

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І. МЕЧНИКОВА

О.В. Чепіжко

МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

**Конспект лекцій
для студентів IV курсу геолого-географічного факультету
спеціальності 7.070701 «Геологія»**

О д е с а
«Одеський національний університет»
2012

УДК 502.5(063)+551:572(075)
ББК 26.3:28.08я73
Ч-441

Друкується за рішенням Вченої ради
Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.
Протокол № 5 від 10 травня 2011 року

Рецензенти:

В.Н.Кадурін, кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент
Т.А.Сафранов, доктор геолого-мінералогічних наук, професор
Є.А.Черкез, доктор геолого-мінералогічних наук, професор

Чепіжко О. В.

Ч-441 «Моніторинг геолого-техногенних систем» : конспект лекцій. –
Одеса : «Одеський національний університет», 2012. – 164 с.
ISBN 978-617-689-007-2

Навчальна дисципліна «Моніторинг геолого-техногенних систем» дає сучасні уявлення про формування системи моніторингу, методи вивчення геологічного середовища, про напрямки його розвитку та прогнозу оцінку стану середовища. Її вивчення надає студентам можливість скласти повну уяву про використання системи моніторингу в ході вивчення навколишнього середовища, а також проведення еколого-геологічних, геохімічних і тектонічних досліджень.

УДК 502.5(063)+551:572(075)
ББК 26.3:28.08я73

ISBN 978-617-689-007-2

© Чепіжко О. В., 2012
© Одеський національний університет
імені І.І. Мечникова, 2012

ВСТУП

В конспекті лекцій викладені наукові основи вивчення предмету «Моніторинг геолого-техногенних систем» в комплексі геологічних наук. Курс «Моніторинг геолого-техногенних систем» передбачає опис системи моніторингу як багатоцільової інформаційної системи, що включає збір даних шляхом спостереження, аналіз зібраних результатів, проведення оцінки стану навколишнього середовища, зокрема геологічного середовища, складання прогнозу розвитку довкілля. Моніторинг довкілля, екомоніторинг – комплексна науково-інформаційна система регламентованих періодичних безперервних, довгострокових спостережень, оцінки і прогнозу змін стану природного середовища з метою виявлення негативних змін і вироблення рекомендацій по їх усуненню або ослабленню. Моніторинг геолого-техногенних систем – система спостережень за змінами геологічного середовища і його компонентів, що повторюються і залежать від природних та антропогенних (техногенних) чинників. Моніторинг як багатоцільова інформаційна система включає комплекс показників, що визначають умови й фактори, окремі прояви рухів геологічного середовища, що вводяться в базу даних для розв’язку керуючих, проектних, містобудівних, прогнозних і моделюючих завдань.

Навчальна дисципліна «Моніторинг геолого-техногенних систем» дає сучасні уявлення про формування системи моніторингу, методи вивчення геологічного середовища, про напрямки його розвитку та прогнозну оцінку стану середовища. Її вивчення надає студентам можливість скласти повну уяву про використання системи моніторингу в ході вивчення навколишнього середовища, а також проведення еколого-геологічних, геохімічних і тектонічних досліджень.

Використання підготовленого курсу лекцій дозволяє найкращим чином викласти і освоїти дисципліну «Моніторинг геолого-техногенних систем», а також надає можливість використати набуті знання у практичній діяльності.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АІС – автоматизована інформаційна система

АЕС – атомна електростанція

БД – база даних

ГДК – гранично припустимі концентрації

ГСР – геологічне середовище

ГС – геологічна система

ГТС – геолого-техногенна система

ЕГ – екологічна геологія

ГП – геологічні процеси

ЕГП – екзогенні геологічні процеси

ІГ – інженерна геологія

МНР – моніторинг

ПДМ – постійно діюча модель

т. ч. – таким чином

Лекція 1

МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

1.1. ВСТУП У КУРС «МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ»

Геологічне середовище (ГСР) як усяка система, що формується на базі факторів і параметрів, об'єднаних певною закономірністю, має мережу внутрішніх зв'язків. Зміна ГСР відбувається в просторі й у часі внаслідок геологічних процесів, що виникають у ході природного розвитку планети Земля.

Геологічне середовище визначається особливостями будови геологічних об'єктів, петрографо-мінералогічного складу й фізико-механічних властивостей гірських порід. Складеними компонентами ГСР є геологічні тіла різних формацій, води морів і океанів, підземні й поверхневі води. Компонентами ГСР необхідно розглядати й фізичні поля: гравітаційні, магнітні, електричні, сейсмічні, радіаційні й інші.

Теоретичне обґрунтування моніторингу геолого-техногенних систем (ГТС) обумовлюється головною метою – вивчення ГТС, спостереження за ГТС і прогноз еволюції ГТС. ГТС це комплекс природних і техногенних об'єктів, що впливають один на одного і в кінцевому рахунку функціонують як одна система.

1.2. СТРУКТУРА, ЗАДАЧІ І ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Природне розчленування науки по об'єктах занадто усугубляється штучністю. Науковий моніторинг складається з трьох напрямків. 1 – інформаційний моніторингу; 2 – система моніторингу (МНР), яка сама розвивається; 3 – моніторингу середовища проживання. В основу МНР покладено концепцію рівнів організації природних систем – геологічних, геофізичних, геохімічних. Специфічні геологічні системи різних рівнів називаються геологічними системами. Принцип системності –

ціле є дещо більше ніж сума його часток; ціле не зводиться до суми його часток.

Основними задачами системи моніторингу ГТС є:

- проведення систематичних спостережень, збирання та збереження даних про стан навколишнього природного і геотехногенного середовища;
- створення та ведення банків даних і забезпечення збору інформації та інформаційного обміну;
- аналіз інформації, оцінка стану природного і геотехногенного середовища і впливу на нього факторів забруднення, прогнозування змін та інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень з питань охорони навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;
- удосконалення методичного та технічного забезпечення збирання, збереження, оброблення та аналізу даних.

Організація моніторингу ГТС. Принцип системності – ціле є дещо більше ніж сума його часток; ціле не зводиться до суми його часток. Система моніторингу природних систем, компоненти якої відносяться до різних рівнів організації природи – від часток та фізичних полів до геосфер та планет. Ефективність практичних зусиль моніторингу направлені на оптимізацію взаємодій природи і людства. Функціонування системи геологічне середовище – людина” передбачає саме раціональне природокористування, яке направлене на збереження умов проживання людини за рахунок розумного використання природних ресурсів. Геологічний аналіз і МНР ГТС базується на специфічних геологічних знаннях, які не можуть бути зведені до інших знань, таких як фізико-хімічні. Формування наукового напрямку як екологічна геологія (ЕГ) було обумовлено розвитком і саморозвитковими обставинами в науці.

Провідні системи моніторингу ГТС. Специфічні природні системи різного рівня вивчаються на різних напрямках моніторингу. При цьому використовуються системні методи. Об’єкти наук про Землю мають будову, що властива для цілісних динамічних природних систем.

В цілому методологічний підхід, що називається системним має включати в себе можливість пізнання особистого із загального, і загального із особистого. Система моніторингу – складний цілісний техногенний і природний об’єкт, що складається із супідрядних об’єктів-

підсистем, які називаються підсистемами. Підсистеми-компоненти знаходяться в закономірних відношеннях між собою, утворюючи при цьому структуру системи. Серед компонентів систем розділяють головні її підсистеми, що називаються елементами МНР.

Вивчення ГСР зводиться до збору інформації шляхом проведення безпосереднього вивчення об'єктів моніторингу, нагромадження й обробки результатів вивчення з використанням раніше отриманої інформації й формування бази даних [5]. Таке дослідження ГСР повинне враховувати й виявляти особливості геологічних об'єктів, що проявляються через внутрішні й зовнішні взаємини, через геологічні процеси.

Спостереження за ГСР проявляється через проведення спостережень шляхом поточного збору інформації про стан геологічного об'єкта, факторах і параметрах, що визначають цей стан, поповнення бази даних.

Прогноз еволюції ГСР полягає в аналізі всієї інформації про стан об'єкта, моделювання геологічних систем з різним ступенем адекватності, вироблення прогнозних оцінок і прогнозів еволюції ГСР.

1.3. ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Структура моніторингу ГТС (МНР ГТС) апріорі індивідуально підлягає спеціальній розробці в кожному конкретному випадку й поки не піддається твердій регламентації за винятком окремих специфічних моментів. Створення моніторингу – це творча розробка, що ґрунтується на певних вимогах, що й використовує весь арсенал наявних методичних розробок, як загальних так і відомчих [5, 7].

Із представленої схеми МНР видно, що основними частинами є блок контролю і блок керування, зв'язані між собою каналами передачі інформації, а також АІС і система інженерного захисту (Рис. 1.1). Функціональна система МНР представляється у вигляді складної макросхеми, що полягає з декількох систем різного призначення й функцій. Основними в структурі МНР є системи: функціональні, ієрархічна, об'єктів моніторингу, виробничих робіт, науково- методичних розробок і технічного забезпечення.

Для нас найцікавішою є система об'єктів МНР. У цій системі поєднуються об'єкти спостережень і об'єкти вивчення МНР. Основними серед них є компоненти геологічної системи (ГС), розглянуті раніше:

грунти, гірські породи, штучні ґрунти; рельєф території; підземні води, наземні води, геологічні процеси і явища. Відповідно до цих об'єктів (елементів) можуть виділятися підсистеми, що займаються моніторингом лише даного елемента ГС або його частини:

- моніторинг підземних вод;
- геоморфологічний моніторинг;
- моніторинг екзогенних геологічних процесів.

Усередині цих підсистем можуть виділятися (залежно від цільового призначення) більш вузькі підсистеми моніторингу. Наприклад у підсистемі гідрогеологічного моніторингу можуть виділятися підсистеми:

1. Забруднення підземних вод.
2. Виснаження (поповнення) підземних вод.
3. Підтоплення (осушення) території.
4. Фонового режиму підземних вод.

У підсистемі моніторингу «Екзогенних геологічних процесів» можуть виділятися підсистеми, спрямовані на вивчення конкретних процесів:

1. Зсувоутворення;
2. Формування селів;
3. Абразія;
4. Вітрової ерозії;
5. Заболочування.

В ідеальному варіанті моніторинг повинен бути комплексним; охоплювати не окремі частини, а всі елементи ГСР; усі його підсистеми й підлегли структури повинні бути зв'язані (див. рис. 1.1).

Наступним важливим елементом структури МНР є система виробничих робіт, складова виробничу базу моніторингу. Ця система поєднує в собі різні джерела одержання інформації про ГС. У неї входять усі види робіт, які використовуються при організації проведення моніторингу: різні види геологічних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних, кріологічних, геофізичних і геоморфологічних спостережень (рекогносцирувальні, режимні, оцінні й т.д.); усі види геологозйомочних робіт, використовуваних у практиці інженерно-геологічних, геологічних, гідрогеологічних і ін. досліджень; різні види робіт з організації інженерно-геологічного захисту, моделювання ГС, її елементів і ГТС (натурні, імітаційні, математичні й ін.) таким чином, у виробничу базу

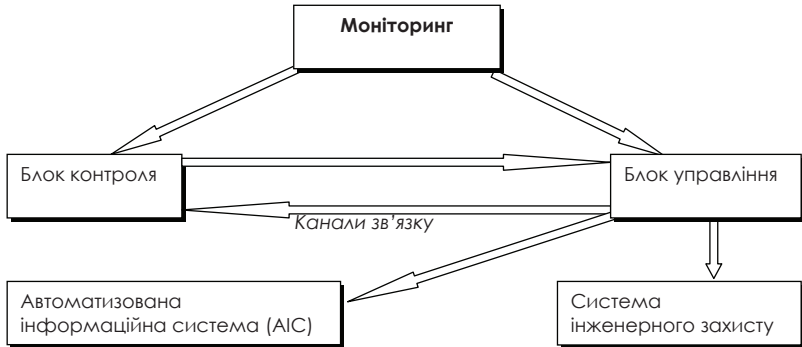


Рис. 1.1. Структурна схема моніторингу геологічного середовища

МНР входить практично весь арсенал методів, використовуваних в інженерній геології, гідрології, геокріології, геології.

Наступний найважливіший елемент структури МНР становить система науково-технічних і методичних розробок. Її призначення – розробка всього комплексу методик, використовуваних при плануванні, організації й функціонуванні моніторингу при проведенні виробничих робіт, при аналізі й оцінці результатів спостережень і, нарешті, при прогнозуванні й видачі керуючих розв’язків. Ця система є «мозковим центром» усього моніторингу. Від того, наскільки ефективно й коректно використовуються методики й окремі методи, буде залежати в остаточному підсумку результат роботи всієї системи моніторингу. Система науково-методичних розробок МНР складається фахівцями: геологами, інженерами-геологами, гідрологами, геокріологами, що мають еколого-геологічну підготовку, у тісній кооперації зі спеціальностями, суміжних областей – геохімії, геофізики, ґрунтознавства, що мають еколого-геологічну підготовку.

І, нарешті, останнім етапом структури МНР є система технічного забезпечення. Це технічеськая база, за допомогою якої здійснюється реалізація всього МНР.

У технічне забезпечення входить:

- апаратура для спостереження й збору первинної інформації про стан ГС (датчики, індикатори, прилади для спостережень);
- технічні засоби для польових знімальних геологічних, інженерно-геологічних, гідрологічних досліджень (бурові установки, пересув-

ні лабораторії, геофізичні станції, прилади для польових випробувань), автотранспорт, лабораторне устаткування для проведення досліджень, ЕОМ, засоби зв'язку й комунікацій, оргтехніка.

Технічне забезпечення являє собою найбільш дорогу частину МНР, тому воно повинне формуватися найбільш оптимальним образом, без зайвих витрат і дублювання. Окрім того, слід пам'ятати, що створення системи МНР повинне опиратися на мережу, що вже склалася, режимних інженерно-геологічних, гідрогеологічних і геокріологічних спостережень, на системи інженерного захисту, на наявну технічну базу різних дослідних і проектних інженерно-геологічних організацій і підприємств.

1.4. СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ – АІС

Основою організаційної структури МНР є складова АІС – автоматизована інформаційна система, яка створюється на базі ЕОМ. Із впровадженням в ІГ вишукування ПК з'являється можливість створення АІС високого рівня (Рис. 1.2). Завданнями АІС є:

- зберігання і створення режимної інформації про склад ГС і ГТС;
- цілеспрямована постійна обробка й оцінка інформації;
- виконання перманентних прогнозів розвитку і стану ГС;
- розв'язок оптимізаційних завдань по керуванню ГС.



Рис. 1.2. Принципіальна схема структури АІС моніторингу

Система АІС покликано забезпечити розв'язок усіх основних завдань, пов'язаних з одержанням і обробкою інформації, одержуваної в ході МНР. Звідси й сама структура АІС [3, 5, 7].

1-й блок – автоматизована інформаційно-пошукова система (АІПС), яка спрямована на розв'язок першого завдання. По суті – це база даних (БД), що реалізується за допомогою ЕОМ. У систему АІПС надходять усі первинні дані про ГС території. Вони накопичуються в БД, попередньо обробляючись, сортуються і використовуються потім у всіх наступних операціях по оцінці й прогнозу стану ГС.

2-й блок – автоматизована система обробки даних (АСОД). Спрямована на розв'язок другого завдання – цілеспрямована обробка й оцінка поступаючої інформації. Цей блок реалізує функцію комплексної і якісної обробки всієї інформації по МНР, що також здійснюється за допомогою ЕОМ.

3-й блок – автоматизована програмно-діагностична система (АІДС) представлена блоком, що вирішує третє завдання. За допомогою вищевказаного блоку вирішуються всі питання складних перманентних (тобто такі, що безупинно триваючи, повторюються) прогнозів відповідно до функціональної схеми МНР. Також реалізуються за допомогою ЕОМ. Важливим компонентом цього блоку є постійно діюча модель (ПДМ).

4-й блок – автоматизована система керування (АСК), спрямована на розв'язання завдань по керуванню ГТС і розробку рекомендацій. Цей блок здійснює рішення задачі кінцевої мети і функцію МНР і є надзвичайно важливим. Практично реалізується за допомогою ПК.

Усі чотири блоки АІС зв'язані один з одним і утворюють єдину функціонуючу систему. Основним питанням при організації АІС є інформаційне, технічне і математичне забезпечення.

Інформаційне забезпечення становить всебічна інформація про ГТС в цілому. Це найбільш істотна частина інформаційного забезпечення, яка складає вміщуючу основу, що зберігається в БД для її наступного аналізу, обробки, оцінки, багатоцільового пошуку поповнення й видачі. Ця інформація двоякого роду: з одного боку, про ГС і її компонентах; з іншого боку – про технічні системи й надаваних ними технічних впливах.

Дані збираються як зі спостережливої мережі моніторингу, так і зі сторонніх джерел (адміністративних, організованих, проектних і ви-

робничих організацій геології й виробничих фондів, наукових бібліотечних архівів, метеостанцій, СЕС та ін.). Поступаюча інформація повинна мати ряд ознак, які встановлюють її якість:

- **репрезентативністю**, тобто відбивати самі істотні риси будови й властивостей об'єктів ГС;

- **конструктивністю**, тобто бути порівнянною з оцінками інших природних і техногенних факторів, придатною для інтегральних оцінок і розрахунків;

- **економічністю**, яка виражається в співставленні вартості одержуваних оцінок і загальної вартості складання системи моніторингу і її реалізації;

- **раціональністю**, обумовленою як мінімальний обсяг витрат праці, часу й засобів на одержання одиниці інформації.

Будь-яка інформація поступаюча в АІС повинна бути уніфікована, тобто приведена у вид, зручний для її подальшого використання в БД. Для уніфікації моделей вхідних і вихідних документів системи МНР, а також уніфікації логічної структури БД в АІС розроблювачами АІС слід дотримуватися єдиних методичних положень, а також загальних рекомендацій з інформаційного забезпечення. Структура вхідних документів у системі моніторингу визначається об'єктом спостережень, рівнем системи і ін. факторами. Документи повинні бути стандартизовані [3, 5, 7]. Необхідна розробка єдиної форми документів – паспорта властивостей ґрунту, шпари, масиву, території. У таких паспортах кожний з показників записується строго на своєму місці і кодується для наступного введення і використання в ЕОМ. Форми паспортів повинні бути єдиними для всієї системи моніторингу. Повинні бути вирішені питання про способи відбиття тих або інших показників, одиниць їх вимірів, інтервалів значень, точності показників.

Звичайно структура БД в АІС МНР має три рівні, що відповідають ієрархії досліджуваних об'єктів ГС.

- **1-й, детальний** рівень підтверджує первинну інформацію про ГП або ґрунт, яка заноситься в паспорт. Паспорт містить усі необхідні дані про ґрунт, включаючи його місцезнаходження, вік, генезис і докладну характеристику складу, будови й властивостей. Форми паспорта розробляються, усі структури його кодуються для введення в ПК. При зборі режимної інформації для кожного ґрунту збираються відомості щодо зміні складу й властивостей у часі. Формується часовий масив даних.

Такі паспорти складаються на всі види й різновиду ґрунтів розглянутої території й становлять основу детального рівня БД. В АІС повинен передбачатися виведення на екран паспорта в будь-який момент часу.

- **2-й, локальний** рівень БД в АІС містить інформацію локального характеру про ГС району моніторингу на рівні масиву. Це насамперед інформація про будову розрізу по шпарах. Формою паспорта локального рівня є структурна, стратиграфічна, інженерно-геологічна, гідрогеологічна стандартного змісту. Кожний такий паспорт містить відомості про її місцезнаходження (для шпари – адреса, оцінки абсолютних висот, дати закладання і т.п.), літологічному й петрографічному складі порід розрізу, індекси їх віку й генезису, відомості про підземні води, товщину порід і, при необхідності, МБ.

- **3-й, регіональний** рівень БД АІС МНР містить відомості регіонального характеру рельєфу регіону, його структурно– тектонічного положення, клімату, ґрунто–ландшафтної характеристики, розподілу техногенного навантаження й т.п. Основою інформаційного забезпечення БД регіонального рівня служить система локального рівня, що дозволяє виконанням аналізу і співставленням локальної інформації на регіональному рівні для будь-якого моменту часу автоматично будувати будь-які розрізи, проводить тривимірну реконструкцію геологічних і гідрогеологічних структур, будувати карти.

Крім того, у БД АІС повинна зберігатися та накопичуватися інформація, яка не відноситься безпосередньо до ГС району моніторингу, але яка так або інакше м.б. необхідною для аналізу природних і техногенних змін, наприклад:

- природно– територіальна характеристика району;
- гідрометеорологічні умовами (при необхідності – дані режимних метеорологічних спостережень);
- гідрологічна характеристика району (дані про поверхневі води, басейнах і водотоку, у т.ч. режимні спостереження);
- ландшафтна характеристика району (у т.ч. ландшафтно-геохімічна, а також дані ландшафтно– ідентифікаційної зйомки);
- адміністративно – територіальна характеристика району;
- докладна інформація про техногенне навантаження (види впливів, характеристика джерел техногенних впливів, включаючи екопаспорта підприємств, режим їх роботи, характеристика продукції, що випускається, і т. ін.).

Первинна інформація надходить в АІПС по інформаційних каналах зв'язку.

Початковою ланкою є прийомне обладнання – датчики різної конструкції й функціонального значення, за допомогою яких у кожній точці спостереження системи пунктів одержання інформації МНР збирається первинна натурна інформація про ГС і її елементи. У якості прийомного обладнання доцільно використовувати спеціальну геофізичну апаратуру, призначену для безперервного спостереження за геологічними об'єктами [3, 5, 7].

Із прийомного обладнання інформація фільтрується, тобто проходить апаратну фільтраційну шумівку (рис. 1.3). Потім зазнає первинну обробку за допомогою різних комп'ютерних програм.

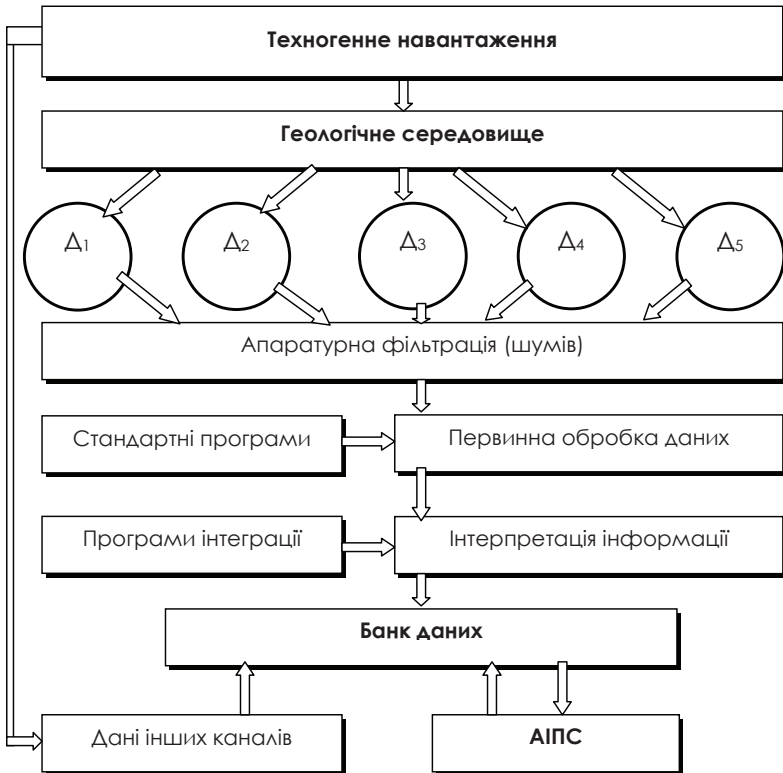


Рис. 1.3. Первинна обробка інформації

Після первинної обробки даних проводиться інтерпретація інформації на ПК за допомогою спецпрограм. Їхня структура залежить від конкретного набору первинної інформації про стан ГС. Інтерпретація інформації – найбільш складний процес у каналі зв'язку. Програми інтерпретації для ПК будуються на різних принципах, найчастіше на принципі інтерпретації – послідовного наближення до оптимального рішення шляхом циклічного «прогону» із кроком, інтеграції що задається. Після цього інформація попадає в БД, де накопичується і використовується при подальшій обробці.

БД може формуватися і по інших каналах, тобто з використанням усіляких геологічних, геоморфологічних, гідрологічних, гідрогеологічних, геофізичних, інженерно-геологічних, технологічних даних та ін.

Технічне забезпечення безпосередньо АІС представляє собою комплекс апаратурних засобів для зберігання, обробки даних і інформації, реалізованих на базі різних ПК, а також інформаційної мережі й периферійного обладнання. Основи технічного забезпечення становлять різні ПК.

ПК повинні бути забезпечені відповідними операційними засобами. До периферійного устаткування відносяться: принтери, сканери, множувальна (копірувальна) техніка; мережеві адаптери, сервери, модеми, факсмодеми, телефакси й ін.

Технічне забезпечення АІС являє собою найбільш дороговартісну частину системи МНТ. Розширення використання в інженерно-геологічних, еколого-геологічних і екологічних організаціях і установах мережі ПК робить завдання реалізації техзабезпечення АІС цілком здійсненним. Важливо, щоб при створенні й організації нової системи АІС була сформована стратегія функціонування АІС і визначена програма її техобновлення і переоснащення з урахуванням розвитку системи нових ПК.

1.5. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ СИСТЕМНОСТІ ПРИ ФОРМУВАННІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Під системою моніторингу геологічного середовища розуміється динамічна система з інфраструктурою, що полягає з апаратури, системи зв'язку, системи збору й обробки інформації, яка дозволяє проводити поточний контроль над станом і динамікою досліджуваного об'єкта, виконувати моделювання й розробляти прогнози його еволюції. На під-

ставі прогнозів повинні ухвалюватися варіанти заходів по розв'язанню проблем забезпечення динамічної рівноваги ГСР.

Принцип системності при формуванні системи моніторингу визначає підхід у розв'язку проблеми в цілому, що дозволяє розробити інші принципи взаємодії людини й геологічного середовища, як фундаментальної бази системи. Реалізація системного підходу можлива у випадку побудови структури взаємозалежних систем у рамках основної системи, що вирішує головне поставлене завдання. Складність і співпорядкованість таких систем залежить, у першу чергу, від складності будови геологічного середовища, складності поставлених завдань і методів їх розв'язку. Як усяке системне дослідження моніторинг спрямований на одержання основного результату, може бути навіть в «збиток» розв'язку проміжних, часткових питань.

Розглядаючи моніторинг ГСР з позицій системного аналізу необхідно визначити його кілька основних принципів:

– **Принцип системності** – ГСР це система взаємозалежних факторів і параметрів, що характеризують геологічний об'єкт, і прогнозований напрямок розвитку цих характеристик.

– **Принцип специфіки** – як усякий природний об'єкт ГСР має специфічні особливості, облік яких необхідний у прогнозному аналізі

– **Принцип оптимізації** – ГСР характеризується з достатньою й оптимальною детальністю, необхідною для одержання моделей, що максимально відповідають реальному геологічному об'єкту.

– **Принцип аналогій** – опис ГСР проводиться з використанням методів аналогій на всіх етапах досліджень і формування моделі – шляхом співставлення з аналогічними об'єктами.

1.6. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОБЛЕМИ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Практична реалізація проблеми моніторингу геологічного середовища можлива при комплексному підході до її розв'язку. Геологічне середовище виступає як відкрита саморегульована система. Здійснення моніторингу можливо у випадок формування також роду моделі геологічного середовища – відкрита, саморегульована. Тому формуванню моделі геологічного середовища в організації системи моніторингу відведене основне місце.

Моніторинг як система може використовувати в якості понятійного апарата принципи й поняття системного аналізу. При визначенні мети й завдань, формуванні моделі геологічного середовища, організації системи МНР ГТС це дозволяє використовувати комплексний підхід у проведених дослідженнях з вивчення й спостереженню геологічного об'єкта, виконувати такі дослідження на якісно новому, більш високому рівні. Такий підхід дозволяє об'єднати в єдину систему такі різні вузьковідомчі й спеціалізовані види моніторингу, як моніторинг геологічних процесів, гідрогеологічний, геофізичний, геохімічний, аерокосмічний і інші види моніторингу [3, 5 – 7].

Моніторинг геологічного середовища може бути диференційований на національний, регіональний, спеціальний і локальний, залежно від рівня розчленованості ГСР:

1. Національний моніторинг являє собою систему, що генералізує інформацію, яка надходить від підсистем більш низького рівня. Основна мета національного моніторингу – визначити завдання й забезпечити вибір напрямків дослідження підсистемам різного рівня. Інформаційною основою національного моніторингу може служити весь комплекс даних від підсистем різного рівня інформації, що визначає параметри й фактори динаміки ГСР. Така інформація становить базу даних для розв'язку завдань моніторингу, моделювання й прогнозу.

2. Регіональний моніторинг – реалізація програми моніторингу для забезпечення системи спостереження й прогнозу динаміки геологічного середовища в межах території регіонального рівня.

3. Спеціальний моніторинг – забезпечення функціонування системи моніторингу для виконання спеціальних видів досліджень і спостережень у межах конкретного геологічного об'єкта.

4. Детальний (локальний) моніторинг – проводиться в межах окремих ділянок у системі спеціального моніторингу, виконуваних на більш високому рівні деталізації.

Кожний з виділених рівнів повинен бути забезпечений власною програмою моніторингу, що включає:

1. Складання технічного завдання по проведенню моніторингу;
2. Визначення доцільності/мети й розробка завдань моніторингу;
3. Вибір методів дослідження;
4. Поетапне планування виконання робіт;
5. Формування моделі геологічного середовища;

6. Експлуатація й розвиток системи моніторингу;
7. Обробка, аналіз інформації; прогнозування й реалізація прогнозних рекомендацій.

Розв'язок такого комплексу проблем можливо при реалізації певних законів моніторингу.

- **Закон комплексності** – комплексний підхід у розробці теоретичних, науково-методичних і виробничих основ системи моніторингу.
- **Закон єдності мети і завдань** – розробка бази понять, формування мети й комплексу завдань у рамках єдиної програми досліджень.
- **Закон системності** – геологічне середовище й система моніторингу розглядаються як взаємодіючі й взаємодосконалюючі системи.
- **Закон співпорядкованості** – окремі питання вивчення геологічного середовища входять у систему моніторингу й підкоряються загальній меті.

Лекція 2

ГЕОЛОГІЧНА СИСТЕМА ЯК ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ

2.1. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Система моніторингу природних систем включає компоненти які відносяться до різних рівнів організації природи – від часток та фізичних полів до геосфер та планет. Ефективність практичних зусиль моніторингу направлені на оптимізацію взаємодій природи і людства. Функціонування системи “ГСР – людина” передбачає саме раціональне природокористування, яке направлене на збереження умов проживання людини за рахунок розумного використання природних ресурсів [3, 5]. Геологічний аналіз і МНР ГТС базується на специфічних геологічних знаннях, які не можуть бути зведені до інших знань, таких як фізико-хімічні. Формування наукового напрямку як екологічна геологія обумовлено розвитком і соморозвитковими обставинами науки. Розглянемо основні риси ГС як об'єкта керування (рис. 2.1).

Представляється необхідним диференціювати в першу чергу зону гіпергенеза з урахуванням інтенсивності техногенезу на окремі системи, що представляють безперервний гомологічний ряд від природних до техногенних. Їхній поділ проводиться по якісних критеріях і досить умовний. Така процедура необхідна тому, що окремі види ГС або інші ГС повинні відповідати і вимогам програми МНР.

Природні ГС є частиною геологічного середовища, що розвивається в умовах природного режиму без якого-небудь помітного впливу техногенної й господарської діяльності на динаміку процесів.

Техногенні системи сформовані повністю штучними або незворотно зміненими константами природних геосистем. Окремий випадок техногенної екосистеми – катастрофи.

У цей час ці види мають локальне поширення (феномени). При цьому просторові границі перших незворотно скорочуються, а других – збільшуються.

ПГС

Гірські породи (А)	Підземні води (Б)	Природний →	Масоенергообмін з ГС
Газові конденсати (В)	Біота (Г)	Природний ←	

ПТГС Початкова стадія формування ГГС: об'єкти – ГС

А	Б	Природний → Природний ←	Масоенергообмін із ГС. Превалює природна складова режиму
В	Г	Техногенний → Техногенний ←	

ПТГС Проміжна стадія

А	Б	Природний ↔	Природний масоенергообмін із ГС на основі комплексу природних і техногенних факторів
В	Г	Техногенний	
Д (Техногенний компонент - об'єкт)		↔	

ТГС Кінцева стадія

А+Д	Б+Д	Природний ↔	Масоенергообмін із ГС відбувається з превалюванням техногенних впливів. Компоненти ГС безповоротно змінені. Окремий випадок ЕГ катастрофи
В+Д	Г+Д	Техногенний ↔	

Примітка: ПГС – природні, ПТГС – природно-техногенні, ТГС – техногенні геосистеми.

Рис. 2.1. Схема об'єкту керування [5]

Природно-техногенні системи займають проміжні положення й диференціюються по ступеню техногенної зміни структури й властивостей ГС. Ці системи як основні об'єкти моніторингу, прогнозування й керування потребують типізації.

2.2. ЗАГАЛЬНА СХЕМА ТИПІЗАЦІЇ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Для території України пропонується наступна загальна схема типізації геотехногенних систем [9]:

1. По складності будови ГС:

а) елементарні, взаємозв'язок між параметрами незначний або відсутній.

б) прості, виявляються парні зв'язки між параметрами.

в) складні, для адекватного опису яких необхідно враховувати взаємозв'язки між трьома й більше змінними.

г) досить складні.

2. По стійкості до впливу зовнішніх (трансцендентних) факторів:

а) стійкі, гомеостаз яких не порушується при будь-якій інтенсивності техногенного навантаження,

б) квазістійкі, рівновага яких порушується незначно й швидко відновлюється,

г) досить нестійкі, рівновага порушується різко і має незворотній характер.

3. По інтенсивності виходу з гомеостатичного стану й прояву окремих видів ендегенних геологічних процесів або їх парагенетичних асоціацій.

а) швидко реагуючих (зсуви, селі, ерозія й т.п.);

б) повільно реагуючі (підтоплення, певні види карсту й т.п.).

4. По керованості:

а) не потребуючі керування;

б) легко керовані;

в) важко керовані;

г) некеровані.

Типізація геосистем – вихідна операція, що випереджає прогнозу й керуючу розв'язку, базується на інформації, що надходить із підсистеми контролю.

Динаміка розвитку геосистем з урахуванням характеру інженерної господарської діяльності визначається двома видами основних зворотних зв'язків:

1) інформаційний базис, що висвітлює закономірності й тенденції розвитку геосистем;

2) техно-інформаційний базис, що відшкодовує вплив як результат винятково техногенного походження, так і взаємоположення природних і штучних факторів.

