

## ЛЕКЦІЯ

### Сучасні методи оцінки захищеності і уразливості підземних вод

План лекції:

1. Метод гідрогеологічного районування.
2. Індексно-рейтингові методи.
3. Параметричні методи.
4. Метод моделювання.

#### *Метод гідрогеологічного районування*

Гідрогеологічне районування є необхідним підготовчим етапом при побудові карти захищеності або уразливості підземних вод будь-яким методом, оцінка захищеності (уразливості) підземних вод методом районування обмежується якісною категоризацією захищеності (уразливості) для відповідних виділених зон. При цьому найчастіше використовується процедура «накладання» карт початкової інформації, яка спрощена після упровадження ГІС-технологій.

Підсумкова карта уразливості включає п'ять категорій підземних вод: максимальна (червоний колір), дуже висока (рожевий колір), висока (жовтий колір), середня (світло-зелений колір), низька (зелений колір).

Недоліком цього методу є необхідність великого обсягу даних щодо геологічної й гідрогеологічної інформації по досліджуваній території (у тому числі супутникових даних із високим розрідженням) і використання потужних ГІС-систем. Розроблена оцінювальна система жорстко прив'язана до конкретних геолого-гідрогеологічних умов і характеристик, без спеціальної адаптації її не можна застосувати для інших територій. Цей недолік характерний і для різноманітних індексно-рейтингових методів, які будуть розглянуті нижче.

#### *Індексно-рейтингові методи*

Індексно-рейтингові методи і системи оцінки й картування уразливості (захищеності) підземних вод створили на основі простих алгоритмів підсумовування факторних показників захисної здатності ГС і гідрогеологічних умов території. Індекс уразливості підземних вод розраховується в кожній точці території аналізу як сума показників, помножених на відповідні їм рейтингові (змістові) коефіцієнти.

Уразливість підземних вод досліджуваної території оцінюється в три етапи, які відповідають цілям оцінки і стадіям спадної міграції забруднювачів із поверхні ґрунтів до водоносних горизонтів:

1. Оцінка захисної здатності ґрунтів.
2. Оцінка уразливості верхнього водоносного горизонту.
3. Оцінка уразливості більш глибоких водоносних горизонтів.

Залежно від поставленої цілі оцінка може обмежитися виконанням тільки першого або перших двох етапів. У результаті кожного етапу складається карта, яка може використовуватися окремо або для складання узагальнювальної синтетичної карти. Використання незалежних компонентів оцінки (ґрунт, верхній горизонт, напірні горизонти) робить метод гнучким щодо потреб різних користувачів.

Оцінка і складання карт уразливості більш глибоких горизонтів (третій етап) базуються на вивченні геологічних і гідрогеологічних характеристик, таких як літологія порід водоносного горизонту; витриманість відновного водотриву, що залягає вище; розташування, площа й характер зон живлення; загальний напрямок потоку підземних вод. Третій етап, як правило, виконується в загальних рисах через обмеженість інформації про глибокі водоносні горизонти.

Унаслідок особливостей процедури матричного рангування, метод дає дуже приблизну оцінку уразливості (захищеності), оскільки «усереднення» за трьома категоріями виконується вже на нижньому ступені оцінки вихідних параметрів (потужності зони аерації, коефіцієнтів фільтрації та інфільтрації) і

в наступній двокроковій логічній процедурі беруть участь уже не оцінки, а градації цих параметрів.

Як загальний недолік усіх розглянутих індексно-рейтингових методів слід зазначити суб'єктивізм у визначенні рейтингових шкал оцінки основних факторів і характеристик уразливості підземних вод.

### *Параметричні методи*

Система оцінки захищеності підземних вод В. М. Гольдберга базується на врахуванні чотирьох показників: 1) глибини залягання рівня ґрунтових вод (потужності зони аерації); 2) літологічного складу порід зони аерації; 3) потужності слабо проникних відкладень у розрізі зони аерації; 4) фільтраційних властивостей порід зони аерації і насамперед слабо проникних відкладень.

*Захищеність водоносного горизонту від забруднення з поверхні* В. М. Гольдберг визначає як перекритість водоносного горизонту відкладеннями, насамперед, слабо проникними, що перешкоджають проникненню до нього забруднювальних речовин із поверхні землі.

