✓ інтерпретація території залежить від масштабу аналізу;
- ✓ дешифрування завжди потребує просторового контексту.

Саме тому дистанційний аналіз не є простим «читанням» знімка, а передбачає аналітичну інтерпретацію просторової структури території.

Роль спектрального аналізу

Розрахунок спектральних індексів забезпечує перехід від якісної інтерпретації космічних знімків до кількісного аналізу геосистем.

Під час виконання роботи важливо розуміти, що:

- ✓ NDVI характеризує не «наявність зеленого кольору», а спектральні особливості рослинності;
- ✓ NDWI відображає особливості зволоження території;
- ✓ значення індексів необхідно інтерпретувати у зв'язку з природними умовами та характером землекористування.

Таким чином, спектральний аналіз дозволяє виявляти просторові закономірності, які не завжди є очевидними під час звичайного візуального дешифрування.

Поєднання дистанційних та геоінформаційних методів

Важливою складовою роботи є інтеграція результатів дистанційного аналізу у геоінформаційне середовище, зокрема із використанням QGIS. Адже геоінформаційні системи забезпечують:

- ✓ просторову обробку результатів;
- ✓ побудову тематичних карт;
- ✓ порівняння різних типів даних;
- ✓ геоекологічну інтерпретацію території.

При цьому GIS слід розглядати не лише як засіб візуалізації, а як інструмент просторового аналізу та узагальнення результатів дослідження.

Верифікація результатів дистанційного аналізу

Під час інтерпретації результатів дистанційного дослідження

необхідно враховувати, що космічний знімок є узагальненим відображенням території та може містити певні обмеження, пов'язані з:

- ✓ просторовою роздільною здатністю;
- ✓ сезонними особливостями знімання;
- ✓ атмосферними умовами;
- ✓ особливостями спектрального «відгуку» поверхні.

Саме тому результати дешифрування та спектрального аналізу доцільно перевіряти за допомогою:

- ✓ високодетальних супутникових зображень;
- ✓ матеріалів польових досліджень;
- ✓ сервісів Google Earth Pro.

Геоекологічний зміст роботи

У межах даної практичної роботи дистанційні методи розглядаються не ізольовано, а як складова системи комплексного геоекологічного аналізу території.

Отримані результати можуть бути використані для:

- ✓ оцінки стану рослинного покриву;
- ✓ аналізу землекористування;
- ✓ виявлення деградаційних процесів;
- ✓ моніторингу антропогенних змін;
- ✓ дослідження просторової структури геосистем.

Таким чином, виконання роботи спрямоване на формування у здобувачів цілісного розуміння можливостей дистанційних методів у системі сучасних геоекологічних досліджень.

ТИПОВІ ПОМИЛКИ ЗДОБУВАЧІВ

Під час виконання цієї практичної роботи найчастіше трапляються помилки, пов'язані не лише з технічними аспектами роботи із космічними знімками, а й із недостатнім розумінням принципів дистанційного геопросторового аналізу та особливостей інтерпретації спектральних даних.

Сутність можливих помилок доцільно розглядати відповідно до основних етапів виконання практичної роботи.

1. Помилки підготовчого етапу

(Частина А. Підготовка вихідних даних та попередній аналіз території)

Під час виконання цієї частини практичної роботи можливими є наступні види помилок.

1. Використання космічних знімків без урахування дати їх отримання та сезонних особливостей.

2. Ігнорування впливу хмарності або атмосферних умов на якість знімка.
3. Неврахування просторової роздільної здатності під час аналізу дрібних об'єктів.
4. Формальний попередній аналіз території без урахування її природних та антропогенних особливостей.
5. Неправильний вибір спектральної композиції для подальшого дешифрування.

2. Помилки під час дешифрування космічних знімків (Частина В. Дешифрування космічних знімків)

1. Неправильне трактування дешифрувальних ознак об'єктів.
2. Ототожнення кольору космічного знімка із реальним кольором поверхні.
3. Формальне дешифрування території без урахування просторового контексту.
4. Неправильна інтерпретація текстури та структури поверхні.
5. Плутанина між природними та антропогенно зміненими об'єктами.
6. Ігнорування взаємозв'язків між об'єктами під час інтерпретації території.
7. Механічне виділення типів землекористування без аналізу їх просторової структури.

3. Помилки спектрального аналізу (Частина С. Спектральний аналіз території)

1. Помилкова інтерпретація значень спектральних індексів.
2. Ототожнення високих значень NDVI виключно з «густою рослинністю» без аналізу типу рослинного покриву.
3. Неправильне трактування NDWI та автоматичне ототожнення високих значень індексу лише з водними об'єктами.
4. Використання спектральних індексів без урахування особливостей землекористування території.
5. Формальне виконання розрахунків без подальшої просторової інтерпретації результатів.
6. Ігнорування взаємозв'язку між спектральними характеристиками, рельєфом і природними умовами території.

4. Помилки геоінформаційної обробки та верифікації (Частина Д. Геоінформаційна обробка та верифікація результатів)

1. Помилки під час імпорту та візуалізації даних у QGIS.

2. Некоректне оформлення тематичних карт.
3. Невідповідність легенди картографічним матеріалам або неправильна градація значень.
4. Відсутність просторової логіки під час побудови тематичних карт.
5. Недостатня верифікація результатів дешифрування та спектрального аналізу.
6. Ігнорування необхідності порівняння результатів дистанційного аналізу з матеріалами польових досліджень або даними Google Earth Pro.

5. Помилки геоєкологічної інтерпретації

(Частина Е. Аналіз та геоєкологічна інтерпретація результатів)

1. Опис результатів без встановлення причинно-наслідкових зв'язків.
2. Формальне перерахування значень індексів без геоєкологічного аналізу території.
3. Ігнорування впливу землекористування на спектральні характеристики поверхні.
4. Недооцінка ролі дистанційних методів у системі комплексного геоєкологічного аналізу.
5. Відсутність узагальнення результатів і просторових закономірностей.