2.3. ПРОВІДНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Специфічні природні системи різного рівня вивчаються на різних напрямках МНР. При цьому використовуються системні методи. Об'єкти наук про Землю мають будову, що властива для цілісних динамічних природних систем. В цілому методологічний підхід, що називається системним має включати в себе можливість пізнання особистого із загального, і загального із особистого. Система моніторингу – складний цілісний техногенний і природний об'єкт, що складається із супідрядних об'єктів-підсистем, які називаються підсистемами. Підсистеми-компоненти знаходяться в закономірних відношеннях між собою, утворюючи при цьому структуру системи. Серед компонентів систем розділяють головні її підсистеми, що називаються елементами моніторингу.

З позиції системного підходу геосистеми, як об'єкти слід розглядати виходячи з наступних принципів.

1. **Принцип системності** – розглядання геосистем як цілісної структури взаємозалежних характеристик об'єкта й прогнозного тла відповідно до реалізації конкретної моніторингової програми.

2. **Принцип природної специфічності** – обов'язковий облік специфіки будови геосистем, закономірності їх розвитку, параметрів і т.д. При формальній екстраполяції поведінки геосистем у часі недотримання даного принципу веде до одержання неконкретних результатів, а прогноз перетворюється в операцію, позбавлену змісту.

За допомогою логічного аналізу, алгоритмізація сутності геосистеми й фізичних основ руху ГС (тобто розвиток геологічних процесів) представляється можливим одержання моделей, відповідних до реальних умов.

3. **Принцип цільової оптимізації** – опис геосистем з такою умовою детальності, який забезпечував би необхідну вірогідність і точність одержуваної інформації при низьких витратах часу й матеріальних засобів.

4. Принцип аналогій – дослідження методу геологічних аналогій на всіх етапах досліджень, веде до оптимізації й прискоренню операцій аналізу, оцінки й прогнозу, верифікації прогнозів і моделей шляхом зіставлення з об'єктами – аналогами, коректувати до вдосконалювання керуючих розв'язків. (*верифікація – перевірка теоретичних положень, установлення вірогідності дослідним шляхом*).

Застосування як апарат принципів системного підходу при виявленні питань структури завдань і організації системи методу ГС дозволяє обґрунтувати необхідність комплексних досліджень, що направляються на стабілізацію й наступне поліпшення обстановки в Україні на принципово новому рівні. Це веде до об'єднання таких понять, як МНР екзогенних геологічних процесів, гідрогеологічних, аерокосмічних, геохімічних й ін. види моделей у єдину систему МНР природних геосистем і ГТС.

Виходячи з наведених положень, реалізацію цієї програми в Україні слід розглядати в загальному виді як здійснення техногенно-геологічних і управлінських вирішень проблем екології, тобто в середовищі діяльності науки про геологічне середовище утягується цілий комплекс питань, що ставляться до забезпечення оптимальних умов діяльності геосистем і біосфери в цілому.

Моніторинг геосистем може бути диференційований на національному (глобальному), регіональному, локальному рівні залежно від рівня розчленовування ГС. На всіх цих рівнях функціональне управління МНР представляє контроль-прогноз керування ГТС [3, 7, 9].

Національний моніторинг являє собою систему, генералізуючу інформацію, яка надходить із відповідних їхніх підсистем більш низького ієрархічного рівня. Логічна основа його забезпечення підсистем різного рівня, що визначають на підставі знань про досліджуваний об'єкт, напрямок досліджень, вибір прогнозних методик і схем керування станом ГС.

Інформаційна основа включає комплекс показників, що визначають умови й фактори, окремі прояви рухів ГСР, що вводяться в базу даних для розв'язку керуючих, проектних, містобудівних, прогнозних і моделюючих завдань.

Регіональний МНР є програмою в якій його функціональні підсистеми орієнтовані на забезпечення оптимального функціонування ГТС регіонального рівня (адміністративна область, економічний регіон).

Спеціальний моніторинг вирішує аналогічні завдання в зоні впливу великого об'єкта інженерно-господарської діяльності, гідротехнічний комплекс, гірничопромисловий комплекс, великі міські агломерації.

Детальним МНР охоплюються окремі зони, що входять у сферу спеціального МНР. МНР на локальних ділянках репрезентативних еколого-геологічних обстановок представляється системою спостереження, прогнозу й керування на рівні імітаційних процедур або ступенем невизначеності, що дозволяє реалізувати керуючий вплив на ГС.

Для кожного з виділених рівнів передбачені організації заходу щодо ведення відповідної програми МНР:

1. Складання цільової програми організації робіт;
2. Еколого-геологічне районування, організації районування досліджуваних природно-територіальних комплексів і ГТС;
3. Класифікаційні побудови для ГТС, що відбивають специфіку руху ГС;
4. Вибір методів дослідження;
5. Реалізація методів;
6. Обробка й первинний аналіз інформації.

Складання єдиної програми МНР може розглядатися як загальний процес з сфокусованої на процедурах тематизації визначення мети, ситуаційного аналізу й аналізу ситуацій проблематизації, розробки принципів завдань, постановці завдань, плануванню робіт зі стадій розробки, експлуатації і розвитку МНР ГТС. Розробка такої програми базується на принципі конкордантності, для якого необхідно спеціальне узгодження функціональною структурою керованої ГС.

У такий спосіб на території України можлива розробка 2-х типів програм МНР, що різняться у функціональній відношенні по необхідності включення системи керування. До складу МНР природних геосистем представляється недоцільним включення блоку керування, в той час як для ГТС цей блок є найбільш важливою частиною всієї програми, від якого залежить не тільки оптимальне функціонування цих систем, але й екологічний стан території. Враховуючи таку постановку проблеми розглядаються особливості функціональних підсистем МНР на прикладі регіонального моніторингу ГТС.

Лекція 3

ПРИРОДНІ СИСТЕМИ У МОНІТОРИНГУ ГЕОТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ, ПРИНЦИПИ ЇХ ФОРМУВАННЯ

3.1. ДИНАМІКА Й СУЧАСНИЙ СТАН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Поняття про систему моніторингу передбачає наявність різних рівнів системних об'єктів: рівень даної системи, рівні її підсистем, рівні її надсистем. Системний підхід моніторингу включає різнопланові дослідження природних об'єктів: таксономічний, субстратний, структурний, динамічний, енергетичний, інформаційний, генетичний, історичний та ін.

На території України стан геологічного середовища залежить головним чином від характеру й інтенсивності інженерно-господарської діяльності людини. Це видно на прикладі районів, освоєваних галузями гірничодобувних, хімічних підприємств промисловості, енергетики, а також об'єктів меліорації, сільського господарства, містобудівництва і т.д. Тут формування й рух ГТС істотно залежить від видів освоєння земель, інтенсивності, потужності й характеру розподілу техногенного навантаження в просторі й у часі.

Україна – один з найбільш напружених щодо цього регіонів Східної Європи. Еколого-геологічне навантаження окремих галузей промисловості (стік, дренаж, різних видів забруднення – хімічного, теплового, шумового й ін.), сільськогосподарського, промислового і житлового будівництва на одиницю площі в 10-15 раз перевищує показники в країнах СНД. Подальший екологічно незбалансований розвиток складових господарчого комплексу України вже в найближчому майбутньому (згідно з деякими оцінками}, може привести до незворотних змін умов середовища проживання людини.

Техногенні впливи на ГСР за останні 20-30 років перетворилися з локального фактора в регіональний, роль якого з позицій екологічної геології неоднозначна.

З одної сторони – формування геотехногенних масивів як єдиних просторів, приводить до стабілізації компонентів геологічного середовища, з іншої нерациональне природокористування обумовлює їхню істотну зміну, несприятливі й з позицій подальшого освоєння територій, і в екологічному плані. Істотне погіршення природних умов на меліорованих землях привело до того, що більш напівмільйона сільськогосподарських угідь втрачене внаслідок нерационального використання тільки поливних меліорації. У результаті відкачок шахтних вод (у Донбасі і Придніпровському промисловому районі – більш 500 тис. м³/доб.), відбувається інтенсивне формування депресійних лійок водонесних горизонтів, використовуваних для господарчого і питного постачання, погіршується якість підземних вод, у тому числі за рахунок поверхневого забруднення. Створення штучних водойм, збільшення стоку малих рік обумовлює розвиток підтоплення (у Донбасі – більше 30% територій, у Поліссі – до 60-70%). Виникає небезпека забруднення поверхневих і підземних вод при фільтрації з відстійників і накопичувачів при виникненні аварійних ситуацій на промислових і енергетичних об'єктах, де суттєво порушена цілісність гірської породи й погіршена їхня захисна роль.

3.2. УПРАВЛІННЯ ГЕОТЕХНОГЕННИМИ СИСТЕМАМИ

На прикладі України видно, наскільки небезпечно відсутність контролю над впливом на ГСР, складним за структурою й характером взаємодій з іншими середовищами, а також координації в його освоєнні. Результати багаторічних і чисельних досліджень показують, що інженерно-господарська діяльність суттєво впливає на зміну загальної природної обстановки екологічних параметрів не тільки в зонах підвищеного техногенного навантаження, але й у суміжних регіонах. ГТС, як усяка структура, базується на об'єктивних закономірностях, має специфічний ланцюжок внутрішніх зв'язків (інфраструктуру), що склалася в ході природно-історичного розвитку. За рахунок техногенних змін рельєфу, будови ГС, стану й властивостей її елементів, іманентних і трансцендентних взаємодій відбуваються ґрунтовні, найчастіше незворотні перетворення інфраструктури, що не завжди позитивно вплива-

ють на ЕГ обстановку. При цьому ймовірність виходу ГС зі стану рівноваги досить велика, а порушення гомеостазу (*гомеостаз – сукупність складних пристосованих реакцій організму (системи) спрямована на усунення або максимальне обмеження дії різних факторів зовнішнього або внутрішнього середовища, що порушують динамічну сталість внутрішнього середовища організму*) можуть мати не тільки локальний, але й глобальний характер. У цілому в Україні відзначається більш 70 видів прояву різних ГП, багато з яких несприятливі стосовно людині й до середовища його проживання. З 429 міст більш 75 % потребують інженерного захисту: близько 250 підтоплене, 144 випробовують вплив гравітаційних проявів, 50 розташовані на просадних ґрунтах. Критерієм підвищеної геодинамічної активності території слід уважати розвиток декількох екзогенних геологічних процесів (ЕГП) або їх парагенетичних асоціацій. Це підтверджується результатами різних досліджень, що вказують на посилення взаємозв'язку динаміки росту народногосподарського потенціалу й регіонального розвитку несприятливих геологічних процесів [8. 9].

У районах інтенсивної господарської діяльності (АР Крим, Наддністрянщина, Донбас, Кривбас та ін.) виявлено понад 2,5 тис. зсувів, 3 тис. карстових і суфозійно – карстових об'єктів. З початку 70-х років ХХ століття ступінь враженості території проявами ЕГП збільшилася в 1, 5-2 рази. При цьому зріс їхній негативний вплив на функціонування об'єктів народного господарства. Активізація вітрової і водної ерозій у Поліссі, Волино-Поділлі, Карпатах, Придніпров'ї й ін. регіонах обумовлюється нерациональним проведенням осушувальної меліорації, будівництвом і експлуатацією різного роду комунікацій, вирубками лісових масивів, сільсько-господарським освоєнням схилів. Більш 10% площі України в зоні активного водообміну складене карстовими породами.

Тут відбувається посилення техногенного навантаження, у першу чергу водогосподарчої, що веде до активізації карстопрояву і зниженню міцності масивів. Руйнування пляжів, добування донних пісків, зміна гідрологічного режиму рік при створенні водоймищ у басейнах рр. Дніпра, Дністра, Північного Дінця й ін. з'явилися причиною посилення абразії в розвитку рельєфу.

Короткий огляд показує, що розвиток господарчого комплексу України відбувається в умовах посилення техногенної дестабілізації

ГС, що утрудняє її раціональне використання. У біотичному компоненті екосистем усіх регіонів України відбувається деградація.

Однією із провідних проблем суспільства для запобігання екологічній катастрофі є координація дій різних відомств по вивченню, оцінці, раціональному використанні, контролю й охороні ГСР. Вирішення проблем раціонального природокористування із застосуванням традиційних підходів (стабілізація зон, що втратили стійкість) мало ефективно тому, що є реакцією людини на спровоковане нею ж порушення рівноваги середовища. Відсутність єдиного підходу до досліджень, їх вузько-відомчий характер породжує дисбаланс між підвищенням якості, деталізацією, інформативністю у вивченні ГС і ефективністю таких робіт.

Інтенсивний динамічний характер взаємодій у складній бінарній системі «людина – геологічне середовище» при неконтрольованому техногенному навантаженню, що слабко враховується в часі, може привести до загострення екологічної ситуації. У багатьох рішеннях, прийнятих на основі формальних розрахунків, не враховується весь обсяг еколого-геологічної інформації і, як наслідок, суттєво спотворюється реальна обстановка. Головною умовою раціонального природокористування є детальна всебічна розробка методів, пов'язаних з виявленням екстремальних значень параметрів стійкості ГТС і дотримання заходів щодо забезпечення її гомеостатичного стану при інтенсифікації інженерно-господарської діяльності. Це єдина мета вивчення впливу техногенезиса на зміну умов середовища проживання людини, що припускає розробку загальної стратегії оцінки стану, контролю, охорони й керування ГС. При цьому необхідно враховувати розбіжності в тактичних розв'язках, обумовлених вимогами різних відомств, наукових напрямків, шкіл і т.д.

Практична реалізація такої стратегії можлива в рамках єдиної структури вивчення об'єкта (одержання первинної інформації для розв'язання питань по керуванню), організованої на принципово новому моніторинговому рівні. Такий підхід широко охоплює всі види ЕГ досліджень, спрямований на висвітлення актуальних проблем пов'язаних з раціональним природокористуванням (боротьба з ЕГП, забрудненням поверхневих і підземних вод, поліпшення властивостей компонентів ГС и відновленням їх якості) і поєднаних у вигляді підсистем єдиної системи МНР. Із практичної точки зору система МНР являє собою єдиний засіб мінімізації різного роду прорахунків (інженерних і управлін-

ських). Вони різні по природі, масштабах, наслідках і розмірам економічного збитку [3, 4, 9]. При аналізі досвіду освоєння території України виділяються наступні типи інженерних прорахунків, які зводяться до недообліку умов ГС і факторів, що впливають на її розвиток:

1. Прорахунки в цільовім плануванні, коли ріст потреб суспільства випереджає рівень технологічних розробок по видах оптимального впливу на середовище проживання (випереджальний ріст техногенного навантаження в порівнянні з темпами розвитку захисних засобів);

2. Інженерно-геологічні й гідрологічні прорахунки пов'язані з такими умовами :

а) слабкою розробкою питань прогнозу динаміки розвитку ГС (динамічні);

б) малою кількістю інформації про структуру й властивості ГС (статистичні);

в) некоректними розробками, що спотворюють реальну картину наслідків експлуатації об'єкта (управлінські);

г) низьким рівнем експертних оцінок (організаційні).

3. Екологічні прорахунки через недоліки в плануванні й інженерних розв'язаннях. Їхні наслідки позначаються на дестабілізації компонентів ГС і приводять до небезпечних конфліктів між навколишнім середовищем і людиною (активізація факторів ризику, що порушують їхній гомеостаз) при відсутності науково обґрунтованих розробок на гранично припустимих еколого-геологічних навантажень.

Т.ч., реалізація програми моніторингу є не тільки геологічною або технічною проблемою. Принципово новою ланкою цієї програми є соціально-економічний аспект керування ГТС в умовах наростаючого техногенного впливу ліквідації небезпечних впливів на екосистеми й здоров'я людини.

3.3. СТРУКТУРА, ЗАВДАННЯ І ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

На сучасному технологічному етапі науково-технічної революції охорона й раціональне природокористування є проблемою планетарного масштабу, для розв'язку якої необхідно об'єднати ряд дисциплін, що раніше розвивалися окремо [3, 5 – 7, 9].

Огляд думок про моніторинг ГТС, показує, що дане міждисциплінарне середовище діяльності перебуває в стадії формування базису, так

і спектра науково-методичних і практичних підходів. Принципові відмінності існують у підході до керуючих впливів відомчої або регіональної приналежності МНР. Гостра екологічна ситуація вимагає прийняти розв'язки для її поліпшення не тільки теоретичні питання організації МНР. Єдиний логічно обгрунтований вихід адаптація основних понять МНР до конкретних умов країни й всебічне обгрунтування реалізації такої системи.

Теоретичне обгрунтування МНР зводиться до необхідності створення комплексної системи збору, нагромадження, обробки й використання інформації, що розкриває специфіку окремих елементів і компонентів ГТС, її руху, яка проявляється у внутрішніх і зовнішніх взаємодіях.

Під МНР мається на увазі динамічна система із гнучкою інфраструктурою, що дозволяє здійснювати безперервний контроль над станом об'єкта досліджень і геодинамічною активністю, Моделювання геосистем з різним технічним навантаженням, видачу прогнозних оцінок, розробку заходів щодо охорони й раціональному використанню ГСР, на підставі яких ухвалюються розв'язки щодо характеру зовнішніх впливів перешкоджаючих виходу ГС зі стану рівноваги й оцінки їх ефективності. Реалізація даної проблеми можлива при дотриманні наступних принципів.

1. Принцип єдності цілей – уніфікація понятійного базису науково- методичних і практичних розробок у рамках єдиної цільової програми. Дотримання даного принципу вимагає координованого підходу в організації загального понятійного базису як вихідної позиції. Це викликане тим, що в різних напрямках наук про Землю багато термінів мають різні значеннєві значення, що утрудняє обмін інформацією і її оперативне використання різноманітності науково-методичних основ визначення параметрів, що відображають стан ГС, форм передачі інформації, її первинної обробки утрудняє здійснення єдиної програми. Із цього випливає:

1.1. система МНР ГТС повинна створюватися на базі ЕГ як найбільше відповідній цільовій програмі оцінки стану, контролю над зміною параметрів і керування ГС;

1.2. методологія геологічних, природних й ін. наук, інформація, одержувана в ході гідрологічних, геохімічних, радіологічних і екологічних досліджень використовується як необхідні елементи;

1.3. метою МНР ГТС є виконання на новому рівні завдань, які традиційно вирішувалися інженерною геологією, проте сьогодні стали провідними для екологічної геології: спостереження, прогнозу і керування ГС при режимних дослідженнях, вишукуваннях для обґрунтування й будівництва комплексу споруджень, геологічного контролю над будівництвом і роботою захисних споруджень.

2. Принцип ієрархічності – розв’язок приватних питань вивчення ГС входять в ієрархію загальної системи МНР і відповідним чином координуються. На основі цього принципу можна організувати нову структуру досліджень ГС, елементи якої різні за рівнем і видам одержуваної інформації. При цьому здійснюється логічно обґрунтоване виявлення видів еколого-геологічних досліджень, що максимально відображають специфіку досліджуваних об’єктів. Рівень подачі інформації слід розглядати як критерій, по яким диференціюються й ранжируються операції, починаючи від первинних і лабораторних досліджень і закінчуючи прогнозними розробками, а також керуючими розв’язками.

3. Принцип комплексності – комплектування науково-методичних розробок, практичної реалізації керуючих впливів і їх взаємодосконалення. Цей принцип необхідна умова, що забезпечує ефективне функціонування всієї програми МНР. Дотримання вимог комплексності обґрунтовує практичну в керуванні впливами на сучасному етапі, а також оперативну техногенну реакцію на зміни стану рівноваги. При цьому, на всіх етапах робіт із практичного здійснення керування ГС забезпечується раціональне використання наукове – методичних розробок.

4. Принцип альтернативності – єдина концепція МНР здійснюється за обліком декількох шляхів (варіантів) розвитку техногенних впливів. Проходження за даним принципом є немаловажним, виходячи з наступних положень:

4.1. реалізація основного варіанта управлінських розв’язань не завжди дозволяє враховувати різкі коливання стійкості і, як наслідок, погіршення ЕГ обстановки, тобто залежить від якості й діяльності прогнозних розробок;

4.2. будь-який керуючий вплив повинний забезпечувати можливість гнучкого варіювання методами керування;

4.3. здійснення заходів щодо обраного варіанта проводиться паралельно з деталізацією й уточненням альтернативного варіанта на кожно-

му етапі роботи МНР ГТС є виконання на новому рівні завдань, які традиційно вирішуються інженерно-геологічними і еколого-геологічними спостереженнями.

5. Принцип системності – ГС і система МНР розглядаються як системи двох різних класів, взаємодіючих згідно з дією системотворчих сил. Принцип системності, по-перше, визначає підхід до проблеми МНР в цілому; по-друге, будучи провідним принципом, МНР дозволяє систематизувати й обґрунтувати весь спектр взаємодій людини й ГСР. Реалізація системного аналізу зводиться до виділення систем у рамках поставленої проблеми, побудови їх ієрархій.

Усі ці операції повинні відповідати завданням досліджень ГТС і враховувати характер та інтенсивність зовнішніх впливів, їх мінливість у часі й просторі. Складність виділених систем визначається специфічністю будови й властивостей ГСР і техногенного навантаження (її видами, масштабами, просторовими параметрами сфери взаємодій і т.д.).

Принцип системних досліджень полягає ще в дотриманні наступного правила: при розв'язку прикладних і приватних питань важливо не стільки їх оптимальний розв'язок, скільки раціональне й ефективне управління ГС, тобто загальний результат.

Практичне здійснення пропонованої концепції МНР ГТС у загальному виді передбачає детальне комплексне вивчення системи «людина – геологічне середовище». Активний вплив на ГСР, спрямований на поліпшення еколого-геологічної обстановки дозволяє розглядати дану систему в більш широкому аспекті й представляє її у вигляді керуючої системи – об'єкт керування. Це найбільшою мірою відповідає умовам України, де необхідність керування ГСР обумовлюється її квазікритичним сучасним станом.

3.4. ОСНОВИ МЕТОДИКИ КЕРУВАННЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Керування ГТС може здійснюватися за умови, якщо є детальний опис об'єкта, що містить наступну інформацію:

1. Чітку й логічно обґрунтовану сукупність цільових вимог ;
2. Детальну комплексну характеристику об'єкта ;
3. Перелік основних концепцій його розвитку (як технологічних, так і екологічних);

4. Виявлені й обґрунтовані принципи добору варіантів досягнення стійкості ГСР (тобто виявлені критерії переваги й правила добору кращих альтернатив).

Система МНР ГТС передбачає одержання саме такого роду інформації, тобто є орієнтованою на керуючі рішення.

Техногенний вплив (керуючі системи) й ГСР (об'єкт керування) – це відкрита динамічна, саморегульовальна система. ГСР впливає на керуючу систему за допомогою інформації про динаміку, режим мінливості компонентів і т.п., а керуюча – за рахунок негативних зворотних зв'язків, що перешкоджають відхиленню ГСР від гомеостатичного стану (що пристосовуються до умов НС).

Структура МНР повинна бути організована таким чином, щоб геосистеми (як частини ГСР, на які поширені керуючі впливи) постійно відповідали принципу Ле-Шатальє: «якщо на систему в стані рівноваги здійснюється вплив, що порушують, його рівновага, то в ній виникають процеси, що прагнуть повернути її в колишній стан» [3, 5].

У якості підсистем моніторингу виділяються контроль, прогноз і керування ГТС.

1. Контроль – комплекс заходів, що дозволяє оцінити стан ГТС із метою її моделювання, прогнозування й керування.

2. Прогноз – науково обґрунтоване передбачення появи й розвитку ГП, з певною точністю й завчасно встановити стан, що характеризує ГТС в умовах природного й порушеного режимів розвитку територій.

3. Керування – комплекс впливів, оптимізуючих стан ГТС, що включають несприятливий її розвиток і поліпшуючих еколого-геологічну обстановку.

Виділені підсистеми призначені для оперативного й гнучкого реагування на зміну умов рівноваги об'єктів керування.

Отже склад комплексу досліджень, рівень детальності прогнозів і масштаби керуючих впливів залежать рівною мірою від складності природних умов і багатofакторної техногенного навантаження території.

3.5. ЛІТОМОНІТОРИНГ – ВАЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона природного середовища – одна із самих гострих державних (національних) і глобальних проблем сучасності. Причина – зростаюча техногенна (технологічна) діяльність людини, що породжує нега-

тивні реакції в природних системах і навколишньому середовищу (НС) в цілому. Загальновідомі явища забруднення повітря, рік, озер і морів; погіршення природних ландшафтів. Масштаби природокористування за рахунок зростаючого технічного озброєння є настільки відчутні, що виникла реальна небезпека екологічного неблагополуччя біосфери, порівнянними стали прибутки, одержувані від інтенсифікації природокористування і збиток, нанесений природі, що виражається в економічних показниках. З'явилася необхідність контролю, регулювання і керування створеними людиною природно-технічними системами з метою їх оптимізації [3, 5, 7].

Навколишнє середовище формується із чотирьох основних оболонок Землі – повітряної, водної, біологічної й літогенної або геологічної. Немає необхідності оцінювати значенні кожної оболонки для життя людини й усього живого на нашій планеті. Кожна оболонка відіграє особливу роль, крім того, усі вони тісно зв'язані між собою й діють на живу природу комплексно.

ГСР слід розглядати як природний феномен і як середовище проживання й господарської діяльності людини.

У системі «Літомоніторинга» фоновий режим підземних вод займає особливе місце, будучи базою для порівняння або відліку при оцінці техногенної зміни природного режиму вод по гідродинамічних (рівні, напори, дебіти), гідрохімічним (загальна мінералізація, хімічний і ізотопний склад), гідрфізичним (температура, електропровідність), гідробіологічним (мікрофлора, бактеріальний склад) показникам. Фоновий режим вод формується під впливом природних факторів, тобто до антропогенних умов. Основне завдання фонового МНР – вивчення закономірностей природної мінливості режиму підземних вод за відзначеними показниками по сезонах року й у багаторічному розрізі, виявлення ролі основних факторів формування різних типів режиму (геологічних, гідрологічних, метеорологічних і ін.), прогноз зміни природного режиму вод з територіальною прив'язкою [3].

Усі види деформацій приповерхньої частини гірських порід, обумовлені зовнішніми факторами, називаються екзогенними геологічними процесами (ЕГП). До найбільш масштабних, що наносять значний збиток народному господарству, ставляться зсуви, обвали, осипи, селі, ерозія, карст, суфозія, переробка берегів, осідання поверхні. Усі перераховані процеси протікають у природних умовах, однак господарська

діяльність людини може суттєво змінити природній хід їх розвитку (прискорити або сповільнити), а також викликати нові процеси, що не спостерігалися раніше на даній території.

Основними завданнями МНР є:

- вивчення режиму ЕГП і визначальних їхніх природних і техногенних факторів на опорній спостережливій мережі;
- оцінка активності екзогенних процесів, зміни ГСР в результаті їх розвитку, впливу на різні народногосподарські об'єкти;
- прогнозування розвитку ЕГП і розробка рекомендацій з інженерного захисту територій.

Лекція 4

СИСТЕМНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ГЕОСФЕРИ ПЛАНЕТИ ЗЕМЛЯ У КЛАСИЧНІЙ НАУЦІ

4.1. СУЧАСНА СТРУКТУРА МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНИХ СИСТЕМ І ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Сучасна структура моніторингу природних і геотехногенних систем може бути представлена в узагальненому вигляді виходячи з приналежності об'єктів до різного рівня організації системи моніторингу. Ця схема моніторингу не охоплює всіх об'єктів, взаємозв'язків і характеристик, проте представляє той таксономічний рівень моніторингу, до якого можемо прив'язати різні науки про Землю. Фізичні поля і фізична речовина – геофізика. Об'єкти її вивчення – поля і субстрат речовини, вчення про гравітаційні, сейсмічні, баричні, термічні, електричні, магнітні, електромагнітні радіоактивні і ін. характеристики. Геофізики головних підсистем планети – фізика твердої Землі, гідросфери, атмосфери, магнітосфери, мінералів, фізика ґрунтів. Вченням про елементарні геосистеми є мінералогія. До більш високого рівня відносяться гірські породи, які досліджуються петрографією і літологією. Ще більш високі рівні організації моніторингу геологічної речовини є геологічні формації. До найвищих рівнів моніторингу геологічної організованості відносяться геологічні оболонки і геосфери. Літосфера і земна кора вивчаються як об'єкти моніторингу геологічного і екологічного середовища.

Охорона природного середовища – одна із самих гострих державних (національних) і глобальних проблем сучасності. Причина – усі зростаюча техногенна (технологічна) діяльність людини, що породжує негативні реакції в природних системах і навколишньому середовищу в цілому. Загальновідомі явища забруднення повітря, рік, озер і морів; погіршення природних ландшафтів. Масштаби природокористування за рахунок зростаючої технічної озброєності настільки відчутні, що виникла реальна небезпека екологічного неблагополуччя біосфери, порівнянними стали прибутки, одержувані від інтенсифікації природоко-

ристування і збиток, нанесений природі, що виражається в економічних показниках. З'явилася необхідність контролю, регулювання й керування створеними людиною природно-технічними системами з метою їх оптимізації [4, 5-7].

ГСР як усяка система, що формується на базі факторів і параметрів, об'єднаних певною закономірністю, має мережу внутрішніх зв'язків. Зміна ГСР відбувається в просторі й у часі внаслідок геологічних процесів, що виникають у ході природного розвитку планети Земля.

ГСР визначається особливостями будови геологічних об'єктів, петрографо-мінералогічного складу й фізико-механічних властивостей гірських порід. Складеними компонентами ГСР є геологічні тіла різних формацій, води морів і океанів, підземні й поверхневі води. Компонентами ГСР необхідно розглядати й фізичні поля: гравітаційні, магнітні, електричні, сейсмічні, радіаційні й інші.

4.2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Теоретичне обґрунтування моніторингу ГСР обумовлюється головною метою – вивчення ГСР, спостереження за ГСР, прогноз еволюції ГСР.

Вивчення ГСР зводиться до збору інформації шляхом проведення безпосереднього вивчення об'єктів моніторингу, нагромадження й обробки результатів вивчення з використанням раніше отриманої інформації й формування бази даних. Таке дослідження ГСР повинне враховувати й виявляти особливості геологічних об'єктів, що проявляються через внутрішні й зовнішні взаємини, через геологічні процеси.

Спостереження за ГСР проявляється через проведення спостережень шляхом поточного збору інформації про стан геологічного об'єкта, факторах і параметрах, що визначають цей стан, поповнення бази даних.

Прогноз еволюції ГСР полягає в аналізі всієї інформації про стан об'єкта, моделювання геологічних систем з різним ступенем адекватності, вироблення прогнозних оцінок і прогнозів еволюції ГСР.

ГСР представляє собою досить широке поняття й включає:

– літогенну основу ландшафту, що забезпечує розвиток ґрунтового покриву й, таким чином, перетворення сонячної енергії в біологічну. Саме в цьому процесі проявляється глобальний зв'язок літосфери з

біосферою. Остання у свою чергу є похідної літосфери, атмосфери й гідросфери;

– літогенне середовище, у межах якого здійснюється підземний круговорот води в природі, і формуються прісні води континентальної частини гідросфери, у тому числі підземні. У цьому процесі проявляється глобальний зв'язок літосфери з гідросферою й атмосферою;

– надра, у яких укладені родовища мінеральної сировини, необхідної для існування й розвитку людського суспільства;

– геологічний простір, використовуваний для всіх видів наземного й підземного будівництва.

Подібна багатоаспектність значення ГСР визначає величезне техногенне навантаження, що приводить до перетворення не тільки ГСР, але й інших, тісно пов'язаних з нею природних середовищ (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Проблеми забруднення навколишнього середовища

Основні аспекти проблеми забруднення навколишнього середовища
1. Забруднення навколишнього середовища внаслідок антропогенного розсіювання хімічних елементів, органічних сполучень і енергії – найважливіший імітуючий чинник розвитку людства. Першочерговою задачею тут є аналіз потоків речовини на різних рівнях, і головним чином в біогеохімічних циклах урбанізованих і сільськогосподарських територій.
2. Хімічні елементи – найбільш екологічно небезпечні інгредієнти забруднення, впливати на найважливіші функції живих організмів – відтворення і біопродуктивність – і що володіють віддаленими ефектами, передусім мутагенними.
3. Найбільшою потенційною небезпекою при забрудненні середовища володіють важкі метали, що супроводжують практично всі види антропогенних впливів. Однак конкретні джерела важких металів і закономірності їхнього розподілу в навколишньому середовищі ще мало вивчені.

Проблема хімічного забруднення навколишнього середовища, центральна в сучасній екологічній ситуації, виявилася не тільки як теоретичне узагальнення, але, і, передусім, як практична задача [3, 5-7, 9].

Моніторинг забруднення підземних вод. Найпоширенішим видом антропогенного впливу на підземні води є діяльність, у результаті якої змінюється їхня якість – хімічний і газовий склад, загальна мінералізація, біологічні показники, температура, зміни спостерігаються майже

повсюдно й одержали назву « забруднення підземних вод». Під цим терміном розуміється перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) або норми по одному або комплексу якісних характеристик вод.

Моніторинг виснаження запасів підземних вод. Виснаження запасів вод – наслідок роботи водо-знижувальних споруджень, насамперед, централізованих і розосереджених водозаборів, що забезпечують водою промисловість, комунальне й сільське господарство.

Моніторинг пересушених й заболочених територій, що підтоплюються. Процеси підтоплення й пересушування земель широко поширені й, насамперед, у господарсько-освоєних районах. Одна з найгостріших проблем – підтоплення міст, що наносить збиток народному господарству у зв'язку з комплексом супутніх йому негативних явищ і більшими витратами на організацію інженерного захисту.

З підняттям рівня ґрунтових вод при зрошенні зв'язане засолення ґрунтів і ґрунтів зони аерації, що виводить із ладу значні площі сільгоспугідь. Підтоплення в зонах впливу водоймищ і великих каналів також виводить із ладу значні площі сільгоспугідь, приводить до деградації лісової рослинності.

Не менш небезпечні процеси і явища, які розвиваються слідом за перевищуючим припустимі норми зниженням рівнів ґрунтових і п'єзометричної поверхні напірних вод при осушувальних меліораціях і водовідборі. У результаті пересушення торфовищ виникають курні бури й лісові пожежі, що приносять величезний екологічний збиток. Зниження рівня напірних вод приводить до утвору провалів і осіданню земної поверхні, до порушення взаємозв'язку поверхневих і підземних вод, що спричиняє зміна водного, сольового й теплового балансу рік і озер. Особливе місце серед негативних проявів досліджуваних процесів займає раптове підтоплення територій при катастрофічних паводках, викликаних заторами льоду, рясними сезонними опадами, сніготаненням, селевими вітровими денівеляціями в прибережній зоні морів і устьях великих рік.

Моніторинг фоновому режиму підземних вод. У системі «Літо-моніторинга « фоновий режим підземних вод займає особливе місце, будучи базою для порівняння або відліку при оцінці техногенної зміни природного режиму вод по гідродинамічних (рівні, напори, дебіти), гідрохімічним (загальна мінералізація, хімічний і ізотопний склад), гідрофізичним (температура, електропровідність), гідробіологічним

(мікрофлора, бактеріальний склад) показникам. Фоновий режим вод формується під впливом природних факторів, тобто до антропогенних умов. Основне завдання фонового моніторингу – вивчення закономірностей природної мінливості режиму підземних вод за відзначеними показниками по сезонах року й у багаторічному розрізі, виявлення ролі основних факторів формування різних типів режиму (геологічних, гідрологічних, метеорологічних і ін.), прогноз зміни природного режиму вод з територіальною прив'язкою.

