

ЛЕКЦІЯ 9-10

Тема: Ландшафтно-екологічні дослідження

План

1. Ландшафтно-екологічні дослідження.
2. Геофізичні та геохімічні методи дослідження.
3. Геохімічна структура ландшафту (*R*, *L*-аналіз).
4. Етапи ландшафтно-геохімічних досліджень.

1. Ландшафтно-екологічні дослідження

Ландшафтно-екологічні дослідження можна визначити як комплекс робіт, спрямованих на визначення екологічного стану ландшафтів, чинників і процесів його динамічних змін.

Мета досліджень – вирішення низки питань екологічного спрямування, головними серед яких є: визначення сучасної ландшафтної структури території (радіальної); комплексна оцінка обсягів і типів антропогенних перетворень ландшафтів; прогнозна оцінка динаміки техногенних процесів та антропогенних змін ландшафтів; екологічне картування ландшафтів; екологічний аудит ландшафтів.

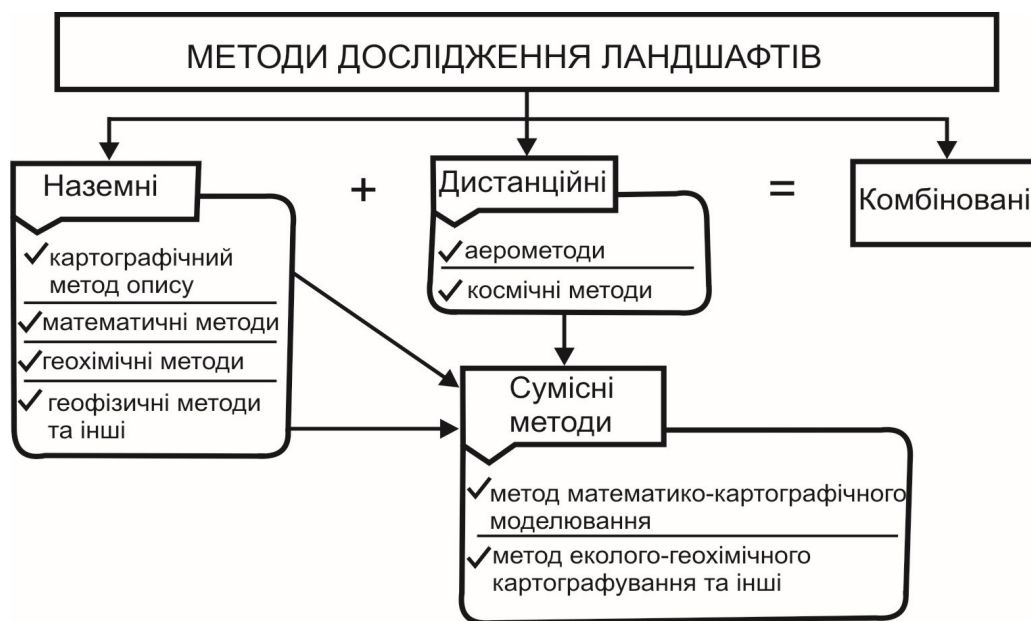


Рисунок 1 – Типізація сучасних методів дослідження ландшафтів

Усі методи дослідження ландшафтів вивчають просторові або просторово-часові відносини. Іноді це робиться неявно, як, наприклад, застосування математичних методів для вивчення взаємозв'язків між географічними явищами. У більшості ж випадків без урахування просторових аспектів неможлива реалізація самих методів, наприклад, картографічного. Активно відбувається розроблення особливих розділів того або іншого методу спеціально для потреб ландшафтознавства.

Методи досліджень повсякчас розширюються і вдосконалюються. Практично всі методи можуть комбінуватися один з одним. Наприклад, поєднання картографічного і математичного методів призвело до становлення методу математико-картографічного моделювання.

1. Географічні описи

Географічні описи можуть бути комплексними та проблемними. Типовий представник комплексних описів – ландшафтний опис. У разі проблемних або цільових описів принципи відбору початкової інформації, способи її подачі, викладання фактів та інше підпорядковано певній науковій або практичній меті. Потрібно розрізняти *комплексний опис елементарного природно-територіального комплексу (ПТК)* (географічної фації) і *фізико-географічний опис території різного розміру* (ландшафту).