Узагальнююче положення

Як бачимо з їх означення, більшість помилок пов'язані з формальним підходом до виконання дистанційного аналізу та недостатнім розумінням того, що космічний знімок є не лише зображенням території, а джерелом геопросторової інформації, яка потребує комплексної інтерпретації.

Уникнення зазначених помилок забезпечить формування цілісного уявлення про можливості дистанційних методів у системі сучасних геоєкологічних досліджень.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

Контрольні запитання поділено на тематичні блоки відповідно до загальної логіки виконання практичної роботи — від теоретико-методологічних засад дистанційного аналізу та дешифрування космічних знімків до спектрального аналізу, геоінформаційної обробки й геоєкологічної інтерпретації отриманих результатів.

1. Теоретико-методологічний блок

1. У чому полягає сутність методу дистанційного

геопросторового дослідження?

2. Яке значення дистанційних методів у системі сучасних геоєкологічних досліджень?
3. Чому космічні знімки розглядаються як джерело емпіричних геопросторових даних?
4. У чому полягає відмінність між візуальним дешифруванням та спектральним аналізом території?
5. Які переваги дистанційних методів порівняно з польовими дослідженнями?
6. Чому дистанційні методи не можуть повністю замінити польові дослідження?

2. Блок дешифрування космічних знімків

7. Що таке дешифрування космічних знімків?
8. Які основні дешифрувальні ознаки використовуються під час інтерпретації території?
9. Як форма та текстура об'єктів впливають на процес дешифрування?
10. Чому один і той самий об'єкт може по-різному виглядати у різних спектральних композиціях?
11. Чому результати дешифрування можуть змінюватися залежно від обраної спектральної композиції?
12. Які переваги має використання False Color-композиції порівняно з True Color під час аналізу рослинного покриву?
13. Які особливості дешифрування урбанізованих територій?
14. Які ознаки дозволяють відрізнити природні території від антропогенно трансформованих?
15. Чому одна й та сама територія може по-різному інтерпретуватися у різні сезони року?
16. Які фактори впливають на точність дешифрування космічних знімків?
17. У чому полягає значення просторового контексту під час дешифрування космічних знімків?

3. Блок спектрального аналізу

18. Що таке спектральні індекси та яке їх значення у дистанційних дослідженнях?
19. Поясніть принцип розрахунку NDVI (див. формулу 5.1).
20. Чому для розрахунку NDVI використовуються саме канали Red та NIR?
21. Чому рослинність має високі значення NDVI? Поясніть фізичну основу цього.
22. Які території можуть характеризуватися низькими значеннями NDVI?
23. Поясніть принцип розрахунку NDWI (див. формулу 5.2).

24. Які фактори можуть впливати на значення спектральних індексів?
25. Чому результати спектрального аналізу необхідно інтерпретувати у зв'язку з особливостями землекористування території?
26. Чому значення NDWI можуть змінюватися залежно від сезону або типу поверхні?
27. У чому полягає відмінність між візуальним дешифруванням та спектральним аналізом території?
28. Які обмеження має використання спектральних індексів у геоecологічних дослідженнях?

4. Блок геоінформаційної обробки та верифікації

29. Яку роль відіграють геоінформаційні системи у дистанційному аналізі?
30. Для чого результати дистанційного аналізу інтегруються у GIS-середовище (наприклад, у QGIS)?
31. Які переваги дає поєднання дистанційних і GIS-методів?
32. Чому під час побудови тематичних карт важливо використовувати логічну градацію значень?
33. Які фактори можуть впливати на достовірність результатів GIS-візуалізації?
34. Чому необхідно здійснювати верифікацію результатів дистанційного аналізу?
35. Які можливості надає Google Earth Pro для перевірки результатів дешифрування?
36. Які розбіжності можуть виникати між: а) космічним знімком; б) спектральним аналізом; в) реальним станом території?
37. Які фактори можуть впливати на достовірність результатів дистанційного аналізу?

5. Блок геоecологічної інтерпретації

38. Яким чином структура землекористування впливає на спектральні характеристики території?
39. Як результати дистанційного аналізу можуть використовуватися для оцінки стану рослинного покриву?
40. Яким чином дистанційні методи дозволяють оцінювати антропогенне навантаження на територію?
41. Як за допомогою NDVI можна виявляти деградаційні процеси?
42. Чому аналіз зволоження території є важливим для геоecологічних досліджень?
43. Які просторові закономірності можуть бути виявлені за результатами дистанційного аналізу?

44. Які геоєкологічні ризики можуть бути виявлені за результатами дистанційного аналізу?
45. У чому полягає значення дистанційного моніторингу для дослідження змін довкілля?

6. Кейс-орієнтований блок

46. *Уявіть, що на космічному знімку частина території має різке зниження NDVI.*
 - ✦ Які природні або антропогенні причини можуть це зумовлювати?
47. *На досліджуваній території спостерігається збільшення площ урбанізованих земель.*
 - ✦ Які зміни це може викликати у спектральних характеристиках території?
48. *Під час дешифрування виявлено ділянки із неоднорідною текстурою рослинного покриву.*
 - ✦ Які процеси або особливості землекористування можуть це пояснювати?
49. *У межах території виявлено ділянки з високими значеннями NDWI.*
 - ✦ Чи завжди це означає наявність відкритих водних поверхонь?
50. Які переваги та обмеження має використання дистанційних методів для оцінки геоєкологічного стану території?

Узагальнююче питання

51. Поясніть, яким чином поєднання дешифрування космічних знімків, спектрального аналізу та геоінформаційних технологій забезпечує можливість комплексного геоєкологічного аналізу території.

ФОРМА ЗВІТНОСТІ

За результатами виконання цієї практичної роботи здобувач подає викладачу на перевірку:

1. Заповнену таблицю результатів дешифрування космічних знімків та спектрального аналізу території.
2. Картографічні матеріали, підготовлені за результатами дистанційного аналізу, зокрема:
 - ✓ карту дешифрування території;
 - ✓ карту NDVI;
 - ✓ карту NDWI.
3. Схеми або фрагменти космічних знімків із позначеними об'єктами дешифрування.