Моніторинг екзогенних геологічних процесів. Усі види деформацій приповерхньої частини гірських порід, обумовлені зовнішніми факторами, називаються екзогенними геологічними процесами (ЕГП). До найбільш масштабних процесів, що наносять збиток народному господарству, ставляться зсуви, обвали, осипи, селі, ерозія, карст, суфозія, переробка берегів, осідання поверхні. Усі перераховані процеси протікають у природних умовах, однак господарська діяльність людини може суттєво змінити природній хід їх розвитку (прискорити або сповільнити), а також викликати нові процеси, що не спостерігалися раніше на даній території.

Основними завданнями моніторингу є: вивчення еколого-геологічних процесів і визначальних їхніх природних і техногенних факторів на опорній спостережливій мережі; оцінка їх активності, зміни ГСР в результаті їх розвитку, впливу на різні народногосподарські об'єкти; прогнозування розвитку ЕГП і розробка рекомендацій з інженерного техногенного захисту територій.

Лекція 5

СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОСФЕР

5.1. ДИНАМІКА Й СУЧАСНИЙ СТАН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Сучасна концепція моніторингу геосфер закладена у відповідності до функціональних завдань (отримання і збереження первинних даних; оброблення, аналіз і надання інформації; оцінка, контроль, прогнозування та планування заходів щодо поліпшення стану навколишнього середовища і зокрема геологічного середовища) на рівні окремих суб'єктів системи моніторингу створено структурно-організаційну та науково-методичну бази. Моніторинг стану геологічного середовища планети Землі, спостереження її фізичної і хімічної еволюції відслідковуючи послідовність переходу від різкої активізації до стабілізації і зростанню масштабів хімічних процесів; глобального і локального забруднення геологічного середовища.

На основі, геологічних, геохімічних, сейсмічних та інших геофізичних полів формується модель властивостей земних оболонок і поверхневої частини земної кори. Згідно з цією моделлю зверху вниз виділяються: літосфера, міцна оболонка потужністю біля 100 км; астеносфера – шар із зниженою міцністю товщиною до декількох сот км; мезосфера – шар підвищеної міцності, що залягає між астеносферою і ядром. Тим самим формується поняття ГСР замість земної кори.

Динаміка й сучасний стан ГСР на території України залежить головним чином від характеру й інтенсивності інженерно-господарської діяльності людини. Це видно на прикладі районів освоєваних галузями гірничодобувних, хімічних підприємств промисловості, енергетики, а також об'єктів меліорації, сільського господарства, містобудування і т.д. Тут формування й рух ГСР істотно залежить від видів освоєння земель, інтенсивності, потужності й характеру розподілу техногенного навантаження в просторі й у часі.

Україна – один з найбільш напружених щодо цього регіонів Східної Європи. Еколого-геологічне навантаження окремих галузей промисловості (стік, дренаж, різних видів забруднення хім., теплового, шумового й ін.) сільського господарства, промислових і житлового будівництва перевищує критичні показники. Подальший екологічно незбалансований розвиток складових господарський комплексу України вже в найближчому майбутньому (згідно з деякими оцінками), може привести до необоротних змін умов середовища проживання людини.

Техногенні впливи на ГСР за останні 20-30 років перетворилися з локального фактора в регіональний, роль якого з позицій ЕГ неоднозначна.

З одної сторони – формування геотехногенних масивів як єдиних просторів, приводить до стабілізації компонентів ГТС, з іншої нераціональне природокористування обумовлює їхню істотну зміну, несприятливі й з позицій подальшого освоєння територій, і в екологічному плані. Істотне погіршення природних умов на меліорусмих землях привело до того, що більш напівмільйона сільського господарських угідь втрачене внаслідок нераціонального тільки поливних меліорації. У результаті відкачок шахтних вод (у Донбас і Придніпровському пром. районі – більш 500 тис. м³/доб.), відбувається інтенсивне формування депресійних лійок водоносних горизонтів, використовуваних для господарчого і питного водопостачання, погіршується якість підземних вод, у тому числі за рахунок поверхневого забруднення. Створення штучних водойм, збільшення стоку малих рік – обумовлює розвиток підтоплення (у Донбасі – більше 30% територій, у Поліссі – до 60-70%). Виникає небезпека забруднення поверхневих і підземних вод при фільтрації з відстійників і накопичувачів при виникненні аварійних ситуацій на промислових і енергетичних об'єктах, де суттєво порушена цілісність гірської породи й погіршена їхня захисна роль.

На прикладі України видна, наскільки небезпечна відсутність контролю над впливом на ГС, складну за структурою й характеру взаємодій з іншими середовищами, а також координації в її освоєнні, а саме моніторингу (МНТ) ГСР. Результати багаторічних і численний досліджень показують, що інженерно-господарська діяльність суттєво впливає на зміну загальної природної обстановки екологічних параметрів не тільки в зонах підвищеного техногенного навантаження, але й у суміжних регіонах. ГС, як усяка структура, базується на об'єктивних

закономірностях, має специфічний ланцюжок внутрішніх зв'язків (інфраструктурою), що склалися в ході природно-історичного розвитку. За рахунок техногенних змін рельєфу, будови ГС, стану й властивостей її елементів, іманентних і трансцендентних (*властивих, що виникають із його природи; вихідних за свої межі*) взаємодій відбуваються ґрунтовні, найчастіше незворотні перетворення інфраструктури, що не завжди позитивно впливають на еколого-геологічну обстановку. При цьому ймовірність виходу ГС зі стану рівноваги досить велика, а порушення гомеостазу (*гомеостаз – сукупність складних пристосованих реакцій організму спрямована на усунення або максимальне обмеження дії різних факторів зовнішньої або внутрішнього середовища, що порушують динамічну сталість внутрішнього середовища організму*) можуть мати не тільки локальний, але й глобальний характер. У цілому в Україні відзначається більш 70 видів прояву різних геологічних процесів, багато з яких несприятливі стосовно людини й до середовища його проживання. З 429 міст більш 75 % потребують інженерного захисту: близько 250 підтоплене, 144 випробовують вплив гравітаційних проявів, 50 розташовані на просадних ґрунтах. Критерієм підвищеної геодинамічної активності території слід уважати розвиток декількох екзогенних геологічних процесів (ЕГП) або їх парагенетичних асоціацій. Це підтверджується результатами різних досліджень, що вказують на посилення взаємозв'язку динаміки росту народногосподарського потенціалу й регіонального розвитку несприятливих геологічних процесів [7-9].

У районах інтенсивної господарчої діяльності (Крим, Наддністрянщина, Донбас, Кривбас і ін.) виявлено понад 2,5 тис. зсувів, 3 тис. карстових і суфозійно-карстових об'єктів. З початку 70 -х років ступінь ураженості території проявами ЕГП збільшилася в 1, 5-2 рази. При цьому зріс їхній негативний вплив на функціонування об'єктів народного господарства. Активізація вітрової і водної ерозії у Поліссі, Волино-Поділлі, Карпатах, Придніпров'ї й ін. регіонах обумовлюється нераціональним проведенням осушувальних меліорацій, будівництвом і експлуатацією різного роду комунікацій, вирубками лісових масивів, с/г освоєнням схилів. Більш 10% площі України в зоні активного водообміну складено карстовими породами.

Тут відбувається посилення техногенного навантаження, у першу чергу водогосподарчої, що веде до активізації карстопроявів і знижен-

ню міцності масивів. Руїнування пляжів, добування донних пісків, зміна гідрологічного режиму рік при створенні водоймищ у басейнах Дніпра, Дністра, Північного Дінця й ін. з'явилися причиною посилення абразії в розвитку рельєфу.

Короткий огляд показує, що розвиток господарського комплексу України відбувається в умовах посилення техногенної дестабілізації ГС, що утрудняє її раціональне використання. У біотичному компоненту екосистем усіх регіонів України відбувається деградація.

5.2. СИСТЕМНЕ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Однієї із провідних проблем суспільства для запобігання екологічної катастрофи є координація дій різних відомств по вивченню, оцінці, раціональним використанні, контролі й охороні ГСР. Вирішення проблем раціонального природокористування із застосуванням традиційних підходів (стабілізація зон, що втратили стійкість) мало ефективно тому, що є реакцією людини на спровоковане їм же порушення рівноваги середовища. Відсутність єдиного підходу до досліджень, їх вузьковідомчий характер породжує дисбаланс між підвищенням якості, деталізацією, інформативністю у вивченні ГСР і ефективністю таких робіт.

Інтенсивний динамічний характер взаємодій у складній бінарній системі «людина – геологічне середовище» при неконтрольованому техногенному навантаженню, що й слабо враховується в часі, може привести до загострення екологічної ситуації. У багатьох розв'язках, прийнятих на основі формальних розрахунків, не враховується весь обсяг еколого-геологічної інформації й, як наслідок, суттєво спотворюється реальна обстановка. Головною умовою раціонального природокористування є детальна всебічна розробка методів пов'язаних з виявленням екстремальних значень параметрів стійкості ГС і дотримання заходів щодо забезпечення її гомеостатичного стану при інтенсифікації хазяйновитої-господарчої-інженерно-господарської діяльності. Це єдина мета вивчення впливу техногенезиса на зміну умов середовища проживання людини, що припускає розробку загальної стратегії оцінки стану, контролю, охорони й керування ГСР. При цьому необхідно враховувати розбіжності в тактичних розв'язках, обумовлених вимогами різних відомств, наукових напрямків, шкіл і т.д. [4, 6, 7, 9].

Практична реалізація такої стратегії можлива в рамках єдиної структури вивчення об'єкта (одержання первинної інформації для розв'язку питань по керуванню), організованої на принципово новому рівні. Такий підхід широко охоплює всі види еколого-геологічних досліджень, спрямований на висвітлення актуальних проблем пов'язаних з раціональним природокористуванням (боротьба з ЕГП, забрудненням поверхневих і підземних вод, поліпшення властивостей компонентів ГСР і відновленням їх якості і т.д.) і поєднаних у вигляді підсистем єдиної системи МНР ГТС. Із практичної точки зору система моніторингу являє собою єдиний засіб мінімізації різного роду прорахунків (інженерних і управлінських). Вони різні по природі, масштабах, наслідках і розмірам економічного збитку. При аналізі досвіду освоєння території України виділяються наступні типи інженерних прорахунків, які зводяться до недообліку умов ГС і факторів, що впливають на її розвиток:

1. Прорахунки в цільовім плануванні, коли ріст потреб суспільства випереджає рівень технологічних розробок по видах оптимального впливу на середовище проживання (випереджальний ріст техногенного навантаження в порівнянні з темпами розвитку захисних засобів);

2. Інженерно-геологічні й гідрологічні прорахунки пов'язані з такими умовами:

- слабкою розробкою питань прогнозу динаміки розвитку ГС (динамічні);

- малою кількістю інформації про структуру й властивості ГС (статистичні);

- некоректними розробками, що спотворюють реальну картину наслідків експлуатації об'єкта (управлінські);

- низьким рівнем експертних оцінок (організаційні).

3. Екологічні прорахунки через недоліки в плануванні й інженерних розв'язках. Їхні наслідки позначаються на дестабілізації компонентів ГС і приводять до небезпечних конфліктів між навколишнім середовищем і людиною (активізація факторів ризику, що порушують їхній гомеостаз) при відсутності науково обґрунтованих розробок на гранично припустимих еколого-геологічних навантаженнях.

Т.ч., реалізація програми МНР є не тільки геологічною або технічною проблемою. Принципово новою ланкою цієї програми є соціально-економічний аспект керування ГС в умовах наростаючого

техногенного впливу ліквідації небезпечних впливів на екосистеми і здоров'я людини.

5.3. СТРУКТУРА, ЗАВДАННЯ Й ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

На сучасному технологічному етапі науково-технічної революції охорона й раціональне природокористування є проблемою планетарного масштабу, для розв'язку якої необхідно об'єднати ряд дисциплін, що раніше розвивалися окремо.

Огляд вистав про моніторинг ГТС, показує, що дане міждисциплінарне середовище діяльності перебуває в стадії формування базису, так і спектра науково-методичних і практичних підходів. Принципові відмінності існують у підході до керуючих впливів відомчої або регіональної приналежності МНР. Гостра екологічна ситуація вимагає прийняти розв'язки для її поліпшення не тільки теоретичні питання організації МНР. Єдиний логічно обгрунтований вихід адаптація основних понять МНР до конкретних умов країни й всебічне обгрунтування реалізації такої системи.

Теоретичне обгрунтування МНР зводиться до необхідності створення комплексної системи збору, нагромадження, обробки й використання інформації, що розкриває специфіку окремих елементів і компонентів ГС, її руху, яка проявляється у внутрішніх і зовнішніх взаємодіях [2-7].

Під МНР мається на увазі динамічна система із гнучкою інфраструктурою, що дозволяє здійснювати безперервний контроль над станом об'єкта досліджень і геодинамічною активністю, моделювання геосистем з різним технічним навантаженням, видачу прогнозних оцінок, розробку заходів щодо охорони й раціональному використанню ГС, на підставі яких ухвалюються розв'язки щодо характеру зовнішніх впливів перешкоджаючих виходу ГС зі стану рівноваги й оцінки їх ефективності. Реалізація даної проблеми можлива при дотриманні наступних принципів.

1. Принцип єдності цілей – уніфікація понятійного базису науково-методичних і практичних розробок у рамках єдиної цільової програми.

Дотримання даного принципу вимагає координованого підходу в організації загального понятійного базису як вихідної позиції. Це викликане тим, що в різних напрямках наук про Землю багато термінів мають різні значеннєві значення, що утрудняє обмін інформацією і її оперативне використання різноманітності науково-методичних основ визначення параметрів, що відображають стан геологічних систем (ГС), форм передачі інформації, її первинної обробки утрудняє здійснення єдиної програми. Із цього випливає:

1. МНР ГС повинна створюватися па базі ЕГ що найбільше відповідає цільовій програмі оцінки стану, контролю над зміною параметрів і керування ГС;

2. методологія геологічних, природних і ін. наук і інформація, одержувана в ході гідрологічних, геохімічних, радіологічних і екологічних досліджень використовується як необхідних елементів;

3. метою МНТ ГС є виконання на новому рівні завдань, які традиційно вирішувалися інженерною геологією, а тепер має вирішуватися екологічною геологією – спостереження, прогнозу й керування ГС при режимних дослідженнях, вишукуваннях для обґрунтування й будівництва комплексу споруд, еколого-геологічного контролю над будівництвом і роботою захисних споруджень [3, 5, 9].

2. Принципи ієрархічності – розв’язання приватних питань вивчення ГС входять в ієрархію загальної системи МНР і відповідним чином координуються.

На основі цього принципу можна організувати нову структуру досліджень ГС, елементи якої різні за рівнем і видам одержуваної інформації. При цьому здійснюється логічно обґрунтоване виявлення видів еколого-геологічних досліджень, що максимально відображають специфіку досліджуваних об’єктів. Рівень подачі інформації слід розглядати як критерій, по яким диференціюються й ранжируються операції, починаючи від первинних і лабораторних досліджень і закінчуючи прогнозними розробками, а також керуючими розв’язками.

3. Принцип комплексності – комплектування науково-методичних розробок, практичної реалізації керуючих впливів і їх взаємне вдосконалення. Цей принцип є необхідна умова, що забезпечує ефективне функціонування всієї програми МНР. Дотримання вимог комплексності обґрунтовує практичну в керуванні впливами на сучасному етапі, а та-

кож оперативну техногенну реакцію на зміни стану рівноваги. При цьому, на всіх етапах робіт із практичного здійснення керування ГС забезпечується раціональне використання науково- методичних розробок.

4. Принцип альтернативності – єдина концепція МНР здійснюється з обліком декількох шляхів (варіантів) розвитку техногенних впливів. Проходження даному принципу є немаловажним, виходячи з наступних положень:

- реалізація основного варіанта управлінських розв’язків не завжди дозволяє враховувати різкі коливання стійкості й, як наслідок, погіршення ЕГ обстановки, тобто залежить від якості й діяльності прогностичних розробок;
- будь-який керуючий вплив повинний забезпечувати можливість гнучкого варіювання методами керування;
- здійснення заходів щодо обраного варіанта проводиться паралельно з деталізацією й уточненням альтернативного варіанта на кожному етапі роботи.

5. Принцип системності – ГС і система МНР розглядаються як системи двох різних класів, взаємодіючих згідно з дією системотворчих сил.

Принцип системності, по-перше, визначає підхід до проблеми МНР в цілому; по-друге, будучи провідним принципом, МНР дозволяє систематизувати й обґрунтувати весь спектр взаємодії людини і ГС. Реалізація системного аналізу зводиться до виділення систем у рамках поставленої проблеми, побудові їх ієрархій.

Усі ці операції повинні відповідати завданням досліджень ГС і враховувати характер і інтенсивність зовнішніх впливів, їх мінливість у часі й просторі. Складність виділених систем визначається специфічністю будови й властивостей ГС і техногенного навантаження (її видами, масштабами, просторовими параметрами сфери взаємодій і т.д.).

Принцип системних досліджень полягає ще в дотриманні наступного правила: при розв’язку прикладних і приватних питань важливо не стільки їх оптимальний розв’язок, скільки раціональне й ефективне управління ГС, тобто загальний результат.

Практичне здійснення пропонованої концепції МНР ГС у загальному виді передбачає детальне комплексне вивчення системи «людина – ГСР». Активний вплив на ГС, спрямоване на поліпшення ЕГ обстановки дозволяє розглядати дану систему в більш широкому аспекті

й представляє її у вигляді керуючої системи – об'єкт керування. Це найбільшою мірою відповідає умовам України, де необхідність керування ГСР обумовлюється її квазікритичним сучасним станом.

5.4. ПРИНЦИПИ КЕРУВАННЯ ГЕОЛОГІЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Керування ГСР може здійснюватися за умови, якщо є детальний опис об'єкта, що містить наступну інформацію:

- чітку й логічно обґрунтовану сукупність цільових вимог ;
- детальну комплексну характеристику об'єкта ;
- основних концепцій його розвитку (як технологічних, так і екологічних);
- виявлені й обґрунтовані принципи добору варіантів досягнення стійкості ГС (тобто виявлені критерії переваги й правила добору кращих альтернатив).

Система МНР ГС передбачає отримання саме такого роду інформації, тобто є орієнтованою на керуючі розв'язки.

Техногенний вплив (керуюча система) й ГС (об'єкт керування) – це відкрита динамічна, саморегульовальна система, що й ГС впливає на керуючу систему за допомогою інформації про динамік, режим мінливості компонентів і т.п., а керуюча – за рахунок негативних зворотних зв'язків, що перешкоджають відхиленню ГСР від гомеостатичного стану (що пристосовуються до умов НС).

Структура МНР повинна бути організована таким чином, щоб гео-системи (як частини ГСР, на які поширені керуючі впливи), постійно відповідали принципу Ле-Шатальє: якщо на систему в стані рівноваги здійснюється вплив його рівновага, що порушують, то в ній виникають процеси, що прагнуть повернути її в колишній стан.

У якості підсистем моніторингу виділяються контроль, прогноз і керування ГСР.

1. Контроль – комплекс заходів, що дозволяє оцінити стан ГСР із метою її моделювання, прогнозування й керування.

2 Прогноз – науково-обґрунтоване передбачення появи й розвитку ГП, з певною точністю й завчасною оцінку стан, що характеризує, ГСР в умовах природного й порушеного режимів розвитку території.

3. Керування – комплекс впливів, оптимізуючих стан ГСР, що включають несприятливий її розвиток і поліпшуючих еколого-геологічну обстановку.

Виділені підсистеми призначені для оперативного й гнучкого реагування на зміну умов рівноваги об'єктів керування.

Отже, склад комплексу досліджень, рівень детальності прогнозів і масштаби керуючих впливів залежать рівною мірою від складності природних умов і багатофакторного техногенного навантаження території.

Лекція 6

ГЕОЛОГІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. УМОВИ ВЗАЄМОДІЇ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ГЕОСИСТЕМИ ІЗ ГЕОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Поняття літосфери, яку довгий час геологи і геофізики ототожнювали із земною корою, за своїм змістом не відповідають поняттю кори. Літосфера означає “кам’яну оболонку”, тобто тверде георечовинне середовище, організоване на рівнях мінералів, гірських порід, геоінформації. Мінеральна організація МНР має місце також і в гідросфері, і в атмосфері, але відмінність від них літосфери полягає в переважно твердому стані. Необхідно принципово відрізнити геофізичну літосферу (до астеносфери), як її розуміють в новій глобальній тектоніці, від георечовинної літосфери, що опускається в мантію, для якої характерна мінеральна організація. Літосфера як георечовинна система у верхній своїй зоні виступає ареною розвитку надречовинної геосистемної організації, тобто стає комплексним об’єктом системи МНР [3, 5, 7, 10].

Геодинаміка ГС – це просторово-часова зміна стану ГП у результаті впливу на них різних умов і факторів. Важливими аспектами геодинаміки ГС є її просторово–тимчасова й системна організація.

Просторово-часова організація ГС визначається неоднорідністю структурно-тектонічних, літолого-стратиграфічних і техногенних умов і факторів, що характеризують її еволюцію. Т.ч., просторово-часова організація ГС залежить від геологічної будови території й умов техногенної діяльності. Просторова організація ГС контролюється диференціацією геологічних обстановок, під якими ми розуміємо енергетичні показники тектонічного-геолого-тектонічного потенціалу ГС.

Просторова організація ГС контролюється типами формацій (природничо-історична складова ГС) і характером техногенної діяльності (антропогенна складова ГТС).

Геологічна формація являє собою геологічне тіло, складене комплексом генетичних типів відкладань, парагенетично зв'язаних один з одним, що й утворювалися в єдиній тектонічній і кліматичній обстановці. Отже, тектонічна обстановка є визначальною при розвитку формаційних комплексів відкладань.

Геологічна формація як елемент складання ГС являє собою рівноправну таксономічну одиницю в ряді «мінерал – гірська порода – геологічна формація – земна оболонка – планета». Кожна попередня одиниця стосовно наступної є елементарної, кожна наступна – відповідає більш високому рівню структурної організації матерії.

При дослідженні ГС, крім геологічних умов, необхідно враховувати еколого-геологічні особливості, які можуть розглядатися як значною мірою похідні від перших.

Формаційний аналіз визначає виділення двох основних типів утворів:

а. стратифіковані тіла, що розвиваються по вертикалі з елементами симетрії нескінченних тіл з фізично певними горизонтальними границями. Структура стратифікованих утворів визначається ритмом. У первиннім заляганні ритм збігається з вектором радіуса Землі, але в одних випадках він орієнтований від центру до периферії (формації осадових вулканогенних порід), а в інших – від периферії до центру (формації кор вивітряння).

б. тіла, що незгідно залягають із нашаруванням порід розростання, що виникають за рахунок, зі значної горизонтальної складової. Вони мають різкі вертикальні й невизначені горизонтальні границі. Морфологія таких тіл чітко перетворює в плані й невизначено в розрізі (інтрузії, метосоматичних порід, трубки вибуху й т.д.).

Упорядкованість і просторова диференціація ГС контролюється параметрами тривимірних геологічних об'єктів зі специфічним набором формацій, що відбивають спрямований процес опадонакопичення, діагенезу складчастості магматизму й метаморфізму.

Диференціація геологічних процесів (ГП) зроблена в такий спосіб:

- комплекс ГП, пов'язаних з порушенням сили ваги масиву ГП (зсуви, обвали, сіли);
- комплекс ГП, пов'язаних з розчиненням масиву ГП;
- комплекс ГП, пов'язаних з розвитком землетрусів.

Просторово-тимчасові закономірності розвитку певного ГП контролюються наступними параметрами: середовищем розвитку процесу; умовами розвитку процесу.

У цей час слабкою ланкою в системі оцінки й контролю над станом ГС є фаз дослідження конкретних технічних об'єктів, у той час як дослідження більших по масштабу ГТС не проводиться. Парадокс полягає в тому, що захист одного технічного об'єкта не завжди дозволяє забезпечити оптимальне функціонування всієї системи, також як і захист кожного з безлічі об'єктів не завжди дозволяє зберегти стійкість системи. Регулювання характеру техногенного навантаження визначається можливістю реалізації конкретних захисних заходів і виключенням умов, при яких починаються необоротні зміни в масиві ГП, при яких він може втратити свою стійкість. Втрата стійкості визначається можливістю переходу енергетичних показників масиву і його рухом, у результаті чого можуть бути зруйновані технічні спорудження. Енергетичні показники – це комплекс умов, що дозволяють здійснити перехід енергії потенційної в кінетичну за допомогою проявів геологічних процесів.

6.2. ПРОВІДНІ ПІДСИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Контроль над станом ГСР забезпечує надходження необхідної інформації для прогнозу й керування середовищем, рівень її достатності й надійності при оцінці параметрів стану компонентів ГС. При організації системи контролю цільова програма визначає вибір матеріалів, який залежить від геологічної будови території, природно-кліматичних особливостей, техногенного навантаження. Оцінка відбувається по наступних позиціях:

1. оцінка природно-кліматичних, геоенергетичних параметрів природних факторів і компонентів;
2. оцінка літогенних енергетичних параметрів, що визначають динаміку розвитку ГС;
3. оцінка техногенних геоенергетичних і еколого-геологічних параметрів, що характеризують розвиток геологічних параметрів.

Концепція керування визначає необхідність дослідження енергетичних складових природного середовища й людини. До їхнього складу

входять геліогенні (природно-кліматичні), літогенні та техногенні енергетичні параметри.

Геліогенні – виявляють сонячну активність, зміну термічного та вологісного режимів, характеру й інтенсивності опадів, діяльність вітру і т.д.

Літогенні – сукупність умов і факторів, що характеризують механізм і динаміку зміни стану рівноваги. В цілому, усі ці енергетичні параметри визначають природничо-історичну природно-кліматичну обстановку. Зміна цієї обстановки в результаті діяльності людини характеризує техногенно-порушену природно-кліматичну обстановку.

Техногенні енергетичні параметри – види діяльності, виконувані з метою використання технологічного простору для споживання мінералогічних і енергетичних ресурсів, для будівництва, сільського господарства і т.д.

У рамках програми МНР природно-кліматичні умови й фактори досліджуються на підставі даних, отриманих по регіональних мережах Держкомгідромета, відомчого контролю, а також спеціалізованих стаціонарах.

Дослідження літогенних енергетичних показників ведуться вивчально в межах стаціонарів по вивченню динаміки ГС. При цьому досліджуються закономірності розвитку геологічних, гідрогеологічних, геохімічних і ін. процесів, організують регіональний режим і режимна мережа [3, 5-7, 9].

Характерна риса системи контролю над станом ГС – необхідність її адаптації в межах різних еколого-геологічних обстановок. Організацію системи контролю для виділення МНР слід проводити в кілька етапів:

1. Реалізація системи контролю для визначення регіональних закономірностей геологічних процесів, їх картування, встановлення зв'язків з різними умовами й факторами.

2. Реалізація національної (регіональної, спеціальної, детальної або локальної) класифікації процесів, їх типізація й диференціація.

3. Вибір стаціонарів і організація системи спостережень, коректування режимної мережі, а так само досвідчене – промислових полігонів.

4. Уточнення механізмів і динаміки несприятливих еколого-геологічних позицій процесів і явищ.

5. Складання постійно діючих моделей, їх інформаційне забезпечення, коректування прогнозу й керуючих впливів.

Система контролю при організації МНР ГТС повинна охоплювати по можливості всі компоненти ГСР (гірські породи, підземні води, газову складову). У якості першочергових об'єктів спостережень розглядають гідросферу і гірські породи в зоні гіпергенезу, тобто в зоні максимального техногенного навантаження.

Т.ч., уже на початкових етапах робіт необхідно передбачити одержання інформації про забруднення підземних вод (з диференціацією по видах забруднення) і поверхневої гідросфери, природному і порушеному режимі, виснаженні запасів підземних вод, структурі й властивостях гірських порід, геологічних процесів і т.д.

Принциповим положенням є об'єднання досліджень у комплекс у межах стаціонарів і переказ дослідженням екологічної спрямованості. Це полягає в розробці на кожному етапі результуючої еколого-геологічної моделі (карти, блоки, різні схеми й т.п.), що утворює як ступінь стійкості розглянутих геосистем, так і рівень їх екологічної небезпеки.

Основне завдання при організації системи контролю – створення репрезентативної режимної мережі як основного джерела одержання інформації на всіх етапах реалізації програми МНР. Основною вимогою до спостережливості мережі є максимальна її комплексність, що дозволяє одночасно в одній крапці простору одержати набір характеристик поточного стану ГСР. Тобто, дати характеристику одночасно можливо більшого числа процесів, що відбивають специфіку динаміки ГСР. Це дозволить формувати тимчасові ряди параметрів для наступної їхньої обробки на більш високому функціональному рівні.

6.3. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

У якості прикладів організації системи контролю розглянемо питання, розв'язувані на одних з найбільше екологічно небезпечних об'єктів для України, а саме – об'єктів атомної енергетики.

Вплив підприємств атомно-енергетичного циклу (атомних електростанцій – АЕС) на ГС по загальних фізичних параметрах близько до впливу великих промислово-міських агломерацій. Однак істотною екологічною особливістю об'єктів АЕС у взаємодії із ГСР є використання в технологічному циклі радіоактивних матеріалів. Матеріали перетво-

ряться на етапах паливного циклу, і формується великий обсяг радіоактивних відходів. Вони забруднюють ОС.

ГСП – основний предмет для головного виду впливів об'єктів АЕС. У зв'язку із чим МНР «АЕС – ГСП» має основне значення для безпечної експлуатації атомно-енергетичних об'єктів життєдіяльності людей і ефективної охорони НС.

6.3.1. Основні підсистеми контролю геолого-техногенних систем об'єктів АЕС

Геохімічна – обумовлена виділенням у повітряне й водне середовище стабільних і нестабільних (радіоактивних) елементів, для якого ГСП по остаточній їхній міграції стає довготривалим середовищем перебування [5, 7, 8-10].

Гідрогеологічна – оцінка змін режиму підземних вод у зоні впливу ГТС «АЕС – ГСП», включаючи витoki з комунікацій, впливів інфільтрацій з водогосподарчих систем.

Інженерно-геологічна – виявлення локальних змін механічних і водно-фізичних властивостей ґрунтів основи з оцінкою стану масиву порід, процесів що протікають у ньому у границях тепловологопереносу.

Геофізична – оцінка змін фізичних полів (теплових, електричних і радіаційних) і їх зв'язки із процесами, що протікають у ГСП.

Сейсмічна (інженерно-сейсмогенна) – оцінка впливів динамічних і циклічних змін і пов'язаних з ними показників у ГТС «АЕС-ГСП», контроль за змінами еколого-геологічної обстановки в умовах сейсмопроявів (осідання, суфозія і т.д.)

Деформаційні – узагальнення впливу напруженого стану масиву порід, пов'язане з навантаженням об'єктів АЕС, сейсмічними факторами й довготривалими процесами ГС.

Гідрологічна – обумовлює вплив зарегулювання поверхневого стоку, обладнання ставків-охолоджувачів, змін тепловологопереносу в зонах забудови й планування місцевості.

Ландшафтна – зміна основних поверхневих форм рельєфу і їх стійкість у взаємодії з об'єктами АЕС у границях впливу ГТС «АЕС-ГСП».

6.3.2. Атмогеохімічний контроль

У комплекс факторів впливу АЕС на НС входять і газоподібні викиди й аерозолі, які після проходження систем очищення віддаляються в НС, обумовлюючи часткове екологічне розкриття енергетичних систем станції. Газоподібні викиди включають радіоактивні інертні гази криптону-85, ксенону-135, аргону-41, а газоподібні радіонукліди тритію-3, вуглецю-14 [5, 8, 9].

Радіохімічні параметри верхньої зони ГС найбільше активно впливають виділювані АЕС біологічно значимі аерозольні радіонукліди стронцію-90, цезію-137; 134; 144; цирконію-95; ...-95; ...-106, кобальту-60 та ін. із тривалим процесом напіврозпаду – від місяців до десятків років. Обмежений вступ радіонуклідів і стабільних елементів конструкцій енергоблоків обумовлене, що проявляється розгерметизацією металевих оболонок невеликою часткою тепловиділяючих елементів. Це проявляється внаслідок високої напруженості їх теплового гідравлічного режимів і наступним виходом частини продуктів розподілу палива й корозії конструкцій у теплосистему й атмосферу.

Дані досліджень розподілу нуклідів цезію свідчать про їхню концентрацію у верхньому шарі ґрунтів з міграцією до глибини 2-3 см, іноді до 5 см. Нагромадження навіть у край незначних кількостей техногенних радіонуклідів на поверхні ґрунту пояснює їхній підвищений еколого-геологічний ефект. Практичний інтерес представляє вивчення зони впливу повітряних викидів АЕС механізму майданного розподілу на ґрунтах довгочасних радіонуклідів, що вносять основний внесок у формування радіогеохімічної (радіогеоекологічної) обстановки [9].

Для кількісної оцінки просторового розподілу на ґрунтах техногенних радіонуклідів в одному з регіонів України була організована спостережлива мережа радіогеохімічного опробування.

Радіус спостережень у зоні стійкого радіогеохімічного впливу повітряних викидів одиначної АЕС, відповідно теоретичним і експериментальним оцінкам був прийнятий приблизно 100 км.

Виходячи з рекомендацій МАГАТЕ при організації мережі спостереження, оцінки й прогнозу нагромадження в ґрунтах повітряних викидів радіонуклідів АЕС особливо враховуються наступні фактори:

1. Число діючих, тих, що будуються й проєктованих блоків станцій;
2. Висота вентиляційної труби;

3. Утвір границь зони стійкого нагромадження радіонуклідів на відстань від 3-6 до 80-100 км і більше;

4. Сезонні й багаторічні гідрометеорологічні обстановки (повторюваність, сила вітрів і т.д.)

З урахуванням багаторічної експлуатації АЕС (до 30-40 років) і значної тривалості розпаду ряду техногенних радіонуклідів оцінка і прогноз їх нагромадження у верхній зоні літосфери відноситься до радіохімічної системи МНР ГС. У зоні впливу повітряних викидів АЕС формується атмогеохімічна система «АЕС – ґрунти» (АГС АЕС-ПГ), що характеризуються закономірною зміною концентрацій радіонуклідів на ґрунтах у міру віддалення від станції з розподілом на прилягаючі території, близьким до кругового.

З розрахункових залежностей визначається стійке положення концентрацій радіоактивних домішок у струмені викидів АЕС зі зменшенням їх величини в 60-70 раз на відстань від 3 до 100 км [8].

З оцінок, що приводяться, просторово-часових змін концентрацій радіонуклідів у багаторічних повітряних викидах АЕС випливає, що їх перерозподіл і випадання в ГС АЕС-ПГ у первісний момент має осередковий характер, а потім формується радіогеохімічне поле АЕС.

