**Тема 6. Еколого-геологічне моделювання та типи завдань, які при ньому вирішуються**

**Модель** є поданням реального об'єкта, системи або поняття в деякій формі, відмінній від форми їх реального існування. Моделі еколого-геологічного стану-системи використовують для вирішення конкретних проблем, що виникають у цій системі.

Будь-яка модель – це деяка аналогія (абстракція): для однієї системи повинна існувати інша система, елементи якої з деякої точки зору подібні елементам першої. Повинне існувати відображення, яке елементам модельованої системи ставить у відповідність елементи деякої іншої системи. Крім того, повинне існувати відображення, яке властивостям елементів модельованої системи ставить у відповідність властивості елементів моделювальної системи.

Моделі створюються у процесі моделювання. Моделювання – це непрямий, опосереднений метод наукового дослідження об'єктів пізнання, безпосереднє вивчення яких з певних причин неможливе, недоцільне чи ускладнене шляхом дослідження моделі.

**Моделювання** (англ. scientific modelling, simulation, нім. Modellieren n, Modellierung f, Simulation f) — це метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю).

Процес моделювання використовується для проектування, розробки, аналізу та оптимізації технологічних процесів, таких як: хімічні заводи, хімічні процеси, екологічні системи, електростанції, складні виробничі операції, біологічні процеси і подібні до них технічні функції.

Зміст цього методу полягає в створенні моделей стану еколого-геологічної системи тієї або іншої території, процесів, які відбуваються в ній і прогнозу трансформації її при реальних або можливих змінах геологічного компоненту в результаті його взаємодії з джерелами впливу (як природними, так і техногенними).

**Мета моделювання** - прогнозна оцінка наслідків цих дій на літосферу і через неї - на біоту.

Використання моделей в екологічній геології, що враховують особливості прояву і зміни екологічних функцій літосфери, дозволяє розглядати моделювання як спеціальний метод цієї науки.

В процесі еколого-геологічного моделювання послідовно розв'язуються, по М.Б.Курінову [51], наступні групи **завдань:**

- створення моделей стану еколого-геологічної ситуації (системи) тієї або іншої території;

- побудова моделей прогнозу зміни еколого-геологічних умов при планованих діях;

- розробка і вибір оптимальної моделі еколого-геологічної системи, що стійко розвивається;

- корегування постійно діючої моделі (ПДМ) еколого-геологічної системи, що стійко розвивається.

Метод еколого-геологічного моделювання в рівній мірі може бути використаний при вивченні еколого-геологічної системи різних типів: природних і природно-техногенних, реальних і ідеальних. Він охоплює все різноманіття еколого-геологічних умов, забезпечуючи створення моделей їх сучасного стану і прогнозу майбутнього стану і може характеризуватися як універсальний метод пізнання еколого-геологічних систем.

Характерною рисою методу є його біо- і антропоцентрична спрямованість - оцінка дії "неживого" на "живе". Отриманий в ході моделювання результат вимагає своєї екологічної і соціально-економічної оцінки. Іншими словами, метод моделювання дозволяє оцінити або передбачити еколого-геологічну ситуацію території або літосферного блоку, що вивчається, але не дає оцінку прямої екологічної оптимальності цієї ситуації.

Для більшості випадків абстрактна модель системи довільної природи може бути подана за допомогою схеми

Рисунок 1 – Абстрактна модель системи довільної природи

Система не існує сама по собі, а виділяється з навколишнього середовища за якою-небудь системоутворювальною ознакою, якою найчастіше є мета системи. Взаємодія системи із зовнішнім середовищем здійснюється через вхід і вихід системи (безліч вхідних і вихідних параметрів).

Система може знаходитися в різних станах. Стан будь-якої системи в певний момент часу можна з певною точністю охарактеризувати сукупністю значень параметрів стану *q.*

Таким чином, система характеризується трьома групами змінних:

• вхідні змінні, що генеруються системами, зовнішніми щодо досліджуваної системи:

 (4.1)

• вихідні змінні, що визначають дію досліджуваної системи на навколишнє середовище:

 (4.2)

• параметри стану, що характеризують динамічну поведінку досліджуваної системи:

 (4.3)

У ході дослідження більшості систем усі три групи введених величин передбачаються функціями часу.

**Класифікація моделей**

Модель може бути **ізоморфна або гомоморфна** до об'єкта. **Ізоморфна** модель – це коли існує взаємно однозначна відповідність між елементами і зв'язками моделі та об'єкта. **Гомоморфна модель** – коли відповідність однозначна лише в одному з аспектів. Етапи моделювання:

• – постановка проблеми;

• – побудова або вибір моделі;

• – дослідження моделі;

• – екстраполяція результатів дослідження на оригінал.

