**Тема 5 Функціональний аналіз еколого-геологічного стану**

**Функціона́льний ана́ліз —** математична дисципліна, яка фактично є поширенням лінійної алгебри на нескінченновимірні простори. З другого боку, характер питань, які при цьому розглядаються, дозволяє вважати цю науку частиною математичного аналізу. Предметом досліджень у функціональному аналізі є функціонали й оператори.

**Функціональний аналіз –** методологія комплексного дослідження причинно-наслідкових зв'язків, окремих рушійних сил розвитку еколого-геологічних явищ і процесів, в якому наголос робиться на пізнанні залежних факторів (функцій).Вперше функціональний аналіз застосував Аристотель, дошукуючись причин видимих, поверхневих явищ. Німецький філософ І. Кант важливим критерієм пошуку причинно-наслідкових зв'язків вважав їх часову послідовність, наявність дії, яка передує результату. Гегель виділяв внутрішні та зовнішні причини подій і наголошував на недостатності лише часової послідовності подій для з’ясування причинно-наслідкових зв'язків. Д. Мілль дотримувався позиції Канта (щодо часової послідовності причин та наслідків), зазначаючи, що причиною є усі факти, умови (позитивні та негативні).

Сучасна наука вважає ці категорії відносними, тобто такими, що взаємно впливають одна на одну й зумовлюють внаслідок цього зміну певних явищ або процесів. Це означає, що кожна із взаємодіючих сторін є причиною іншої і наслідком одночасного зворотного впливу протилежної сторони.Крім того, **причина та наслідок** в їх єдності можуть бути причиною зміни інших екологічних явищ і процесів.

Важливими факторами класифікації причинно-наслідкових зв'язків в екології є їх поділ на зовнішні та внутрішні, біологічні та соціальні (так розглядається біосоціальна сутність людини), динамічні й статичні, на прості та складні, однофакторні та багатофакторні, прямі й опосередковані та ін.

**Функціональний аналіз** займає серед спеціальних методів екологічної геології центральне місце. Його реалізація дозволяє вирішити **стратегічне завдання** - провести оцінку сучасного стану еколого-геологічної системи, визначити шляхи і способи досягнення стабільного розвитку цієї системи.

**Методологія** цього методу базується на принципах, які широко використовуються і в геології, і в екології - системному підході, принципі історизму, принципі цілісності об'єкту. Це дозволяє реалізувати системний підхід при еколого-геологічних дослідженнях і об'єднати, розглянути з єдиних методологічних позицій теоретичні розробки і їх практичну реалізацію. Проведення функціонального аналізу еколого-геологічної стану передбачає, за М.Б.Куріновим [51], виконання наступних **завдань:**

1. виділення і опис еколого-геологічної стану-системи тієї або іншої території, що вивчається, виявлення конкретних причинно-наслідкових зв'язків між підсистемними елементами, контролюючими еколого-геологічний стан;
2. проведення оцінки значущості екологічних функцій літосфери і її складових для соціуму і біологічних об'єктів;
3. складання просторово-часового прогнозу розвитку даної системи при запланованих техногенних і очікуваних природних діях;
4. визначення принципу розвитку, а у разі потреби і шляхів підтримки існування еколого-геологічного стану-системи.

Е**колого-геологічний стан-система** це система, в якій підсистемні елементи - геологічний компонент природного середовища, джерела впливу (природні і техногенні) і екологічна мішень (об'єкти біо-, соціо- і навіть техносфери) тісно зв'язані причинно-наслідковими прямими і зворотними зв'язками. Відмінністю цієї системи є те, що її межі визначаються екологічними наслідками, а її функціонування припускає трансформацію (природну або техногенну) впливу через геологічний компонент природного середовища.

**Метод функціонального аналізу еколого-геологічних** систем повинен використовуватися на всіх етапах еколого-геологічних досліджень. На перших з них він дозволяє визначити необхідний об'єм даних для побудови інформаційної моделі еколого-геологічної обстановки - системи, здійснити "замовлення" на отримання спеціальної інформації окремими методами геологічних наук, спеціальними методами екологічної геології, а також методами біологічних, медичних і інших наук.

Отримана інформація вимагає спеціалізованої класифікації, згортання, інтерпретації, в результаті яких можуть бути поставлені нові конкретні задачі дослідження, а при необхідності - оперативного застосування корегуючих дій системами управління.