Опис фізико-географічної точки – це опис фації. Опис ландшафту суттєво відрізняється від опису окремої фації. У характеристиці ландшафту, як правило, крім його загальних властивостей, описують і його основні місцевості і урочища.

Форма бланка і повнота польового фізико-географічного опису повинні бути «витримані» в дослідженнях різних колективів і бути індивідуальними в спеціальній частині залежно від характеру об'єктів, що вивчаються, і завдань наукових робіт. Уніфікація описів потрібна для подальшої коректної математичної обробки матеріалу і порівняльності даних різних дослідників.

2. Картографічний метод дослідження

Картографічний метод дослідження застосовують у дослідженні не тільки закономірностей, а й взаємозв'язків або динаміки розвитку явищ. Простий прийом для дослідження взаємозв'язків – накладення двох карт і вивчення узгодженості контурів на них. Існує багато прийомів складання, віднімання або множення поверхонь географічних явищ, а також візуальних або картометричних способів кореляції географічних явищ.

3 Математичні та космічні методи

Математичні методи дають змогу створювати особливі описи географічних явищ і процесів – їхні математичні моделі. Суть математичного моделювання полягає в абстрагованому і спрощеному відображенні дійсності логіко-математичними формулами, що передають у концентрованому вигляді дані про структуру, взаємозв'язки і динаміку досліджуваних географічних явищ. Ці моделі очищено від непотрібних деталей і зайвих подробиць, у формулах зазначають лише величини тих або інших показників, але не розкривається їхній зміст.

Космічні методи – це методи вивчення структури і розвитку географічного середовища за матеріалами космічного знімання, отриманими за допомогою реєстрації відображеного сонячного і штучного світла і власного випромінювання Землі з космічних літальних апаратів. В основі ландшафтних досліджень за допомогою космічних методів лежить теорія оптичних властивостей природного середовища, зумовлених взаємодією сонячного випромінювання з географічною оболонкою. Дешифрування знімків ґрунтується на використанні кореляційних зв'язків між параметрами географічних об'єктів і їхніми оптичними характеристиками.

Зараз отримують знімки в усіх діапазонах спектра електромагнітних хвиль, використовуваних у сучасних дистанційних методах, – видимому і близькому інфрачервоному, тепловому інфрачервоному і радіодіапазоні (мікрохвильовому і ультракороткохвильовому).

Космічні знімки земної поверхні є моделями місцевості, що відображають реальну географічну ситуацію на момент знімання. Найцінніші їхні властивості:

1. Комплексне зображення ландшафтної структури, включаючи основні природні і антропогенні компоненти.
2. Широкий спектральний діапазон знімання, про що сказано вище.
3. Високий огляд знімків (вони можуть охоплювати площі від 10 тис. км² до півкулі Землі загалом).
4. Велика різноманітність масштабів зйомки (більше 1:200 000 – 1:100 000 000).
5. Різна періодичність знімання – від десятків хвилин до десятків років.
6. Багатократне покриття зніманням Земної кулі.

Космічні методи вдало доповнюють традиційні наземні і аерометоди. Їх сумісне використання забезпечує дослідження одночасно на локальному, регіональному і глобальному рівнях.

Найширше дистанційне знімання застосовують у картографуванні рельєфу, його багаторічної динаміки, природних і антропогенних процесів утворення рельєфу. За дистанційними зображеннями вивчають морфологічні характеристики водних об'єктів, простежують гідрологічний режим водних об'єктів, здійснюють моделювання стоку, картографування гідрологічної мережі.

За космічними знімками успішно встановлюють просторову диференціацію ґрунтового покриву і здійснюють його картографування, визначають багато параметрів ґрунтів, таких, як механічний склад, засоленість, вологість, температура. Такі дослідження особливо важливі для оцінки родючості ґрунтів на оброблюваних землях, розроблення комплексних меліоративних заходів, підбору сівозмін та ін.

За допомогою різномасштабних знімків виявляють і картографують просторову структуру біоценозів, здійснюють біоценометричні, фенологічні, медико-географічні дослідження.