Під радіогеохімічним полем АЕС слід розуміти прилягаючу стаціонарну зону впливу, кожна точка якої характеризується певними вмістами в ґрунтах радіонуклідів $S_{пг}$ як функції координат (x, y) і часу t :

$$S_{пг} = f(x, y, t) \quad (6.1)$$

Великий комплекс радіогідрогеохімічних робіт був виконаний підрозділами Мінгео СРСР. Їхнє співставлення з даними досліджень інститутів різних відомств указує на те, що після аероміграції техногенних радіонуклідів у формуванні радіогеохімічного поля АЕС провідну роль відіграють процеси їх активної сорбції органічними поверхнями ґрунтів (крім карстових, повітряно-галечникові й відкриті тріщинуваті зони), а також різке зменшення тепловологопереносу із глибиною. У зв'язку із цим, основна кількість усіх техногенних радіонуклідів накопичується в поверхневому шарі до глибини 1-3 см. Тут їх концентрації зменшуються в 10-100 разів і більше.

Ці факти переконливо підтверджують думка В.І. Вернадського про те, що завдяки розсіюванню хімічні елементи утворюють надзвичайно

розріджені тверді розчини, які підкоряються законам газів, тобто відбувається квазігазоподібна міграція [8, 9].

Важливою особливістю радіогеохімічного поля АЕС, як показали проведені дослідження, є більш високий ступінь мінливості радіонуклідів у ґрунтах у порівнянні із приземним шаром атмосфери. В інтервалі відстаней 3-100 км ця величина змінюється в 10^3 - 10^4 .

Наведені результати дозволяють зробити висновок про головний вплив гравітаційного осадження аерозолів техногенних радіонуклідів, що входять в атмосферу з активної зони реактора, на підвищення їх концентрації в ґрунтах.

Значна тривалість експлуатації АЕС і взаємозалежних з нею процесів формування радіологічних полів, вимагає обліку в його структурі тривалості життя радіонуклідів. Для цього при оцінці концентрації радіонуклідів у ґрунтах за певний період необхідне введення виправлення на їхній розпад від початку осадження.

Нагромадження техногенних радіонуклідів у верхній зоні літосфери на основі проектних повітряних викидів АЕС і рівномірного розподілу по круговій розі вітрів помітного підвищення рівня активності ґрунтів не спостерігається. Фактична концентрація техногенних радіонуклідів у ґрунтах рівновіддалених зон радіохімічних полів АЕС змінюється в 10-20 і більше разів.

В цілому, виконані дослідження показали, що подальший розвиток ядерної енергетики й підвищені вимоги до охорони НС вимагають розвитку методів оцінки впливу повітряних викидів АЕС, рельєфу місцевості, вітропилового підйому й ін. У зв'язку із цим основним завданням підсистеми контролю в зоні впливу АЕС на сучасному етапі ЕГ робіт є простежування й аналіз довгочасних трендів радіогеохімічних полів.

До складу радіогеохімічних досліджень, які проводяться на території, що піддалася забрудненню радіонуклідами або знаходяться в зоні впливу АЕС, входять радіометричні спостереження, добір літохімічних проб ґрунтів і ґрунтів зони аерації, донних відкладів водоймищ і водотоків, проб води для визначення тритію, великооб'ємних гідрохімічних проб, радіометричних досліджень і визначення радіонуклідів.

Лекція 9

ГЕОХІМІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

9.1. ФОРМУВАННЯ ГЕОХІМІЧНОГО РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Формування геохімічного рівня організації ГСР проходить на рівні хімічних процесів у земній корі, що впливають на підпорядковані процеси – міграцію хімічних елементів, їх концентрацію і розсіяння, хімічний склад Землі і її оболонок, розповсюдження і взаємні поєднання хімічних елементів в земній корі.

Міграція хімічних елементів в ході геологічних процесів, форми їх перенесення і знаходження в гірських породах і мінералах, поведінка іонів в кристалічній ґратці мінералів і енергетику геохімічний процесів обумовлює і становлення ГСР. Вивчаючи ГСР з позиції геохімії в питаннях походження і складу нашої планети стикаємося з астрономічними науками (космогонія, метеоритика) з фізичними науками (радіологія, ядерна геологія, геофізика).

Міграція хімічних елементів в ході геологічних процесів, форми їх перенесення і знаходження в гірських породах і мінералах, поведінка іонів в кристалічній ґратках мінералів і енергетику геохімічний процесів дає змогу прослідкувати шляхи міграції речовини. Вивчаючи умови накопичення хімічних елементів у всьому різноманітті геологічних процесів, геохімія характеризує фізико-хімічну обстановку утворення родовищ корисних копалини, тим самим указує шляхи їх відшукування.

Хімічні аналізи показують, що більш ніж на 98% маса земної кори складається тільки з восьми елементів Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg. Частина, що залишилася, в основному складають ще приблизно 12 елементів – Ti, H, P, Mn, F, S, Sr, Ba, C, Cl. Тому, не дивлячись на велику кількість можливих комбінацій хімічних елементів для утворення мінералів, число головних породотворюючих мінералів невелике. Декілька елементів, таких як Au, As, Cu, S, Pt, C та ін. можуть зустрічатися і у чистому вигляді, проте більшість елементів зустрічається у вигляді сполук.

Оскільки вміст кисню в земній корі складає за вагою майже 47 % то і хімічні сполуки з ним є найбільш звичайними. Кремній і алюміній, які займають друге і третє місце відповідно, забезпечують утворення силікатних мінералів. Саме силікати – сполуки кремнію і кисню з іншими елементами – Al, Fe, Na, K, Mg формують найбільшу групу мінералів.

Процеси породо- і рудоутворення і типи, що обумовлювали їх хімічні реакції в значній мірі зумовлювалися фізико-хімічними умовами, що існували на земній поверхні в той або інший період геологічного часу, режимом тектонічних рухів в межах даного регіону, інтенсивністю вулканічної діяльності і багатьма ін. чинниками. Глибинні мінерали і породи, що вони формують, в умовах земної поверхні стають нестійкими і прагнуть перейти в стійкіші сполуки в даних фізико-хімічних умовах.

Починається новий цикл міграції хімічних елементів, різко відмінний від їх міграції в ендегенних умовах, нові форми з'єднань, нові поєднання хімічних елементів. Згідно Г. Тиррелю (1932), процеси розкладання гірських порід і мінералів полягають їх розчиненню, окисленню, гідратації і карбонатизації. Таким чином, хімічними агентами вивітрювання служать вода як розчинник що надає гідролізуючу дію, O_2 і невелика кількість O_3 і H_2O_2 (результати грозових розрядів) і CO_2 з H_2O , що утворюють H_2CO_3 . Результатом цих процесів є: розчинні речовини, нерозчинні осідання, змінені мінерали, незмінені мінерали.

Процеси вивітрювання є складним комплексом явищ, що складається з механічної дезінтеграції і хімічного перетворення речовини, в основному розкладання і перетворення більш складних з'єднань в простіші, менш окислені в більш окислені і часто в більш розчинні.

Процеси вивітрювання в основному залежать від ступеня вологості і температури і зв'язаного з ними розвитку рослинності, продукти розкладання якої у вологому помірно жаркому або прохолодному кліматі утворюють ґрунтові кислоти (гумінові і фульвокислоти), що беруть активну участь в хімічних процесах вивітрювання.

Процесам вивітрювання, природно, сприяє тріщинуватість ГП і структура. Грубозернисті породи вивітрюються легше, ніж дрібнозернисті. У полярних умови і в умовах безводних пустель процеси дезінтеграції переважають над процесами хімічного вивітрювання, в умовах же теплового вологого клімату різко переважають процеси хімічного ви-

вітрювання. У відмінності від ендегенних процесів, часто обмежених певними стадіями, процеси вивітрювання протікають безперервно, поки первинна порода повністю не перетвориться на продукти вивітрювання. Вони починаються гідролізом: вилугуванням катіонів К, Na, Ca і заміщенням їх воднем.

Хімічний склад і фізико-хімічні процеси утворення осадових порід і руд обумовлює їх еволюцію в історії Землі, закономірності поширеності, розподілу і міграції елементів в осадовій оболонці і гідросфері. При реконструкції геохімічних процесів використовуються дані стратиграфії, геотектоніки, палеогеографії і океанології, а також спостереження над сучасними процесами вивітрювання, осаконакопичення. Дані експериментального відтворення рівноважних систем (карбонатних, фосфатних, сольових і ін.) як моделі процесів і реакцій геологічного минулого, з внесенням в них необхідних поправок на еволюційні зміни фізико-хімічних умов осадового породоутворення. вивчає процеси, що протікають при низьких температурах і тиску, обмежених інтервалом в межах між значеннями, характерними для земної поверхні і верхньої межі області регіонального метаморфізму [3-5, 10].

Встановлення кількісних співвідношень різних форм перенесення елементів у вигляді дійсних і колоїдних розчинів, комплексних з'єднань, механічних суспензій, сорбцій на глинистих і ін. мінералах, так само як і виявлення кількісних закономірностей просторового розподілу елементів залежить від рівноваги і диференціації елементів при зональному характері їх розподіл. У зв'язку з цим є проблема співвідношення кларкового (*розсіяння*) і рудного (*концентрація*) процесів, рішення якої представляє великий практичний інтерес при пошуках прихованих рудних покладів.

7.2. ОСНОВИ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Екологічна геохімія головною метою має встановлення закономірностей зміни хімічного складу геосфери та її частин у зв'язку із проявом геохімічної функції. Основними завданнями дослідження є так звані «чисто наукові», що визначають фундаментальну сторону еколого-геохімічних досліджень, спрямованих на встановлення законів поведінки хімічних елементів в умовах техногенезу; а також завдання, зв'язані в більшій ступені с прикладними дослідженнями, спрямованими на оцінку стану (якості) НС, виявлення масштабів і наслідків гео-

хімічного перетворення геосфери у зв'язку з діяльністю людини, на використання отриманих знань в практичних цілях.

Екологічна геохімія – складова і невід'ємна частина загальної хімії. Використовувана нею система понять, термінів, положень органічно зв'язує її на єдиній науково-методичній основі з науковими і прикладними дисциплінами геологічного профілю.

Геохімічний підхід – геохімічні – еколого-геохімічні дослідження значною мірою базуються на існуючі (вірогідно встановлених) кореляційних зв'язках між джерелами забруднення, міграцією елементів у транспортуючих середовищах (водні й повітряні потоки) і їх тимчасовим концентруванням в середовищах (грунті, рослинному і сніговому покриві, донних відкладах). Важливим підсумком еколого-геохімічних досліджень є встановлення закономірних зв'язків між розподілом хімічних елементів і їх з'єднань у навколишньому середовищі й показниками здоров'я населення.

Під техногенним (антропогенним) забрудненням (хімічним забрудненням) слід розуміти зміну хімічних властивостей НС, що проявляється в збільшенні вмісту хімічних елементів (з'єднань), не пов'язане із природними процесами. Матеріальними носіями забруднення є забруднюючі речовини – хімічні елементи і їх сполуки, які у свою чергу пов'язані з наявністю джерел забруднення. Так, під джерелом забруднення мається на увазі як вид людської діяльності (радіотехнічне, металургійне виробництво, сільське господарство й ін.), так і конкретні об'єкти діяльності (завод, смітник, автомобільний транспорт і ін.), а також матеріальні носії забруднюючих речовин (засобу хімізації, відходи виробництва).

Інтенсивність геохімічного впливу техногенних джерел забруднення, які по масштабах і способу впливу підрозділяються на локальні (точкові), площинні й лінійні, визначається масою хімічних елементів (речовин), що надходить на ту або іншу територію (техногенне навантаження на НС), тобто залежить від ступені концентрації забруднюючих речовин у матеріальних носіях і від загального обсягу останніх.

В екологічній геохімії в якості специфічних нормативних величин використовуються фонові рівні хімічних елементів (з'єднань). Під геохімічним фоном (фоновим вмістом, «природним тлом», «природним вмістом») в екологічній геохімії розуміється середня концентрація його в природних тілах (компонентах) за даними вивчення природного

розподілу (з урахуванням варіацій) у межах однорідної в ландшафтно-геохімічному відношенні ділянки, не порушеної техногенезом (на практиці – це, як правило, ділянки, розташовані поза зоною прямого техногенного впливу).

Вплив джерел забруднення приводить до формуванню в НС техногенних геохімічних аномалій, тобто ділянок територій, у межах яких хоча б в одному з, що складають їхніх природні тіла (компонентів) статистичні параметри розподілу хімічних елементів і їхніх сполук вірогідно відрізняються від варіацій геохімічного тла (фоновому вмісту). Необхідно відзначити, що існує також більш вузьке поняття зони забруднення; під нею звичайно мається на увазі частина техногенної геохімічної аномалії, у межах якої забруднюючі речовини досягають концентрації, що виявляє несприятливий вплив на живі організми.

Техногенні геохімічні аномалії можуть характеризуватися як моноелементним, так і поліелементним складом, тому поряд з вивченням розподілу окремих хімічних елементів, при еколого-геохімічних дослідженнях проводиться аналіз геохімічних асоціацій – груп елементів, що характеризують специфічні особливості зон впливу різних джерел, що й виявляються в компоненту середовища в кількостях, відмінних від якихось нормативних величин (фона) [2, 5, 7, 8].

При вивченні найважливішої характеристики техногенних геохімічних аномалій – ступеня концентрування – широке поширення придбав такий параметр, як коефіцієнт концентрації хімічного елемента K_c , що розраховується по відношенню реального (аномального) змісту забруднювача в природному об'єкті до його фоновому рівню в аналогічному об'єкті.

Під геохімічною екологічною функцією літосфери розуміється функція, що відбиває властивість геохімічних полів (неоднорідностей) літосфери природного й техногенного походження впливати на стан біоти в цілому й людське співтовариство зокрема [1, 2, 7]. Об'єктом досліджень при такому підході є речовинний, хімічний склад компонентів літосфери (гірські породи, мінерали, донні опади, ґрунти, підземні води, нафта, гази) і сформовані ними поля природного, природно-техногенного або техногенного походження. Як предмет досліджень розглядається система знань про геохімічні поля різного генезису та їхній вплив на живі організми, а в загальному виді – знання про геохімічні екологічні функції й геохімічні властивості літосфери.

7.3. ЕКОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ЛІТОСФЕРИ

Основною відмінною рисою геохімічної екологічної функції літосфери є її геологічна орієнтованість. В сферу її вивчення попадають переважно ті геохімічні неоднорідності, які становлять потенційну небезпеку або, навпаки, забезпечують найбільшу комфортабельність стану й життєдіяльності біоти, у тому числі й людини як біологічного виду. Функціональними територіальними (точніше об'ємними) одиницями еколого-геохімічних досліджень є геохімічні зони, геохімічні провінції й геохімічні аномалії, які можуть бути об'єднані під загальною назвою «геохімічні неоднорідності літосфери». Така їх ієрархія дозволяє проводити дослідження й опис геохімічних властивостей літосфери на планетарному (зони), регіональному (провінції) і локальному (аномалії) рівнях. Сказане повною мірою відноситься й до біогеохімічних зон, провінцій і аномалій, які доводиться вивчати при дослідженні геохімічної екологічної функції літосфери.

Геохімічні неоднорідності літосфери м. б. обумовлені як підвищеним, так і зниженим вмістом елементів у порівнянні з фоновим. Залежно від середовища, виділяються наступні геохімічні неоднорідності: літохімічні, обумовлені складом гірських порід, ґрунтів, донних осадків, техногенних ґрунтів; гідрохімічні – підземних вод; атмохімічні – газовим складом ґрунтів, гірських порід, підземних вод; снуохімічні – снігового покриву; біохімічні – біоти.

По генезису серед геохімічних неоднорідностей літосфери слід виділяти: природні (природно-історичні), що сформувалися в ході «геологічного життя» планети; природно-техногенні (новостворені), формування яких відбулося в епоху техногенезу внаслідок використання високовідходних технологій при низькому рівні впровадження захисних заходів. Якщо розглядати їх у часовому аспекті, то до найбільш стабільних можна віднести природні літогеохімічні аномалії, провінції й зони. Інші типи геохімічних неоднорідностей мають значні варіації складу в часу, що залежать від комплексу фізико-хімічних, біогеохімічних, геодинамічних, техногенних умов.

Відзначені особливості диференціації елементів в різних генетичних типах геохімічних неоднорідностей слід урахувувати для правильного вироблення екологічної політики в регіонах. Так, літогеохімічні аномалії техногенного генезису на відміну від природних мають приповерхневий характер розподілу елементів по профілю й м. б. в значній

мірі нівельовані за рахунок використання різних методів очищення ГСР від забруднення. Гірські породи служать головним джерелом елементів, які можуть бути залучені в міграцію. Важливі при цьому не стільки загальні запаси того або іншого хімічного елемента, скільки форми його знаходження в ГП і ті властивості порід, від яких залежить рухливість даного хімічного елемента. Навіть дуже рухливі елементи, такі як Na, якщо втримуються в породах, що важко піддаються вивітрюванню, практично будуть мати низьку міграційну здатність.

7.3.1. Якісна геохімічна оцінка

Початок дослідження оцінки стану НС впливає з його якісного аналізу. Основою якісної оцінки є ландшафтно-геохімічне картування.

Карти геохімічних ландшафтів об'єктивно і комплексно відтворюють стан НС на період їх складання. Комплексність такої оцінки гарантується методикою робіт, при проведенні яких ураховуються як особливості «техногенного навантаження», так і біологічні (ботанічні), ґрунтові, геоморфологічні, атмосферні й геологічні особливості окремих блоків земної кори. Об'єктивність оцінки також закладена в методику досліджень, тобто на кожному класифікаційному рівні якісно відзначаються всі зміни, здатні викликатися антропогенною діяльністю [2, 5, 7].

Після проведення повторної оцінки еколого-геохімічного стану території (що є фактично початком моніторингових досліджень) отримані дані можна порівнювати з результатами перших досліджень, тобто переходити до якісної оцінки наслідків природних і антропогенних процесів, що відбувалися в проміжку часу між двома еколого-геохімічними дослідженнями [7]. Так, у переважній більшості випадків можна оцінити наслідки тривалого (від початку дії до часу останньої оцінки стану середовища) впливу на НС окремих підприємств або ж яких-небудь інших джерел, окремих процесів, що почали свій вплив у розглянутий проміжок часу.

Якісно можна визначити й наслідки сумарного впливу всіх природних і антропогенних факторів, що діяли між двома розглянутими дослідженнями. Для цього по даним порівняння карт геохімічних ландшафтів визначається поява в регіоні в зазначений період нових геохімічних ландшафтів, а також зміна границь між раніше існуючими ландшафтами (останнє характеризує розвиток одних ландшафтів за рахунок

інших.) У розглянутому випадку якісна характеристика не дозволяє конкретно оцінити роль кожного з факторів у стану НС, що відбувся, хоча може бути визначене значення провідних факторів.

7.3.2. Кількісна геохімічна оцінка

Часто якісної оцінки стану НС та її змін за певні проміжки часу буває недостатньо і потрібні кількісна оцінка. При цьому необхідно враховувати складну картину переплетення різних видів міграції елементів. В теперішній час біосфера прискорено переходить у ноосферу – по визначенню В. І. Вернадського, нове геологічне явище для планети Земля [1]. Отже, оцінити стан НС в освоєваних і вже освоєних районах можна тільки в результаті проведення комплексних досліджень.

Для цих досліджень також потрібно певна послідовність. Починатися вони повинні (як і при якісній оцінці) із дрібномасштабних (1:2 000 000-1:200 000) робіт, даючи загальну кількісну характеристику більших територій. Важливою умовою кількісної оцінки стану НС є необхідність розгляду переміщення елементів на сучасному атомно-іонному рівні з обліком форм їх знаходження, а також складних, мінливих взаємин між елементами в різних ділянках біосфери.

Для кількісної оцінки стану навколишнього природного середовища і, особливо, для прийняття певних рішень і проведення заходів, у тому числі адміністративних, по запобіганню його забруднення конкретними поллютантами або його поліпшенню, необхідно знати контрольні значення вмісту забруднюючих речовин у різних частинах геохімічних ландшафтів. Це зробило необхідним установлення для різних її частин контрольних значень, що одержали назву гранично допустимих концентрацій (ГДК), (англ. *maximum allowable concentration, maximum permissible concentration* – показник безпечного рівня вмісту шкідливих речовин в навколишньому середовищі).

ГДК речовин, забруднюючих біосферу, вводилися як значення вмісту, що як нормують показники в багатьох країнах. Єдині ГДК були введені у свій час і для такої величезної території, як СРСР, а потім і в Росії та Україні. Крім ГДК минулого введені й інші (що теж нормують) показники, наприклад, гранично допустимий викид (ГДВ) забруднюючих речовин окремим джерелом за одиницю часу. Перевищення ГДК теоретично повинне приводити до наступного перевищення ГДК у середовищі, що оточує розглянуте джерело забруднення. Крім того, при

установленні ГДВ не враховується все різноманіття можливих комбінацій спільного розташування джерел забруднення.

З точки зору екологічної геохімії, як і екології взагалі, ГДК можуть використовуватися в практичній діяльності лише як попередні показники-орієнтири. Відзначаються тільки найважливіші з них. Гранічно допустимі концентрації в їхньому справжньому виді розглядаються як норми вмістів різних речовин в середовищі, що оточує людину, при яких він може вважати безпечним своє існування в тих ділянках біосфери, для яких ці ГДК визначені. При цьому під існуванням мається на увазі проживання або тільки знаходження під час роботи в районах, для яких ці ГДК визначені.

7.4. СИСТЕМНА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОХІМІЧНИХ СФЕР

Основу системного дослідження хімізму природних продуктів кристалізації магм складають варіаційний фізико-хімічний аналіз незворотних процесів кристалізації і фізико-хімічне моделювання незворотних процесів кристалізації багатоконпонентних систем. Значення проведених робіт для рішення фундаментальних проблем фізичної хімії динамічно змінених складних систем спеціально відзначалося І.В. Чистовим (1968), який підкреслював: “Перспективним джерелом успіхів у розвитку фізичної хімії динамічних систем з’явилася аналогія змін у фізико-хімічній системі... з рухами в механічній системі. Ідея такої аналогії... сягає до Дж.У. Гіббса, проте вона не одержала ще достатнього розвитку”.

За початкові ланки аналізу і моделювання незворотних процесів кристалізації багатоконпонентних систем приймаються варіації концентрацій окремих компонентів у залежності від варіацій – температури і тиску. Взаємозв’язок варіацій у складі й умовах протікання незворотних процесів відображається за допомогою варіаційних фізико-хімічних діаграм. Розвиток фізико-хімічного аналізу систем, що кристалізуються, пов’язано з переходом від рівноваги і парагенезисів фаз-мінералів до аналізу шляху (і варіаціям шляху) незворотного процесу. Тут при вивченні динамічних змін у складних фізико-хімічних системах чільною стає варіаційна техніка.

Системний підхід до хімізму інтрузивних тіл (магматичних систем) враховує не тільки зміни в складі окремих ГП, але і зміни в складі природних рядів ГП, що складають єдину систему. Метод зіставлен-

ня хімізму природних рядів вивержених ГП з використанням діаграм-моделей ходу диференціації магми і метод “системного” аналізу тенденцій у зміні хімізму окремих інтрузивних тіл дозволяє проводити порівняння різних природних рядів вивержених ГП. Складні фізико-хімічні процеси за участю мінеральних частинок, грають істотну роль в багатьох явищах, визначальний рух і перетворення речовини в НС. У атмосфері, гірських породах, водному середовищі і біологічних системах присутня велика кількість різноманітних частинок і структурних мінеральних речовин.

Природна біота Землі завжди еволюціонувала в умовах присутності мінеральних частинок, породжених вулканічною діяльністю, ерозією ґрунтів і гірських порід, частинками морської солі і т.п. Природні джерела аерозолів, представлених тонкодисперсними мінеральними частинками, є періодичним чинником НС і не порушують загальних законів розвитку біоти в природних системах.

Разом з тим у міру розвитку технократичної цивілізації з’являлися нові, не природні, джерела мінеральних частинок, сумірні по інтенсивності з природними. Головною відмінною рисою цих джерел в порівнянні з природними є постійне зростання їх інтенсивності. Цей новий неперіодичний чинник НС неминуче проводить вплив на біоту, але характер і закономірності цього впливу поки практично не вивчені.

Особливість сучасного етапу розвитку технократичної цивілізації полягає в тому, що практично весь антропогенний матеріальний світ побудований і функціонує за рахунок руйнування певних ділянок літосфери і подальшого використання отриманої при цьому речовини. Мінеральна сировина дає початкові матеріали і енергетичну основу виробництву 70% всієї номенклатури виробництва техногенної цивілізації. При цьому темпи зростання видобутку корисних копалин на кожного жителя Землі (приблизно 10% в рік) істотно випереджають темпи збільшення її народонаселення.

В результаті видобування паливно-енергетичної мінеральної сировини щорічно з літосфери на земну поверхню переміщається не менше 0,91 мегатонн зруйнованих техногенною дією гірських порід різного складу, що складає майже половину сухої ваги світової біомаси (А.Г. Трубецкой та ін., 2000). Застосовані при цьому геотехнології є складною багатокомпонентною системою операцій, заснованою на процесах руйнування речовини літосфери з використанням різних видів енергії. До-

мінуюче положення займає вибухове і механічне руйнування гірських порід, при цьому мають місце енергетичні потоки такої щільності, яка досить для будь-якого ступеня дезінтеграції гірських порід з утворенням мінеральних частинок різного розміру.

Ця особливість сучасних геотехнологій має очевидне негативне значення, оскільки підвищує непродуктивні енерговитрати на руйнування і, відповідно, його вартість. Крім того, поява підвищених кількостей надтонкого (плаваючого) пилу в атмосфері копалин різко підвищує небезпеку для здоров'я людей, а винесення цих частинок в атмосферу при провітрюванні гірських підприємств створює множину додаткових і поки недостатньо досліджених екологічних проблем.

Лекція 8

МІНЕРАЛЬНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

8.1. ФОРМУВАННЯ МІНЕРАЛЬНОГО РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

В широкому розумінні мінерального світу мінерали є продуктами геосистемних процесів на власному мінеральному рівні. На рівні мінералів як найбільш індивідуалізованих геосистем відбуваються елементарні геосистемні взаємодії. Якщо мінералоутворюючий розчин і кристал мають однаковий хімічний склад, то це свідчить про їх генетичну тотожність. Залишається питання про віднесення таких генетично пов'язаних мінералів до різних видів або до різновидів, або ж до стадій розвитку мінералів. Мінерал – це природна неорганічна тверда речовина з кристалічною структурою, що складається або з одного елемента, або із закономірного поєднання елементів і що володіє характерними фізичними властивостями. Матеріали штучного або органічного походження звідси виключаються, а ряд глинистих мінералів і деякі гідрокисли, що не мають кристалічної структури, є виключенням.

Мінерали – речовини кристалічні, в яких атоми хімічних елементів, що їх складають, розташовуються у вузлах просторових ґраток в закономірному порядку і утримуються в рівноважному стані силами взаємного тяжіння і відштовхування. З даного визначення мінералу витікає необхідність розглянути наступні питання:

- 1) хімічні сполуки і типи хімічних зв'язків;
- 2) кристалічна структура і кристали;
- 3) фізичні властивості.

Хімічні зв'язки. Число протонів в атомі визначає ізопад елемента і частково ступінь стійкості атома. Роль електронів обумовлена їх розташуванням на периферії атома. Тут вони виконують роль контактів між сусідніми атомами і можуть або викликати відштовхування атомів один від одного, або зв'язувати їх хімічними зв'язками. Якщо маса ядра

може лише слабо впливати на силу хімічного зв'язку, то само наявність зв'язку обумовлюється електронами і характером їх розподілу навколо атома. Характер розподілу електронів визначає здатність атома захоплювати або віддавати електрони і тим самим іонізуватися. Залежно від особливостей взаємного розташування сусідніх атомів розрізняють чотири головні типи хімічних зв'язків: металевий, ковалентний, іонний і вандерваальсовий.

Металевий зв'язок. При металевому зв'язку сусідні атоми легко віддають один або більше електрони, але самі не здібні до захоплення додаткових електронів. Це приводить до того, що позитивно заряджені іони виявляються в оточенні вільних електронів; останні володіють високою рухливістю, і це забезпечує загальну електричну нейтральність атома. Як показує назва, цей зв'язок зустрічається майже виключно у металів, таких, як золото, срібло, мідь й ін. Атоми металів мають слабкі зв'язки, оскільки не скріпляються один з одним, а утримуються разом лише за рахунок електронного «склеювання».

Ковалентний зв'язок. Ковалентна зв'язок існує між атомами, які насилу віддають електрони, але можуть легко захоплювати один або більше електронів. При ковалентному зв'язку електрони сусідніх атомів є загальними, так що насправді кожен атом набуває один або більше додаткових електронів і укомплектовує свою зовнішню електронну оболонку. При ковалентному зв'язку електрони міцно закріплені, він є, безумовно, орієнтованим. Це надає багатьом твердим речовинам з ковалентним зв'язком жорсткість, а також велику міцність і твердість, чим у більшості чистих металів.

Іонний зв'язок. Цей зв'язок виникає між атомом, що легко віддає один або більше електрони і малоздатним до захоплення додаткових електронів, і атомом, який володіє високою здібністю до захоплення електронів і нелегко їх віддає. Отже, при іонному зв'язку один атом віддає електрони, стаючи позитивним іоном, тоді як інший атом підхоплює ці електрони, перетворюючись на негативно заряджений іон. Протилежні заряди притягуються один до одного. Сполеку електростатично нейтральні; всі позитивні і негативно заряджені заряди взаємно компенсовані.

Вандерваальсовий зв'язок. Вандерваальсовий зв'язок – це слабкий електростатичний зв'язок, який може існувати між атомами або молекулами, наприклад між ковалентно зв'язаними шарами атомів вуглецю в мінералі графіті.

Більшість мінералів кристалізуються з деяких видів розчинів. Вони утворюються в результаті 1) охолодження магми (складного розчину, що складається з розплавленого матеріалу ГП в надрах Землі) або аналогічних з нею розчинів розплавленої речовини на земній поверхні, званих лавою, 2) виділення з глибинних розчинів, що містять гарячу воду або гарячі гази, зокрема водяну пару, як у разі багатьох мінеральних жил і руд металів; 3) конденсації гарячої пари при утворенні мінералів типу сірки, сублімації поблизу жерл вулканів, 4) хімічних реакцій з вже існуючими мінералами, як, наприклад, при гідротермальному перетворенні польового шпату в слюду або при окисненні залізовміщуючих мінералів в зоні хімічного вивітрювання на поверхні Землі, 5) заміщення одного, раніше створеного мінералу іншим, 6) перекристалізації раніше існуючих мінералів з утворенням нових сполук під впливом умов температури і тиску, що змінилися, 7) випаровування водних розчинів.

8.2. ХІМІЧНИЙ СКЛАД МІНЕРАЛІВ

До складу мінералів входить більшість хімічних елементів періодичної системи. Розрізняють видоутворюючі елементи – Si, O, H, Al, Ca, Na, Mg, Cu, Pb, S та ін. Мінерали представлені наступними основними типами хімічних сполук:

- простими речовинами або самородними елементами – самородна сірка S, графіт C, самородна мідь Cu, золото Au, платина Pt та ін.;
- оксидами й гідроксидами: корунд Al_2O_3 , рутил TiO_2 , куприт Cu_2O та ін.;
- солями різних кисеньвміщуючих і безкисневих кислот: галіт NaCl, пірит FeS_2 , кальцит $CaCO_3$, барит $BaSO_4$ та ін.

Для багатьох солей характерні комплексні аніони (радикали): у силікатах $[SiO_4]^{4-}$, у карбонатах $[CO_3]^{2-}$, у фосфатах $[PO_4]^{3-}$ та ін.

Здатність мінералів до утворення сполук змінного складу називається ізоморфізмом (грец. «ізоа» – однаковий; «морфо» – форма), який полягає у взаємному заміщенні атомів та іонів у кристалічних ґратках мінералів без порушення їх будови. Ізоморфізм обумовлений близькістю властивостей атомів і іонів, а також впливом температури, тиску, концентрацією компонентів. Приклад: ізоморфний ряд групи плагіоклазів (кл. силікати і п/кл. польові шпати), крайні члени яких альбіт $Na[Al_2Si_3O_8]$ і анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$.

8.3. СТРУКТУРА МІНЕРАЛІВ І ПОЛІМОРФІЗМ

Усе різноманіття кристалічних структур мінералів можна звести до 5 типів, що відрізняються, характерним розташуванням атомів.

Координаційні структури характеризуються однаковими відстанями між атомами. Деякі мінерали представлені величезними масами майже мономінеральних порід або промислових скупчень – родовищ корисних копалин, такі як магнетит, магнезит, кальцит, гіпс, галіт та ін. Разом з тим, відомі мінерали, які перебувають у кількості, тільки-но достатньому для їхньої діагностики. У природі 3000 видів мінералів. Поширення і число мінеральних видів у земній корі визначаються в основному поширеністю і хімічними властивостями атомів мінералоутворювальних елементів, здатність яких концентруватися з утворенням мінералів або розсіюватися, тобто їхня хімічна активність залежить від фізико-хімічних умов середовища. Для них характерна густина упаковки. Приклади: (золото самородне), аніони кисню в гематиті, або катіони кальцію у флюориті.

Острівні структури характеризуються різними міжатомними відстанями. Аніонні радикали або замкнені молекули являють собою як би окремі «острови». Міжатомні відстані в межах цих «островів» менше, а міцність хімічних зв'язків суттєво більше, чим в іншій частині структури. Приклади: силікати з ізольованим тетраедричним аніонним радикалом $[\text{SiO}_4]^{4-}$ – олівін $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$, топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{OH,F})_2$ та ін.; карбонати з ізольованим трикутним радикалом $[\text{CO}_3]^{2-}$; кальцит $\text{Ca}[\text{CO}_3]$, доломіт $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ та ін. Є мінерали з більш складною будовою «островів».

Ланцюжкові структури утворені нескінченними одномірними радикалами, які складаються з пов'язаних-поєднаних-лінійно-зв'язаних координаційних поліедрів. Відстань між атомами в межах ланцюжків менше, а міцність хімічних зв'язків більше, чим між ними. У структурах одних мінералів ланцюжок одинарний (силіманіт $\text{Al}[\text{SiAlCO}_5]$), інших мінералів здвоєні – стрічкові структури (антофіліт $\text{Mg}_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$).

Структури шаруваті (листові) відрізняються тим, що міжплощинні відстані в межах площини (шару) менше, чим між площинами (шарми), і відповідно атоми міцніше пов'язані із сусідніми атомами площини (шару), ніж з атомами іншої площини (іншого шару). Графіт С, тальк $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Каркасні структури характеризуються ажурною об'ємною сполукою координаційних поліедрів усіма загальними вершинами або ребрами. У великих порожнечках каркаса можуть розташовуватися більші за розміром атоми. Структури з каркасним мотивом мають кварц SiO_2 і польові шпати (альбіт $\text{Na}[\text{Si}_3\text{AlO}_8]$).