4. Результати геоінформаційної обробки даних у середовищі QGIS.
5. Короткий опис результатів дешифрування та спектрального аналізу території.
6. Геоекологічну інтерпретацію отриманих результатів із визначенням:
 - ✓ особливостей землекористування;
 - ✓ стану рослинного покриву;
 - ✓ рівня зволоження території;
 - ✓ ознак антропогенного впливу.
7. Порівняльний аналіз результатів візуального дешифрування та спектрального аналізу.
8. Узагальнений висновок щодо:
 - ✓ можливостей дистанційних методів у геоекологічних дослідженнях;
 - ✓ ефективності використання спектральних індексів;
 - ✓ значення отриманих результатів для комплексного геоекологічного аналізу території.
9. За потреби – електронні файли тематичних шарів, створених у GIS-середовищі.

Вимоги до оформлення

Звіт має бути структурованим, логічно оформленим і містити:

- ✓ підписи до рисунків і карт;
- ✓ легенди картографічних матеріалів;
- ✓ коректно оформлені таблиці;
- ✓ обґрунтовані висновки та інтерпретацію результатів.

Картографічні матеріали повинні бути читабельними, містити масштаб, умовні позначення та відображати просторові закономірності досліджуваної території.

Очікуваний висновок здобувача

У висновку здобувач повинен відобразити розуміння сутності дистанційних методів геопросторового дослідження як важливого інструменту сучасного геоекологічного аналізу території.

Виконання роботи має продемонструвати здатність:

- ✓ здійснювати візуальне дешифрування космічних знімків;
- ✓ інтерпретувати дешифрувальні ознаки природних і антропогенних об'єктів;
- ✓ аналізувати спектральні характеристики поверхні за допомогою індексів NDVI, NDWI та інших спектральних показників;

- ✓ встановлювати просторові закономірності поширення рослинного покриву, зволоження території та особливостей землекористування;
- ✓ виявляти ознаки антропогенної трансформації території та потенційні геоecологічні проблеми;
- ✓ інтегрувати результати дистанційного аналізу у геоінформаційне середовище із використанням QGIS;
- ✓ здійснювати геоecологічну інтерпретацію результатів дистанційного дослідження.

Узагальнюючий акцент

У висновку доцільно показати те, що дистанційний аналіз є не лише способом візуалізації території, а інструментом отримання емпіричних геопросторових даних, необхідних для оцінки стану геосистем, виявлення просторових змін та здійснення моніторингу довкілля.

Важливо також обґрунтувати роль поєднання:

- ✓ дистанційних методів;
- ✓ польових досліджень;
- ✓ геоінформаційних технологій

у системі комплексного геоecологічного аналізу території.

Таким чином, виконання практичної роботи має забезпечити формування у здобувачів цілісного уявлення про можливості дистанційного геопросторового аналізу у сучасних геоecологічних дослідженнях та його значення для оцінки, інтерпретації й моніторингу просторових змін природного середовища.



ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ



Питання для підготовки до іспиту структуровані за тематичними блоками відповідно до логіки побудови дисципліни, послідовності опанування методів геоecологічних досліджень та змісту практичних робіт.

Такий підхід забезпечує поетапний перехід від теоретико-методологічних основ геоecології до емпіричних, картографічних, геоінформаційних, дистанційних і кількісно-аналітичних методів дослідження території.

Логіка поділу питань на блоки відображає комплексний характер сучасних геоecологічних досліджень, у межах яких польові спостереження, GIS-технології, дистанційне зондування Землі, спектральний аналіз та методи просторового моделювання розглядаються як взаємопов'язані складові єдиної системи геоecологічного аналізу та інтерпретації геосистем.

Теоретико-методологічні основи геоecологічних досліджень

1. Розкрийте сутність поняття «метод» у науковому дослідженні та поясніть співвідношення понять «метод», «методика» і «методологія».
2. Схарактеризуйте місце геоecологічних досліджень у системі наук про Землю.
3. Визначте об'єкт і предмет комплексних геоecологічних досліджень.
4. Проаналізуйте принципи комплексності та міждисциплінарності у геоecологічних дослідженнях.
5. Схарактеризуйте загальнонаукові методи у структурі геоecологічних досліджень.
6. Розкрийте сутність аналізу як загальнонаукового методу.
7. Поясніть значення синтезу у формуванні комплексної оцінки геосистем.
8. Схарактеризуйте співвідношення аналізу та синтезу у геоecологічних дослідженнях.
9. Поясніть роль порівняння у виявленні просторових відмінностей геосистем.
10. Схарактеризуйте метод узагальнення та його роль у формуванні геоecологічних висновків.
11. Розкрийте сутність класифікації та її значення у геоecології.
12. Поясніть значення історико-географічного підходу у дослідженні геосистем.
13. Схарактеризуйте поняття «методи-підходи» та наведіть приклади їх застосування.

14. Поясніть сутність методів-прийомів у геоекологічних дослідженнях.
15. Розкрийте роль емпіричного та теоретичного рівнів пізнання у геоекології.
16. Схарактеризуйте співвідношення фундаментальних та прикладних геоекологічних досліджень.
17. Поясніть значення наукової гіпотези у структурі геоекологічного дослідження.

Методи емпіричного рівня досліджень

18. Схарактеризуйте систему методів емпіричного рівня геоекологічних досліджень.
19. Розкрийте сутність польових геоекологічних досліджень та їх роль у вивченні геосистем.
20. Поясніть роль передпольового, польового та камерального етапів геоекологічних досліджень.
21. Схарактеризуйте методiku підготовки польової документації та картографічної основи дослідження.
22. Поясніть сутність рекогностування території у системі польових геоекологічних досліджень.
23. Схарактеризуйте особливості маршрутних і площинних геоекологічних досліджень.
24. Поясніть специфіку стаціонарних і напівстаціонарних геоекологічних досліджень.
25. Схарактеризуйте роль GIS-технологій у системі стаціонарних і напівстаціонарних досліджень.
26. Розкрийте методичні прийоми вибору точок спостереження та відбору проб у польових дослідженнях.
27. Схарактеризуйте методiku комплексного польового опису геосистем.
28. Розкрийте сутність методики відбору ґрунтових проб.
29. Схарактеризуйте методiku відбору водних проб.
30. Поясніть значення відбору донних відкладів у геоекологічних дослідженнях.
31. Поясніть значення геопросторової прив'язки місць польових спостережень.
32. Схарактеризуйте роль GPS-навігації у сучасних польових геоекологічних дослідженнях.
33. Поясніть значення фотофіксації та просторового документування польових даних.
34. Схарактеризуйте принципи систематизації польових емпіричних даних для подальшого GIS-аналізу.
35. Розкрийте сутність стаціонарних вимірювань у геоекології.