На подальших етапах еколого-геологічних досліджень застосування функціонального аналізу еколого-геологічного стану зумовлено тим, що одноразові остаточні рішення при вирішенні екологічних задач, неможливі. Необхідним є постійний, періодичний аналіз шляхів розвитку еколого-геологічних станів-систем, дій, що знов виявляються, і техногенних, нових причинно-наслідкових зв'язків, що формуються, між підсистемними компонентами, аналіз їх впливу на біоту.

**Функціональна форма опису системи (функціональний аналіз)**

Під **функціями** розуміють прояви властивостей будь-якого об'єкта в даній системі відношень. **Функціональний аналіз** дозволяє вивчити роботу системи в цілому, враховуючи її призначення, склад, структуру, взаємодію частин, зрозуміти процеси, що відбуваються в системі, і взаємодію системи з навколишнім середовищем.

Розрізняють **2 форми функціонального аналізу** - розкриття внутрішнього і зовнішнього функціонування системи.

**1. Вивчення внутрішнього функціонування** полягає у виконанні аналізу основних процесів, що відбуваються у системі, їх взаємної узгодженості між собою та цілями системи. У функціональному описі відображають:

• призначення складових частин;

• роль кожної складової частини;

• взаємозв'язок між частинами;

• процеси, зумовлені зв'язками між частинами;

• можливі стани й режими;

• здатність до дії;

• порядок виконання дій;

• обов'язки підрозділів в організаційній системі;

• шляхи передачі команд управління;

• взаємозв'язок результатів дій одних частин від дій інших частин;

• взаємозв'язок дій частин з цілями системи.

**2. Зовнішнє функціонування досліджується** з метою виявлення способів пристосування системи для існування в навколишньому середовищі, адаптивної та адаптуючої активності системи. Під адаптивною активністю розуміють здатність системи змінюватися відповідно до змін зовнішнього середовища, пристосовуватися до цих змін. При описі адаптивної активності відображають механізми, властиві системі для пристосування до умов навколишнього середовища Тут відображають можливі умови навколишнього середовища і механізми системи, що зумовлюють реакцію на ці зміни. **Адаптуюча активність** полягає у здатності системи змінювати навколишнє середовище, пристосовувати його до своїх потреб. Тут описують механізми, за допомогою яких система може змінювати й перетворювати навколишнє середовище.

**Основні закони функціонування стану еколого-геологічних систем**

**Закон біогенної міграції атомів (В. І. Вернадського):** міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється під переважаючим впливом живої речовини, організмів. Жива речовина або бере участь у біохімічних процесах безпосередньо, або створює відповідне, збагачене киснем, вуглекислим газом, воднем, азотом, фосфором та іншими речовинами, середовище. Розуміння всіх хімічних процесів, що відбуваються в геосферах, неможливе без врахування дії біогенних факторів, зокрема – еволюційних. Люди впливають на стан біосфери, змінюють її фізичний і хімічний склад, умови збалансованої віками біогенної міграції атомів. У майбутньому це спричинить дуже негативні зміни, які вже нині набувають здатності саморозвиватися і стають глобальними, некерованими (спустелювання, деградація ґрунтів, вимирання тисяч видів організмів).

**Закон внутрішньої динамічної рівноваги:** речовина, енергія, інформація та динамічні якості окремих природних систем та їх ієрархії дуже тісно пов'язані між собою, тому зміна одного з показників неминуче призводить до функціонально-структурних змін інших, але при цьому зберігаються загальні якості системи – речовинно-енергетичні, інформаційні та динамічні. Наслідки дії цього закону виявляються в тому, що після будь-яких змін елементів природного середовища (речовинного складу, енергії, інформації, швидкості природних процесів тощо) обов'язково розвиваються ланцюгові реакції, які намагаються нейтралізувати ці зміни. Навіть незначна зміна одного показника може спричинити великі відхилення в інших і в усій екосистемі. Зміни у великих екосистемах можуть мати незворотний характер, а будь- які локальні перетворення природи викликають у біосфері планети реакції- відповіді, які зумовлюють відносну незмінність еколого-економічного потенціалу. Штучне зростання еколого-економічного потенціалу обмежене термодинамічною стійкістю природних систем. Закон свідчить, що у випадку незначних втручань у природне середовище його екосистеми здатні саморегулюватися та відновлюватися, а коли ці втручання перевищують певні межі і вже не можуть згаснути в ланцюгу ієрархії екосистем, вони призводять до значних порушень енерго- і біобалансу на значних територіях і в усій біосфері.

**Закон константності (В. І. Вернадським):** кількість живої речовини біосфери, утвореної за певний геологічний час, є величиною постійною. Він тісно пов'язаний із законом внутрішньої динамічної рівноваги. За законом константності будь-яка зміна кількості живої речовини в одному з регіонів біосфери неминуче призводить до такої самої за обсягом зміни речовини в іншому регіоні, лише зі зворотним знаком. Наслідком цього закону є правило обов'язкового заповнення екологічних ніш.