За основний параметр оцінки захищеності підземних вод В. М. Гольдберг приймає фільтраційний час досягнення, за який забруднені води, що фільтруються із поверхні, досягнуть рівня підземних вод.

Концепція захищеності підземних вод В. М. Гольдберга і розроблена ним параметрична бальна система її оцінки на підставі фільтраційного часу досягнення стали першим теоретичним обґрунтуванням вирішення цієї проблеми. Слід зазначити, що оцінка захищеності підземних вод, особливо верхнього водоносного горизонту, за методикою В. М. Гольдберга є у більшості випадків недостатньо повною, оскільки не враховується фізико-хімічний фактор захищеності, який сам В. М. Гольдберг визнає одним із головних.

У цілому параметричні методи оцінки захищеності (уразливості) підземних вод за фільтраційним часом досягнення або повного

фільтраційного опору, через їх планово-однорідний характер, часто призводять до полярних результатів - переоцінці або недооцінці потенційного забруднення - залежно від того, враховуються чи ні фізико-хімічні взаємодії мігранту і породи в ґрунті та зони аерації, які виражаються фактором затримки. При такому підході передбачається наявність у кожний момент часу на певній глибині чіткого фронту просування мігранта із заданою концентрацією, глибше якого середовище залишається чистим. Очевидно, що при цьому не враховуються фільтраційна неоднорідність території, яка призводить до вертикальної подовжньої макродисперсії фронту забруднення, що зумовлено наявністю зон аномальної міграції різного масштабу - від макропор до обширних зон швидкої міграції, пов'язаних із геодинамічно активними зонами і т. д. При цьому зі збільшенням території вивчення необхідно брати до уваги неоднорідності й порушення все більших розмірів, а оцінювана захищеність (уразливість) підземних вод цієї території повинна визначатися їх сумарною відкритістю.

### ***Метод математичного моделювання***

Метод математичного моделювання при оцінці захищеності (уразливості) підземних вод спирається на математичне описання фізичних процесів, які визначають потенційне перенесення забрудників від їх джерел у підземні води. У цьому відношенні моделювання має перевагу завдяки гнучкості оцінки, яка полягає в меншому прив'язуванні методу до конкретної території і часу, більшій надійності прогнозу при зміні гідрогеологічних умов території, а також у принциповій можливості врахування неоднорідностей ГС. Серед методів математичного моделювання слід розрізняти дві основні групи: *детерміновані та статистичні методи*.

Більшість *детермінованих методів* спирається на врахування трьох основних фізичних процесів, що визначають перенесення забруднювача: 1) адвекцію (конвективного перенесення розчиненої речовини зі швидкістю потоку підземних вод); 2) поперечну і повздовжню (до напрямку потоку)

дисперсію-розсіювання фронту забруднення внаслідок неоднорідності порового простору (у т.ч. наявність швидких шляхів фільтрації й міграції); 3) сорбцію речовини забрудника породою.

*Статистичні моделі* більш різноманітні і використовуються опосередковано на різних рівнях і етапах оцінки, у т.ч. в ГІС-системах. Залежно від цілей і задач - обробка даних, інтерполяція і екстраполяція, факторний аналіз, методи кореляції і аналогії та ін. - використовуються різні статистичні методи і програми. Це пояснюється необхідністю мати більше число вихідної інформації, яку може забезпечити лише детальна мережа свердловин і моніторингу.

Методи факторного аналізу і кореляції використовуються при оцінках за аналогією, які полягають у встановленні асоціації з територією, на якій уже є реальне забруднення підземних вод. У випадку, коли ця територія є досліджуваною, така оцінка захищеності (уразливості) підземних вод являє собою оцінку за реальним забрудненням.

***Питання для самоконтролю знань студентами:***

1. Навести існуючі методи оцінки захищеності й уразливості підземних вод.
2. Охарактеризувати метод гідрогеологічного районування.
3. Охарактеризувати індексно-рейтингові методи оцінки захищеності й уразливості підземних вод.
4. Охарактеризувати параметричні методи оцінки захищеності й уразливості підземних вод.
5. Особливості сучасних методів оцінки захищеності й уразливості підземних вод, їх відмінності від розглянутих раніше методів.
6. Сильні та слабкі боки методів оцінки захищеності й уразливості підземних вод із використанням моделювання.