У ландшафтознавстві космічні методи широко застосовують у вивченні і картографуванні просторової структури, сезонної ритміки і багаторічної динаміки ландшафтів, у палеогеографічних дослідженнях. За знімками розпізнають різноманітні природні ландшафти, їхні антропогенні модифікації і техногенні комплекси. Для охорони природи за дистанційними зображеннями здійснюють комплексні природоохоронні дослідження, контроль негативних процесів знелісення. Водночас здійснюють оцінку антропогенної дії на природне середовище, а також контроль забруднення повітряного і водного басейнів, сніжного покриву, земної поверхні.

Великий інтерес становить застосування космічних знімків у вивченні генезису й історії розвитку природних ландшафтів.

Комплексні дослідження історії розвитку ландшафтів з урахуванням природних і антропогенних чинників формування за космічними знімками мають самостійне наукове значення, а також дають змогу найоб'єктивніше оцінити сучасні процеси утворення ландшафтів і вирізнити тенденції майбутніх перетворень.

В основі вивчення природного середовища космічними методами лежить дешифрування знімків. Кінцевий результат дешифрування знімків – складання схем дешифрування або карт.

2. Геофізичні та геохімічні методи

Геофізичні методи в ландшафтознавстві – це сукупність прийомів, за допомогою яких вивчають фізичні властивості геосистем: процеси обміну речовиною, енергією та інформацією геосистем з довкіллям і всередині себе (метаболізм).

Для опису фізичної сторони взаємодії компонентів геосистем, потоків речовини та енергії із зовнішнього середовища в геосистему, сезонних і річних станів геосистем використовують два самостійні підходи.

1) *Перший підхід* базується на зв'язаному аналізі-синтезі чотирьох основних балансів геосистем: радіаційного, теплового, водного і балансу речовини. Для геофізики ландшафту балансовий метод – один з основних, але його, як правило, використовують разом з порівняльним географічним.

1) *Другий підхід* базується на зв'язаному описі засобами фізики станів аеро-, фіто-, літо-, гідро- і маси органічних рештків ПТК (опалого листя та ін.), типізації станів у розрізі сезонів року.

Геохімічні методи – сучасні методи дослідження Землі, які дають змогу вивчати розподіл, процеси міграції і концентрації хімічних елементів і їхніх сполук у різних геосферах.

У багатьох країнах світу, у тому числі і в Україні, проводиться *екологічний моніторинг*, тобто контроль стану і змін природних систем під впливом антропогенних навантажень (спостереження, вивчення екологічної ситуації та її прогноз). Традиційно *екологічний моніторинг* ділиться на два **основні види** – *фоновий* та *імпактний*.

Фоновий моніторинг полягає у спостереженні за біологічними, геохімічними і геофізичними параметрами довкілля в районах, розташованих поза сферою впливу локальних джерел забруднення,

Імпактний моніторинг спрямований на оцінку ступеня забруднення і трансформації середовища в промислових, урбанізованих і сільськогосподарських районах.

Серед геохімічних методів, що використовуються у фоновому моніторингу довкілля, можна вирізнити три основних:

1. Метод кларків.
2. Вивчення геохімічної структури ландшафту.
3. Метод біогеохімічних циклів.

Метод кларків – дослідження, пов'язані з оцінкою поширеності хімічних елементів у різних природних середовищах, – від глобальних геосфер до локального рівня ландшафтів або екосистем.

Розрізняють *глобальні, регіональні і локальні кларки елементів*. Нині встановлено низку глобальних кларків літосфери і основних типів гірських порід.