**Закон обмеженості природних ресурсів**: усі природні ресурси в умовах Землі вичерпні. Планета с природно обмеженим тілом, і на ній не можуть існувати нескінченні складові частини.

**Закон оптимальності**: ніяка система не може звужуватися або розширюватися до нескінченності. Ніякий цілісний організм не може перевищити певних критичних розмірів, які забезпечують підтримку його енергетики. Ці розміри залежать від умов живлення і факторів існування. У природокористуванні закон оптимальності допомагає знайти оптимальні, з точки зору продуктивності, розміри для ділянок полів, вирощуваних тварин, рослин. Ігнорування закону – створення величезних площ монокультур, вирівнювання ландшафту масовими забудовами тощо – призводить до неприродного одноманіття на великих територіях і викликає порушення у функціонуванні екосистем, зумовлює екологічну кризу.

**Закон розвитку довкілля**: будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий – це висновок із законів термодинаміки. Із цього закону випливають такі висновки:

• абсолютно безвідходне виробництво неможливе;

• будь-яка більш високоорганізоване біотична система у своєму розвитку є потенційною загрозою для менш організованих систем. Тому в біосфері Землі неможливе повторне зародження життя – воно буде знищене існуючими організмами;

• біосфера Землі як система розвивається за рахунок внутрішніх і космічних ресурсів.

**Закон фізико-хімічиої єдності живої речовини (В. 1. Вернадський):** уся жива речовина Землі має єдину фізико-хімічну природу. Із цього випливає, що шкідливе для однієї частини живої речовини шкодить й іншій її частині, лише різною мірою. Через наявність у будь-якій популяції стійких до фізико-хімічного впливу видів швидкість відбору за витривалістю популяцій до шкідливого агента прямо пропорційна швидкості розмноження організмів і чергування поколінь. Наприклад тривале використання пестицидів є екологічно недопустимим, бо шкідники, які розмножуються значно швидше, пристосовуються і виживають, а обсяги хімічних забруднень доводиться дедалі збільшувати.

**Закон розвитку системи за рахунок навколишнього середовища**: будь-яка система може розвиватися лише за рахунок використання матеріально-енергетичних і інформаційних можливостей навколишнього середовища; абсолютно ізольований саморозвиток неможливий.

**Закон фізико-хімічної єдності живої речовини В. І. Вернадського:** вся жива речовина Землі фізико-хімічно єдина, що не виключає біогеохімічних відмінностей.

**Закон збільшення розмірів (зростання) та ваги (маси) організмів у філогенетичній гілці (В. І. Вернадський):** у ході геологічного часу форми, що виживають, збільшують свої розміри (а відтак – вагу), а потім вимирають. Відбувається це тому, що чим менші особини, тим важче їм протистояти процесам ентропії (які призводять до рівномірного розподілу енергії), організовувати енергетичні потоки для здійснення життєвих функцій. Отже, в процесі еволюції розмір особин збільшується.

**Біогеохімічні принципи Вернадського**

**І принцип** «Біогенна міграція атомів хімічних елементів в біосфері завжди прагне до максимального свого прояву»[1]. Фактично, цей принцип пов'язаний зі здатністю живої речовини необмежено розмножуватися в оптимальних умовах. Формалізацією цього принципу можуть служити моделі експоненціального, логістичного росту та ін.

**ІІ принцип** «Еволюція видів у ході геологічного часу, що призводить до створення форм життя, стійких в біосфері, йде в напрямку, що збільшує біогенну міграцію атомів біосфери». Ілюстрацією цього принципу можуть служити дані В. О. Ковди 1956 р., який проаналізував понад 1300 зразків золи сучасних вищих рослин і показав, що зольність рослин зростає від представників давніх таксонів до більш молодих. Іншими словами, в ході еволюції рослини в біогеохімічний круговорот активно втягуються нові мінеральні речовини.

**ІІІ принцип** «Протягом усього геологічного часу, з кріптозою, заселення планети повинно було бути максимально можливе для будь-якої живої речовини, яка тоді існувала». Цей принцип пов'язаний "зі «всюдністю» або «тиском» життя. Цей фактор забезпечує безупинне захоплення живою речовиною будь-якої території, де можливе нормальне функціонування живих організмів.

Можна констатувати, що біогеохімічні принципи Вернадського спрямовані на збільшення ККД біосфери в цілому.