36. Схарактеризуйте інструментальні методи визначення рН середовища.
37. Поясніть сутність методики визначення вологості ґрунту.
38. Схарактеризуйте роль лабораторних досліджень у геоекологічному аналізі.
39. Поясніть значення емпіричних даних у процесі моделювання геосистем.
40. Схарактеризуйте роль польових досліджень у верифікації результатів дистанційного аналізу.
41. Поясніть особливості здійснення польових геоекологічних досліджень у гірських районах.

Картографічні, топографічні та морфометричні методи

42. Розкрийте сутність методу координатної прив'язки у геоекологічних дослідженнях.
43. Поясніть відмінність між географічними та прямокутними координатами.
44. Схарактеризуйте особливості використання топографічних карт у геоекології.
45. Поясніть роль масштабу карти у точності геоекологічних досліджень.
46. Схарактеризуйте особливості координатної прив'язки об'єктів у GIS-середовищі.
47. Поясніть відмінності між аналоговою та цифровою координатною прив'язкою.
48. Схарактеризуйте принципи створення точкових об'єктів у GIS-середовищі.
49. Поясніть роль атрибутивних даних у геоінформаційному аналізі.
50. Схарактеризуйте значення просторової точності у геоекологічних дослідженнях.
51. Поясніть принципи верифікації координат за допомогою Google Earth Pro.
52. Схарактеризуйте типові помилки під час координатної прив'язки території.
53. Розкрийте сутність морфометричного аналізу рельєфу.
54. Поясніть сутність методики обрахунку вертикального розчленування рельєфу.
55. Розкрийте сутність та особливості методики визначення густоти горизонтального розчленування території.
56. Схарактеризуйте принципи виділення елементарних басейнів.
57. Порівняйте метод елементарних басейнів і метод квадратів у морфометричному аналізі.

58. Розкрийте сутність методики побудови картографічної моделі горизонтального розчленування території.
59. Схарактеризуйте сутність методики моделювання орогідрографічної сітки території.
60. Поясніть сутність методу профілювання й етапів побудови геоекологічного профілю, можливості профілювання у дослідженні ландшафтної структури території.
61. Поясніть сутність методу просторової диференціації геосистем та дослідження структури ландшафтів.
62. Поясніть значення морфометричних показників у природокористуванні.

Аерокосмічні та геоінформаційні методи

63. Розкрийте сутність аерокосмічного напряму геоекологічних досліджень.
64. Схарактеризуйте джерела аерокосмічної інформації.
65. Поясніть принципи географічної прив'язки аерокосмічних знімків.
66. Схарактеризуйте поняття математичної основи аерокосмічного знімка.
67. Поясніть сутність методики визначення масштабу аерокосмічного знімка.
68. Розкрийте сутність методики дешифрування аерокосмічних знімків.
69. Порівняйте візуальне та автоматизоване дешифрування.
70. Схарактеризуйте основні дешифрувальні ознаки об'єктів місцевості.
71. Поясніть роль кольору, текстури та форми об'єктів у візуальному дешифруванні космічних знімків.
72. Поясніть відмінності між камеральним і польовим дешифруванням.
73. Поясніть особливості дешифрування урбанізованих територій.
74. Схарактеризуйте особливості дешифрування рослинного покриття та водних об'єктів.
75. Схарактеризуйте методи дистанційного зондування Землі у геоекології.
76. Поясніть відмінності між True Color та False Color-композиціями космічних знімків.
77. Схарактеризуйте фізичну основу використання інфрачервоного діапазону у дистанційному зондуванні Землі.
78. Поясніть особливості використання псевдокольорових та SWIR-композицій у геоекологічних дослідженнях.

79. Схарактеризуйте значення спектральних характеристик поверхні у процесі дешифрування території.
80. Поясніть сутність індексації у геоecологічних дослідженнях.
81. Схарактеризуйте принципи обрахунку та інтерпретації NDVI.
82. Поясніть фізичну основу використання каналів Red та NIR для оцінки стану рослинності.
83. Поясніть роль NDVI у виявленні деградації рослинного покриву.
84. Схарактеризуйте принцип розрахунку NDWI та його геоecологічне значення.
85. Поясніть фізичну основу використання каналів Green та NIR для аналізу зволоження території.
86. Схарактеризуйте можливості NDWI у виявленні водних об'єктів і перезволожених територій.
87. Поясніть взаємозв'язок між результатами NDVI та NDWI у геоecологічному аналізі.
88. Схарактеризуйте фактори, що можуть впливати на значення спектральних індексів.
89. Схарактеризуйте значення часової динаміки у дистанційному моніторингу території.
90. Поясніть роль ГІС-аналізу у вивченні геосистем.
91. Схарактеризуйте метод накладання шарів у ГІС.
92. Поясніть сутність буферного аналізу.
93. Схарактеризуйте сутність просторового зонування у ГІС-дослідженнях.
94. Поясніть роль QGIS у системі геоecологічного аналізу території.
95. Схарактеризуйте можливості Copernicus Browser у системі дистанційного моніторингу території.
96. Поясніть принципи побудови тематичних карт NDVI та NDWI у ГІС-середовищі.
97. Схарактеризуйте методи ГІС-візуалізації та тематичного картографування результатів досліджень.
98. Поясніть значення верифікації результатів дистанційного аналізу.
99. Схарактеризуйте роль Google Earth Pro у перевірці результатів дешифрування та верифікації просторових даних.
100. Поясніть можливі розбіжності між результатами дистанційного аналізу та реальним станом території.
101. Схарактеризуйте переваги та обмеження дистанційних методів у системі геоecологічного моніторингу.