Вміст хімічних елементів у різних типах гірських порід, як правило, відрізняється від кларка літосфери. Кількісно цю відмінність Вернадський запропонував виражати *кларком концентрації (КК)*, що є відношенням вагового вмісту певного елемента в природному об'єкті C_i до кларка літосфери K :

$$KK = \frac{C_i}{K} > 1.$$

Ця величина завжди більше 0. Якщо $KK = 1$, то і вміст елемента в об'єкті дорівнює його вмісту в літосфері. У тому разі, коли C_i набагато менше K , для отримання цілих чисел і більшої контрастності показника доцільно розраховувати зворотні величини – *кларки розсіювання (КР)*, що показують, у скільки разів кларк більше вмісту елемента в певному об'єкті:

$$KR = \frac{K}{C_i} < 1.$$

Кларки гідросфери. Гідросфера Землі складається з трьох нерівних за масою складників – вод Світового океану (93%), поверхневих (озерних і річкових), підземних і ґрунтових вод. Води кожного з цих складників мають свій середній хімічний склад.

Особливо сильно за ступенем мінералізації, іонним і мікрокомпонентним складом, формами існування елементів відрізняються води континентального блоку і води Світового океану.

Великі коливання глобальних і глобально-регіональних кларків у гідросфері характерні для штучно створених забруднювальних речовин (пестициди, поліхлорбіфеніли та ін.), високі концентрації яких, на відміну від сполук, що існують у природі, наприклад, важких металів, стосуються регіонів з найбільш інтенсивною промисловою і сільськогосподарською діяльністю.

Кларки живої речовини. Як і інші глобальні геохімічні константи, кларки живої речовини лише умовно характеризують середній хімічний склад організмів Землі.

Як правило, використовують три основні методи вираження хімічного складу біологічних об'єктів: з розрахунку на живу (сиру) масу організму, на масу сухої органічної речовини і на золу, тобто на кількість мінеральних речовин, що містяться в організмі. Кожний з цих способів розрахунку застосовується в різних цілях. За порівняння складу живої речовини і літосфери використовують, як правило, дані про вміст хімічних елементів у золі. На глобальному рівні одні з найзагальніших параметрів, що характеризують специфіку хімічного складу біосфери, – кларки концентрації елементів, розраховані на сиру масу живої речовини, які Перельман назвав *біофільністю елементів*. Найбільшу біофільність мають вуглець (7800 КК), азот (160 КК) і водень (70 КК). Висока біофільність у сірки, фосфору, кальцію, калію, бору, бром, цинку, йоду, срібла.

Хімічний склад рослин залежить від двох головних чинників:

1. Ландшафтно-геохімічного (екологічного), який визначає геохімічну обстановку росту рослин (рівні вмісту елементів у живильному середовищі, рухомі, доступні для рослин форми знаходження).
2. Генетичного, що визначає біогеохімічну спеціалізацію окремих родин, родів і видів рослин.

Кларки літосфери, гідросфери і живої речовини постійно уточнюють і деталізують для окремих районів, типів гірських порід, класів вод і систематичних груп рослин.

3. Геохімічна структура ландшафту (R, L-аналіз)

Різним ландшафтно-геохімічним системам властиві свої зональні, провінційні і місцеві особливості. Тому для цілісної характеристики фонового стану елементарних і каскадних ландшафтно-геохімічних систем запропоновано поняття *фонова геохімічна структура*, під якою розуміють співвідношення між різними підсистемами ландшафту, виражене, наприклад, набором ландшафтно-геохімічних коефіцієнтів – *радіальної і латеральної міграції, біологічного поглинання та ін.*

Фонова геохімічна структура складається з *радіальної і латеральної* структур, що характеризують відповідно *вертикальну і горизонтальну* (схил) диференціацію ландшафтів. Залежно від поєднання зональних і азональних чинників фонові території відрізняються певними радіальними і латеральними структурами.

Аналіз радіальної і латеральної геохімічної структури ландшафтів є основним методом геохімії ландшафтів, що лежить в основі практично всіх фундаментальних і прикладних ландшафтно-геохімічних досліджень.

Радіальна геохімічна структура ландшафту (R-аналіз)

Перший етап ландшафтно-геохімічного аналізу території – вивчення геохімічної диференціації вертикального профілю різних елементарних ландшафтів.

Радіальна геохімічна структура ландшафту характеризується низкою геохімічних коефіцієнтів.

1) Коефіцієнт радіальної диференціації R – відношення вмісту (валового або рухомого) хімічного елемента в тому або іншому генетичному горизонті ґрунту до його вмісту в ґрунтоутворювальній породі.

