Лекція 2. **Групи математичних моделей, головні типи математичних гідрогеологічних моделей. Системний підхід при гідрогеологічному моделюванні.** – 2 години.

План лекції:

· Поняття про системи управління базами даних.

· Натурні, фізичні та математичні моделі, їх інформаційне та технічне забезпечення.

· Системний підхід при гідрогеологічному моделюванні.

8

Поняття про системи управління базами даних.

Будь-який природний чи штучний об'єкт можна розглядати як ***інформаційну систему (ІС)***, що складається з елементів та зв'язків між елементами, по яким циркулює інформація. Причому ця інформація певним чином подається, переробляється, передається. Вважають, що

ІС функціонує на базі певної *інформаційної технології (ІТ)*. Під *ІТ* розуміють пристрої, носії, методи зберігання, обробки, принципи обміну інформацією.

Перші шляхи автоматизації *ІТ* ґрунтувались на позадачному методі. При цьому розглядались питання, що пов'язані з автоматизацією вирішення задач оперативного рівня управління. Суть *позадачного методу* полягає в тому, що для кожної окремої задачі створюється свій блок даних Ді та своя прикладна програма Пі. Програма Пі вирішує цю окрему задачу з максимальною ефективністю.

Проте *при реалізації позадачного методу виникають наступні проблеми*:

1. *Проблема контролю надмірності даних*, тому що дані в окремих задачах можуть дублюватися. Складність проблеми полягає також у тому, що будь-яка зміна вихідних даних для однієї задачі викликає необхідність одночасного корегування даних в інших задачах.

2. *Проблема тісного зв'язку між даними та прикладними програмами*, які створювались за допомогою стандартних алгоритмічних мов. Такі прикладні програми вміщують не тільки алгоритми розрахунків, а також і опис вихідних даних. Результатом цього є те, що будь-яка зміна у структурі вихідних даних викликає необхідність зміни самої прикладної програми.

Існування таких проблем викликало необхідність якісного нового підходу до організації даних. Тому були сформульовані *стандартні вимоги до організації даних*, основними з яких є:

1. *Інтеграція даних*. Всі дані накопичуються та зберігаються централізовано. Вони створюють

динамічну модель об'єкту, яка оновлюється в реальному масштабі часу.

2. *Забезпечення максимальної незалежності прикладних програм від даних*.

Втілення цих вимог призвело до створення єдиного для всіх задач блоку даних (*бази даних - БД*) та розробки однієї керуючої програми для роботи з даними на фізичному рівні (*системи управління базою даних - СУБД*).

Власне *СУБД* забезпечує незалежність даних, а прикладні програми підтримують логіку кожної конкретної задачі. Зміна фізичної організації даних сприймається *СУБД* і не впливає на

прикладні програми. В свою чергу, зміна логіки прикладної програми не потребує реорганізації

та зміни механізму доступу до фізичних даних.

Слід зазначити, що *будь-який блок даних не являє собою БД. БД - це сукупність даних, яка має такі властивості:*

1. *Інтегрованість*, яка направлена на вирішення загальних задач.

2. *Модельність*, тобто структурованість, яка віддзеркалює деяку частку реального світу.

3. *Незалежність* опису даних від прикладних програм.

Також *будь-яка керуюча програма роботи з БД не являє собою СУБД. СУБД - це пакет програм, який дозволяє:*

- забезпечити прикладні програми засобами опису та маніпулювання даними;
- забезпечити підтримку *моделей даних* (моделі даних визначають логічне уявлення фізичних даних);
- забезпечити операції створення та маніпулювання даними (вибір, вставка, оновлення,

вилучення та ін.) та одночасне відображення (виконання) цих операцій з фізичними даними;
- забезпечити захист та узгодженість даних, тому що при колективному режимі роботи з *БД* можливо використання загальних фізичних даних.
- Як зазначалось, *СУБД* підтримує певну модель даних. Розрізняють такі моделі даних (відповідно, *СУБД*):
- мережні□ нь _____,
- ієрархічні,
9
- реляційні.
Мережні СУБД використовують модель подання даних у вигляді графа.
Ієрархічні СУБД подають дані у вигляді деревоподібної структури.
СУБД персональних комп'ютерів звичайно підтримують реляційну модель даних. Реляційна модель даних використовує поняття відношення (англ. relation). Відношення зручно уявити у вигляді двомірної таблиці за умови виконання деяких обмежень. Набір таблиць (відношень) використовується для зберігання даних про об'єкти та моделювання зв'язків між даними.
Реляційна СУБД - це набір взаємопов'язаних відношень. *Кожне відношення (таблиця) являє собою файл в комп'ютері*.
Слід також визначити поняття "*банк даних*", яке зараз використовується досить часто. *Банк даних складають*:
1. *База даних (БД).*
2. *Система управління базою даних (СУБД).*
3. *Апаратні засоби.*
4. *Служба забезпечення та деякі інші компоненти.*