Явище кристалізації речовини тої самої сполуки у вигляді кристалів різних сингоній було встановлено в минулім столітті й називається поліморфізмом, а переходи з однієї кристалічної форми в іншу – поліморфними перетвореннями або переходами. Мінерали тої самої сполуки, але з різною кристалічною структурою називаються поліморфними модифікаціями. Вони можуть відрізнятися координаційним числом. Наприклад, у поліморфних модифікацій сполуки Al_2SiO_5 для іонів Al^{3+} і K^{4-} = 6 (у дістена), 6 і 5 (в андалузиту), 6 і 4 (у силіманіту).

Поширені також поліморфні модифікації в яких однакові координаційні угруповання атомів при тому самому розташовуються відносно один одного під різними кутами. Приклади: поліморфні модифікації сполуки SiO_2 – кварц, високотемпературна модифікація кварцу SiO_2 – кристобаліт, тридиміт та ін.

Поліморфні перетворення бувають зворотними (енантіотропними) і незворотними (монотропними). Наприклад, при нагріванні до 3400°C арагоніт монотропно перетворюється в кальцит. Зворотного перетворення при охолодженні не відбувається.

Нерідко поліморфні перетворення відбуваються зі збереженням зовнішньої форми: параморфози, наприклад, α -кварцу, по β -кварцу, кальциту по арагоніту, піриту по марказиту.

8.4. СИСТЕМНА ОРГАНІЗАЦІЯ МІНЕРАЛІВ В ГЕОЛОГІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

За визначенням акад. М. П. Юшкіна (1977), «Мінералами називаються природні дискретні органічно цілісні системи взаємодіючих атомів, впорядкованих з тривимірною необмеженою періодичністю їх рівноважних положень, що є відносно неподільними структурними елементами гірських порід і дисперсних фазогетерогенних утворень». «...Вся сукупність мінералів складає мінеральний рівень структурної організації неорганічної матерії, специфікою якого є кристалічний стан, що визначає властивості, закони функціонування і методи дослідження мінеральних систем».

Утворення будь-якої хімічної сполуки, зокрема мінералів, можна представити як зближення вільних атомів до певної відстані між ними, при якій сили тяжіння і відштовхування урівноважені. Рівноважному стану атомів відповідає мінімум енергії, оскільки в хімічній сполуці потенційна енергія атомів менша, ніж енергія вільних, незв'язаних атомів. У загальному вигляді різниця між величиною енергії вільних атомів і мінімумом потенційної енергії атомів у зв'язаному стані визначається як енергетична міра хімічного зв'язку. У кристалах вона називається енергією кристалічної ґратки. Ця величина означає, що при утворенні кристала виділяється деяка частина вільної енергії. Для руйнування ж кристала необхідно витратити відповідну по величині частку енергії. При нагріванні мінералів, унаслідок збільшення амплітуди коливальних рухів атомів та їх зсуву щодо рівноважних положень, середні міжатомні відстані збільшуються. При значному збільшенні температури середні міжатомні відстані різко зростають, в результаті чого відбувається руйнування мінералів. Збільшення тиску, навпаки, сприяє зближенню атомів і зменшенню відстані між ними.

Мінерал є природним утворенням, гомогенним, завжди має певний хімічний склад і відмінну постійну внутрішню кристалічну структуру. Мінерали зазвичай формують неорганічні процеси. Синтетичні еквіваленти декількох мінералів, як наприклад смарагди і алмази, часто виробляються в лабораторії для експериментальних або комерційних цілей.

Хоча більшість мінералів – хімічні суміші, нечисленні (наприклад, сірка, мідь, золото) є окремими елементами. Склад мінералу може визначити його хімічна формула. Ідентичність його аніонної групи визначає групу, в якій мінерал класифікований. Наприклад, мінеральна кам'яна сіль (NaCl) складена з двох елементів, натрію (Na) і хлора (Cl), в співвідношенні 1:1; його аніонна група хлориста (Cl⁻) – *halide* – так кам'яна сіль класифікується як *halide*. Мінерали тому можуть бути класифіковані в наступних головних групах: рудні елементи, сульфіди, сульфосоли, оксиди і гідроокиси, галіти, карбонати, нітрати, борати, сульфати, фосфати і силікати. Силікати – найбільш поширені мінерали, тому що кремнезем – найбільша складова земної кори (близько 59 відсотків).

Мінерал кристалізується в симетричній, тривимірній геометричній формі, таким чином, що формує кристалічний матеріал. Разом з хімічним складом, кристалічною структурою мінералу, мають можливість

визначити його і за фізичними властивостями, такими як твердість, колір, і розщеплювання.

Мінерали з одним і тим же хімічним складом але різною структурною будовою (наприклад кремнезем SiO_2 ; формуються у ряді різного поліморфізму; кожний поліморфний мінеральний вид формується за специфічними параметрами температури і тиску).

Явище заміни одних частинок кристалічної ґратки мінералу, що формується, іншими отримало назву «ізоморфізм». З іншого боку, терміном «ізоморфізм» позначається явище взаємозаміщення атомів й інших структурних одиниць в кристалічних фазах змінного складу. Заміна атомів супроводжується додатковими явищами – виникненням вакансій (незайнятих вузлів у кристалічній ґратці) або, навпаки, міжвузлових частинок (додаткових атомів або електронів). Загальне число атомів у формулі мінералу, таким чином, не залишається однаковим, стехіометричність складу речовини порушується. Такі речовини також називають ізоморфними сумішами або твердими розчинами. Ізоморфізмом в кристалохімії називають два різних явища: а) ізоstrukturними називаються речовини з однаковою кристалічною структурою; б) ізоморфними – ті ізоstrukturні речовини, в які складаються з хімічно схожих компонентів. Це близькість структури і форми кристалів різного (але спорідненого) хімічного складу. У цьому сенсі ізоstrukturними можна назвати NaCl , MgO і FeN , а ізоморфними MgO і FeO . Ізоморфізм структур разом з іншими найважливішими категоріями кристалохімії: поліморфізмом, морфотропією і структурною гомологією є найважливішою властивістю кристалічних ґраток.

Лекція 9

ГІРСЬКОПОРІДНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

9.1. ФОРМУВАННЯ ГІРСЬКОПОРОДНОГО РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Гірські породи як надсистеми мінералів “складаються з окремих однорідних зерен – монокристалів, різко фізично відмінних один від одного. Всі гірські породи, що будують тверді частини кісткових тіл нашої планети і скелети, або тверді частини всіх живих її організмів, складають переважну по вазі і об’єму частину речовини нашої планети”. Рівню моніторингу гірських порід (ГП) відповідають вивчення специфічних мінеральних асоціацій і мінеральної маси, як тіла ГП, руд, магми і лав, відкладів, ґрунтів, бітумів, вод, повітря та ін. До головних геосистем моніторингу цього рівня – моніторингу гірським породам – відносять дослідження повнокристалічних сукупностей мінералів (з можливою участю в них рудних мінералів, а також уламків тих же або інших ГП). Гірські породи показують приклад вибіркового системоутворення. Вони будуються обмеженим набором мінералів, що забезпечують їх цілісність і стійкість.

Геологічні перетворення викликаються фізичною і хімічною поведінкою речовини Землі у відповідь на дію сил і чинників НС, до яких можна підходити як до геологічних, але в рівній мірі і як до фізичних, хімічних і біологічних в своїй основі явищ. Тому при вивченні речовини, з якої складається Земля, і процесів, що відбуваються в ній, доводиться мати справу із законами цих наук. Вивчення речовини Землі ведеться в різному масштабі – від дуже дрібного, відповідного хімічному елементу і їх складовим частинам, до дуже великого, відповідного континентальному, масивам і плитам, аж до Землі в цілому. Між цими крайніми об’єктами геологи розрізняють дві важливі групи утворень: мінерали і гірські породи. Залежно від походження ГП вони розділяються на три головні групи: магматичні, осадові і метаморфічні.

Магматичні породи утворюються при кристалізації магми або лави, що зароджується в надрах Землі. Більшість осадових порід утворюються з продуктів вивітрювання древніх порід. Одні з них складаються з уламків і частинок цих порід, інші виникають при хімічному осадженні, випаровуванні солоної води або накопиченні органічного матеріалу.

Метаморфічні породи утворюються в результаті перетворення тих, що існували до цього осадових або магматичних порід під впливом високого тиску, високої температури або хімічно активних розчинів в надрах Землі.

Осадова порода – м.б. сформована чотирма основними способами: 1) накопиченням залишкового матеріалу від інших порід; 2) накопиченням і перекристалізацією відкладів; 3) осадженням продуктів біогенних процесів; 4) осадженням з продуктів дії всіх трьох механізмів, приведені вище, одночасно.

Утворення осадків, з яких виникають осадові гірські породи, відбувається на поверхні Землі, в її приповерхневій частині і у водних басейнах. Процес формування осадової гірської породи називається літогенезом і складається з декількох стадій: 1) утворення осадового матеріалу; 2) перенесення осадового матеріалу; 3) седиментогенез – накопичення осаду; 4) діагенез – перетворення осаду в осадову гірську породу; 5) катагенез – стадія існування осадової породи в зоні стратисфери; 6) метагенез – стадія глибокого перетворення осадової породи в глибинних зонах земної кори.

Осадовий матеріал, що транспортується, осідає в знижених ділянках рельєфу. Швидкість накопичення осаду коливається в дуже широких межах – від долі міліметра (глибоководні частини морів і океанів) до декількох метрів в рік (у гирлах крупних гірських річок). Тривале і стійке занурення області осадконакопичення зумовлює утворення могутньої, однорідної осадової товщі. У разі частішої зміни тектонічного режиму відбувається перешарування відкладів, різних по складу і будові.

Під час діагенезу відбувається ущільнення осаду під вагою тих шарів, що утворюються вище за нього, обезводнення, перекристалізації. Взаємодія складових частин осаду між собою і навколишнім середовищем приводить до розчинення і видалення нестійких компонентів відкладів і формування стійких мінеральних новоутворень. Розкладання відмерлих живих організмів і рослин викликає зміна окислювально-

відновних і лужно-кислотних властивостей осаду. До кінця діагенезу життєдіяльність бактерій і інших організмів майже повністю припиняється, а система відкладання – середовище приходить в рівновагу.

У стадію катагенезу осадові породи зазнають істотні перетворення, що супроводжуються зміною хіміко-мінералогічного складу, будови і фізичних властивостей. Основними чинниками перетворення порід є температура, тиск, вода, розчинені в ній солі та газоподібні компоненти, Ph, Eh і радіоактивне випромінювання. Спрямованість та інтенсивність перетворень в значній мірі визначаються складом і фізичними властивостями порід. В процесі катагенезу відбувається ущільнення порід, їх обезводнення, розчинення нестійких з'єднань, а також перекристалізація і утворення нових мінералів.

На стадії метагенезу відбувається максимальне ущільнення осадових порід, міняється їх мінеральний склад, структура. Перетворення порід відбувається під впливом тих же чинників, що і при катагенезі, але температура вища (200– 300 °С), вище мінералізація і газонасиченість вод, інші значення Eh і Ph. Зміна структури порід виявляється в укрупненні розміру зерен, у впорядкуванні їх орієнтування, перекристалізації із зникненням фауністичних залишків. Завершується стадія метагенезу переходом осадових порід у метаморфічні гірські породи.

Метаморфічна порода – результат перетворення типу породи, що існує раніше, у ході процесу, званому метаморфізм (від греч. *metamorphomai* – піддаюся перетворенню, перетворююся) – процес твердофазової мінеральної й структурної зміни гірських порід під впливом температури і тиску у присутності флюїда. Виділяють ізохімічний метаморфізм – при якому хімічний склад породи міняється неістотно, і не ізохімічний метаморфізм (метасоматоз) для якого характерна помітна зміна хімічного складу породи, в результаті перенесення компонентів флюїдом. За розміром ареалів розповсюдження метаморфічних порід, їх структурному положенню і причинам метаморфізму виділяються: 1) регіональний метаморфізм який зачіпає значні об'єми земної кори, і поширений на великих площах; 2) контактний метаморфізм приурочений до магматичних інтрузій, і походить від тепла остигаючої магми; 3) динамометаморфізм відбувається в зонах розломів, пов'язаний із значною деформацією порід; 4) імпактний метаморфізм відбувається при різкому ударі метеорита об поверхню планети.

Метаморфічні породи складають велику частину земної кори і класифіковані за структурою та хімічним і мінеральним складом (метаморфічні фації). Метаморфічні породи дуже різноманітні. Як породотворюючі мінерали в них встановлено більше 20 мінералів. Породи близького складу, що утворилися в різних термодинамічних умовах, можуть мати абсолютно різний мінеральний склад. Можна виділити декілька характерних, широко поширених асоціацій, які утворилися в різних термодинамічних умовах. Перше ділення метаморфічних порід за термодинамічними умовами утворення зробив П. Ескола (Eskola). У породах базальтового складу він виділив зелені сланці, епідотові породи, амфіболіти, грануліти і еклогіти. Базуючись на інтенсивному експериментальному вивченні мінеральних реакцій зусиллями багатьох дослідників була складена схема фацій метаморфізму – P–T–діаграма, на якій показані стійкості окремих мінералів і мінеральних асоціацій. Схема фацій стала одним з основних інструментів аналізу метаморфічних комплексів.

9.2. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У ДОСЛІДЖЕННІ ЕВОЛЮЦІЇ МАГМАТИЧНИХ ПОРІД

Найголовнішими питаннями теоретичної петрографії по Ф.Ю. Левінсон-Лесингу є: природа магми (механізм її кристалізації) і проблеми диференціації магми.

Процеси утворення вивержених гірських порід (кристалізація, диференціація, фракціонування й інші природні процеси) супроводжувалися безперервними змінами складу продукту кристалізації магми. У результаті виникали різні ГП, що складаються в генетичному спорідненні з іншими породами. Ці генетично зв'язані один з одним вивержені ГП складають, з одного боку, єдині геологічні тіла, а з іншого, цілком визначені набори, сполучення – ряди гірських порід, що утворюються разом у межах визначених геологічних тіл – магматичних систем. По О.М. Заварицькому, у кожній природній області розвитку вулканічних явищ, незалежно і самостійно, виникають такі “ряди”. Вони утворюють те, що В.М. Гольдшмідт називав “поколінням гірських порід”, а трохи пізніше вже і для глибинних інтрузивних порід О.А. Полканов назвав «природними рядами вивержених гірських порід».

Всебічний аналіз геологічних (петрологічних) систем зв'язаний з узагальненням структурно-петрологічних даних про формування

генетично зв'язаних груп (і рядів) вивержених ГП. Генетична систематика інтрузивних тіл, запропонована О.А. Полкановим, є геолого-структурною систематикою, яка базується на вивченні взаємодій магми і рами інтрузії.

Переваги системного підходу при дослідженнях інтрузивних тіл виявляються при порівняльному – варіаційному – аналізі хімізму вивержених гірських порід і генетично зв'язаних їхніх асоціацій.

9.3. ГЕНЕТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ ПРИРОДНИХ РЯДІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Зіставлення об'єктивне існуючих у природі генетично зв'язаних природних рядів вивержених ГП отримує однозначне відображення на варіаційних діаграмах (діаграмах-моделях природних процесів) у виді варіаційних рядів фігуративних крапок. Кожна з них представляє собою склад окремого моменту процесу кристалізаційної диференціації вихідної магми. Такий – системний – метод узагальнення величезних сукупностей фактичних даних дозволяє глибше використовувати можливості ідеї множинного зіставлення вивержених ГП, що складають єдині геологічні (інтрузивні) тіла.

Систематика вивержених ГП, заснована на системному підході до комагматичних утворень, що враховує співіснуючі в природних рядах конкретні ГП; за основні критерії приймає не середній склад ГП, а тенденції зміни в них концентрації хімічних елементів або окислів.

Різні тенденції зміни хімізму природних рядів ГП виникають через те, що окрема ГП, наприклад, основного складу (габро або норити), може належати до однієї з груп порід, що утворюються в різних умовах з базальтової магми: група перидотитів-піроксенітів-норитів (габро)-гранітів (при тиску в магмі до 9 кбар); група норитів-габроноритів-гранітів (при тиску до 13,5 кбар) і група норитів-габро (при тиску 18 кбар). У кожній з цих груп (рядів ГП, у яких беруть участь породи складу габро) відзначається своя характерна тенденція зміни їхнього складу.

Варіаційно-генетична систематика вивержених гірських порід, заснована на обліку послідовності порід, розкриває закономірності зміни складу в природних рядах порід. З'ясування загальних тенденцій у зміні хімізму природних рядів гірських порід (складових єдині магматичні системи – інтрузивні тіла) дозволяє повніше простежити генетичні зв'язки хімізму у великих груп ГП. Системний підхід до аналізу хімізму

вивержених ГП дозволяє виявити кількісні критерії, що характеризують як подібність, так і розходження генетичних типів вивержених порід.

Найважливіша задача системного аналізу природних об'єктів – створення природної їхньої класифікації, О.М. Заварицький підкреслював: "...у петрографії питання про класифікацію і систематика особливо хворе питання". На його думку, у природничих науках існує два типи класифікацій: та, з яким ми зустрічаємося, наприклад, у мінералогії, де окремі мінерали розташовуються в систему на підставі їхніх хімічних формул і кристалічної будови і система класифікації, прийнята в науках біологічних, де в основу покладений філогенічний принцип.

У гірських породах немає переривчастості, обумовленої стехіометричними формулами і кристалічною структурою, яку ми знаходимо в мінералах, і їх не можна розташувати в такі правильні переривчасті ряди, як останні. Вивержені породи – це продукти застигання магми, яка змінює свій склад внаслідок еволюційних перетворень (процесів диференціації, асиміляції й ін.). Кожна ГП відповідає визначеному етапові процесу, що протікав безупинно, а кожен стан такої системи є наслідком попереднього її стану. Отже, ГП можуть бути розташовані в ряди з визначеною послідовністю їхніх членів.

Будь-яка сучасна петрологічна робота, присвячена вивченню хімічного механізму еволюції магм, повинна відповідати вимогам, сформульованими у свій час О.М. Заварицьким (1956). От найважливіші з них:

Природно-історична класифікація вивержених ГП взагалі повинна бути виведена з порівняльного вивчення таких більш-менш великих природних груп, рядів і інших асоціацій, генетично зв'язаних між собою порід. Сучасні загальноприйняті класифікаційні одиниці (граніти, сієніти, діабазы, андезити і т.д.), що іноді невдало називають сімействами, поєднують породи, подібність яких визначається не їхнім генетичним зв'язком, а тим, що вони представляють продукти застигання магм, що досягла однакової ступені в еволюції при їхній незалежній зміні в різних областях магматичної діяльності.

При класифікації вивержених ГП повинні враховуватися особливості фізико-хімічних процесів утворення ГП з магм і закони, що керують цими процесами.

Розглядання системних проблем хімізму конкретних інтрузій, їхніх вулканічних вивержень (конкретних випадків – по О.М. Заварицькому) і проблем кристалізаційної диференціації (еволюції) магми тісно

погоджується не тільки з вивченням фізико-хімічних умов формування магматичних тіл (систем), але і із системним аналізом геології розглянутих природних об'єктів (наприклад, у плані генетичної систематики інтрузивних тіл О.А. Полканова).

Головним підсумком проведених досліджень із залученням системного аналізу еволюції магматичних тіл стало створення прикладів варіаційного аналізу природних рядів вивержених ГП, що становлять своєрідні елементи ходу еволюції магм (коли розглядаються генетично зв'язані сукупності вивержених ГП) установлені типи протікання еволюції: конвергентний, дивергентний, трансформаційний, рівнобіжний і антипаралельний.

Магматичні породи утворилися безпосередньо з магми (розплавленої маси переважно силікатного складу), в результаті її охолодження і застигання. Залежно від умов застигання розрізняють інтрузивні (глибинні) і ефузивні (що вилилися) ГП.

Форми залягання інтрузивних порід. Впровадження магми в різні ГП, що складають земну кору, приводить до утворення інтрузивних тіл (інтрузиви, інтрузивні масиви, плутони). Залежно від того, як взаємодіють інтрузивні тіла з тими, що вміщують їх гірськими породами виділяють:

Співпадаючі (конкордантні) інтрузивні тіла, що упроваджувалися між шарами вміщуючих порід (форма таких тіл залежить від складчастості структури вміщуючої товщі). Серед співпадаючих виділяють: лаколіти, лополіти, факоліти, етмоліти, бісмаліти, сілли (лінзоподібні інтрузивні тіла в ядрах антиклінальних і синклінальних складок);

Неспівпадаючі (дискордантні), тобто ті, що проривають і перетинають шаруваті вміщуючі товщі і мають форму, не залежну від структури останньої. Серед неспівпадаючих: батоліти, штоки, дайки, апофізи, хоноліти.

Ефузивний магматизм супроводжується витоком лави на земну поверхню. Проте нерідко виверження вулканів носять вибуховий характер, при якому магма не виливається, а вибухає і на земну поверхню випадають тонко роздроблені кристали і застигли крапельки скла – розплаву. Подібні виверження називаються експлозивними (лат. *explosio* – висаджувати).

Лекція 10

ГЕОФОРМАЦІЙНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

10.1. ФОРМАЦІЇ В ГЕОЛОГІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Формації геологічні, геоформації, геогенерації – природна сукупність гірських порід, мінералів і руд, тісно пов'язаних один з одним парагенетичними відносинами, близьких по віку і по геологічній обстановці утворення. Поняття «формація» виникло у XVIII в. для позначення крупних товщ осадових порід, що виділяються по переважанню або певному поєднанню деяких їх типів і місцю в загальній послідовності геологічних нашарувань (наприклад, древній червоний пісковик, писальна крейда в Європі). Надалі цей термін, особливо в російській і радянській геології, втратив своє стратиграфічне значення і отримав генетичне (парагенетичне) значення; лише в американській літературі термін «формація» застосовується для позначення підрозділів регіональних літостратиграфічних шкал, приблизно відповідаючи російському терміну «світа геологічна». Французький геолог М. Бертран розглядав (1897) формації як «гірські фації» (наприклад, фліш, моласи), що знаменують певні етапи в розвитку геосинкліналей.

Поняття формація поширено на магматичні (Ф. Ю. Левінсон-Лессинг, Ю. А. Ковалів, Ф. Тернер, Дж. Ферхуген), метаморфічні (О. О. Маракушев, Н. Л. Добрецов, В. С. Соболев та ін.) і метасоматичні (Д. З. Коржінській, В. А. Жаріков, Б. І. Омеляненко і ін.) породи.

Під осадовою формація розуміється велике, що приблизно відповідає за об'ємом геологічним системам, відділам або їх частинам, поєднання певних типів гірських порід, які закономірно повторюється, що свідчить про стійкість обстановки їх утворення. Кожна формація характеризується спільністю складу, будови і розповсюдження, що відображає її формування в певних палеогеографічних умовах, пануючих на певному етапі розвитку тієї або іншої тектонічної області (зони), з властивими їй тектонічним режимом і кліматом. Формація – це комплекси

фацій і генетичних типів відкладів. Межі формації можуть змішуватися у часі; різні типи формації, повторюючись у відкладах різного віку, можуть змінювати свої особливості. Великий внесок у вчення про формації внесли у своїх роботах В. І. Белоусов, Н. Б. Вассоевич, А. Б. Ронова, В. Є. Хаїн, Н. П. Хераськов, М. С. Шатський та ін.

Виділення формацій проходить відповідно їх речовинному складу, а їх класифікація здійснюється перш за все по тектонічній ознаці з урахуванням кліматичних умов, що в окремих випадках виконують вельми важливу роль. Три головні групи формацій – осадкові, вулканогенні, магматичні – нерідко самі зустрічаються в певному поєднанні; так, вулканогенні та інтрузивні формації, зв'язані спільністю магматичних центрів, утворюють т.з. вулкано-плутонічної асоціації (наприклад, асоціація траппу платобазальтів, долеритів і габро-діабазів; асоціація андезит-ліпаритових вулканітів і гранітоїдів). Подібні асоціації можуть утворювати також магматичні і осадкові формації – наприклад, офіолітова асоціація ультраосновних і основних інтрузивних порід, основних лав і крем'янисто-карбонатних глибоководних осадків; сланцево-діабазова асоціація глинистих сланців, спілітів, діабазів і т.п.

Формації поєднуються в латеральні (за площею) і вертикальні ряди; зміна

формацій по латералі відповідає тектонічній і кліматичній зональній, по вертикалі – зміні стадій розвитку окремих крупних тектонічних зон – платформ, евгеосинкліналей і міогеосинкліналей, орогенів (звідси термін Н. Б. Вассоевича «геогенерація», 1940, 1966). Типовий приклад вертикального ряду осадкових геосинклінальних формацій – аспідна (сланцева) формація, фліш-моласа й ін. По формації можна визначати тип тектонічної структури і стадію її розвитку, а також загальну кліматичну обстановку в період утворення даної формації.

Магматичні формації – асоціація магматичних ГП, виникаючі в певній геологічній обстановці і що відповідають окремим етапам розвитку тієї або іншої ділянки земної кори.

В основі виділення метаморфічних формацій також лежить принцип спільності походження метаморфічних ГП, пов'язаних з визначеними тектонічними структурами (рухомими поясами або платформами) на різних стадіях їх розвитку (наприклад, в ранні стадії розвитку евгеосинкліналей виділяються метаморфічні формації спілітів, а в за-

вершальні стадії геосинкліналей утворюються метаморфічні формації гнейсів і мігматитів, сланців і філітів).

Поняття про метасоматичні формації (наприклад, скарнова, грейзенова, альбітитова формація) розвинено слабкіше; по ряду ознак вони мають бути віднесені до вторинних формацій. З магматичною і метасоматичною формаціями тісно зв'язані і асоціюються рудні формації як групи рудних родовищ близької по складу мінеральної сировини, утворені в схожих геологічних і фізико-хімічних умовах на поверхні або в надрах Землі. Приклади рудних формацій – хромітова, піротинхалькопїрит-пентландитова та ін. Вчення про рудні формації (А. Р. Бетехтін, Ю. А. Білібін, І. Р. Магакьян, Р. М. Константінов, В. А. Ковальов, В. І. Смірнов та ін.) розвивається як особлива гілка науки про рудні родовища. З певними типами формацій зв'язані певні типи корисної копалини, чим визначається велике значення формаційного аналізу не тільки в літології, палеогеографії і тектоніці, але і для пізнання закономірностей розміщення різних родовищ корисних копалин і розробки наукових основ їх пошуків.

Загальна класифікація різнотипних геологічних формацій побудована на структурно-речовинній основі, з використанням матеріалів по північному сходу Росії. Намічено шість таксономічних рівнів: формаційний тип (осадові, магматичні, метаморфічні, рудні геологічні формації) – сімейство формацій – група формацій – формаційний вид (властиво геологічна формація) – різновид – формаційний індивід (формація, що утворювалася в конкретному регіоні, у певний час і відображується на картах при геологічному картуванні у вигляді стратиграфічних підрозділів, магматичних і метаморфічних комплексів).

Формаційний аналіз міцно ввійшов у геологічну практику один з головних методів і інструментів пізнання закономірностей геологічної будови літосфери; тому необхідність вивчення геологічних формацій, як найважливішої категорії природних системних об'єктів надпорядного рангу, майже ні в кого не викликає сумніву. Тим часом, загальноприйнята методика виділення, опису й, найголовніше, класифікування формацій дотепер відсутній. Існуючі класифікації в багатьох випадках групують формації по приналежності до об'єктів більшого рангу, як це робиться в більшості тектонічних класифікацій, до того ж стосуються, як правило, якої-небудь однієї групи формацій (осадових, магматичних, рідше – метаморфічних). Для обговорення пропонується варіант класи-

фікації геологічних формацій, побудованої на структурно-речовинних принципах. Перша спроба створення такої класифікації, почата автором раніше, була позитивно сприйнято багатьма «корифеями» структурно-речовинного напрямку у вітчизняній геоформаціології – В.І. Драгуновим, К.В. Сімаковим, В.А. Соловійовим і іншими. Ця обставина послужила поштовхом до продовження роботи з її вдосконалювання; у якості фактичного матеріалу використана характеристика геологічних формацій. Оскільки геологічні формації, як складні системні об'єкти, мають всілякі властивості, характеристики, залежно від поглядів, яких дотримується той або інший дослідник, ознаки, покладені в основу класифікації формацій, можуть різко різнитися. Як відзначає Ю.А. Косигін, «для одного реального простору (тобто фіксованого обсягу ділянки Землі або Землі в цілому) може бути побудоване досить багато спеціалізованих просторів»; такими просторами «можуть бути біостратиграфічний, петрографічний, геохімічний, гравіметричний, геотермічний і т.д.».

10.2. ФОРМАЦІЙНІ КЛАСИФІКАЦІЇ

Аналіз формаційних класифікацій показує, що найбільш часто використовуваними ознаками є емпірично встановлювані парагенезиси гірських порід (петрографічний склад формацій), їхні структурні взаємини, мінеральний склад, хімічний склад, тектонічне положення, різноманітні умови утвору (кліматичні, палеогеографічні, фізико-хімічні, геодинамічні), метаморфічні класифікації, при числі ознак, рівному 13, кількість напрямків у вченні про формації може вдвічі перевищити населення земного шару. Отже, необхідно знайти найбільш істотні ознаки формацій, не залежні від суб'єктивних вистав і поглядів.

Як переконливо показав В.І. Драгунов, у всіх пропонованих класифікаціях у явному або передбачуваному виді присутні в якості обов'язкових ознак склад формацій (набір вхідних у них порід) і взаємини гірських порід (структура формацій), тобто елементи (або компоненти) формацій і їх композиція – геологічні формації, що визначають, як природні системи. Інакше кажучи, головними системними ознаками, як це відзначали ще основоположники вчення про формації Н.С. Шатський і Н.П. Хераськов, служать парагенезиси гірських порід, зв'язані єдністю речовинного складу і специфічною впорядкованістю в просторі. Тільки системний (структурно-речовинний) підхід може забезпечити створення єдиної класифікації геологічних формацій, що

володіє безсумнівними перевагами: по-перше, така класифікація зможе охопити всі типи утворів формаційного рангу – осадові, магматичні, метаморфічні, рудні (у широкому змісті поняття); по-друге, вона може бути побудована в єдиній ієрархічній системі, з одною підставою розподілу на кожному таксономічному рівні (принаймні, для кожного формаційного типу); нарешті, подібна класифікація буде найкраще встановлюватися, незалежно від авторства.

Якщо виділення осадових і магматичних формацій у цей час не знає сумніву, то формаційна приналежність метаморфічних товщ, крім метасоматичних утворень, дотепер є предметом дискусій. Проте, існування самостійної великої групи метаморфічних порід – безперечно, а успіхи у вивченні метаморфічних комплексів неминуче приводять до необхідності виділяти великі й складні тіла, утворені структурно певними асоціаціями метаморфічних гірських порід, тобто – метаморфічні геологічні формації. Ще складніша справа з виділенням рудних і рудоносних формацій, хоча саме їхньому опису присвячена більшість публікацій по геологічних формаціях і формаційному аналізу. Нагадаємо, що чітких геологічних визначень понять «корисна копалина», «руда», «родовище», «рудна формація» не існує, оскільки ці поняття скоріше економічні й обумовлені господарськими потребами і технологічними можливостями виробництва. Однак важливе практичне значення рудних асоціацій визначає необхідність розглядати й класифікувати рудні формації в якості специфічних геологічних формацій або їх частин, що володіють особливою прикладною цінністю. По визначенню Д.В. Рундквіста, рудна формація – «це стійка асоціація парагенезисів (порід, руд), об'єднаних загальною структурою, у складі яких утримується компонент (елемент, мінерал або парагенезис) у промислових кількостях».

Усього пропонується шість таксономічних рівнів об'єктів формаційного ряду. Для магматичних формацій як проміжної ланки виділений підтип (вулканічні і плутонічні формації). По деяких додатковим (уточнюючим) ознакам види можуть розділятися на різновиди; наприклад, у складі групи моласових формацій м.б. виділена червоноколірна (моласова) формація. Геологи мають справу з формаційними тілами, що утворювалися в цілком певний час, що мають певну географічну прив'язку і відображуваними на картах у вигляді стратиграфічних підрозділів, інтрузивних і метаморфічних комплексів. Такі тіла є «формаційними індивідами» (їх нерідко називають геологічними формаціями).

Отже, найбільш великі таксономічні категорії за аналогією з багатьма природними класифікаціями названі типами і відповідають осадовому, магматичному, метаморфічному і рудному формаційним типам. Ці назви загальноприйняті і приблизно збігаються з найбільш великими угрупованнями вхідних до складу формацій гірських порід. По стійких структурно-речовинних асоціаціях формаційні типи розділені на сімейства. В осадовому типі сімейства виділені в основному за ознаками петрографічного складу – теригенні (з перевагою уламкових порід), органогенно-хемогенні й глинисті; імовірно, правильніше було б називати їх «кластолітовими», «органоліто-хемолітовими», «пелітолітовими». У групах усередині сімейств формації об'єднані по загальних структурних закономірностях – обов'язковій присутності «флішових циклітів» у флішових формаціях, складній циклічності в моласових, звичайній відсутності циклічності в мікститових. Видові таксони усередині груп виділяються по особливостях петрографічного складу.

Тип магматичних формацій розділений на два підтипи в основному за структурною ознакою: вулканічних (наявність стратифікації – відносин «порядку») і плутонічних (з відносинами «перетинання» між породами різних фаз впровадження) формацій. Сімейства визначені по характерних мінерально-петрографічних парагенезисах – ультрамафічних, мафічних, мафічно-салічних і салічних формацій. Залежно від переваги порід нормального або лужного ряду намічені групи; формаційні види враховують характерні комбінації вулканічних або плутонічних порід.

Структурні ознаки покладені в основу виділення сімейств метаморфічних формацій – наявність або відсутність стратифікації, зональність. Групи й види формацій відповідають найбільш типовим сукупностям метаморфічних гірських порід (мігматитові, амфіболітові, зеленосланцеві). Трохи відрізняється угруповання сімейства зонально-метаморфічних формацій, у якій у непрямої формі врахована ознака походження – стрес-метаморфічні (маються на увазі динамометаморфічного утвору), термально-метаморфічні (роговикові), імпактні (ударно-метеоритні).

Розглянуті схеми класифікації охоплюють, в основному, об'єкти «моноформаційні». У природі численні приклади «полі формаційних» геологічних тіл, причому «змішання» формацій відбувається практично на всіх таксономічних рівнях.

Основна мета пропонованої класифікації – систематизувати різно-типні геологічні формації і їх групи по можливості в єдиному ключі; найбільш загальна формаційна класифікація повинна будуватися по визначальних ознаках – складу й структурі, як і для інших природних об’єктів. «Цільові» класифікації можуть будуватися по різних ознаках, на різних підставах, і число цих ознак, як і самих класифікацій, може бути нескінченно великим. Очевидно, цільовий підхід цілком виправданий у тих розділах геології, які орієнтовані на практику – при вивченні розподілу корисних копалин, розв’язку стратиграфічних, палеогеографічних, гідрогеологічних і т.п. завдань.