Модель є не просто замінником оригіналу, а його цільовим відбитком, і якою є модель, залежить від цілей моделювання. Залежно від цілей моделями можуть бути найрізноманітніші предмети.

Властивості моделей:

• – 1. моделей одного і того самого об'єкта може бути велика кількість,

• – 2 . один і той самий предмет може бути моделлю різних об'єктів.

**За цілями моделювання** моделі поділяються на пізнавальні та прагматичні :

**Пізнавальні моделі** – це моделі, що є формою організації та подання знань, засобом одержання нових знань і їх об'єднання з відомими. (лабораторні установки, за допомогою яких студенти вивчають наукові дисципліни, експериментальні установки, створені для розроблення певного проекту, моделі створені за допомогою комп'ютера, схеми електричних мереж, тягових підстанцій, наукові теорії, моделі атома, всесвіту і т. п.)

**Прагматичні моделі** – це моделі, які є засобом регулювання практичної діяльності і слугують для певних практичних цілей, є стандартами, зразками, законом тощо (це певні збірки законів, стандартів, правил що регламентують поведінку людей.)

Пізнавальні й прагматичні моделі відрізняються своїм співвідношенням моделі та об'єкта моделювання. Це співвідношення полягає в тому, що коли пізнавальна модель не відповідає дійсності, то потрібно змінити модель, коли ж прагматична модель не відповідає дійсності, то навпаки – потрібно змінювати сам об'єкт моделювання.

Наприклад:. **Пізнавальною моделлю** будови світу в Середні віки була геоцентрична модель, або модель Птолемея (Птоломеєва система світу, що знайшла завершення у працях давньогрецького астронома Птолемея, є **геоцентричною системою**, в центрі якої знаходилася Земля, навколо Землі знаходилися 7 кришталевих сфер, на кожній з яких розміщувалися планети та Сонце і рухалися разом зі сферами, а також по поверхні сфер за певними циклами. За сферами – місце для богів, які керували світом). Коли наука довела невідповідність такої моделі об'єкту моделювання, неадекватність її для пояснення астрономічних явищ, то модель була замінена **геліоцентричною моделлю Сонячної системи** Коперника, в центрі якої знаходиться Сонце, а планети і Земля, рухаються навколо нього.

Інший приклад – планетарна модель атома, створена Резерфордом: атом містить ядро, навколо якого по еліптичних орбітах рухаються електрони. Після відкриття законів квантової механіки вона була замінена моделлю, в якій електронам відповідає певна електронна хмаринка, розподілена в просторі навколо ядра атома.

Інше співвідношення між об'єктом і дійсністю для **прагматичних моделей.** У разі, коли прагматична модель не відповідає об'єкту, виникає необхідність зміни об'єкта моделювання, а не моделі. Наприклад, якщо обладнання для очищення викидів або скидів, що розробляє конструктор або виготовляється на заводі, за певними параметрами **не відповідає стандарту, то змінюється конструкція очисного обладнання, тобто об'єкт моделювання** – певний апарат приводиться у відповідність до прагматичної моделі, а саме до стандарту.

**Залежно від того, з чого створені моделі, їх можна поділяти на:**

• • матеріальні (реальні);

• • ідеальні (уявні, продукти свідомості).

**Матеріальні моделі** – це матеріальні об'єкти, які у певному відношенні заміняють об'єкт моделювання. Для того щоб даний матеріальний об'єкт чи конструкція могли бути моделлю, необхідно, щоб вони відповідали декільком умовам:

• • по-перше, відповідали цільовому призначенню моделі;

• • по-друге, замінювали оригінал, давали відповіді щодо оригіналу з потрібною точністю.

Для цього повинно бути встановлене певне співвідношення подібності між об'єктом моделювання і моделлю. Існує декілька способів установлення такого співвідношення. Розглянемо три типи співвідношення подібності:

• • пряма подібність;

• • опосереднена подібність;

• • умовна подібність.

Найпростіше **пряме співвідношення подібності** – це моделі, створені на основі фізичної подібності. Моделі створюються такими самими, як об'єкти, подібні до них: наприклад, модель літака, макет будівлі чи промислової конструкції, макет гідроспоруди, дитяча іграшка, лялька, викрійка тощо. Тут можлива повна відповідність, наприклад копії картин, голограми, протези, або часткова, коли збігаються деякі деталі. Модель може бути побудована у зменшеному, або збільшеному масштабі реального об'єкта. Вона може відрізнятися розмірами, матеріалом, з якого виготовляється. Однак якою б доброю не була модель, вона є тільки замінником об'єкта, виконує роль його лише в певних умовах. При матеріальному моделюванні на основі прямої подібності виникає проблема перенесення результатів моделювання з моделі на оригінал. У технічних науках для цього використовують принципи подібності.