Інший важливий складник радіальної структури ландшафтів – взаємодія в системах типу *літосфера – рослинний покрив, ґрунт – рослини, порода – ґрунт – рослини* тощо. Їх вивчення дає змогу встановити основні «фонові» типи зв'язків між живими організмами і довкіллям, що уможливорює визначення ступеня їхнього порушення в техногенних умовах.

2) **Коефіцієнт біологічного поглинання (A_x)** – зіставлення вмісту елементів у золі рослин із вмістом у живильному середовищі – породах, ґрунтах, водах. Використовується для оцінки інтенсивності біологічного поглинання елементів живими організмами, в основному рослинами.

$$A_x = \frac{l}{n},$$

де l – вміст елемента в золі рослин;

n – вміст цього ж елемента в ґрунтах.

3) **Коефіцієнт біологічної рухливості (B_x)** – характеризує доступність елементів рослинам і ступінь використання ними рухомих форм елементів, що містяться в ґрунті, співвідношення складу сухої речовини рослин і рухомих форм елементів (водорозчинних, сольових, органомінеральних), що витягуються з ґрунтів слабкими розчинниками.

4) **Коефіцієнт біогеохімічної активності K_B** – відношення споживання елемента живою речовиною в рік до його винесення з іонним стоком з континентів в океан або з великих річкових басейнів;

5) **Коефіцієнт деструкційної активності K_a** – відношення надходження елемента в біосферу (видобуток, складування) до споживання рослинністю.

Латеральна геохімічна структура (L-аналіз)

Для встановлення основних особливостей просторової геохімічної структури (L-аналіз) території базовими є локальні каскадні системи – ландшафтно-геохімічні (ґрунтово-геохімічні) **катени** – **ряди ландшафтів або ґрунтів, розташованих на одному схилі**.

Залежно від складності літогенного субстрату ґрунтово-геохімічні **катени** діляться на **монолітні і гетеролітні**.

Монолітні катени розвинені в найменших водозбірних басейнах 1–2-го порядків. Тут геохімія долин практично повністю визначається міграцією речовин з автономних ландшафтів, вони називаються **автохтонними**, або **геохімічно-підлеглими катенами**.

Гетеролітні катени розвинені у каскадних системах високих порядків (великих річок), в них надходить речовина з інших ландшафтів, вони називаються **геохімічно слабо підпорядкованими**, або **алохтонними катенами**.

Монолітні катени є зручними об'єктами для вивчення латеральної міграції елементів у каскадних ландшафтно-геохімічних системах, що характеризуються **коефіцієнтом місцевої міграції K_m**

Коефіцієнт місцевої міграції K_m – відношення вмісту елемента у ґрунтах підлеглих ландшафтів до його вмісту в ґрунтах і корі вивітрювання автономних ландшафтів.

На гетеролітному субстраті міграція елементів маскується геохімічною специфікою ґрунтоутворювальних порід, і тому аналіз K_m з позицій тільки латерального перенесення методично не виправданий. У цьому разі такі показники називають **коефіцієнтами латеральної диференціації або контрастності (L)**.

Метод біогеохімічних циклів елементів. Біогеохімічний підхід до аналізу живої речовини, заснований на ідеях В.Вернадського, полягає передусім у зіставленні хімічного складу живих організмів зі складом інших природних систем – гірських порід, ґрунтів, вод, атмосферного повітря. Це створює можливості для

системного аналізу біологічного кругообігу хімічних елементів, біогеохімічних циклів у ландшафтах і біосфері загалом. Інший спосіб пізнання міграційних циклів елементів у природних системах – детальне вивчення балансу хімічних елементів у системах різного рівня: від локального до глобального. Нині моделі кругообігу речовин краще розроблено для першого (елементарні ландшафти, катени) і останнього рівнів (біосфера).