Методи кількісного аналізу та оцінювання

117. Схарактеризуйте принципи оцінки природних умов і ресурсів.
118. Розкрийте відмінність між оцінкою та інвентаризацією.
119. Поясніть зіст поняття «суб'єкт» і «об'єкт» геоекологічної оцінки.
120. Схарактеризуйте метод ранжування та можливості його застосування.
121. Поясніть сутність бальної оцінки.
122. Розкрийте сутність принципів нормування показників.
123. Поясніть відмінність між позитивними та негативними показниками при нормуванні.
124. Схарактеризуйте сутність інверсного нормування показників.
125. Поясніть значення інтегральних показників у геоекології.
126. Схарактеризуйте сутність індексного підходу у геоекологічних дослідженнях.
127. Схарактеризуйте роль спектральних індексів у кількісному оцінюванні стану геосистем.
128. Поясніть роль коефіцієнта кореляції у геоекологічному аналізі.
129. Розкрийте сутність прямої та оберненої кореляції.
130. Схарактеризуйте можливості кореляційного аналізу у виявленні взаємозв'язків між компонентами геосистем.
131. Поясніть можливості використання кореляційного аналізу для оцінки взаємозв'язку між рослинністю та рівнем зволоження території.
132. Поясніть методологічні основи експертного оцінювання.
133. Схарактеризуйте сутність методу Делфі.
134. Поясніть переваги та обмеження експертних методів.
135. Схарактеризуйте значення інтеграції польових, дистанційних та GIS-даних у кількісному геоекологічному аналізі.

Ландшафтно-геофізичні та ландшафтно-геохімічні методи

136. Схарактеризуйте поняття геопотенційного поля та його видів.
137. Поясніть сутність балансового методу у геофізиці ландшафту.
138. Схарактеризуйте етапи ландшафтно-геофізичних досліджень.
139. Поясніть роль фізико-математичних моделей у геофізичних дослідженнях геосистем.

140. Схарактеризуйте основні напрями ландшафтно-геохімічних досліджень.
141. Поясніть сутність міграції хімічних елементів у геосистемах.
142. Схарактеризуйте поняття геохімічного бар'єру та його значення.
143. Поясніть принципи ландшафтно-геохімічного картографування.
144. Схарактеризуйте методику оцінювання хімічного забруднення геосистем.
145. Поясніть поняття первинного та вторинного полів забруднення.

Методи дослідження антропогенних навантажень та стійкості геосистем

146. Поясніть сутність антропізації ландшафтів.
147. Схарактеризуйте методи визначення коефіцієнта антропогенної змінності території.
148. Поясніть принципи інтегрального оцінювання антропогенних навантажень.
149. Схарактеризуйте особливості оцінювання рекреаційного навантаження.
150. Поясніть сутність концепції стійкості геосистем, схарактеризуйте форми стійкості геосистем.
151. Поясніть поняття «відмова геосистеми» та її види.
152. Схарактеризуйте методи кількісного оцінювання стійкості геосистем.

Методи оцінювання та екосистемні послуги

153. Поясніть співвідношення процесів інвентаризації та оцінювання у геоecології.
154. Схарактеризуйте методичні підходи до інтегральної оцінки геосистем.
155. Поясніть принципи створення ландшафтно-оціночних карт.
156. Поясніть роль екосистемних послуг у геоecологічному аналізі території.
157. Схарактеризуйте кількісні та якісні методи оцінювання екосистемних послуг.
158. Поясніть значення GIS-технологій у дослідженні екосистемних послуг.
159. Схарактеризуйте можливості використання дистанційних методів для оцінювання екосистемних послуг.

160. Поясніть роль платформ i-Tree Eco та PlantNet у дослідженні екосистемних послуг.

Методи прогнозування, сценарного аналізу та геоекологічного моделювання

- 161. Розкрийте сутність методу імплікаційних шкал у геоекологічних дослідженнях.
- 162. Схарактеризуйте принципи побудови імплікаційних шкал.
- 163. Поясніть роль причинно-наслідкових зв'язків у геоекологічному аналізі та прогнозуванні.
- 164. Схарактеризуйте логіку побудови імплікаційної шкали для встановлення напрямів деградації геосистем.
- 165. Поясніть значення інтеграції показників у межах імплікаційного аналізу.
- 166. Схарактеризуйте роль імплікаційних шкал у геоекологічному прогнозуванні.
- 167. Поясніть сутність сценарного аналізу у геоекології.
- 168. Схарактеризуйте системно-структурний підхід у моделюванні геосистем.
- 169. Розкрийте поняття «модель» та схарактеризуйте типи моделей у геоекології.
- 170. Поясніть значення геоекологічного моделювання для сталого природокористування.
- 171. Розкрийте сутність методів прогнозування у геоекологічних дослідженнях.
- 172. Схарактеризуйте глобальний, регіональний та локальний рівні геоекологічного прогнозування.
- 173. Поясніть значення прогнозування у системі моніторингу довкілля та управління природними ресурсами.
- 174. Схарактеризуйте роль прогнозування у системі природоохоронного планування та прийняття управлінських рішень.
- 175. Схарактеризуйте метод екстраполяції у геоекологічних дослідженнях.
- 176. Поясніть умови коректного застосування екстраполяції.
- 177. Схарактеризуйте просторову та часову екстраполяцію.
- 178. Розкрийте відмінність між інтерполяцією та екстраполяцією.
- 179. Схарактеризуйте переваги та обмеження інтерполяції.
- 180. Поясніть основні джерела похибок прогнозування та екстраполяції.