10.3. ІЄРАРХІЯ ФОРМАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

До формаційних комплексів відноситься співтовариство формацій різних рангів і генетичних груп, які представляють ієрархію речовини від рівня гірських порід до планетарного рівня. В цілому, в даний час більшістю дослідників ієрархія речовини і геологічних тіл представляється схемою: хімічний елемент – мінерал – гірська порода – геоформація – геокомплекс (геологічний регіон) – геосфера – планета (В. Є. Хаїн, 1969).

Геоформації (парагенерації) є практично парагенезисами гірських порід різного генетичного типу, тобто формація займає самостійний рівень в ієрархії геологічних тіл і відноситься до надпорядкового рівня, а формаційні комплекси і геосфери – надформаційному рівню, складаючи геологічні (тектонічні) регіони і оболонки Землі. Геологічні об’єкти, формації і формаційні комплекси, що складаються з гірських порід, цілком належать до планетарного рівня організації речовини. Формаційні комплекси представлені звичайно нашаруванням геологічних формацій, яке утворює формаційні ряди, структурно-формаційні зони, геосинклінальні і орогенні системи й інші крупні структурно-тектонічні елементи земної кори. Геосфери Землі (оболонки) також відносяться до планетарного рівня організації речовини.

Зв’язки між структурними елементами формаційних комплексів і крупніших систем планетарного рівня організації речовини відносяться до гравітаційного типу як статистично, так і в генетичному плані. Вони як правило мають шарувату структуру, що пов’язано з розподілом речовини на поверхні Землі в умовах перерозподілу сили тяжіння і під впливом її гравітаційного поля.

У формаційному аналізі враховується самостійність рівнів організації речовини, що може бути представлено: формаційним рівнем, наступним за рівнем гірської породи, видами цієї речовини в межах формаційного рівня (мінерального, порідного, рудного і т. д.), індивідуальними геологічними тілами певного виду речовини на формаційному рівні його організації.

При природничо-наукових дослідженнях використовуються три основні поняття: речі, класи речей і системи властивостей, характеризуючи речі. З цих позицій, за уявленнями В. І. Вернадського [1], річ виступає, або як природне тіло, або як система певних властивостей. У першому випадку, річ це якісно відособлене природне явище, а в другому – група властивостей, характеризуюча річ або клас речей, обрана в залежності від цілей досліджень і поставлених задач.

У геології неможливо обійтися без поняття про річ як природне тіло, оскільки постійно доводиться мати справу з гірськими породами або формаціями і формаційними комплексами, виражаючи їх суть через поняття про речі нижчого рівня організації, тобто про мінерали або хімічні елементи.

Геологічна формація – формальна назва стратотипу геологічного об'єкту (у геології в межах структурно-тектонічних глобальних поясів, платформених структур стратотип – геологічне утворення з внутрішньо несуперечливими характеристиками, що відрізняє його від суміжних рівнів). Кожен рівень – взагалі один з безлічі паралельних рівнів, які лежать один на одному, встановлений природними геологічними процесами. Вони можуть займати більш ніж сотні тисяч квадратних кілометрів поверхні Землі, складеними різними геологічними формуваннями. Стратотипи відмічені як смуги-шари відкладів різного кольору або по-іншому структурований матеріал, оголений в гірських об'єктах – у відслоненнях дорожнього врізу, кар'єрах і річкових долинах та ін. Виділені шари можуть змінюватися по товщині від декількох міліметрів до кілометра або більше. Кожна смуга в шарі представляє окремий режим осадконакопичення – річковий мул, пісок пляжу, вугільне болото, дюна, ложе лави і т.д.

Стратотип – фундаментальний системний модуль в стратиграфічній колонці геологічного об'єкту і формує основу вивчення стратиграфії об'єкту або геологічного модуля. Формації – літостратиграфічні модулі, які визначені первинним літологічним складом кам'яного матеріалу.

Концепція формаційно певних рівнів або стратотипів є найважливішою в геологічній дисципліні стратиграфії.

Вивчення структурних особливостей геологічних формувань визначають орієнтації напрямку шарів, їх будову, фаціальні зміни, палеомагнітні орієнтації. Відслонення також особливо важливі для вивчення та розуміння скам'янілості фауни, палеосередовища її розвитку, оскільки вони забезпечують відлік відносних змін у межах геологічних стратотипів.

Сучасний перегляд геологічних наук обмежив формації літогенними, тому що літогенні породи фактично є модулі, сформовані відкладоутворюючими середовищами. Деякі з них можуть зберігатися сотні мільйонів років, і переходитимуть часові інтервали в стратиграфії регіону.

Таким чином, формації розглядаються як природні геологічні тіла, що представлені як об'єкти і їх класи, а їх науковий опис представлений класифікацією, яка підрозділяється за змістом на складові: ієрархізацію, систематизацію і цільові класифікації. Тому, групування природних тіл по приналежності їх до того або іншого рівня організації речовини називається ієрархізацією, а її результат – ієрархією. Групування природних геологічних тіл (мінералів, гірських порід і формацій) по систематичних ознаках у види, роди і вищі таксони називається систематизацією. Додаткове групування систематизованих тіл називатиметься цільовою класифікацією, а результат – цільовими класифікаціями.

Парагенезиси порід і формацій повинні розглядатися як ієрархія формаційних комплексів і як представники формаційного рівня організації речовини, що знаходяться в співвідношеннях, аналогічних співвідношенням атомів і молекул хімічного рівня організації речовини.

Лекція 11

ОСНОВИ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННИХ ВПЛИВІВ НА ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

11.1. СУТНІСТЬ ОЦІНКИ ІСНУЮЧИХ АБО МОЖЛИВИХ ТЕХНОГЕННИХ ВПЛИВІВ НА ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Центральними в системі моніторингу геологічного середовища є проблеми оцінки існуючих або можливих техногенних впливів на ГСР, а в остаточному підсумку – на екологічну обстановку тієї або іншої території. Дані питання належать до категорії найбільш складних, а по ряду позицій – дискусійних.

У зв'язку із цим існують два поняття. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) – це система природоохоронних критеріїв і методик, що дозволяють оцінити вплив об'єкта або природокористувача на навколишнє середовище і його компоненти. Більш вузьким поняттям є оцінка впливу на геологічне середовище (ОВГС), під яким розуміється система природоохоронних критеріїв і методик, що дозволяють оцінити вплив об'єкта або природокористувача на ГСР і його компоненти. При цьому ухвалюється, що в оцінку повинні входити і самі техногенні впливи (їх види, інтенсивність та ін.), і наслідки їхнього впливу – зміни ГСР, зміна його компонентів, швидкість та інтенсивність його зміни й т.п.

Компоненти ГСР (рельєф, гірські породи, підземні води, геологічні й інженерно-геологічні процеси) виступають основними елементами не тільки у властиво інженерно-геологічному, але й при еколого-геологічному аналізі стану територій, який може проводитися поза або в системі моніторингу. Ці компоненти в сукупності визначають чутливість (або піддатливість) геологічного середовища до техногенних впливів, її стійкість. Методика типізації ГСР з урахуванням вищеперахованих компонентів в інженерній геології досить повно розроблена І.В. Поповим, Є.М. Сергеевим, І.Т. Трофімовим, Г.А. Голоджковським, Д.Г. Зілінгом та ін. [5-7, 9]. Внаслідок цього вона може успішно вико-

ристовуватися й для розв'язку завдань оцінки еколого-геологічного стану територій. При цьому складеними елементами такої оцінки є характеристики зазначених компонентів геологічного середовища з погляду екології людини.

Під еколого-геологічним станом території розуміється характеристика еколого-геологічних (інженерно-геологічних) умов території як середовища проживання людини, що є об'єктом інженерно-господарського перетворення з урахуванням екологічних наслідків. Ця оцінка або характеристика може даватися стосовно до ситуації, що вже склалася на даний момент в розглянутому регіоні (морфологічне завдання) або стосовно до можливого розвитку геоекологічної ситуації в майбутньому (прогнозне завдання). У ряді випадків можливий розв'язок і ретроспективних завдань оцінки геоекологічної ситуації. У ряді перерахованих випадках при наявності системи МНР ГСР зазначені завдання вирішуються набагато простіше й надійніше.

Одним з головних питань у методиці ОВГС є вибір і обґрунтування критеріїв для оцінки зміни стану геологічного середовища або просто – його змінності. У цей же час усі різноманіття приватних критеріїв ОВГС можна об'єднати в певні групи, що включають характер техногенного впливу на один або кілька компонентів ГСР.

У групі геохімічних критеріїв оцінюються хімічне, бактеріологічне, механічне і радіонуклідне техногенне забруднення поверхневих і підземних вод, ґрунтів, порід зони аерації, штучних ґрунтів і донних відкладів. Для хімічного забруднення всіх видів оцінка рівня забруднення здійснюється через ГДК або коефіцієнт сумарного забруднення. Для бактеріологічного забруднення крім того – через коли-тітр і інші показники; механічного забруднення водоймищ – через ГДК для механічних водних суспензій. Для радіоактивного забруднення – по потужності дози гамма-випромінювання (мр/год або Кл/кг) або за рівнем питомої радіоактивності (кюрі/кг, або кюрі/л, або кюрі/м³, або згідно з Міжнародною системою одиниць (СИ) у бекерелях на кілограм – Бк/кг(л)). Деякі основні геохімічні показники, використовувані для оцінки різних видів забруднень геологічного середовища, наведені в табл. 11.1.

Практично в рамках ОВГС оцінка забруднення ГСР для даної території встановлюється набором існуючих забруднювачів і ступені забруднення, що одночасно відбивають техногенну змінність ГСР в по-

Показники оцінки деяких видів забруднень геологічного середовища

Підклас впливу	Вид впливу	Показники зміни геологічного середовища	Одиниці виміру
Радіоактивний	Короткоживуче радіонуклідне забруднення Довгоживуче радіонуклідне забруднення	Потужність дози γ -випромінювання на відстані 10 см від джерела Питома α -активність Питома β -активність	мр/год, Кл/кг кюрі/кг, Бк/кг
Хімічний	Усі види	Коефіцієнт техногенного геохімічного навантаження Загальний показник техногенного навантаження Модуль техногенного забруднення Градієнт техногенного забруднення	мг/кг-м
Біологічний	Мікробіологічне забруднення Бактеріологічне забруднення	Коефіцієнт концентрації мікробів Коефіцієнт концентрації бактерій Бактеріальні індекси	

рівнянні з початковим (або фоновим) станом. У загальному виді такий підхід відбитий у табл. 11.1, по якій оцінюється забруднення всієї території й окремих компонентів ГСР.

Оцінку рівнів радіоактивного забруднення компонентів ГСР з виділенням відповідних категорій і з урахуванням агрегатного стану забруднювачів можна проводити по класифікації МАГАТЕ, запропонованої в 1970 р. і наведеної в табл. 11.2.

Таблиця 11.2

Оцінка рівнів радіоактивного забруднення (по класифікації МАГАТЕ)

Агрегатне стан забруднювача	Категорія	Потужність гамма-випромінювання на відстані 10 м		Питома активність забруднювача	
		р/год	Кл/кг	кюри/л(м ³)	Бк/лСм ³)
Твердий	I	< 0,2	< 0,0000516	–	–
	II	0,2-2	0,0000516–0,000516	–	–
	III	>2	> 0,000516	–	–
	IV	альфа-активність		–	—
Рідкий	I	–	–	< 1 • 10 ⁻⁹	менш 37
	II	—	–	від 1 • 10 ⁻⁹	від 37
				до 1 • 10 ⁻⁶	до 37000
	III	–	–	від 1 • 10 ⁻⁶	від 37000
				до 1 • 10 ⁻⁴	до 3,7 • 10 ⁶
	IV	–	–	від 1 • 10 ⁻⁴	від 3,7 • 10 ⁶
				до 10	до 7-10п
V	–	–	більш 10	> 3, 7-10 ¹¹	
Газо-подібний	I	–	–	< 10 ⁻¹⁰	менше 3,7
	II	–	–	від 1•10 ⁻¹⁰	від 3,7
				до 1 • 10 ⁻⁶	до 37000
	III	–	—	> 1 • 10 ⁻⁶	> 37000

Крім того, аналогічна оцінка для твердих радіоактивних відходів і радіоактивного забруднення геологічного середовища може проводитися згідно «Санітарним правилам проектування й експлуатації атомних станцій», прийнятим в 1979 р., класифікація яких наведена в табл. 11.3.

Таблиця 11.3.

Класифікація твердих радіоактивних відходів по групах радіоактивності (по «Санітарних правилах проектування і експлуатації атомних електростанцій», 1979)

Група забруднень	Потужність дози гамма-випромінювання на відстані 10 см від відходів		Питома альфа-активність	
	мр/год	Кл/кг	кюрі/кг	Бк/кг
I	0.03-30	від $7,74 \cdot 10^{-9}$	від $2 \cdot 10^{-7}$	від $7,4 \cdot 10^4$
		до $7,74 \cdot 10^{-6}$	до $1 \cdot 10^{-5}$	до $3,7 \cdot 10^5$
II	30-1000	від $7,74 \cdot 10^{-6}$	від $1 \cdot 10^{-5}$	від $3,7 \cdot 10^5$
		до $2,58 \cdot 10^{-6}$	до 0,01	до $3,7 \cdot 10^8$
III	> 1000	> $2,58 \cdot 10^{-4}$	>0,01	> $3,7 \cdot 10^8$

Як вказувалося вище, для багатьох типів забруднення існує ефект взаємодії різних інгредієнтів, які в одних випадках збільшують ефект негативного впливу на геосистему, а в інших – зменшують або взагалі нейтралізують. Так, вступ у ґрунт сірки приводить до підкислення, що викликає підвищену міграцію важких металів. У той же час забруднення ґрунтового покриву викидами ТЕЦ викликає лужну реакцію, що сприяє фіксації важких металів у ґрунтовому профілі (див. табл. 11.1)

Це обумовлює складність одержання інтегрального показника якості території стосовно техногенного забруднення й на практиці приводить до використання покомпонентних (диференціальних) показників. Останні, у свою чергу, рівняються звичайно з фоновими значеннями показників тих же елементів, із ГДК або іншими характеристиками.

11.2. ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

При оцінці забруднення тих або інших елементів геологічного середовища (грунтів, підземних вод і ін.) важливо враховувати саму структуру цього середовища, тобто геологічна будова оцінюваної території. Разом з тим для вивчення забруднення компонентів ГСР, ландшафтів необхідно враховувати перерозподіл забруднювачів під впливом ландшафтно-геохімічних, погодних і техногенних факторів. Необхідний аналіз шляхів міграції компонентів, геохімічних сполучень і т.д. Тому для визначення фоновому рівня забруднення в геохімії ландшафтів пропонується критерій «фонові геохімічної структури», під яким розуміється набір показників між підсистемами ландшафту, що відбивають не тільки зміст елементів в окремому компоненті або блоці, але також інтенсивність міграційних потоків в структурі геохімічного ландшафту [3, 6, 9].

Характеристика ґрунтів проводиться за геохімічним показником. Вони враховують розподіл як окремих елементів, що беруть участь у забрудненні, так і їх асоціацій, обумовлених поліелементністю хімічного складу техногенних потоків, що формують забруднення. До таких показників відносяться коефіцієнт концентрації хімічних елементів (K_c) і сумарний показник забруднення (Z_c). Коефіцієнт концентрації – це показник кратності перевищення вмісту хімічних елементів в точці випробування (C_i) над його середнім вмістом в аналогічному природному середовищі на фоновій ділянці (C_ϕ):

$$K_c = C_i / C_\phi, \quad (11.1)$$

де:

C_i – вміст конкретного елемента в ґрунті (мг/кг або мкг/г);

C_ϕ – його вміст на фонових ділянках.

(Фонові ділянки вибираються на територіях, що не піддаються забрудненню або зазнають його в мінімальному обсязі).

Сумарний показник забруднення (Z_c) являє собою суму перевищень коефіцієнтів концентрацій хімічних елементів, що накопичуються в аномаліях, і розраховується за формулою:

$$Z_c = \sum n_i K_c - (n - 1), \quad (11.2)$$

де:

n – кількість аномальних елементів.

У тих випадках, коли на забруднювач відсутній ГДК (найчастіше це можливо при оцінці забруднення порід зони аерації й ґрунтів), визначення ступеня забруднення проводиться в порівнянні з фоновими значеннями або кларками, що фіксуються на незабруднених ділянках території. При цьому необхідний диференційний підхід до забруднювачів (токсикантам), виходячи із класу їх небезпеки, відповідно до «Основних санітарних правил» (1998). Як приклад у табл. 11.4 дана можлива оцінка ступеня забруднення порід зони аерації з урахуванням токсичності забруднювача.

Таблиця 11.4

Оцінка ступеня забруднення ґрунтів і порід зони аерації

Ступінь забруднення	Критерії виділення ступені
1. Незабруднені	Концентрації всіх обумовлених елементів фонові або нижче ПДК
2. Середньозабруднені	Концентрації компонентів 2- і 3-го класів небезпеки в межах 1-5 фонових значень
3. Сильнозабруднені	Концентрації компонентів 2- і 3-го класів небезпеки в межах 5-10 фонових
4. Дуже сильно і катастрофічно забруднені	Концентрації компонентів 2- і 3-го класів небезпеки вище 10 фонових або компоненти 1-го класу небезпеки перевищують фонові або ПДК

Перераховані вище показники визначаються як для вмісту забруднень в окремій пробі, так і для ділянки території (району, функціональної зони, природної ландшафтної одиниці й т.п.). В останньому випадку дослідження ведеться по геохімічних вибірках. Для кожної вибірки розраховуються середнє значення концентрації елемента, стандартне відхилення й коефіцієнт варіації. Після розрахунків коефіцієнтів концентрації й коефіцієнтів відносного збільшення загального хімічного навантаження кожна вибірка представляється у вигляді набору відносних характеристик аномальності хімічних елементів.

Такі підходи до оцінки забруднення ГСР, що базуються на ряді нормативних документів. Однак у кожному конкретному випадку при організації моніторингу ГСР дослідник сам повинен установити кількість ступенів оцінки забруднення залежно від характеру й рівня за-

бруднення й наявного або передбачуваного техногенного впливу. Це рівною мірою ставиться й до оцінки ступеня забруднення на основі ГДК або ЗС. Важливо підкреслити, що при оцінці змінності ГСР не тільки по геохімічному, але й за іншими критеріями принципово важливо прийняти єдину шкалу дробності розподілу цих критеріїв, що суттєво полегшує сумарну оцінку змінності ГСР з метою наступного її відбиття на картографічних моделях [2, 9].

У цей час найчастіше використовується шестибальна шкала зміни ГСР: 1. Незмінена; 2. Слабозмінена; 3. Середньозмінена; 4. Сильнозмінена; 5. Дуже сильнозмінена; 6. Катастрофічно змінена. При цьому 1-а ступінь нижче ГДК (**тла**), 2-а – близька до ГДК (**тлу**), інші ступені перевищують ГДК (**тлю**). Більшістю фахівців для вмісту забруднювачів понад ГДК ухвалюються наступні градації, які можуть бути прийняті і при ОВГС: 1-5, 5-10, 10-50, 50-100 і вище. Однак визначення ступеня забруднення повинне проводитися з урахуванням класу небезпеки забруднювача, про що говорилося вище.

Серед гео- і гідрогеохімічних критеріїв відособлена підгрупа санітарно-гігієнічних критеріїв. При виявленні рівня і характеру можливого техногенного забруднення територій промислових регіонів, а також при обґрунтуванні границь забруднення проводяться комплексні токсиколого- або санітарно-гігієнічні дослідження, що включають токсично-хімічну і санітарно-біологічну експертизу територій, проведені в рамках санітарної охорони територій органами санітарно-епідеміологічної служби (СЕС). Для цих цілей використовуються сучасні гігієнічні, хімічні, санітарно-бактеріологічні, паразитологічні й статистичні методи досліджень приповерхнього повітря, ґрунтових і поверхневих вод і ґрунтів. Ці методи використовуються в системі державного санітарного нагляду, регламентованого нормативними документами органів охорони здоров'я. Лабораторіями СЕС проводяться санітарно-гігієнічні спостереження за санітарним станом ґрунту за хімічним, бактеріологічними, паразитологічними показниками, солями важких металів, пестицидами.

Звичайно санітарно-гігієнічна експертиза містить у собі: токсиколого-хімічну оцінку можливих антропогенних забруднювачів з виділенням пріоритетних; аналіз екологічних паспортів підприємств, що перебувають на досліджуваній території, з виявленням несприятливих екофакторів і обліком їх токсичності; виявлення екологічно зна-

чимих факторів, що можуть негативно позначитися на здоров'я людей, що працюють або проживають на даній території.

Поряд з токсичними хімічними елементами і з'єднаннями визначається і ряд санітарно-бактеріологічних параметрів, серед яких виявляються індекс лактозно-позитивної кишкової палички (ЛКП), колі-індекс (ФКП), що характеризує фекальне забруднення, ентерококи й патогенні ентеробактерії – сальмонели. Санітарно-гігієнічне дослідження ґрунтових і поверхневих вод проводиться відповідно до Державних санітарних норми та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) (12 травня 2010 року), а також з урахуванням методичних рекомендацій і вказівок, що випускаються Міністерством охорони здоров'я України.

Таким чином, у рамках ОВГС рівень техногенного забруднення ГСР і його компонентів може бути оцінений у двох варіантах, вибір яких залежить від детальності досліджень, характеру й цілей розв'язуваного завдання.

11.3. ГРУПА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ КРИТЕРІЇВ

У ході ОВГС критеріями даної групи оцінюється майданна й відносна ураженість досліджуваної території як природними, так і інженерно-геологічними процесами з розрахунками відповідного коефіцієнта ураженості. Методика їх вивчення викладена в ряді методичних рекомендацій, у роботах Г.К. Бонда-Рика, А.Л. Ревзона, В.С. Федоренко, Г.А. Голодковської, А.В. Садова й інших і не викликає утруднень у практичній діяльності, у тому числі й у системі моніторингу ГСР. Ключовим моментом при цьому є виділення основних процесів або їх парагенезисів.

Близький методичний підхід реалізовано в ДБН 2.01.15-90, де виділені небезпечні процеси і наведена таблиця для визначення їх активності. Однак у кожному конкретному випадку необхідне обґрунтування ухваленого рішення й, зокрема, градацій ступеня техногенної зміни ГСР. Так, при певних видах господарської діяльності (наприклад, шахтній розробці корисних копалин) облік підземного закарстування порід і локальної активізації сучасного поверхневого карсту може виявитися пріоритетним перед оцінкою площі заболочування або вітрової ерозії ґрунтів. При конкретному розв'язанні цього питання необхідно ясне

бачення природи й характеру техногенного впливу і викликаних ним процесах з урахуванням природоохоронного підходу до ОВГС.

В існуючих методичних рекомендаціях і нормативних документах (ДБН 2.01.15-90) запропоновано розділяти найбільш розвинені на даній території екзогенні геологічні процеси на кілька груп, що різняться впливом на умови будівництва, ресурси території й екологічні наслідки. Для кожного найбільш значимого процесу складається аналітична карта з єдиною градацією для всіх процесів по ступеню майданної ураженості або по швидкості розвитку (активності) згідно ДБН 2.01.15-90. Для оцінки ступеня ураженості території можуть використовуватися різні градації, наприклад, зазначені в табл. 11.5.

Таблиця 11.5

Оцінка ступеня ураженості території екзогенними геологічними й інженерно-геологічними процесами

Ступінь ураженості, %	Порушеність території	Назва категорії
Менше 5	Непорушена	Сприятлива
5-25	Середньопорушена	Несприятлива
Більше 25	Сильнопорушена	Досить несприятлива

1. До інженерно-геологічної групи критеріїв оцінки відносяться також сейсмічність території, тріщинуватість порід, вивітреність, льодистість порід (за ДСТ 25100-82), просідання (по ДБН 2.02.01-83), набухання (по ДБН 2.02.01-83), корозійна активність (за ДСТ 9.015-76), засолення (по ДБН 2.02.01-83) й ін., для оцінки яких можуть використовуватися відповідні інженерно-геологічні параметри. Їхнє використання при ОВГС полягає в порівнянні параметрів для тих або інших елементів ГСР до техногенного впливу і після інженерно-господарського освоєння території [3, 5, 7, 9].

У ході такого порівняльного аналізу можуть бути визначені кількісні показники техногенної зміни властивостей різних ґрунтів території, що розраховуються як відношення відповідних величин (показників) до і після техногенного впливу. Ці показники аналогічні коефіцієнту стійкості (K_u) ґрунту, запропонованому С.І. Пахомовим і А.М. Монюшко (1988) для оцінки ступеня стійкості геосистем до різних техногенних дій.

2. Група гідрогеологічних критеріїв містить у собі традиційні гідрогеологічні характеристики, до яких відносяться: глибини залягання рівня ґрунтових вод, розміри і глибини депресійних лійок, водопроникненість і водопровідність порід, мінералізація підземних вод, взаємозв'язок поверхневих і ґрунтових вод, зміна п'єзометричних рівнів основних водоносних горизонтів, зміна (інверсія) річкового стоку й ін. Вони детально розглянуті в діючих інструкціях із проведення середньомасштабних гідрогеологічних зйомок і не вимагають особливих пояснень.

У ході ОВГСР показники гідрогеологічних умов території також зазнають порівняльного аналізу з підрахунком відповідних коефіцієнтів або параметрів, що показують, в скільки (або на скільки) разів змінився даний гідрогеологічний показник за рахунок техногенного впливу. При цьому береться до уваги зміна еколого-геологічної якості системи аналогічно вищерозглянутим коефіцієнтам стійкості.

При наявності моніторингу ГСР дані показники використовуються для оцінки швидкостей техногенної зміни різних гідрогеологічних процесів у часі.

3. Група геоморфологічних критеріїв містить у собі характеристики, використовувані для оцінки ступеню зміни рельєфу як елемента ГСР. У якості даних критеріїв можуть використовуватися площа і розмах техногенного рельєфу, який містить у собі як позитивні, так і негативні форми, створені в процесі техногенної діяльності, у тому числі ділянки запланованих робіт зі зрізанням ґрунту або відсипанням (намивом) і території рекультивації.

У рамках ОВГС оцінка ступеня змінності рельєфу для різних територій (рівнинних, передгірних, гірських та ін.) проводиться по різних градаціях (шкалам) зі слабо-, середньо- і сильнозміненим рельєфом. Виходячи із цих градацій, площі гірських відводів із глибокими кар'єрами, розрізами, високими зовнішніми відвалами, териконами і мульдами осідання будуть класифікуватися як території із сильнозміненим або переробленим рельєфом.

При наявності моніторингу ГСР з'являється можливість зазначені вище геоморфологічні критерії доповнити показниками швидкості техногенної зміни рельєфу.

4. Група ресурсних критеріїв містить у собі оцінку ступеня техногенної змінності природних ресурсів досліджуваної території, таких,

як підземні й поверхневі води, ґрунти і т.д. У рамках ОВГСР стан ресурсів підземних вод, придатних для водопостачання, може оцінюватися через вироблення запасів по основному водоносному горизонті з акцентом на горизонт, на який планується водозабір, або виявляється той або інший техногенний вплив. Градації даються звичайно у відсотках (частках) виробки від затверджених запасів підземних вод. Це найбільш строга оцінка ресурсів підземних вод.

Іншим критерієм, придатним для використання на стадії «попередньої оцінки», може бути спрацьована потужність основних водоносних горизонтів прісних вод, для якого (залежно від реальних гідрогеологічних умов) установлюється та або інша градація спрацьованої потужності в метрах, наприклад 0-5; 5-50; 50-100 і т.д. При наявності системи моніторингу ГСР ці показники доповнюються швидкостями спрацьованої потужності (м/рік).

Стан ресурсів поверхневих вод (без обліку впливу на них забруднення) може оцінюватися по зміні їх стоку, а по можливості, і по зміні його режиму стосовно до всього басейну ріки або його частини. За першим критерієм (збільшенню або зменшенню стоку) можна використовувати шести- або трьохступеневої градації, показані в табл. 11.6.

Таблиця 11.6.

Оцінка ресурсів поверхневих вод по збільшенню або зменшенню стоку

Шестиступенева градація		Триступенева градація	
категорія стоку	зміна стоку, %	категорія стоку	зміна стоку, %
1. Незмінений	0		
2. Слабкозмінений	до 15	1. Слабкозмінений	до 15
3. Середньозмінений	15-25	2. Середньозмінений	15-25
4. Сильнопорухений	25-50	3. Сильнозмінений	більше 25
5. Дуже сильно порушений	50-90		
6. Техногенно-перетворений	більше 90		

Аналогічні градації можуть бути використані й для другого (режимного) критерію стосовно величини паводкового або меженного стоку. Дані для такого аналізу беруться по гідропостах на основі багаторічних спостережень або безпосередньо виходять у системі спостережень моніторингу ГСР.

Стан земельних або ґрунтових ресурсів у рамках ОВГС можна оцінювати по декільком критеріям. Найпоширенішим є облік площі вилучення земель із сільськогосподарського або лісового фондів для реалізації планованої хазяйновитої-господарчої-інженерно-господарської діяльності. При цьому враховується родючість земель і їх приналежність до вгідь: ріллі, вигони, косовиці, богарні землі, незручності, лісу і т.д. Але це скоріше економічний, а не екологічний критерій, хоча облік його в рамках ОВГС є обов'язковий.

Більш "екологічним" є ресурсний критерій, що оцінює втрату гумусу в родючому шарі або зниження потужності гумусового об'єму для чорноземів. Загальноприйнятої узаконеної градації для цих критеріїв не існує. По змісту гумусу рубіжною величиною, що враховується при оцінці земельних ресурсів, є 3%, чим визначаються родючість і вартість земель, а значить і якість земельних ресурсів. Ця ж величина змісту гумусу в ґрунтах важлива для оцінки сорбційної ємності ґрунтів, якщо розгляді їх як геохімічний бар'єр на шляху міграції техногенного забруднювача. Іншою градацією по вмісту гумусу, що розділяє сірі лесові ґрунти і власне чорноземи, є 6%. Таким чином, звідси впливає як мінімум три градації, які можуть використовуватися для оцінки ґрунтових ресурсів: вміст гумусу менш 3%, 4-6 і понад 6%. При цьому вміст гумусу враховується на момент проведених досліджень і містить у собі облік втрат на вітрову й площинну ерозію і деградацію чорноземів. Остання найбільше об'єктивно оцінюється при наявності діючої системи МНР. Оцінка стану земель тільки по потужності чорнозему є суб'єктивною; можна рекомендувати враховувати її у відсотках від первісної (природної) товщини чорнозему.

На закінчення необхідно підкреслити, що розглянуті тут застосовувані в рамках ОВГС ресурсні критерії земель дозволяють оцінити стан земельних ресурсів досліджуваної території, що сформувалося в результаті відчуження земель при техногенним втручанні, або їх деградацію й зниження площ сільськогосподарських земель при розвитку процесів яружної, площинної, водної й вітрової ерозії. Зниження земельних ресурсів за рахунок забруднення ґрунтів оцінюється по іншій групі критеріїв: гео- і гідрохімічним, розглянутим вище.

Лекція 12

ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННА СИСТЕМА ЯК ОБ'ЄКТИ УПРАВЛІННЯ У СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ

12.1. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ У ПРОСТОРІ І ЧАСІ

Організація моніторингу ГТС у часі і просторі представляє з себе систему, заранне сплановану у часі і просторі спостереження, оцінки і прогнозу стану ГСР, які з заданою закономірністю повторюються. Система еколого-геологічного МНР, що при цьому використовується, включає дві основні підсистеми: 1 – спостереження за станом середовища і факторами, що його визначають; 2 – моделювання і прогнозування еколого-геологічних наслідків. Геологічне середовище (ГСР) як всяка система, яка формується на базі факторів і параметрів, що об'єднані певною закономірністю, володіє сіткою внутрішніх зв'язків [7, 9]. Зміна ГСР проходить у просторі і в часі внаслідок геологічних процесів, що відбуваються у ході природного розвитку планети Земля. За рахунок техногенних змін рельєфу, будови ГСР, стану і властивостей його елементів, характеру іманентних і трансцендентних взаємодій відбуваються корінні, часом незворотні перетворення інфраструктури, що далеко не завжди благотворно впливає на ГСР. При цьому вірогідність виходу ГСР із стану рівноваги достатньо висока, а порушення гомеостазу можуть мати не тільки локальний, але й регіональний характер.

Еколого-геологічний МНР визначається як заранне спланована у часі і просторі система спостережень, оцінки і прогнозу стану ГСР, які із заданою закономірністю повторюються. Під МНР прийнято розуміти систему повторних спостережень НС з визначеними цілями у відповідності з підготовленою програмою. Моніторинг – це інформаційна система, що включає збір даних шляхом спостережень, аналіз зібраних результатів, проведення оцінки стану НС, розробку прогнозу її розвитку.

12.2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМНОЇ КОНЦЕПЦІЇ МОНІТОРИНГУ

Моніторинг – система, що включає прямі і зворотні зв'язки. Збір первинної інформації в значній мірі визначається кінцевою метою або характером прогнозу, який має бути отримано шляхом проведення досліджень. Разом з тим, для того, щоб прогнозувати хід розвитку стану ГС і НС в цілому, необхідно розпоряджатися достовірною і представницькою інформацією по різних параметрах, які характеризують стан середовища. А щоб організувати збір первинної інформації необхідно в першу чергу розробити науково обґрунтовану системну концепцію МНР конкретного регіону чи території [2, 5-7, 9].

У відповідності із визначенням екологічний моніторинг – інформаційна система спостережень, оцінки і прогнозу змін у стані навколишнього середовища, створена з метою виділення антропогенної складовій цих змін на тлі природних:

- про стан навколишнього середовища;
- про причини спостережуваних і ймовірних змін стану (тобто, про джерела й фактори впливу);
- про допустимість змін і навантажень на середовище в цілому;
- про існуючі резерви біосфери.

Таким чином, у систему екологічного МНР входять спостереження за станом елементів біосфери й спостереження за джерелами й факторами антропогенного впливу (рис. 12.1).

Державна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища в Україні в 2005 р.» визначає екологічний моніторинг як комплекс виконуваних по науково обґрунтованих програмах спостережень, оцінок, прогнозів і розроблювальних на їхній основі рекомендацій і варіантів управлінських розв'язків, необхідних і достатніх для забезпечення керування станом навколишнього природного середовища й екологічною безпекою [2, 4, 9].

Відповідно до наведених визначень і покладеними на систему функціями МНР включає три основні напрямки діяльності:

1. Спостереження за факторами впливу і станом середовища;
2. Оцінку фактичного стану середовища;
3. Прогноз стану навколишнього природного середовища і оцінку прогнозованого стану.