Основною сферою застосування методів геохімії ландшафтів нині стало вирішення проблем довкілля, зокрема виявлення кризових екологічних ситуацій через оцінку забруднення ландшафтів. Ландшафтно-геохімічні методи використовують на всіх стадіях оцінки стану локальних і регіональних природно-антропогенних геосистем. На регіональному рівні такі оцінки містять такі блоки:

- 1) оцінку природного геохімічного фону регіону;
- 2) аналіз геохімічного впливу сільського господарства на природні геосистеми;
- 3) оцінку стану і ступеня забруднення промислових центрів, впливи гірничодобувного виробництва на довкілля;
- 4) комплексне еколого-геохімічне картографування і районування території за ступенем забруднення на відповідь реакціям і стійкості природних геосистем до техногенних дій.

4. Етапи ландшафтно-геохімічних досліджень

Ландшафтні, ландшафтно-геохімічні та геолого-екологічні дослідження містять чотири послідовні етапи: *підготовчий, польовий, лабораторний і камеральної обробки інформації*.

Підготовчий етап ландшафтно-екологічних досліджень складається з:

- 1) планування робіт з визначенням території, масштабів, термінів, завдань і кінцевих результатів робіт;
- 2) складання та затвердження проектно-кошторисної документації з визначенням сполучення компонентів усіх послідовних видів робіт, їх складу й обсягів;
- 3) збір та узагальнення попередніх досліджень на території робіт; складання попередньої схеми ландшафтно-геохімічної структури території досліджень з визначенням точок або маршрутів польових спостережень.

Точки спостережень розміщують у профільному або площинному варіантах. Профілі вибирають за лініями геохімічного сполучення ландшафтів. Цей вид дослідження раціонально вибирати при поглибленому вивченні закономірностей міграції хімічних елементів у разі достатнього обсягу інформації про ландшафтну структуру території досліджень. Це дає змогу комплексного сполученого аналізу всіх компонентів ландшафту та використання багатьох аналітичних досліджень за рахунок скорочення загальних обсягів робіт. За правилом профільний варіант використовують на полігонах екологічного моніторингу, для дослідження рухомих форм хімічних елементів, розроблення науково-методичних питань ландшафтно-екології.

У площинному варіанті точки розташовують на сітці відповідно до масштабу дослідження. Відстань між точками спостережень становить:

- 5 км – при масштабі 1: 500 000;
- 2 км – при масштабі 1:200 000,
- 1 км – при масштабі 1:100 000;
- 0,5 км – при масштабі 1:50 000;

- 0,25 км – при масштабі 1:25 000;
- 0,1-0,01 км – при масштабі 1:10 000.

Площинний варіант застосовують найчастіше для визначення структури і складу техногенних аномалій та ореолів розсіювання за умов відомого джерела антропогенного впливу на ландшафти або техногенного забруднення, а також у регіональних дослідженнях ландшафтно-екологічної структури територій.

Польовий етап у загальному випадку містить:

- 1) уточнення точок спостережень;
- 2) комплексний опис геоморфологічних, ботанічних гідрологічних, гідрогеологічних, ґрунтових ознак ландшафтів, прояву антропогенних і техногенних процесів;
- 3) відбір проб рослинності, ґрунтів, ґрунтоутворювальних порід, підземних і поверхневих вод, донних відкладень, іноді – ґрунтового й атмосферного повітря, промислових стоків і твердих скидів.

Об'єкти польових спостережень – території ландшафтів і компоненти їхньої структури. Межі ландшафтів, антропогенні зміни природного стану, ознаки та джерела техногенного забруднення, визначені на попередній схемі ландшафтно-геохімічної структури території, уточнюються маршрутами та розкриттям ґрунтових розрізів. Визначаються території та ділянки прояву екзогенних процесів, заболочування, підтоплення та антропогенних чинників їх посилення.

Точки спостережень та їхні номери виносять на карту фактичного матеріалу польових ландшафтно-екологічних досліджень.

Опис природних та антропогенно-техногенних ознак точки спостережень вносять до польового журналу.