РЕКОМЕНДОВАНІ ТА ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА



1. Андрейчук, Ю.М., & Ямелинець, Т.С. (2015). *ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі: навчальний посібник*. Львів: Простір-М. 284 с.
2. Анісімова, С.В., & Оковита, Ю.С. (2022). Еколого-економічна оцінка екосистемних послуг лісу на прикладі ДП «Вовчанське лісове господарство». *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, 97, 114–121. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2022.97.0.114>

3. Антропогенне навантаження. (2013). У: О.Г. Лановенко, & О.О. Остапішина (Уклад.), *Словник-довідник з екології: навчально-методичний посібник*. Херсон: ПП Вишемирський В.С. С. 9.
4. Байрак, Г.Р. (2007). *Аналіз рельєфу і природокористування рівнин заходу України за аерокосмічними даними: монографія*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. 296 с.
5. Байрак, Г. (2008). Висвітлення морфометричних показників рельєфу методами ArcGIS. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: матеріали міжнародного семінару*. Львів. С. 135–140.
6. Байрак, Г.Р., & Муха, Б.П. (2010). *Дистанційні дослідження Землі: навчальний посібник*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 712 с.
7. Байрак, Г.Р., & Муха, І. (2014). Комп'ютерне моделювання ерозійно-акумулятивних процесів водотоків Українських Карпат. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій*. Львів. С. 3–9.
8. Байрак, Г.Р. (2010). Методичні прийоми визначення та відображення густоти розчленування рельєфу у середовищі ArcGIS. *Фізична географія та геоморфологія*, 58, 137–143.
9. Байрак, Г.Р. (2014). Можливості ГІС для відображення характеристик рельєфу і проявів сучасної екзодинаміки. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*, 19, 3–6.
10. Байрак, Г.Р., Гнатюк, Р.М., Горішний, П.М., & Хомин, Я.Б. (2015). *Практикум з курсу «Геоморфологія»: навчально-методичний посібник*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. 95 с.
11. Бекеша, С., Сливко, Є., & Білик, Н. (2013). *Методи мінералогічних досліджень: текст лекцій*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. 192 с.
12. Бідолах, Д.І., Васишин, Р.Д., Миронюк, В.В., Кузьович, В.С., & Підховна, С.М. (2023). Оцінювання екосистемних послуг зелених насаджень з використанням інструменту i-Tree Eco. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(2), 7–13. <https://doi.org/10.36930/40330201>
13. Богуцький, А., Богуцький, О., Волошин, П., & Верніковський, В. (1998). *Породоутворюючі мінерали і*

- гірські породи. Лабораторний практикум з курсу «Загальна геологія». Львів: Редакційно-видавничий відділ Львівського державного університету. 68 с.*
14. Борисова, С. (2016). *Екосистемні послуги: підхід до оцінювання та управління*. Київ: ЕПЛ. 128 с.
 15. Бортник, С.Ю., Ковтонюк, О.В., & Погорільчук, Н.М. (2014). *Методи польових географічних досліджень. Вивчення рельєфу та рельєфоутворюючих відкладів: навчальний посібник*. Київ: Прінт-Сервіс. 165 с.
 16. Вижва, С.А. (2004). *Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів*. Київ: Обрії. 236 с.
 17. Геоінформаційні технології в екології: навчальний посібник / І.В. Пітак та ін. (2012). Чернівці. 273 с.
 18. Геренчук, К.І., Раковська, Е.М., & Топчієв, О.Г. (1975). *Польові географічні дослідження*. Київ: Вища школа. 248 с.
 19. Глотов, В., & Гуніна, А. (2014). Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів. *Фотограмметрія, геоінформаційні системи та картографія. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, II(28), 65–70.
 20. Головне управління Держгеокадастру у м. Києві. URL: <https://kyiv.land.gov.ua/>
 21. Головне управління статистики у м. Києві. URL: <http://www.kyiv.ukrstat.gov.ua/>
 22. Горішний, П.М. (2004). *Методичні вказівки до курсу «Морфологічний аналіз»*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. 33 с.
 23. Грабченко, А.І., Федорович, В.О., & Гаращенко, Я.М. (2009). *Методи наукових досліджень: навчальний посібник*. Харків: НТУ «ХПІ». 142 с.
 24. Гродзинський, М.Д. (1995). *Стійкість геосистем до антропогенних навантажень*. Київ. 233 с.
 25. Гродзинський, М.Д., & Савицька, О.В. (2008). *Ландшафтознавство: навчальний посібник*. Київ: ВПЦ «Київський університет». 335 с.
 26. Гуцуляк, В.М., & Присакар, В.Б. (2004). *Геоєкологічне картування: методичні вказівки до виконання практичних занять*. Чернівці. 48 с.

-
27. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. (2010). Київ: Мінрегіонбуд України. 69 с. URL: <http://profidom.com.ua/v-1/v-1-1/1247-dbn-v-1-1-242009>
 28. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua/>
 29. Державні будівельні норми України. Планування та забудова територій. ДБН Б.2.2-12:2019. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00017>
 30. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах: навчально-методичний посібник / С.О. Довгий та ін. (2020). Київ: Національний центр «Мала академія наук України». 268 с.
 31. Довгий, С.О., Лялько, В.І., Бабійчук, С.М., Кучма, Т.Л., Томченко, О.В., & Юрків, Л.Я. (2019). *Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування: навчальний посібник*. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України. 316 с.
 32. Закон України «Про планування і забудову територій». URL: https://ips.ligazakon.net/document/t001699?an=1369&ed=2006_12_12
 33. Зацерковний, В.І., & Каревіна, Н.П. (2014). *Аерокосмічні дослідження Землі: історія розвитку: монографія*. Київ: Юстон ЛТД. 302 с.
 34. Іванік, О. (2014). Методичне забезпечення прогнозування зсувної небезпеки на регіональному та локальному рівні: принципи, методи, моделі. *Геологія*, 3(66), 55–60.
 35. Інтерактивна мапа забудов. URL: <https://azuz.org.ua/press/vidstani-mizh-budynkami-ta-sporudami-vidstani-do-mezh-dilyanok-protypozhezhni-ta-inshi-2021/>
 36. Іщук, О.О., Коржнев, М.М., & Кошляков, О.Є. (2003). *Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: навчальний посібник* / за ред. Д.М. Гродзинського. Київ: ВПЦ «Київський університет». 200 с.
 37. Ковальчук, І.О. (1997). *Лабораторний практикум із загальної геології*. Львів: Редакційно-видавничий відділ Львівського державного університету. 144 с.
-