**Опосереднена подібність** – це подібність, що базується на єдності законів природи, на існуючій у природі аналогії між різними явищами. Моделі створюють не на основі механічного відтворення, а на основі об'єктивно існуючої єдності явищ природи.

**Умовна подібність** – використовується там, де не можна встановити ні прямої, ні опосередненої подібності. Тут подібність установлюють на основі певних правил, домовленостей. Прикладом моделі з умовною подібністю може бути креслення, ми їх розглядаємо як модель конструкції. Аналогічно й електрична схема – це модель електричного кола, що є моделлю лише завдяки певній домовленості, умовній подібності.

**Ідеальні моделі** – це моделі, що є ідеальними конструкціями, побудованими засобами мислення, свідомості. До них належать мова, мовні конструкції, художні твори, наукові теорії, гіпотези, алгоритми діяльності тощо. Особливу роль серед них займає мова.

Наприклад, слово дерево – це певна модель. Говорячи "дерево", ми розуміємо об'єкт, який має стовбур, коріння, листя. Мова – це універсальний засіб побудови моделей. Універсальність мови як засобу побудови моделей полягає насамперед у тому, що окремі поняття мови є певними моделями світу. Крім того, мова допускає ієрархічну побудову моделей, а саме: слово, речення, текст. Моделлю об'єкта може бути одне слово, як це показано вище. У разі, коли для побудови моделі одного слова недостатньо, застосовують речення. За допомогою речення визначаються більш складні моделі. Моделлю певної системи може бути не одне речення, а цілий текст, побудований з речень. Наприклад, для опису сучасного уявлення про сонячну систему, моделі сонячної системи вже необхідний цілий текст досить великого обсягу.

У випадках, коли розпливчастість понять буденної мови стає на заваді, коли потрібно чітко визначити предмет моделювання, виникають спеціальні мови, що мають більш чіткий, однозначний характер. Це мови наукових дисциплін: математики, екології, біології, фізики. Основою таких мов є чітко визначені поняття. Ідеальні моделі можна поділити на семантичні (знакові) та інтуїтивні, на аналітичні й імітаційні.

**Семантичні моделі** – це знакові моделі, в яких установлені певні знаки та співвідношення між ними і які записуються та зберігаються у вигляді сукупності знаків. Розрізняють математичні, логічні й графічні семантичні моделі. Розділити їх не завжди можливо, оскільки у кожній семантичній моделі певним чином переплітаються окремі елементи. Деколи говорять про логіко- математичні моделі, що поділяють на аналітичні й імітаційні. Аналітичні моделі – це моделі, призначені для аналізу, імітаційні – для відтворення певних процесів, явищ.

**Інтуїтивні моделі** – це моделі, що будуються на вербальному (описовому) рівні. Вони мають характер гіпотез, розуміння загальних характеристик розвитку об'єктів. Під час їх створення важливу роль відіграє підсвідомість.

**Аналітичні й імітаційні** моделі вказують на призначення моделі, як модель використовується у процесі пізнання.

**Аналітичні моделі** – це моделі, призначені для вивчення систем теоретичними методами, засобами алгебри, математики.

**Імітаційні моделі** – це моделі, що слугують для точного чи дещо видозміненого відтворення певних систем, процесів, явищ.

**Формальні моделі** – це окремі типи моделей, подані у формальному, описовому вигляді, до якого входять головні ознаки, за якими дана модель істотно відрізняється від інших. В описі формальної моделі подані також правила її побудови, складові частини моделі, зв'язки між частинами, вигляд моделі в цілому.

Формальна модель має загальний характер без конкретного наповнення, є каркасом, на основі якого можна побудувати цілий ряд змістовних моделей. Формальні моделі є абстрактними моделями, описаними абстрактною, найбільш загальною мовою. Залежно від рівня абстракції формальні моделі можуть охоплювати різну кількість систем. До формальних моделей найбільш високого рівня абстракції належать моделі "чорний ящик", "склад системи", "структура системи", "структурна схема".

**Змістовні моделі** – це моделі, наповнені поняттями даної предметної сфери. Вони будуються на основі формальних моделей, що слугують шаблоном, зразком для побудови змістовних моделей.

Створення змістовної моделі – це процес інтерпретації формальної моделі мовою певної предметної області.

**Інтерпретація –** це встановлення відповідності між формальною і змістовною моделями системи. Інтерпретація визначається як сукупність значень (змісту), які певним чином надаються елементам деякої системи, теорії чи моделі. У математиці інтерпретація – це встановлення відповідності, пояснення положень деякої формальної теорії мовою певної змістовної системи, причому положення змістовної системи повинні бути визначені незалежно від формальної системи. Інтерпретація вважається повного, якщо кожному елементу формальної системи відповідає певний елемент змістовної системи.