Натурні, фізичні та математичні моделі, їх інформаційне та технічне забезпечення.
Головною метою гідрогеологічного моделювання є розробка прогнозу поведінки гідрогеологічної системи у майбутньому. Прогнозування може виконуватися або у реальному
часі (*власне прогнозування*), або без конкретної прив'язки до часу (*передбачення*).
При створенні будь-якої моделі завжди намагаються спростити умови реального світу. Спрощення може бути досягнуто:
1) за рахунок вибору головних (базових) аспектів системи, що моделюється;
2) шляхом зневажання випадковими деталями.
При цьому виникає деяке протиріччя. З одного боку, модель повинна бути досить простою для розуміння і використання. З іншого боку, модель повинна бути складною в такій мірі, щоб
з точки зору задачі, яка вирішується, адекватно віддзеркалювати природну систему.
Гідрогеологічні моделі можна поділити на три групи:
1) натурні моделі,
2) фізичні моделі,
3) математичні моделі.
Натурна модель - це об'єкт, який створений самою природою. *Натурне моделювання полягає у виконанні виробничих експериментів на таких об'єктах*.
Фізичні моделі відрізняються від натурних лише геометричними параметрами (головним чином у бік зменшення останніх). *Фізичне моделювання виконується на лабораторному устаткуванні, причому фізична природа явищ зберігається*.
Математичні моделі - це математичний опис процесу, що досліджується. Математичне моделювання полягає або в аналізі цього математичного опису, або у розв'язку рівнянь, за допомогою яких цей опис представлений.
Серед математичних моделей виділяють так звані *постійно діючи математичні гідрогеологічні моделі*. Математичну модель можна вважати постійно діючою, якщо виконуються такі головні принципи: реалізація оберненого зв`язку між розрахунковою схемою-

моделлю об`єкта, що вивчається, метою і задачами прогнозу; безперервність схематизації, яка
забезпечує етапність польових експериментів, направлених на розширення уявлень про об`єкт
та про окремі його елементи; адаптація моделі, що передбачає безперервне покращення її якості
за рахунок додаткових польових досліджень і удосконалення методики їх інтерпретації.
Як відомо, *найбільшу прогностичну здатність* з перелічених груп моделей *мають математичні моделі*.
Виділяють *три головних типи математичних моделей*: статистичні моделі, детерміновані моделі та концептуальні моделі.
Статистичні моделі (емпіричні моделі; моделі, які працюють за принципом "чорного ящику"). Такі моделі базуються на статистичній оцінці погодження входів та виходів моделі та

не мають фізично обґрунтованої функції, яка пов'язує входи моделі та виходи. Моделі використовують ряд методів для такого погодження (регресійний аналіз, аналіз часових рядів,
аналіз екстремальних частот та ін.). У межах діапазону даних про систему, що аналізується (*при інтерполяції*), такі *моделі можуть дати добрий результат*. Це пояснюється тим, що при
інтерполяції формально математична структура моделі досить повно відповідає структурі фізичної системи, що досліджується. Але при екстраполяції за межі діапазону, що досліджувався, відповідність математичної та фізичної структур втрачається, тому *результати*
такої *екстраполяції можуть мати досить мало спільного з реальністю*. З точки зору математики такі моделі непридатні для прогнозування, бо вміщують неконтрольовану похибку.
Детерміновані моделі базуються на використанні складної фізичної теорії. Стосовно фільтрації вони базуються на крайових задачах геофільтрації. Незважаючи на те, що розв'язки
крайових задач виконуються при певних спрощеннях реальних природних умов, ці моделі часто вимагають великого об'єму вихідної інформації, отже, значних грошових витрат. Брак такої інформації веде до невизначеності прогнозів. Але *детерміновані моделі мають найбільшу прогностичну здатність*. Крім того, при розробці детермінованої моделі вдосконалюються знання про гідрогеологічну систему, що досліджується.
Концептуальні моделі займають проміжне становище між двома попередніми.
Концептуальні моделі створюються на основі аналізу простої структури системи, що вміщує у
собі відносно невелику кількість компонентів. Кожний з таких компонентів являє собою схематизовану подібність одного з елементів процесу, який має місце в системі, що моделюється. Всі такі елементи розглядаються як нелінійні витоки. Нелінійність віддзеркалює
природний характер гідрогеологічних систем, які найчастіше не можна адекватно уявити за допомогою лінійної моделі.
Рівень розвитку гідрогеологічного моделювання пов'язаний з двома суттєвими обмеженнями:
1) рівнем застосування обчислювальної техніки (технічне забезпечення);
2) базою вихідних даних, що існує (інформаційне забезпечення).
Рівень застосування обчислювальної техніки визначається головним чином рівнем розвитку держави.
Якість вихідних даних (інформації) про об'єкт можна оцінювати з таких позицій:
1) об'єм наявної інформації;
2) ступінь відповідності параметрів моделі реальним параметрам;