38. Ковальчук, І.П. (1992). *Стаціонарні, напівстаціонарні та експериментальні дослідження ерозійних процесів*. Львів: Вид-во Львівського університету. 72 с.
39. Колтачихіна, О.Ю. (2012). Ноосферні ідеї В.І. Вернадського та сучасні космологічні моделі Всесвіту. *Наука та наукознавство*, 3, 68–78.
40. Кохан, С.С., & Востоков, А.Б. (2009). *Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи: підручник*. Київ: Вища школа. 460 с.
41. Кравчук, Я.С. (2006). *Геоморфологічне картографування: навчальний посібник*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. 176 с.
42. Кузьменко, Е.Д., Чепурний, І.В., Нікіташ, О.О., & Штогрин, Л.В. (2012). Довгостроковий прогноз зсувної активності на території правобережжя Київського водосховища. *Геодинаміка*, 1(12), 93–102.
43. Лаврик, В.І. *Моделювання і прогнозування стану довкілля*. Київ: Академія. 400 с. URL: <http://academia-pc.com.ua/product/212>
44. Лещух, Р.Й., Пащенко, В.Г., & Смішко, Р.М. (2004). *Геологічна практика на Поділлі і в Українських Карпатах: навчально-методичний посібник*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. 243 с.
45. Лозинський, В.В. (2012). *Топографічні знімання ділянок місцевості: навчально-методичний посібник*. Львів. 116 с.
46. *Методи геоекологічних досліджень / за ред. М.Д. Гродзинського та П.Г. Шищенка*. (1999). Київ. 243 с.
47. *Методи прогнозування вивержень вулканів*. URL: https://allatravesti.com/ua/metody_prognozirovaniya_izverzheniy_vulkanov
48. *Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу «Методика польових географічних досліджень»*. (1985). Київ. 54 с.
49. *Методичні вказівки з лабораторних занять з курсу «Геофізичні методи досліджень» для студентів геологічних спеціальностей / упоряд. І.М. Безродна, Д.А. Безродний*. (2012). Київ. 65 с.
50. Мокін, В.Б., & Крижановський, Є.М. (2014). *Геоінформаційні системи в екології: електронний навчальний посібник*. Вінниця: ВНТУ. 192 с. URL:

https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2025/Mokin_2014_192.pdf

51. Мороз, С.А., Онопрієнко, В.І., & Бортник, С.Ю. (1997). *Методологія географічної науки: навчальний посібник*. Київ: Заповіт. 333 с.
52. Науково-методичні основи геоморфологічного аналізу та картографування: монографія / В.П. Палієнко та ін. (2008). Київ. 371 с.
53. Некос, А.Н., Щукін, Г.Г., & Некос, В.Ю. (2007). *Дистанційні методи досліджень в екології: навчальний посібник*. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна. 372 с.
54. П'яткова, А.В. (2011). *Просторове моделювання водної ерозії ґрунту як основа наукового обґрунтування раціонального використання ерозійно-небезпечних земель* (автореф. дис. канд. геогр. наук). Одеса. 22 с.
55. Самойленко, В.М. (2003). Математичне моделювання в геоєкології: навчальний посібник (електронна версія). Київ: ВПЦ «Київський університет». 233 с.
56. Самойленко, В.М., Діброва, І.О. (2025). Імовірнісні методи в геоєкології та аналізі сервісів довкілля: підручник-монографія (електронна версія). Київ: Ніка-Центр. 372 с.
57. Самойленко, В.М., Діброва, І.О. (2023). Навчально-методичний комплекс з дисципліни «Природничо-географічне моделювання»: навчально-методичний посібник (електронна версія). Київ: ТОВ «ДІА». 57 с.
58. Самойленко, В.М., Діброва, І.О. (2019). Природничо-географічне моделювання: підручник. Київ: Ніка-Центр. 320 с.
59. Світличний, О.О., & Чорний, С.Г. (2007). *Основи ерозієзнавства: підручник*. Суми: Університетська книга. 265 с.
60. Світличний, О.О., & Плотницький, С.В. (2006). *Основи геоінформатики: навчальний посібник*. Суми: Університетська книга. 295 с.
61. Свистун, В.К. (2016). *Використання геофізичних методів при вирішенні геоєкологічних проблем Кривбасу* (автореф. дис. канд. геол. наук). Дніпропетровськ. 32 с.
62. Сіворонов, А.О., Генералова, Л.В., & Дворжак, Т.С. (2012). *Полюві геологічні практики: навчальний посібник*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. 225 с.

63. Сидоренко, В.К., & Дмитренко, П.В. (2000). *Основи наукових досліджень: навчальний посібник*. Київ: РНЦ «ДІНІТ». 259 с.
64. Симоновська, М. (2003). Вивчення динаміки ярів напівстаціонарними методами. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 29, 153–162.
65. Ситник, В.Ф., & Орленко, Н.С. (1999). *Імітаційне моделювання: навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни*. Київ: КНЕУ. 208 с.
66. Сонько, С.П. (2016). *Дистанційні методи та ГІС у природокористуванні*. Умань: УНУС. 87 с.
67. Толстой, М.І. та ін. (2007). *Основи геофізики*. Київ: Обрії. 446 с.
68. Тимченко, О.М. (2014). Моніторинг та прогноз руйнування схилів автомобільної дороги Сімферополь–Ялта–Севастополь. *Наукові нотатки*, 45, 546–552.
69. Тяпкін, К.Ф., Тяпкін, О.К., & Якимчук, М.А. (2000). *Основи геофізики: підручник*. Київ: Карбон Лтд. 248 с.
70. Удовиченко, В.В. (2009). *Методи комплексних географічних досліджень: навчально-методичний комплекс*. Київ: Літвін. 96 с.
71. Удовиченко, В. (2015). Природно-антропогенні системи як об'єкт планування території. *Часопис соціально-економічної географії*, 19(2), 25–29. <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2015-19-04>
72. Удовиченко, В. (2017). *Регіональне ландшафтне планування: теорія, методологія, практика: монографія*. Київ: Прінт-Сервіс. 512 с.
73. Хоменко, Ю.Т., Козловський, Л.М., & Білан, Н.В. (2013). *Геокартування і дистанційні методи: навчальний посібник*. Донецьк: Національний гірничий університет. 180 с.
74. Часковський, О., Андрейчук, Ю., & Ямелинець, Т. (2021). *Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS: навчальний посібник*. Львів: Простір-М. 228 с.
75. Шевченко, Р.Ю. (2020). *Геоінформаційні системи в екології: електронний підручник*. Київ. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi71/0051679.pdf>