Найбільш повний комплекс спостережень містить такі характеристики:

1. *Місцезнаходження точки спостережень*: назву населеного пункту, найближчого водотоку, переважаючі висотні позначки, шляхові магістралі та ін.
2. *Геоморфологічну характеристику*: розташування точки у рельєфі (рівнинна поверхня, схил – пологий чи крутий, підвищення, зниження – улоговина, видолинок, балка), фація, елементарний ландшафт.
3. *Гідрогеологічну характеристику*: зволоженість і рівень появи ґрунтових вод, рівень води у колодязях, динамічний тип джерел, фізичні і хімічні властивості підземних вод – температура, прозорість, запах, механічні й органічні домішки.
4. *Гідрологічну характеристику*: форма та розмір русла, структура долини річки, глибина та ширина водної поверхні, фізико-механічний склад алювіальних утворень водостоків (донні відкладення), фізичні властивості поверхневих вод – температура, прозорість, запах, швидкість руху, механічні й органічні домішки.
5. *Геологічну характеристику* четвертинних і дочетвертинних відкладень, вкритих ерозійною сіткою: літологічний склад осадових відкладень, назва порід, текстура та структура порід, колір, мінералогічний склад, імовірний генезис і геологічний вік.
6. *Опис рослинного покриву*: тип і видовий склад рослинності, замкненість крон лісу, густина та склад ярусу кущів, проектне покриття дерновим шаром поверхні ґрунту, висота та фенологічні фази трав'яного покриву, вияв фітопатології рослин (суховершинність, побуріння, плямистість листя та ін.), антропогенний вплив на рослинність (вирубубання, пожежі, висаджування дерев, випасання худоби).
7. *Опис ґрунтового розрізу*, включаючи ґрунтоутворювальну породу: визначення генетичних горизонтів, їхні потужності й індекс, колір і механічний склад горизонтів, структура, текстура, вологість, механічні й органічні домішки, новоутворення.
8. *Джерела техногенного впливу* на поверхню ландшафту: дороги, відвали, відстійники, будівлі, смітники та ін.

У точках спостережень здійснюють відбір проб природних вод, ґрунтів, рослинності, позначаючи їх номер у польовому журналі та на етикетці стандартного зразка. Кількість проб та інтервали опробування відповідають проектній документації, обсяги проб – виду лабораторних досліджень. Номери проб, вид проби та запланований метод аналітичних вимірів заносять до польового журналу, вносять на етикетку проби та до журналу опробування.

Лабораторний етап досліджень суттєво відрізняється залежно від цільового змісту робіт. Вимоги до лабораторних робіт пов'язані з їхньою точністю та чутливістю методів аналізу. Достовірність лабораторних аналізів визначають за матеріалами лабораторного контролю, що виконується в обсязі 5% контрольних вимірювань, — контрольні проби відбирають як частину основної, надаючи їм інший номер. За основними та контрольними вимірами розраховують систематичні та випадкові похибки вимірювань.

До найбільш загальних методів ландшафтно-екологічних досліджень належать:

- 1) визначення агрохімічних характеристик ґрунтів;
- 2) визначення зольності рослинності;
- 3) визначення хімічного складу проб ґрунтів, донних відкладень, золи рослинності, природних вод;
- 4) визначення форм існування елементів, включаючи передусім рухомі форми.

Актуальність питання пов'язана з вибіркою властивістю рослин поглинати та засвоювати хімічні елементи у специфічних рухомих формах існування.

До супутніх аналітичних досліджень входять:

1. Фізичні методи дослідження: приблизно-кількісний спектральний з визначенням до 40 елементів на спектрографах ДФС, СТЕ та ін.; кількісний спектральний аналіз на квантометрі ОФС і спектрографах ДФС.
2. Фізико-хімічні методи: атомно-абсорбційний аналіз – виконують на атомно-абсорбційних аналізаторах АА – 1 «Сатурн».
3. Хіміко-спектральний аналіз.
4. Хімічні методи аналізу природних вод і ґрунтового витягання. Застосовують методи колориметричні, хроматографічні та ін.

Методи обробки й аналізу ландшафтно-екологічних матеріалів визначають передусім відповідно до цільового завдання та завдань досліджень загалом, які можна об'єднати у три групи питань:

1. З'ясування радіальної та латеральної структури ландшафтів території досліджень.
2. Якісно-кількісна оцінка антропогенно-техногенного стану, процесів, явищ і джерел впливу на територіях відповідних ландшафтів.
3. Прогнозна оцінка динаміки техногенних процесів та антропогенних змін території ландшафтів.