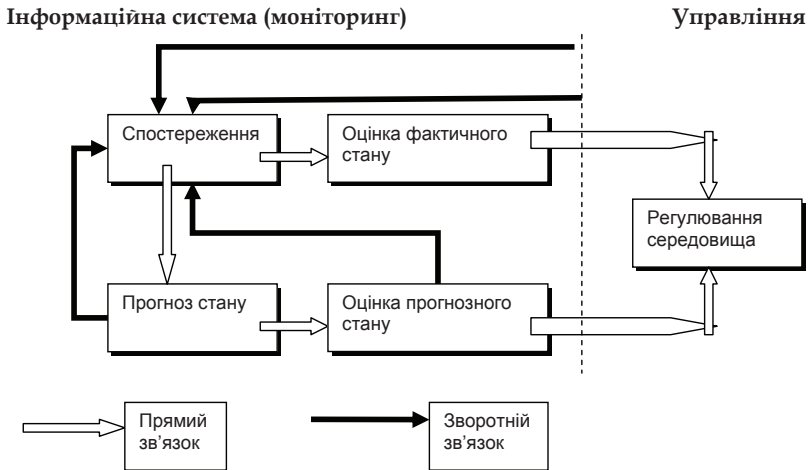


Рис. 12.1. Блок-схема системи моніторингу

Слід прийняти до уваги, що сама система МНР не включає діяльність по керуванню якістю середовища, але є джерелом необхідної для прийняття екологічно значимих рішень інформації. Термін «контроль», що нерідко вживається в російськомовній літературі для опису аналітичного визначення тих або інших параметрів (наприклад, контроль складу атмосферного повітря, контроль якості води водоєм), слід використовувати тільки відносно діяльності, що припускає прийняття активних регулюючих заходів.

Система екологічного моніторингу повинна накопичувати, систематизувати й аналізувати інформацію.

Постійне збільшення масштабів техногенного навантаження сумірного з розвитком геологічних процесів, визначає необхідність детальних досліджень цього чинника з метою корегування господарчої діяльності. У цьому і полягає розробка і розв'язання проблеми управління ГСР в аспекті обліку еколого-геологічних умов певних територій. Оскільки існування системи визначає безперервне функціонування системи МНР, геологічні умови стійкості даної системи відіграють суттєву роль. Основний аспект управління ГСР – забезпечення оптимальних умов функціонування існуючих ГТС і таких, що проектуються. Для цього необхідно визначити комплекс геологічних процесів, здатних

створювати загрозу для функціонування ГТС у ході формування системи МНР. Для різних класів задач пропонуються методи картографічного зображення ГСР, літолого-стратиграфічних комплексів, які дозволяють з необхідною детальністю відобразити просторово-часові закономірності геологічної будови території. Важливим аспектом оцінки ГС при проведенні МНР є всебічний аналіз різних умов і чинників його розвитку: геоморфологічних, гідрогеологічних, ландшафтно-кліматичних і антропогенних.

Екологічний контроль – діяльність державних органів, підприємств і громадян по дотриманню екологічних норм і правил. Розрізняють державний, виробничий і суспільний екологічний контроль [3]. Законодавчі основи екологічного контролю регулюються Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища».

Екологічний контроль ставить своїми завданнями:

- спостереження за станом навколишнього середовища і його зміною під впливом господарської й іншої діяльності;
- перевірку виконання планів і заходів щодо охорони природи, раціональному використанню природних ресурсів, оздоровленню навколишнього природного середовища;
- дотримання вимог природоохоронного законодавства й нормативів якості навколишнього природного середовища.

Система екологічного контролю складається з державної служби спостереження за станом навколишнього природного середовища, державного, виробничого, суспільного контролю. Таким чином, у природоохоронному законодавстві державна служба моніторингу визначена фактично як частина загальної системи екологічного контролю.

12.3. КЛАСИФІКАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Існують різні підходи до класифікації моніторингу (по характеру розв'язуваних завдань, по рівнях організації, по природному середовищу, за якими ведуться спостереження). Відбита в табл. 12.2. класифікація охоплює весь блок екологічного МНР, спостереження за мінливою абіотичною складовою біосфери й відповідною реакцією екосистем на ці зміни [7]. Таким чином, екологічний МНР включає як геофізичні, так і біологічні аспекти, що визначає широкий спектр методів і приймачь досліджень, використовуваних при його здійсненні.

Таблиця 12.2.

Класифікація екологічного моніторингу

Моніторинг джерел впливу	Джерела впливу			
Моніторинг факторів впливу	Фактори впливу			
	Фізичні	Біологічні		Хімічні
Моніторинг стану біосфери	Природні середовища			
	Атмосфера	Океан	Поверхня суші з річками і озерами, підземні води	Біота
	Геофізичний моніторинг			Біологічний моніторинг

12.4. ГЛОБАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Сьогодні мережа спостережень за джерелами впливу й за станом біосфери охоплює вже вся земна куля. Глобальна система моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС) була створена спільними зусиллями світового співтовариства (основні положення й мети програми були сформульовані в 1974 році на Першій міжурядовій нараді по моніторингові). Першочерговим завданням була признана організація моніторингу забруднення навколишнього природного середовища й ухвали його факторів впливу.

Система моніторингу реалізується на декількох рівнях, яким відповідають спеціально розроблені програми:

- імпаکتному (вивчення сильних впливів у локальному масштабі – І);
- регіональному (прояв проблем міграції й трансформації забруднюючих речовин, спільного впливу різних факторів, характерних для економіки регіону – Р);
- фоновому (на базі біосферних заповідників, де виключена всяка господарська діяльність – Ф).

Програма імпактного моніторингу може бути спрямована, наприклад, на вивчення скидань або викидів конкретного підприємства. Предметом регіонального моніторингу, як впливає з самої його назви, є стан навколишнього середовища в межах того або іншого регіо-

ну. Нарешті, фоновий моніторинг, здійснюваний у рамках міжнародної програми "Люди і біосфера", має на меті зафіксувати фоновий стан навколишнього середовища, що необхідно для подальших оцінок рівнів антропогенного впливу.

Програми спостережень формуються за принципом вибору пріоритетних (підлягаючих першочерговому визначенню) забруднюючих речовин і інтегральних (що відбивають групу явищ, процесів або речовин) характеристик.

Визначення пріоритетів при організації систем МНР залежить від мети й завдань конкретних програм: так, у територіальному масштабі пріоритет державних систем МНР відданий містам, джерелам питної води й місцям нерестовищ риб; відносно середовищ спостережень першочергової уваги заслуговують атмосферне повітря й вода прісних водойм. Пріоритетність інгредієнтів визначається з урахуванням критеріїв, що відбивають токсичні властивості забруднюючих речовин, обсяги їх вступу в НС, особливості їх трансформації, частоту й величину впливу на людину й біоту, можливість організації вимірів та інші фактори [2, 4, 5, 9].

Відзначимо, що пріоритети, обрані громадськими організаціями при розробці програм МНР, можуть бути сформульовані іншим способом, що не повторюють ранжирування, прийняте в Державній СМНС. Це розв'язання цілком оправдано, тому що регіональні та локальні пріоритети тісно пов'язані з економікою регіону, з місцевими джерелами впливу. Нарешті, програма суспільного моніторингу може бути пов'язана із зовсім конкретною проблемою, яка й буде визначати пріоритети в цьому випадку.

12.5. СИСТЕМА ДЕРЖАВНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Структура державного екологічного моніторингу, розподіл відповідальності ГСМНС ґрунтується на системах національного МНР, які функціонують у різних державах згідно з як міжнародними вимогами, так і специфічними підходами, що склалися історично або обумовленими характером найбільш гострих екологічних проблем. Міжнародні вимоги, яким повинні задовольняти національні системи-учасники ГСМНС, включають єдині принципи розробки програм (з урахуванням пріоритетних факторів впливу), обов'язковість спостережень за

об'єктами, що мають глобальну значимість, передачу інформації в Центр ДСМНС.

На території СРСР в 70-і роки на базі станцій гідрометеослужби була організована Загальнодержавна служба спостережень і контролю стану навколишнього середовища (ЗДСНК), побудована по ієрархічному принципу.

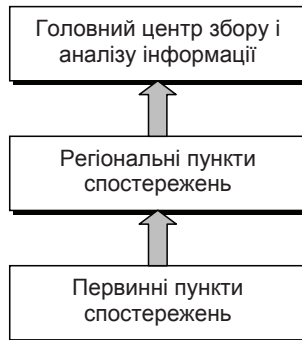


Рис. 12.2. Потік інформації в ієрархічній системі ЗДСНК

В обробленому і систематизованому виді отримана інформація представлена в кадастрових виданнях, таких як «Щорічні дані про склад і якість поверхневих вод суши» (по гідрохімічних і гідробіологічних показниках), «Щорічник стану атмосфери в містах і промислових центрах» і ін. До кінця 80-х років усі кадастрові видання мали гриф «Для службового користування», потім протягом 3-5 років були відкритими і доступними в центральних бібліотеках. До теперішнього часу масивні збірники типу «Щорічних даних...» у бібліотеки практично не надходять. Деякі матеріали можна одержати (придбати) у регіональних підрозділах Гідрометцентру.

Розподіл функцій моніторингу по різних відомствах, не зв'язаних між собою, приводить до дублювання зусиль, знижує ефективність усієї системи моніторингу й утрудняє доступ до необхідної інформації як для громадян, так і для державних організацій. Тому в 1993 році було ухвалене рішення про створення Єдиної державної системи екологічного моніторингу (ЄДСЕМ), яка повинна об'єднати можливості й зусилля численних служб для розв'язку завдань комплексного спостереження, оцінки й прогнозу стану середовища в Україні. У цей час роботи зі ство-

рення ЄДСЕМ перебувають у стадії пілотних проєктів регіонального масштабу [2, 4, 5, 9].

Передбачається, що ЄДСЕМ як центр єдиної науково-технічної політики в області екологічного моніторингу буде забезпечувати:

- координацію розробки й виконання програм спостережень за станом навколишнього середовища;
- регламентацію і контроль збору й обробки достовірних і порівнянних даних;
- зберігання інформації, ведення спеціальних банків даних і їх гармонізацію (узгодження, телекомунікаційний зв'язок) з міжнародними еколого-інформаційними системами;
- діяльність по оцінці й прогнозу стану об'єктів навколишнього природного середовища, природних ресурсів, реакції екосистем і здоров'я населення на антропогенний вплив;
- доступність інтегрованої екологічної інформації широкому колу споживачів.

ЄДСЕМ повинна зберегти ієрархічну структуру системи ОДСНК.

12.5.1. Регламентація державних спостережень у мережі моніторингових спостережень

Система державного екологічного МНР будується на спостереженнях, регламентованих самим суровим чином. Список параметрів стану навколишнього середовища, обумовлених державними службами, чітко встановлений, так само як вимоги до використовуваних засобів і методам вимірів, частоті добору проб і ін.

12.6. НЕДОЛІКИ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Як уже було відзначено, здійснення екологічного МНР в Україні входить в обов'язки різних державних служб. Це приводить до деякої невизначеності (принаймні, для громадськості) відносно розподілу обов'язків держслужб і доступності відомостей про джерела впливу, про стан навколишнього середовища і природних ресурсів. Ситуацію збільшують періодичні перебудови міністерств і відомств, їх злиття й поділи.

На регіональному рівні екологічний МНР і/або контроль звичайно ставиться в обов'язок:

- Комітету з екології (спостереження і контроль над викидами та скиданнями діючих підприємств).
- Комітету з гідрометеорології й моніторингу (імпактний, регіональний і частково фоновий моніторинг).
- Санітарно-епідеміологічній службі Мінздраву (стан робітників, селітбних і рекреаційних зон, якість питної води і продуктів харчування).
- Міністерству охорони навколишнього середовища та природних ресурсів (насамперед, геологічні та гідрогеологічні спостереження).
- Підприємствам, що здійснюють викиди і скидання в навколишнє середовище (спостереження й контроль над власними викидами і скиданнями).
- Різним відомчим структурам (підрозділам Міністерства аграрної політики та продовольства України, Міністерства екології та природних ресурсів України, Міністерство палива та енергетики України, підприємствам водно-каналізаційного господарства та ін.)

В ідеальному випадку система імпактного моніторингу повинна накопичувати й аналізувати детальну інформацію про конкретні джерела забруднення і їх впливи на навколишнє середовище. Але в ситуації, що склалася в Україні в системі МНР, відомості про діяльність підприємств і про стан середовища в зоні їх впливу по більшій частині усереднені або засновані на заявах самих підприємств. Більша частина доступних матеріалів відбиває характер розсіювання забруднюючих речовин у повітрі й у воді, установлений за допомогою модельних розрахунків і результати вимірів (щоквартальних – по воді, щорічних або більш рідких – по повітрю). Стан НС досить повно описується лише у великих містах і промислових зонах [2, 4, 6, 7].

В області регіонального моніторингу спостереження ведуться в основному Гідрометом, що мають розгалужену мережу, а також деякими відомствами (агрохімслужба Мінагрополітики, водно-каналізаційна служба й ін.) И, нарешті, існує мережа фонового МНР, здійснюваного в рамках програми МАВ (Man and Biosphere).

Практично не охопленими мережею спостережень залишаються малі міста й численні населені пункти, переважна більшість дифузійних джерел забруднення. Моніторинг стану водного середовища,

організований, насамперед, Гідрометом і, певною мірою, санітарно-епідеміологічними (СЕС) і комунальними (Водоканал) службами, не охоплює переважна більшість малих рік. У той же час відомо, що забруднення більших рік у значній частині обумовлене внеском розгалуженої мережі їх припливів і господарською діяльністю у водозборі. В умовах скорочення загального числа постів спостережень очевидно, що держава в цей час не має у своєму розпорядженні ресурси для організації скільки-небудь ефективної системи моніторингу стану малих рік.

Таким чином, на екологічній карті ясно позначені «білі плями», де систематичні спостереження не проводяться. Більше того, у рамках мережі державного екологічного моніторингу відсутні передумови до їхньої організації в цих місцях. Саме ці «білі плями» можуть (а часто і повинні) стати об'єктами суспільного екологічного моніторингу. Практична орієнтація моніторингу, концентрація зусиль на місцевих проблемах у комбінації із продуманою схемою і коректною інтерпретацією отриманих даних дозволяють ефективно використовувати наявні в громадськості ресурси. Крім того, ці особливості суспільного моніторингу створюють серйозні передумови для організації конструктивного діалогу, спрямованого на консолідацію зусиль усіх учасників.

Лекція 13

РОЗРОБКА ПРОГНОЗІВ ЗМІНИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

13.1. КЕРУВАННЯ ГЕОЛОГІЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Дана функціональна підсистема МНР являє собою складний комплекс спеціальних наукових розробок, головним завданням яких є з'ясування перспектив розвитку природно-технічних геосистем під впливом багатофакторного техногенного навантаження.

Найважливіші способи наукового обґрунтування керування геологічним середовищем – опис (аналіз), пояснення (діагноз) і пророкування (прогноз) – становлять три основні функції кожної наукової дисципліни, а отже, і геоecології. Прогноз не є лише інструмент поганого обґрунтування. Його практичне значення зводиться до можливості підвищення ефективності прийнятих розв'язків. Прогнозування не зводиться до спроб угадати деталі майбутнього (хоча в деяких випадках це суттєво) [2, 4, 5, 9].

Прогнозист виходить із діалектичної детермінації явищ майбутнього, з того, що необхідність пробиває собі дорогу через випадковості, що до явищ майбутнього потрібний імовірнісний підхід з урахуванням широкого набору можливих варіантів. Тільки при такому підході прогнозування може бути ефективно використане для вибору оптимального варіанта при обґрунтуванні мети, плану, програми. Прогнози повинні передувати планам, містити оцінку ходу, наслідків виконання (або невиконання) планів, охоплювати все, що не піддається плануванню, розв'язку. Прогноз і план різняться способами оперування інформацією про майбутнє. Імовірнісний опис можливого або бажаного – це прогноз. Директивний розв'язок щодо можливого або бажаного – це план. Прогноз і план можуть розроблятися незалежно друг від друга. Ґрунтуючись на даних положеннях загальної прогностики, розглянемо особливості еколого-геологічного прогнозування при реалізації програм моніторингу.

Прогноз – це науково засноване передбачення типів і видів руху ГСР (реалізованих у вигляді прояву геологічних, гідрогеологічних, геохімічних, біологічних і ін. процесів), пов'язаних з його еволюцією. Ціль еколого-геологічного прогнозування – визначення напрямків розвитку геосистем, шляхів і методів охорони й раціонального використання середовища, зниження або ліквідації наслідків екологічної кризи. При цьому провідними проблемами є визначення механізму дестабілюючих процесів, міграції забруднювачів, а також динаміки природних і техногенних процесів, що змінюють стійкість геосистем.

Таким чином, для керування ГСР необхідно оперувати широким спектром прогнозів – гідрогеологічних, гідрогеохімічних, екологічних, ландшафтних, а також інженерно-геологічних прогнозів, які є по своїй спрямованості головними в розглянутій області еколого-геологічних досліджень.

По ступеню невизначеності прогнози ділять на імовірнісні й детерміновані. Ступінь невизначеності забезпечується кількістю і якістю інформації про прогнозований об'єкт. Прогноз геологічних об'єктів базується на використанні природно-технічних геосистем, що розвиваються в результаті іманентних і трансцендентних впливів.

За часом попередження прогнози діляться на наддовгострокові, довгострокові, середньострокові й короткострокові. По обсягах прогнозованого геологічного простору – глобальні, регіональні, детальні та локальні.

Прогноз ендегенних геологічних процесів базується на комплексі знань по будові і розвитку глибоких обріїв літосфери та їх взаємодії з ГСР, а також на емпіричному досвіді, що характеризує параметри прояву цих процесів (землетрусу, сучасні тектонічні рухи). Прогноз землетрусів ґрунтується на використанні переважно непрямих методів. Найбільш перспективна щодо цього методика використання гідрогеологічних провісників за результатами спостережень за зміною рівнів підземних вод у глибоких обр'їях, пов'язаних з формуванням гідрогеодеформаційних полів.

Прогноз екзогенних геологічних процесів базується на застосуванні різних методів, що дозволяють із заданою точністю визначити місце, час і масштаб прояву процесу [3-5, 9]. При цьому досліджуються структура ГСР, природа й характер трансцендентних впливів, установлюються комплекси зв'язків, інфраструктура й ієрархія системи, вери-

фікація прогнозних моделей. При прогнозуванні екзогенних геологічних процесів необхідна висока точність прогнозу для розв'язку завдань керування в рамках геосистем. Основні прогнозовані процеси – зсуви, селі, ерозія, абразія, карст, осідання, підтоплення й ін.

13.2. МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЯВУ ПРОЦЕСУ

Представимо прогнозу методика на прикладі найбільш складного й розповсюдженого екзогенного процесу – зсувів. Імовірний прогноз зсувів – аналіз різних факторів і умов, що відбивають ступінь ризику й імовірність активізації процесу при вихіднім і проєктованім техногеннім навантаженні. Застосовуються методи геодинамічного потенціалу і Байоса, сутність яких полягає в аналізі різних умов і факторів, що дозволяють при їхньому угрупованні й формуванні еталонних навчальних вибірок розрахувати ймовірність гравітаційних явищ. Для деяких типів зсувів зрушення, розвинених у глинах, можливе застосування стандартних програм, за допомогою яких визначається швидкість зсувних деформацій на короткий період (1-2 року).

Широко використовуються методи прогнозування зсувів неглибокого закладення в глинах, що характеризуються пластичним плином, коли зсуви плинні розглядаються як автокореляційний процес заданої періодичності, пов'язаної з режимом зволоження. Ця методика полягає в розрахунках за результатами режимних спостережень періодичності катастрофічної активізації й уведенні цієї періодичності у формулу Фур'є (ряд Фур'є) при використанні рядів опадів і зсувів.

Локальний прогноз зсувів може бути реалізований у процесі виконання натурного моделювання. При цьому задаються вихідні параметри, у результаті чого можлива прогнозна оцінка зсувного об'єкта із заданою точністю.

Метод імовірнісних зсувів базується на виставі про можливість розрахунків зсувного зсуву за результатами оцінки взаємозв'язки висоти й закладення схилу. Метод дозволяє прогнозувати зсуви, що розвиваються в однакових умовах.

Локальний прогноз карстового процесу полягає в можливості проєкування умов і параметрів провалотворення на підставі комплексу експериментальних і режимних спостережень у певній карстовій обстановці. При цьому необхідні поглиблені дослідження основних параметрів водообміну, гідрохімічних характеристик підземних вод і інтен-

сивності карстової денудації, як головних критеріїв активності цього екзогенного геологічного процесу. Таке вивчення повинне охоплювати фонову обстановку й безпосередньо період техногенної активізації (відкачку, мультитрасування підземних вод і ін.).

Таким чином, прогнози геологічних процесів відбивають концепцію вибору таких видів діяльності, які локалізують або виключають можливість розвитку геологічних процесів, що ускладнюють нормальне функціонування природно-технічних геосистем. Реалізація цих прогнозів здійснюється шляхом складання спеціалізованих прогнозних карт, карт активізації умов розвитку, розрахункових схем, графіків активності, математичних, натурних і лабораторних моделей.

Гідрогеологічні прогнози являють собою науково обгрунтоване передбачення умов і факторів природної й техногенної зміни гідрогеологічної обстановки в межах виділованих геосистем. Ці зміни можуть бути викликані експлуатацією водоносних об'єктів, їх забрудненням, зміною умов харчування і т.д. Передбачаються наступні типи й методи прогнозування гідрогеологічних обстановок: прогнози режиму підземних вод, їх запасів, створення постійне діючих балансових моделей, моделей гідрогеологічних об'єктів (водозаборів, їх груп і т.д.) [3, 5, 7].

Таким чином, у прогнозах знаходять своє відбиття зміни якості й динаміки підземних вод. Відповідно гідрогеологічні прогнози діляться на геофільтраційні й геоміграційні. Найбільш розроблені в науково-методичнім відношенні геофільтраційні прогнози з використанням аналогових і чисельних моделей. В основі переважного числа прогнозних завдань перебуває дослідження планових моделей, які формалізовані двомірними лінійними рівняннями геофільтрації. Для їхнього розв'язку використовується аналітичний апарат, заснований на принципі суперпозиції й інтегральних перетворень.

Найбільш складні прогнози нелінійних процесів (напірно-безнапірна фільтрація, виснаження водоносних шарів та ін.). Аналітичні розв'язки тут, як правило, некоректні, тому основна увага приділяється їхньому чисельному моделюванню з використанням повільно-збіжних, повністю неявних різницевих схем.

Таким чином, для еколого-геологічного МНР прогноз режиму підземних вод доцільно розглядати в рамках зміни рівнів ґрунтових вод, що в значній мірі залежить від режиму опадів і техногенної зміни гідрогеологічної обстановки. У загальному виді для реалізації зазначеної

програми геофільтраційні прогнози повинні ґрунтуватися на принципах оцінки водозниження при водовідборі й зміні режиму й балансу водоносних об'єктів і комплексів. Прогнозуючи специфіку гідрогеологічної обстановки в рамках системи «людина – геологічне середовище», представляється можливим:

- визначити умови впливу підземної гідросфери на геосистеми;
- виявити особливості зміни цих умов при різному ступені техногенної завантаженості й характері освоєння територій;
- обґрунтувати період оптимального функціонування геосистем з позицій геоєкології.

Важливість забезпечення вірогідності й надійності геофільтраційних прогнозів у тому, що підземна гідросфера є таким компонентом ГСР, який успішно піддається керуючим впливам.

Погіршення якості підземних вод – одна з найважливіших екологічних проблем, пов'язаних з наслідками техногенезу. Зміна складу підземних вод – це наслідок інтенсивного забруднення як хімічного, так і теплового. У свою чергу це впливає на інтенсивність протікання геологічних процесів, обумовлених трансцендентними взаємодіями геосистем і підземної гідросфери. Дослідження динаміки зміни якості підземних вод, а потім і керування їх якісним складом повинні базуватися на результатах геоміграційних прогнозів.

Відомо, що якість міграційних прогнозів залежить від рівня інформації, що дозволяє коректив, але й з максимальною детальністю схематизувати досліджувану область геологічного простору. Особливо це важливо для схематизації процесів тепло- і масопереносу, які зводяться до оцінки допустимості:

- зневаги кінетиною тепло- і масообміну шляхом їхнього відбиття в узагальнених ємнісних параметрах;
- передумови того, що міграція окремих компонентів розчину взаємно незалежна й окисно-відновна обстановка по ходу міграційного процесу незмінна;
- відомості розрахункової моделі до однієї зі згаданих раніше асимптотичних розрахункових схем макродисперсії;
- розуміння мірності моделі переносу до двомірної або одномірної.

Гідрологічні прогнози стосовно до завдань комплексного еколого-геологічного МНР ГСР служать підставою для розробки комплексу за-

ходів, спрямованих на поліпшення умов життєдіяльності людини при посиленні техногенного впливу. Тому доцільно об'єднання геофільтраційних і міграційних прогнозів у рамках єдиного прогнозу розвитку гідросфери при заданих параметрах техногенних впливів.

Інформація, що надходить із системи контролю, повинна забезпечувати прогнозні розробки по наступних напрямках: прогноз трансцендентних природних і штучних факторів, прогноз розвитку біоценозів і ландшафтів, прогноз іманентних природних і штучних умов і факторів.

13.3. ПРОГНОЗУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНІЧНИХ ГЕОСИСТЕМ

Геоекологічні прогнози розглядають природно-технічні геосистеми з позицій виявлення екологічних ситуацій (глобальних, регіональних, локальних і т.д.). Дані прогнози стосуються оцінки умов взаємодії людини й суспільства із природним середовищем, ступені й характеру існуючого й проєктованого техногенного навантаження. Принципова новизна таких оцінок полягає в об'єднанні в рамках загальної розробки традиційних геологічних прогнозів з екологічними, тобто характеристичі певної області геологічного простору як «екологічної ніші», гомеостаз якої порушується наступними взаємодіями:

- механіко-хімічними, коли порушуються структура й властивості літосфери, гірські породи дробляться й переміщуються з попутним утвором гелів і опадів;
- хімічними, обумовленими зміною гірських порід під впливом вод різної мінералізації й вступу різних хімічних сполук;
- органогенні, що відбуваються в умовах підвищених концентрацій різних речовин – продуктів рослинного й тваринного походження;
- субаеральними, що є результатом впливу забруднення атмосфери й поверхневої гідросфери;
- радіогідрогеохімічними, з якими в більших масштабах людство зіштовхнулося при ліквідації наслідків аварійних ситуацій на об'єктах ядерної енергетики, що є досить актуальним для України.

При розробці еколого-геологічних прогнозів необхідний постійний контроль над репрезентативністю прогнозних моделей і можливістю одержання некоректних, суб'єктивних оцінок. Вірогідність прогнозів обумовлена репрезентативністю моделей ГСР, умов і факторів, механізму її руху, екологічних ситуацій і т.д.

Прогнозну модель можна розглядати як похідну від методу прогнозування. У реалізації загальної цільової програми моніторингу особливий інтерес представляють моделі, що описують ті або інші процеси.

Функціональні моделі описують функції, виконувані основними складовими частинами системи (як керуючої, так і об'єкта керування). Найбільше часто використовується структурно-функціональна модель. Модель фізичного процесу визначає математичні залежності між змінними цього процесу й відповідно до його характеру можуть бути безперервними й дискретними за часом, детермінованими й статистичними, а по способу одержання аналітичними й експериментальними.

Прогнозні моделі за формою перекривають увесь діапазон сучасних видів моделей – від формальних математичних до імітаційних, експертних, людино-машинних, в основі яких лежить використання творчих особливостей людини.

Основні засоби опису ГСР, її руху при моделюванні:

1. словесний опис, застосовуване на вихідних етапах прогнозування;
2. графічна вистава інформації;
3. матриці талок-схеми як найбільш зроблений вид словесного опису, що передує застосуванню математичного апарата;
4. математичний опис (формули, операції над змінними, алгоритми);
5. програмний опис, здійснюваний безпосередньо перед уведенням інформації в ЕОМ.

Головна увага слід приділити графічній виставі й математичному опису, тому що еколого-геологічне прогнозування як методичну базу засноване на екстраполяції й інтерполяції; графічна інтерпретація моделей екстраполяції обґрунтовує вибір типу й виду математичного опису.

На даний час Ю.Г. Поляк розроблена група вимог до моделей, пропонованих при прогнозуванні:

- задоволення вимог повноти, адаптивності й еволюційності;
- дотримання вимог абстрактності, щоб допускати варіювання більшим числом змінних, але без перешкоди для надійності й практичної користі отриманого результату;
- задоволення умов, що обмежують час розв'язку завдання;
- модель повинна бути фізично здійсненою на даному рівні розвитку технічних засобів;

– забезпечення вступу корисної інформації про об'єкт у плані поставленого завдання.

Інформація повинна забезпечувати розрахунки значень цільової функції й пошук її екстремального значення. У якості цільової функції може виступати функція точності, вірогідності прогнозу; дотримання термінологічної чистоти; можливість перевірки відповідності досліджуваного об'єкта і його моделі.

У процесі розробки моделей таких складних об'єктів, як природно-технічні геосистеми, необхідно дотримувати наступних принципів, що визначають властивості моделі.

1 Компроміс між точністю моделювання й складністю моделі.

2 Баланс точності:

а) домірність між погрішністю моделювання й вихідною невизначеністю;

б) відповідність точностей окремих елементів моделі;

в) відповідність систематичної погрішності моделювання і випадкової погрішності при інтерпретації результатів;

г) паралельне моделювання конкуруючих результатів (варіантів).

3 Різноманітність елементів моделі, що дозволяє дотримувати принципів 1 і 2.

4 Наочність.

5 Блокова вистава:

а) необхідно знайти групи взаємозалежних елементів, які моделюються й описуються автономно;

б) визначення ролі й місця виділеного блоку в загальній моделі процесу;

в) дотримання вимоги мінімального обміну інформацією між блоками;

г) рахунок зворотних зв'язків (заміна блоку, що впливає на частину системи безліччю еквівалентів, які можна спростити, формалізувати і які не залежать від досліджуваної частини системи).

6 Спеціалізація моделей, коли можна використовувати малі умовні під-моделі для аналізу функціонування системи у вузькому діапазоні умов.

На підставі даних теоретичних передумов розглянемо особливості моделювання ГСР на прикладі регіонального рівня її розчленовування (рис. 13.1).

Одержання інформації про геологічний об'єкт	1. Прогноз ендогенних геологічних процесів
↓	
Обробка інформації	2. Прогноз екзогенних геологічних процесів
↓	
Вибір методів прогнозування	3. Гідрогеологічні прогнози
↓	
Прогнозування	4. Гідрохімічні прогнози
↓	
Коректування прогнозу	5. Геоморфологічні прогнози
↓	
Розробка основного й альтернативного розв'язку	6. Екологічні прогнози

Рис. 13.1. Блок-схема функціональної підсистеми прогнозування природно-технічних геосистем

Створення об'єктивних імітаційних моделей проводиться на базі даних, що дозволяють об'єктивно відбивати можливість реалізації методів контролю, прогнозу й керування. Пропонуємо розглянути наступні типи моделей:

- оглядові регіональні моделі ГСР для оцінки перспектив раціонального освоєння великих економічних районів або їх частин;
- регіональні моделі для оцінки перспектив освоєння окремого геоструктурного регіону або його частини в рамках адміністративної області;
- спеціальні моделі освоєння території великого промислового об'єкта;
- детальні моделі оцінки перспектив раціонального використання міських територій.

При використанні моделей можливе визначення наступних неоднорідностей: неоднорідність будови ГСР, просторова мінливість порід, природно-кліматична диференціація. Усі ці неоднорідності створюють невизначеності (природну, методичну, концептуальну, тимчасову, параметричну), подоланню яких повинні сприяти дослідження ГСР. Міні-

мізація даних видів невизначеностей виступає як загальна теоретична передумова для розробки методології керування розвитком ГСР.

При моделюванні ГСР необхідна оцінка геосистем за наступними критеріями:

- геоенергетичних показників рельєфу як похідних специфіки ГСР;
- просторово-тимчасової мінливості ГСР;
- закономірностей розвитку й поширення проявів рухів ГСР й умов техногенного впливу.

Лекція 14

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

14.1. ТЕОРІЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ ПОДІБНОСТІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ

Процедура моделювання – процес створення людиною відображення вивченої частини природного середовища, трансформованої в його логічне, математичне, фізичне або картографічну виставу. Моделювання має свою теоретичну основу. Такою основою служить теорія подоби й моделювання. Зіставляючи різні визначення поняття моделі, можна помітити, що всі вони в різній формі виділяють у якості головної властивості моделі її здатність відображати або відтворювати оригінал. Іншої істотною характеристикою моделей є те, що вони вибірково подібні (тобто подібні стосовно оригіналів лише в частині ознак). Із цього випливає ряд важливих особливостей моделей: виступаючи в якості носіїв виборчої подоби, моделі не можуть бути у всьому подібні оригіналу. Модель подібна системі, що моделюється, але вона обов'язково відрізняється від цієї системи.

Використання принципу виборчої подоби в моделях завжди має певну мету. Воно спрямоване на вивчення й прогноз тих властивостей, дослідження яких на об'єкті неможливо або зв'язане зі значними труднощами. Такі, наприклад, тектонічні й геодинамічні моделі, призначені для вивчення умов формування й прогнозування тектонічних і геодинамічних процесів, що формують дану структуру. При геодинамічним моделюванні досліджуванім предметом є геологічний об'єкт.

Моделювання – відтворення явища, процесу, утвору, системи, якщо воно виконане в пізнавальних і прогнозних цілях. Об'єктом випробувань і аналізу в моделюванні служать різноманітні моделі. Модель – це «евристичний (пізнавальний) заступник досліджуваного об'єкта», «матеріальна або уявна імітація реально існуючих систем», «ізоморфний заступник оригіналу», «об'єкт, дослідження якого подає інформацію, стерпну на інший об'єкт – прототип».

Модель – матеріальна або уявна категорія, між властивостями якої й властивостями геологічного процесу, явища або утвори є наближена подібність істотних і узагальнених характеристик, що допускають трансформацію властивостей моделі на об'єкт. Усі методи моделювання розділені на дві групи: матеріальні (фізичні) і уявні [3, 7, 10].

У матеріальнім моделюванні процес або явище відтворюється на матеріальних об'єктах, знайдених у природі (натурне моделювання), або на спеціально виготовлених лабораторних моделях. У класичному виді натурне моделювання є метод так званих «природних аналогів», який нерідко називають порівняльно-геологічним методом.

Природні аналоги – натурні моделі, є природними комплексами, особливості і поведінка яких у часі досить вивчені для того, щоб можна було встановити їхню аналогію (подібність) з іншими природними комплексами. У натурних моделях, якщо тільки доведена їхня подібність об'єкту прогнозу, відтворюються в неспотвореному виді геологічні процеси і явища, дія яких очікується на об'єкті прогнозу. У той же час натурні моделі є погано керованими моделями, хоча слабкість впливу компенсується більшою різноманітністю моделей.

У лабораторнім моделюванні моделі можуть конструюватися як зі спеціально підібраних матеріалів-еквівалентів, так і однакових з оригіналом порід. Прикладом останньої є лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей порід.

Використання всіх матеріальних (фізичних) моделей вимагає доказу їх наближеного або часткової подоби оригіналів. Ці докази зводяться до порівняння так званих «критеріїв подоби» (у подібних фізичних об'єктів критерії подоби повинні бути однаковими).