-
76. Шейко, В.М., & Кушнарєнко, Н.М. (2002). *Організація та методика науково-дослідницької діяльності: підручник*. Київ: Знання-Прес. 295 с.
77. Яцишин, А.М., Дмитрук, Р.Я., & Богуцький, А.Б. (2009). *Методи дослідження четвертинних відкладів: навчально-методичний посібник*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка. 177 с.
78. Charlton, R. (2008). *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. New York: Routledge. 234 p.
79. Copernicus Browser. URL: <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
80. European Commission. (2021). *Assessing ecosystems and their services in LIFE projects: A guide for beneficiaries*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. URL: https://cinea.ec.europa.eu/document/download/18540ac0-45f6-4087-84c0-8b8babfd581d_en?filename=LIFE+Ecosystem+services+guidance+June+2021.pdf
81. FAO. (2006). *Guidelines for Soil Description* (4th ed.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 97 p. URL: <https://www.fao.org/4/a0541e/a0541e.pdf>
82. Fryirs, K.A., & Brierley, G.J. (2013). *Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*. Wiley-Blackwell. 369 p.
83. Google Earth Engine. URL: <https://earthengine.google.com/>
84. Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., & Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multiscale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31, 181–216.
85. Haines-Young, R., & Potschin, M.B. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. Nottingham: Fabis Consulting Ltd. URL: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>
86. Ilina, M.V., & Shpylova, Y.B. (2022). Algorithm of implementation of ecosystem services evaluation methods. *Економіка та суспільство*, 35, 3. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-35-3>
-

87. IPBES. (2016). *The Methodological Assessment Report on Scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. URL: https://files.ipbes.net/ipbes-web-prod-public-files/downloads/pdf/2016.methodological_assessment_report_scenarios_models.pdf
88. Kirchner, J.W. (1993). Statistical inevitability of Horton laws and the apparent randomness of stream channel networks. *Geology*, 21.
89. Lee, E.M., & Clark, A. (2002). *Investigation and Management of Soft Rock Cliffs*. London: Thomas Telford. 382 p.
90. Lee, S., Ryu, J.-H., Min, K., & Won, J.-S. (2003). Landslide susceptibility analysis using GIS and artificial neural network. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, 1361–1376.
91. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind, D.W. (2015). *Geographic Information Systems and Science* (4th ed.). Wiley. 517 p.
92. Mayer, L. (1990). *Introduction to Quantitative Geomorphology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 380 p.
93. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press. 155 p. URL: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
94. NASA Earthdata. URL: <https://www.earthdata.nasa.gov/>
95. NASA Worldview. URL: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>
96. Natural Capital Project. (2026). *InVEST® User Guide*. Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund. URL: <https://storage.googleapis.com/releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/en/index.html>
97. QGIS Project. (2026). *QGIS Training Manual*. URL: https://docs.qgis.org/latest/en/docs/training_manual/index.html
98. Samoilenko, V., Dibrova, I. (2023). Assessment of Landscape Anthropization: Textbook (electronic version). Kyiv: Nika-Tsentr. 320 p.
99. Selby, M.J. (1982). *Hillslope Materials and Processes*. Oxford: Oxford University Press. 264 p.

-
100. Sentinel Hub EO Browser. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
 101. Udovychenko, V. (2022). Monitoring the nexus between forest loss, land cover dynamics, and climatic changes by GEE GIS facilities for the landscape planning implementation. In *16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Monitoring 2022* (Vol. 2022, pp. 1–5). <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580037>
 102. Udovychenko, V. (2023). Monitoring the potential of the ecosystems by GIS facilities for the sustainable development of the tourist and recreational destination's attractiveness. In *XVII International Scientific Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Monitoring 2023*. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520101>
 103. Udovychenko, V. (2025). Assessment of provisioning ecosystem services of agricultural lands using batch processing of Sentinel-1 time series data. In *XVIII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* (14–17 April 2025, Kyiv, Ukraine). <https://www.scopus.com/pages/publications/105015782390?origin=resultslist>
 104. United Nations Environment Programme (UNEP). URL: <https://www.unep.org/>
 105. United Nations. (2021). *System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA EA)*. New York: United Nations. URL: <https://seea.un.org/content/system-environmental-economic-accounting-ecosystem-accounting-white-cover-version>
 106. USGS EarthExplorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
 107. Young, A.P., & Ashford, S.A. (2006). Application of airborne LIDAR for sea cliff volumetric change and beach-sediment budget contributions. *Journal of Coastal Research*, 22, 307–318. <https://doi.org/10.2112/05-0548.1>
 108. Young, A.P., Flick, R.E., Gutierrez, R., & Guza, R.T. (2009). Comparison of short-term sea cliff retreat measurement methods in Del Mar, California. *Geomorphology*, 112(3–4), 318–323. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.06.018>
-

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ
ВИДАННЯ**



УДОВИЧЕНКО Вікторія Віталіївна

***М*етоди
ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС

Друкується у авторській редакції

Літературний редактор,
коректор
Комп'ютерна верстка
Дизайн обкладинки

В. В. Удовиченко
В. В. Удовиченко
В. В. Удовиченко

Підписано до друку 29.05.2026 р. Формат 60х90/16.
Папір крейдований. Друк цифровий.
Ум. друк. арк. 13,25. Зам. №6/1.
Наклад 100 прим.

Видавець Бихун В.Ю.
вул. Леонтовича, 9, к. 18, м. Київ, 01054.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і
розповсюджувачів видавничої продукції
ДК №5366 від 26.06.2017 р.
моб.: +38 050 310-22-04
e-mail: lk@ukr.net