3) точність вимірювань реальних параметрів;
4) репрезентативність вимірювань.
Об'єм наявної інформації визначає вибір тої чи іншої групи (типу) моделі.
Параметри моделі повинні бути реальними, тобто відповідати параметрам, які встановлені в польових умовах.
Оцінка точності польових вимірювань є обов'язковою, інакше не можна оцінити частку похибок вимірювань при моделюванні. Взагалі похибки вимірювань викликають додаткову невизначеність модельних прогнозів.
У більшості випадків дослідники не в змозі досягнути необхідної статистичної репрезентативності вимірювань (об'єму вихідної інформації). Головна причина полягає у тому,
що бракує коштів і часу. Часто дослідники обмежуються вимірюванням параметру лише в одній точці. В такому випадку мінливість у просторі і часі параметру, що досліджується, визначається не об'єктивно, а в залежності від типу мережі спостережень. Тому *зараз головним*
питанням методики гідрогеологічного моделювання є не вдосконалення моделей та обчислювальних процедур, а вирішення проблеми коректного розповсюдження інформації, яка
отримана у точці, на об'єкт досліджень.
Системний підхід при гідрогеологічному моделюванні.
Системний підхід - це сукупність спеціальних методологічних прийомів вивчення об'єктів як систем. *Головний принцип системного підходу - це цілісність та визначена послідовність у*

дослідженнях: від властивостей об'єкту через його відношення до пізнання механізму функціонування об'єкту.
При системному підході гідрогеологічний об'єкт (*гідрогеологічна система*) розглядається як сукупність гідрогеологічних тіл, що характеризуються певними співвідношеннями між собою
та зовнішнім середовищем. *Гідрогеологічні системи можна поділити на:*
1) елементарні, локальні та регіональні;
2) природні та природно-техногенні.
Категорії "елементарна", "локальна" і "регіональна" залежать від масштабу, у якому досліджується процес чи об'єкт.
Природно-техногенні системи відрізняються від природних тим, що у вигляді елементів (підсистем) вміщують у собі інженерні (штучні) споруди або такі природні об'єкти, які суттєво
змінені людиною.
Функціонування будь-якої гідрогеологічної системи можна розглядати як взаємодію силових полів, які характеризують зміну енергії (тиску, температури) та маси речовини.
Поле будь-якої величини - це область, в якій ця величина змінюється у координатах простору і часу. М.Огільві запропонував розрізняти фізичні та геологічні поля.
Геологічні поля - це поля показників, які характеризують зміну властивостей гідролітосферного простору. Наприклад, це поля коефіцієнту фільтрації, коефіцієнту водопровідності.
Фізичні (або динамічні) поля - це поля сил або градієнтів сил, які визначають рух у гідрогеологічній системі. Наприклад, це поля гідродинамічних напорів, температур, концентрацій.
З точки зору математики *геологічні поля являють собою поля аргументів, а фізичні - поля функцій*.
Якщо зв'язок між фізичними та геологічними полями детермінований, то математично він представляється за допомогою системи диференціальних рівнянь (*детермінована модель*).
Якщо зв'язок між полями не визначений, то для опису системи використовуються імовірнісно-статистичні методи (*імовірнісна модель*).

Традиційно в гідрогеології застосовують детерміновані моделі, які мають найбільші прогностичні властивості. Але *в останній час почали широко застосовуватися імовірнісні гідрогеологічні моделі*. Це обумовлено такими причинами:
1) складність задач, які вирішує гідрогеологія, особливо в зв'язку з техногенним впливом;
2) сукупне техногенне навантаження на підземні води найчастіше має імовірнісний характер;
3) об'єктивно існує інформаційний дефіцит при розв'язку задачі;
4) зростання вартості гідрогеологічних робіт.
Імовірнісні гідрогеологічні моделі найбільш успішно зараз використовуються для об'єктивного "наповнення" детермінованих, тобто *імовірнісні моделі доцільно застосовувати*
при аналізі геологічних полів. *Наступний прогноз поведінки фізичних полів доцільно виконувати*
за допомогою детермінованих моделей. Проте слід врахувати, що *імовірнісний характер вихідної інформації накладає певні обмеження на достовірність детермінованих гідрогеологічних моделей.*_