Серед уявних моделей виділяються математичні й символічні. У математичних моделях – формулах, алгоритмах відношення частин становить основний зміст кожної формули; у символічних – картах, колонках, розрізах – зберігаються ті ж взаємини між таксономічними одиницями – знаками, що відображають (що зображують) ті або інші геологічні утворення та їх властивості, їх прототипами в природі.

14.2. ПОДІБНІСТЬ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ЯВИЩ

Геологічні процеси і явища відрізняються від фізичних (теплових, фізико-хімічних, біохімічних і інших) процесів тим, що вони складаються з комплексу цих же процесів. При цьому ГП являють собою не

суму фізичних процесів і явищ, а їх діалектична комбінація, результатом якого є якісно нова форма руху матерії – геологічна. Геологічні процеси можуть бути порівнянні через геологічну подібність – як подібність геологічних рухів. Геологічна подібність характеризує подібність конкретних форм прояву геологічного руху: подібність геологічних процесів, явищ, утворів та ін. [3, 7, 10].

Більшість ГП діють протягом тривалого часу й на значних територіях (лише незначна кількість ГП можуть бути віднесені до короткострокових і локальних). Тривале протікання геологічних процесів, кількаразова зміна умов їх протікання приводить до виникнення «неоднорідності» в окремій крапці геологічного об'єкта й «однорідності» геологічного об'єкта в цілому. Наявність «неоднорідності» в окремій крапці геологічного об'єкта утрудняє виявлення його подоби. Але існування «однорідності» геологічного об'єкта в цілому дає можливість затверджувати про принципову можливість геологічної подоби.

«Подібними називаються ті геологічні процеси, явища й утвори, у яких подібність істотних, усереднених і узагальнених якостей супроводжується приблизно пропорційними змінами цих якостей або їх співвідношенням». Важливою особливістю геологічної подоби, пов'язаною з розглянутим принципом, є здійснення подібності істотних ознак при несхожості несуттєвих.

Моделювання геологічного об'єкта – формалізоване впорядкування його елементів у певній послідовності, із заданим ступенем адекватності, що відбиває досліджуваний геологічний об'єкт. Геологічні тіла як об'єкт дослідження й моделювання мають ряд особливостей. Створення об'єктивних імітаційних моделей геологічного об'єкта пов'язане з певними труднощами перевірки їх адекватності досліджуваному об'єкту. Однак алгоритмізація факторів, умов протікання геологічних процесів, створення бази даних дозволяє в достатній мері об'єктивно відбити геологічні об'єкти в рамках формованої моделі.

Недосконалість будь-якої моделі геологічного об'єкта (геодинамічної, інженерно-геологічної, сейсмоакустичної та ін.) може бути пояснене цілим рядом невизначеностей, на усунення яких і спрямовані проведені дослідження геологічних утворів. Такі невизначеності виражаються в тимчасових, параметричних, методичних, природних, концептуальних факторах і положеннях. Наявність невизначеностей викликана об'єктивними й суб'єктивними причинами. До об'єктивних

ставляться складність геологічних об'єктів і неможливість побудови моделі, що охоплює всі ГП й фізичні параметри, що характеризують усі рівні досліджуваних геологічних систем. Це приводить до побудови генералізованих моделей, що, природно, спотворює уявлення про об'єкт дослідження.

Подолання невизначеностей можливо шляхом коректного відображення, що протікають геологічних процесів, геологічної будови об'єкта дослідження й підвищення вірогідності оцінки його еволюції [3, 7, 10].

Формування регіональної моделі геологічного об'єкта передбачає деталізацію умов розвитку стратиграфічних комплексів як середовища розвитку геологічних процесів. При цьому важливо визначення мінералого-петрографічного й літологічного складу, структурно-текстурних особливостей, потужності окремих шарів та ін.

Методична невизначеність найчастіше проявляється в прогнозуванні. Незважаючи на значну кількість розробок у цій сфері, поки відсутні чіткі вистави про види й напрямки прогнозування залежно від цілей і конкретних завдань. Слабко розроблена теорія прогнозування відкритих геологічних систем. Відсутня єдина методична основа моніторингу ГСР. Така роз'єднаність у методичних підходах викликає значні труднощі при спробах збору розрізнених факторів і побудови моделі геологічного об'єкта.

Концептуальна невизначеність пов'язана з невірним або недостатньою виставою про геологічні й геодинамічні процеси, що приводить до невірного або неповному опису ГСР.

Тимчасова й просторова невизначеність викликана відсутністю достовірних відомостей про можливі зміни характеристичних параметрів геологічного об'єкта.

Моделювання дозволяє використовувати в різних варіантах інформацію про геологічний об'єкт для побудови прогнозів і виробленню рекомендацій з його раціонального використання. Геодинамічне моделювання припускає задану формалізовану впорядкованість умов, факторів і властивостей, що відбивають досліджуваний об'єкт.

Основними елементами геодинамічної моделі є: а) геологічні параметри; б) геофізичні параметри; в) структурні фактори; г) тектонічні фактори; д) літологічні параметри; е) інженерно-геологічні параметри.

Точність моделювання значною мірою залежить від досліджуваного обсягу геологічного простору й ступені вірогідності одержуваної

інформації. Моделювання геологічного об'єкта може проводитися на декількох рівнях: глобальному, регіональному, територіальному. При виникненні необхідності розв'язку конкретних завдань, моделювання виконується на спеціальному й локальному рівнях.

У нашій випадку представляється доцільним моделювання на регіональному рівні. Регіональна модель – комплекс умов, факторів і параметрів, які дозволяють на регіональному рівні (М 1:500 000, М 1:200 000) відбити геологічну обстановку для окремого регіону. У межах регіональної моделі можливе виділення спеціальної й локальної моделі, у рамках яких може бути розглянутий якийсь період оптимального функціонування геологічної системи із застосуванням математичних методів.

14.3. СИСТЕМНІ МЕТОДИ, ЇХ ПРИНЦИПИ ЗАСТОСУВАННЯ

Наука завжди вивчала системи, і використовувала системні методи. Системні дослідження мають тривіальний характер при аналізі просто організованих систем або гомогенних систем, що складаються з однакових або однорідних об'єктів одного рівня. Такими є багато об'єктів механіки, хімії. Тому у фізиці й хімії часто не акцентують увагу на системному аналізі, системному підході. Успішний розвиток математичного моделювання найпростіших систем викликав різного виду використання їх прийомів у науках про складні системи.

Організація – це сукупність форм, явищ і процесів, що визначають утворення й вдосконалення єдності різноманітних внутрішніх і зовнішніх властивостей і відносин об'єктів матеріального світу, їх стабільне функціонування й еволюцію.

Таке визначення поняття організації охоплює весь спектр систем матеріального світу, від елементарних частинок, полів, атомів, молекул, машин і механізмів (створених працею людини) до геологічних систем, планет, зірок, галактик, а також особливих типів матеріальних систем – живих матерій і соціально-організованих матерій (суспільств).

Нагадаємо, що системний аналіз дозволяє розрізнити матеріальні й абстрактні системи. Перші – системи неорганічної природи (фізичні, геологічні, хімічні та ін.) і живі системи (прості біологічні системи, організми, види, екосистеми); особливий клас матеріальних живих систем – соціальні системи (від простих соціальних об'єднань до соціально економічної структури суспільства). Абстрактні системи – понят-

тя, гіпотези, наукові знання про систему, мовні, формалізовані, логічні символи та ін. Приведене визначення поняття “організація” охоплює й матеріальні, і абстрактні системи. Воно має загальний характер.

Для системи важливі поняття “організація” і “структура”. Ці поняття дозволяють розкрити основні внутрішні властивості системи. Функціональна організація є найбільш інтегруючим аспектом по відношенню до теорії систем. Важливою задачею є визначення межі між системою й оточуючим середовищем.

Рішення проблем захисту еколого-геологічного середовища від негативних наслідків дії антропогенних чинників, а також проблем підвищення її раціонального використання пов’язані із завданнями управління геологічно-техногенними системами (ГТС).

Розробка методів побудови й аналізу теоретичних моделей ГТС є основним напрямом розвитку теорії геосистем стосовно рішення практичних завдань, витікаючи з проблем навколишнього природного середовища. Прогрес у рішенні таких проблем залежить від успіхів у розвитку теорії геосистем. Ця теорія створюється на базі теоретичних розділів наук про Землю й загальну теорію систем. Велике значення для її розвитку має використання методів, заснованих на застосуванні комп’ютерних технологій. Побудова емпіричних моделей – єдино можливий спосіб моделювання тихнув елементів ГТС, для яких не можна побудувати в даний година теоретичні моделі через відсутність відомостей про їх внутрішній механізм.

14.4 ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКОЛОГО-ГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Природні тіла існують не ізольовано, а в комплексі, по різному діючи один на один, що проявляється у вигляді певних сил. У ході еволюції на Землі виникли системи взаємодіючих тіл, явищ і процесів. Ці системи прийнято називати еколого-геологічними системами або геосистемами.

Оскільки проблеми захисту НС від негативних наслідків дії антропогенних чинників, рівно як і проблеми захисту людини від кризових і катастрофічних явищ у природі в даний година стають усі більш актуальними, ті їх зниження пов’язане із завданнями управління геосистемами. Геосистеми відносяться до класу складних систем, і управління ними необхідно здійснювати на підставі використання їх матема-

тичних моделей. Ці моделі повинні прогнозувати найближчі й віддалені наслідки різних природних і техногенних дій на геосистеми та давати оцінку результатів тихнув або інших впливів на геосистеми при реалізації проєктів перетворення НС.

Теоретичні моделі геосистем будуються на підставі узагальнення уявлень про окремі складаючі їх процеси і явища, ґрунтуючись на фундаментальних законах, що описують поведінку речовини й енергії. Теоретична модель описує абстрактну геосистему, і для первинного висновку її співвідношень не вимагається даних про спостереження над параметрами конкретної геосистеми. Модель будується на основі узагальнених уявлень про структуру геосистеми й механізм зв'язків між складаючими її елементами [2, 3, 5, 9].

У зв'язку з необхідністю рішення ряду проблем НС виникає питання про прогнозування майбутнього стану геосистем за допомогою математичних моделей. При цьому прогнозування на основі емпіричних і теоретичних моделей пов'язане з виробленням певних гіпотез і допущень.

Прогнозування стану об'єкту, для якого була сформована емпірична або теоретична модель, вимагає мати додаткові відомості про ті, що на період прогнозування цей об'єкт залишається подібним самому собі, тобто в ньому зберігаються структура й внутрішні зв'язки. Разом з тим при рішенні більшості проблем НС шляхом прогнозування розвитку геосистем умова їх тотожності не виконується (важко здійснимо). І ця обставина виключає можливість застосування для розрахунків стану таких геосистем емпіричних моделей.

14.5. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Умови взаємозв'язку сформованих закономірностей ГТС з геологічними процесами можуть бути зумовлені диференціацією геологічних процесів: а) комплекс геологічних процесів, пов'язаних з порушенням сили тяжіння масиву гірських порід (обвали, зсуви, селі); б) комплекс геологічних процесів, пов'язаних з розчиненням масиву гірських порід (карст); в) комплекс геологічних процесів, пов'язаних з осіданнями (просадочні явища); г) комплекс геологічних процесів, пов'язаних з розвитком землетрусів.

Просторово-часові закономірності розвитку певного еколого-геологічного процесу що контролюється наступними параметрами: середовищем розвитку процесу та умовами розвитку процесу. Будь-яка ГТС визначає розвиток конкретних еколого-геологічних процесів. Можливість або неможливість їх вияву в значній мірі обумовлює коректування господарської діяльності й вжиття заходів щодо їх запобігання.

Регулювання характеру техногенного навантаження визначається можливістю реалізації конкретних захисних заходів і виняткових розумів, при яких починаються безповоротні зміни в масиві гірської породи, при яких він може втратити свою стійкість. Втрата стійкості визначається можливістю переходу енергетичних показників масиву і його рущення, внаслідок чого можуть бути зруйновані технічні споруди.

Тимчасовий аспект організації НС відображає закономірності розвитку процесів і дій, що визначають підвищення її стійкості. Ускладнення структури в рамках НС визначається розвитком природних процесів, величина й швидкість яких контролюється, насамперед, енергетичними показниками ГС.

14.6. НЕОБХІДНІСТЬ ФОРМУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Розв'язання проблеми управління передбачається шляхом створення моделей ГС різного рівня. Методологічна суть моделей визначає комплекс дій і процедур, за допомогою яких на певний момент години представляється можливість досягнути оптимального впливу на ГС на завдань періоду. У цьому аспекті послідовність розв'язання проблеми управління характеризується в ідеальному варіанті поступальним цілеспрямованим впливом на ГС різними методами з метою запобігання розвитку оборотних і безповоротних процесів, які дозволяють на завданний термін забезпечити максимально використану корисну дію в межах територіального комплексу, що досліджується.

Необхідна розробка спеціальних методів теоретичних і експериментальних досліджень, розробка теоретичних основ моніторингу й моделювання в геодинаміку складних геологічних процесів і об'єктів. Щодо цього в розвитку екологічної геології лежать дві стратегічні установки:

– необхідність дотримувати, фіксувати, аналізувати геологічні факти на основі їх територіальної спільності й закону загальному взаємозв'язку;

– необхідність всебічно моделювати природні об'єкти і явища, уміти вибудувати ланцюжок моделей, що опираються на досвід вишукувань, проектування, будівництва й експлуатації різних споруджень.

При моделюванні необхідно рухатися як від часткового до загального, наприклад, від розрахункових схем і спеціалізованих моделей (тріщинуватості, міцності, деформованості і т.д.) до узагальненої моделі, так і у зворотному напрямку – від регіональної моделі еколого-геологічних умов до конкретної розрахункової моделі.

Основне місце в наукових поняттях екологічної геології займає модельну виставу еколого-геологічної обстановки. Під моделюванням в екологічній геології слід розуміти схематизована вистава (зображення) будови, стану й властивостей ГСР (геологічного об'єкта) у графічній, табличній, словесній або іншій формі, тобто у формалізованому виді. Еколого-геологічне моделювання повинне представляти (відбивати) спеціалізований геологічний простір, його дискретність і безперервність у вигляді інженерно-геологічних, геологічних характеристик і оцінок різних просторових об'єктів.

При вивченні геологічних об'єктів як геологічної підстави технічних об'єктів і споруджень нерідко виникає ситуація, коли природне поле напруг у результаті природних і техногенних процесів виявляється порушеним. Природно, схема розподілу напруг значно ускладнюється. Для того щоб максимально вірогідно розв'язати питання про напружений стан геологічних об'єктів і його зміні необхідно використовувати методику еколого-геологічної систематизації або схематизації. Системний підхід як особливий напрямок дослідження, орієнтований на вивчення характеристик складноорганізованих об'єктів, різноманіття зв'язків між їхніми елементами. Схематизація використовується у виробленні геомеханічної схеми природного процесу, що дозволяє застосувати для подальших досліджень математичні методи й моделювання. У зв'язку із цим, основними завданнями стають виділення головного, об'єктивного (не звертаючи уваги на другорядне) і схематизація загального; побудова ідеального варіанта для досліджуваного геологічного об'єкта. Таким чином, схематизація завжди пов'язана з узагальненням,

спрощенням для виділення головного відповідно до поставленого завдання [3, 5, 7].

Проведення еколого-геологічного моделювання також опирається на інженерно-геодинамічній схематизації, у процесі якої здійснюється формування еколого-геодинамічної схеми на підставі генералізованого геологічного розрізу основні властивості, що враховує всі, гірських порід. Схематизація завершується виробленням геологічної схеми, у якій формалізовані ознаки й властивості, які зв'язані між собою у вигляді логічної або математичної моделі. Підставою для такої моделі може служити геодинамічна модель ГСР, вироблена з урахуванням напруженого стану гірських порід, як у межах геодинамічних зон, так і в межах досліджуваного еколого-геологічного об'єкта.

Лекція 15

МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ ЗМІН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

15.1. СПОСТЕРЕЖЛИВІ МЕРЕЖІ І ПРОГРАМИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Основою системи збору інформації про ГСР в ході МНР становлять так звані мережі спостережень. Мережі спостережень МНР ГСР мають забезпечити всебічний збір достовірної інформації про середовище в цілому і його окремих елементах. Вірогідність, надійність первинної інформації в системі МНР – основна запорука успіху подальшого вивчення й оцінки стану об'єктів ГСР, ПТС і прийняття в остаточному підсумку вірних прогнозів.

Виходячи із цього, до спостережень у системі МНР пред'являються досить високі вимоги, а їх проведення повинне ґрунтуватися на ретельних методичних проробленнях і науковому обґрунтуванні. Зокрема, правила вивчення режиму і якості підземних вод повинні бути погоджені з вимогами ведення Державного водного кадастру по підземних водах, а також ув'язані із загальнодержавною службою спостережень і контролю над рівнем забруднення об'єктів зовнішнього середовища. Залежно від використовуваних засобів спостережень вони можуть бути наземними (безпосередніми) або дистанційними. Залежно від призначення в моніторингу ГСР використовують чотири основні групи спостережень: інвентаризаційні, ретроспективні, режимні й методичні [3, 5-7, 9].

Інвентаризаційні спостереження (від слова «інвентаризація» – підрахунок наявного в наявності на даний момент) проводяться досить рідко, через тривалий строк, для того щоб або оцінити початковий стан ГСР, або оцінити багаторічні зміни ГСР. Інвентаризаційні спостереження, як правило, містять у собі набір трудомістких або дорогих методів спостережень за об'єктами ГСР, які не можуть часто використовуватися або входить до складу режимних спостережень. Ці спостереження но-

сять характер інвентаризації на певний період і можуть проводитися із черговістю одного разу на рік, або на 2-3 роки й більше. До складу інвентаризаційних спостережень апріорі включаються найбільш консервативні елементи ГСР, для яких свідомо можна припустити низьку швидкість зміни, у тому числі й техногенного. З іншого боку, інвентаризаційні спостереження організують на заповідних територіях, де техногенні зміни відсутні або повільно проявляються. У цьому випадку інвентаризаційні спостереження дають можливість установити так звані «фонові» значення показників ГСР, не піддані техногенному впливу.

Ретроспективні спостереження (від слова *«ретроспекція»* – погляд у минуле, звертання до минулого) становлять другий вид натурних спостережень, використовуваних у моніторингу ГСР. Ретроспективні спостереження спрямовані на виявлення тенденцій розвитку ГСР або її компонентів і встановлення закономірностей їх змін. Ретроспективні спостереження, доповнені інтерпретацією, становлять основу для розв'язку прогностичних завдань у МНР ГСР. Вони проводяться по особливій програмі, складеній з обліком установлених для даного компонента ГСР тенденцій розвитку або зміни. Головна умова при постановці ретроспективних спостережень – забезпечення надійної інформації, достатньої й необхідної для складання того або іншого прогнозу.

По строках і періодичності проведення ретроспективні спостереження можуть бути різними залежно від того, наскільки велика швидкість зміни того або іншого елемента ГСР.

Режимними стаціонарними спостереженнями називаються спостереження за динамікою процесів і явищ на спостережливих стаціонарах – спостережливих ділянках, крапках, пунктах – з метою виявлення їх закономірностей і обумовленості. Вони відбивають певні тимчасові (щорічні, сезонні, щомісячні, добові й ін.) коливання в системі спостережуваних об'єктів і процесів. Режимні спостереження в загальній методиці інженерно-геологічних досліджень становлять певний, самостійний і поважний вигляд геологічних робіт, який входить як частина спостережень і в МНР ГСР.

Із самого початку режимні спостереження націлені на розв'язання прогностичних завдань, на те, щоб одержати можливість передбачити й прогнозувати тенденцію й масштаб розвитку тих або інших процесів і явищ. Це також зближає режимні спостереження з МНР ГСР.

Режимні спостереження за розвитком процесів і явищ у часі при інженерних вишукуваннях звичайно виконують з метою:

1. одержання їх якісних і кількісних характеристик і оцінок;
2. установлення закономірностей розвитку процесів і явищ і виявлення причин, їх зумовлюючих;
3. попередження небезпечних і катастрофічних проявів процесів;
4. складання прогнозу розвитку процесів і небезпечних явищ;
5. обґрунтування необхідних заходів щодо охорони ГСР, забезпеченню стійкості споруджень, життя й діяльності людей, керуванню геологічними процесами і явищами в потрібному для людини напрямку.

Ця ж мета входить і в програму моніторингу геологічного середовища і геолого-техногенних систем.

При проектуванні, будівництві й експлуатації споруджень і господарським використанні територій найчастіше виконуються наступні види режимних стаціонарних спостережень:

1. метеорологічні й гідрологічні;
2. гідрогеологічні;
3. геотермічні;
4. за деформаціями мас гірських порід на схилах, в укосах, на зсувних ділянках, у підземних виробленнях і котлованах;
5. за опадами й деформаціями споруджень;
6. за швидкістю й характером розвитку процесів вивітрювання, ерозії, абразії, обдимання гірських порід, за їхнім фізичним станом і іншими процесами і явищами.

Усі ці спостереження також входять у систему моніторингу ГСР.

На різних стадіях інженерних вишукувань роль режимних стаціонарних спостережень неоднакова. Основний їхній обсяг роблять на стадії детальних досліджень. Вони доповнюють інші види геологічних робіт і тому забезпечують повне й детальне вивчення інженерно-геологічних умов при розв'язку тих або інших інженерних завдань. У невеликих обсягах їх виконують іноді на стадіях попередніх і рекогносцирувальних досліджень, а також при додаткових вишукуваннях для обґрунтування робочих креслень і дуже часто в період експлуатації споруджень і територій у відмінності від інших видів геологічних робіт. У цьому полягає одна з характерних рис режимних стаціонарних спостережень. Остання обставина найбільш тісна зближає режимні стаціонарні спостереження з МНР ГСР.

Таким чином, перегляд існуючих мереж режимних спостережень в Україні – одна з найважливіших проблем становлення моніторингу ГСР. Важливо найбільше оптимально використовувати вже наявну режимну мережу й органічно «уплести» її в структуру моніторингу ГСР.

Методичні спостереження становлять четверту групу спостережень у системі МНР ГСР Вони спрямовані на вдосконалювання методів МНР або на створення нових. Методичні спостереження часто передують режимним або ретроспективним для коректування або уточнення програм спостережень. З їхньою допомогою встановлюються найбільш оптимальні строки контролю спостережуваних систем і їх періодичність. Особливо велика роль методичних спостережень на початковій стадії організації спостережливої мережі МНР ГСР.

15.2. ПРОГРАМИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Для кожної мережі спостережень при організації функціонуючої системи моніторингу розробляються програми спостережень. Вони повинні дати вичерпні відповіді на запитання: що, де, чому (як), з якою частотою й періодичністю спостерігати? Розробка програм спостережень являє собою складний творчий процес, від якого багато в чому потім буде залежати надійність одержуваної інформації. Програма спостережень входить як одна з найважливіших методичних складових частин у загальну цільову програму моніторингу ГСР. За своєю формою програма спостережень складається у вигляді практичного методичного посібника зі спостережень на даній конкретній території моніторингу ГСР [5, 7, 9, 10].

Відповідь на перше запитання «що спостерігати?» дається в програмі спостережень виходячи з конкретного об'єкта моніторингу і його рангу. Спостереження ведуться насамперед за параметрами або елементами, що є ведучими для даної системи, що визначають її характерні властивості й функціонування, а також найбільш значимими в екологічному плані. Виходячи із цього вибирається найбільш оптимальний комплекс інженерно-геологічних, гідрогеологічних і геокріологічних та інших показників. Залежно від набору компонентів ГСР виділяють наступні спостереження за:

- складом, станом і властивостями ґрунтів, гірських порід, техногенних ґрунтів;
- підземними водами (режим, динаміка, гідрохімія і т.д.);

- рельєфом (техногенна змінність, мінливість, розчленованість, динаміка і т.д.);
- природними геологічними процесами (ендогенними, екзогенними);
- інженерно-геологічними процесами і явищами;
- процесами взаємодії інженерних споруджень і ГСР (опадами споруджень, стійкістю, станом фундаментів, витоками техногенних вод і т.п.).

Установивши набір показників для спостережень, питання "де спостерігати?" вирішується трохи простіше, оскільки кожний показник однозначно пов'язаний з яким-небудь конкретним елементом ГСР або його частиною. Це питання багато в чому вирішується подібно з вибором систем випробування при інженерно-геологічних, гідрогеологічних або геокріологічних дослідженнях. Кожна крапка спостережень являє собою одиничний пункт одержання інформації, а їх комплекс – систему пунктів одержання інформації (СПОІНФ). Теорія планування й розбивки СПОІНФ-ів у межах тих або інших об'єктів ГСР всебічно розроблена Г.К. Бондариком. Головне в її організації – облік характеру просторової мінливості об'єктів ГСР, мінливості зонально-кліматичних факторів, а також джерел техногенного впливу. Аналіз мінливості показників забруднення ГСР повинен проводитися з обліком можливих міграційних шляхів забруднень джерела: атмосферних по вітру, атмосферних з опадами, поверхневих поточними водами, підземних ґрунтовими водами і т.д.

Для аналізу поверхневих забруднень ГСР й поширення забруднень по вітру досліджується так звана роза вітрів – графік напрямків вітру на конкретній території (рис. 14.1).

Напрямок вітрів на графіку позначається лінією із вказаними сторонами світу, звідки надходять повітряні маси на дану територію. Зрозуміло, що «язики» поверхневих забруднень будуть розташовуватися в протилежному напрямку. Роза вітрів будується звичайно за багаторічними даними для року, півріччя і т.д. по 8 (або 16) румбам на підставі щодобових метеорологічних спостережень. Враховуючи число виникнення вітрів за щодоби по кожному румбу (а також дні штилю), обчислюють їхній відсоток від загального числа змін за період спостереження й становлять графік (див. рис. 14.1). Для цього від центру по напрямкові румбів відкладають в умовному масштабі відрізки ліній, кінці яких з'єднують ламаною лінією.

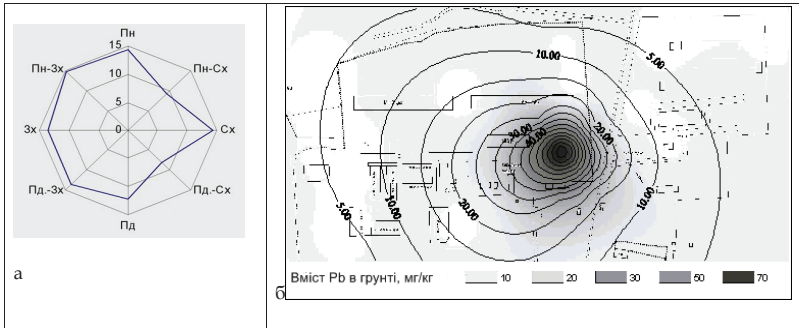


Рис. 14.1. Роза вітрів з перевагою північного, північно-східного, східного і південно-західного напрямків вітрів (а) і ореол забруднення свинцем (мг/кг) поверхні ґрунту навколо промислової зони (б).

Шляхи міграції забруднень поверхневими водами аналізуються на основі особливостей рельєфу й напрямків поверхневого стоку території. Міграція забруднень у потоці підземних вод аналізується на основі дослідження карт гідроізогіпс й інших гідродинамічних карт.

При цьому слід мати у виді, що МНР спрямований як на контроль ділянок із квазістаціонарним станом ГСР, так і на виявлення до цього невідомих небезпечних ділянок, процесів і т.д. У зв'язку із цим методика обґрунтування розміщення точок режимних і інших спостережень як найважливішого компонента МНР включає два аспекти класифікації: типів і елементів ГСР, що підлягають специфічному контролю; джерел і факторів техногенних збурювань із наступним виділенням зон сукупного впливу.

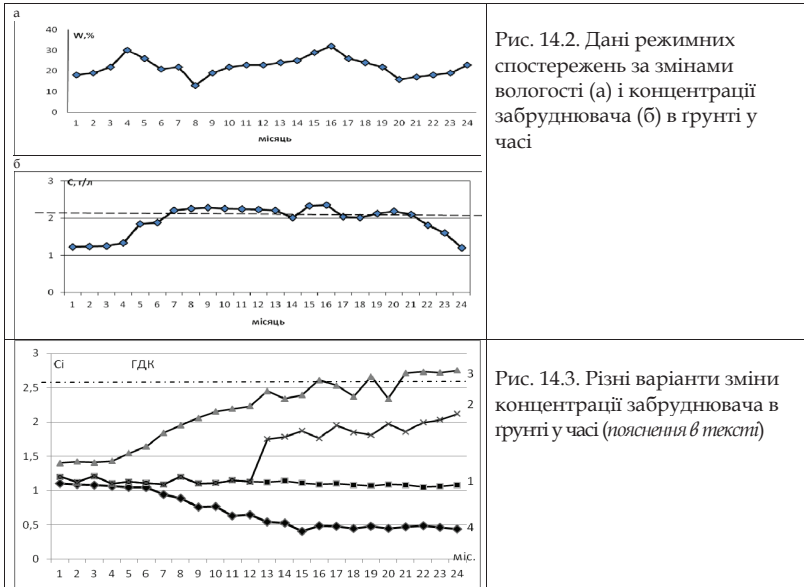
Перший аспект передбачає районування території за умовами виникнення й розвитку геологічних і інженерно-геологічних процесів і явищ. Другий аспект припускає проведення спеціального районування території з виділенням типів факторів техногенезу, що визначають специфічні зміни ГСР. На основі цієї двоаспектної типізації локалізуються в просторі зони потенційного виникнення інженерно-геологічних процесів, виділяються ділянки загального й спеціального МНР, намічаються райони детальних спостережень і т.д.

Відповідь на запитання «чому спостерігати?» звичайно вирішується найбільше просто, оскільки технічна база спостережень у цей час достатнє широко розроблена. У якості технічних засобів спостережень

використовуються прилади й устаткування як для дистанційних, так і для наземних спостережень. Головною проблемою при цьому є добір найбільш оптимального комплексу автоматизованих технічних засобів з обліком їх надійності, вартості, економічності і т.д. [3, 5, 7, 9].

Надзвичайно важливим є відповідь на запитання «з якою періодичністю і частотою спостерігати?» Розв'язання цього питання визначається обліком тимчасової мінливості ГСР та його об'єктів, а також тимчасовим режимом функціонування техногенних об'єктів. Часто буває неможливо відразу правильно вибрати режим спостережень (частоту вимірів, періодичність і т.д.) через недостатню первинну інформацію про той або іншому об'єкті. У цьому випадку проводяться методичні дослідження або по закінченні якогось часу вносяться коректування в програму спостережень, яка поступово уточнюється й у міру роботи системи МНР стає усе більш оптимальною. На рис. 14.2 показані графіки режимних спостережень за зміною природної вологості (а) і концентрації забруднювача (б) у ґрунті по місяцях протягом двох років. Із графіка випливає, що зазначені параметри міняються по сезонах року циклічно з певними періодами, які дозволяють установити періодичність спостережень за умови, що режим існування даного ґрунту буде залишатися таким же. При цьому слід мати у виді, що при даному режимі в деякі місяці забруднення можуть перевищувати ГДК, а в інші періоди залишатися нижче ГДК (див. рис. 14.2). Таким чином, якщо проводити добір проб на забруднення випадковим образом, можна одержати помилкові результати. Аналогічні періодичні залежності можуть бути встановлені й для багатьох інших параметрів і елементів ГСР, що свідчить про певну циклічність багатьох природних процесів.

Однак при техногенному втручанні в ГСР правильна періодичність тих або інших параметрів може мінятися досить складним образом, що залежить від режиму техногенного втручання. При цьому можуть спостерігатися три можливі випадки зміни параметрів, показані на рис. 14.3. Крива 1 відбиває періодична зміна показника C_i у природних умовах. При техногенному впливі, що почав позначатися в VI місяці, хід кривої C_i різко змінився (крива 2). Крім цих випадків можуть мати місце й варіанти монотонної зміни показників з тенденцією їх зменшення (крива 4) або збільшення (крива. 3) як, наприклад, у випадку нагромадження забруднень. Відзначені особливості зміни властивостей елементів ГСР в часі повинні враховуватися при розробці програм спостережень,



Спостережливі мережі в межах ГСР формуються в певному тривимірному просторі. Залежно від масштабу досліджень або рангу моніторингу ГТС спостережливі мережі бувають детальні, локальні, регіональні або національні. Вони охоплюють певні площі – так звані спостережливі полігони відповідного рівня. Спостережливі полігони можуть включати всю досліджувану територію або тільки її частина. В останньому випадку спостереження ведуть або на досвідчених майданчиках, обладнаних відповідним чином, або на еталонних ділянках, геологічна будова яких відбиває лише який-небудь один характерний елемент ГСР.

Нижчою структурною одиницею ієрархічної системи спостережень МНР ГТС є *точка спостереження* (точка добору проб ґрунту або ґрунту, джерело, колодязь, шпара й т.п.). Наступний рівень – *пост спостереження* (гідрогеологічний, геокріологічний, інженерно-геологічний, геофізичний і т.п.), що полягає у випадку гідрогеологічних спостережень із групи поетажно обладнаних спостережливих шпар. Пост звичайно забезпечує яку-небудь одну групу спостережень, а у випадку комплексного застосування методів спостережень (наприклад, гідрогеологічних і геофізичних) переростає в спостережливий полігон.

У межах спостережливого полігона обладнається система спостережливих шпар і експериментальних майданчиків, призначених для вивчення конкретних інженерно-геологічних, гідрогеологічних і геокріологічних явищ і процесів.

Залежно від таксономічного рангу спостережливого полігона на них вирішуються різні завдання. Полігони нижчого рангу – *детальні полігони спостереження*, призначені для розв'язку різних вузьких завдань збору первинної інформації на ділянках, типові умови яких відповідають опорному полігону.

Опорний полігон відповідає локальному рівню досліджень і обладнається на типовому (опорному) ділянці, що характеризує яку-небудь таксономічну одиницю інженерно-геологічного типологічного районування. У принципі в системі моніторингу всі виділювані при районуванні таксономічні одиниці повинні бути оснащені опорними спостережливими полігонами. Однак у ряді випадків (для таксономічних одиниць, що не відчувають техногенних впливів, стійких ділянок і т.п.), а також з метою економічності деякі таксономічні одиниці районування можуть забезпечуватися лише детальними спостережливими полігонами або постами, або навіть точками. На опорних спостережливих полігонах виявляються основні закономірності й механізми розвитку тих або інших процесів, проводиться найбільш повний комплекс спостережень.

15.3. ФОНОВІ ПОЛІГОНИ – ТЕРИТОРІЇ, НЕ ПОРУШЕНІ ТЕХНОГЕННИМИ ВПЛИВАМИ

Різновидом опорних полігонів є так звані фонові полігони, або полігони для збору фонові інформації на території, не порушеної техногенними впливами. При відсутності фонових показників завдання прогнозування змін ГСР значно ускладнюється. Питання про вибір місця для облаштуваності фонового полігона не завжди вирішується просто. Особливо складно виявити ділянки для оцінки фонових показників у межах урбанізованих територій і районів з великим техногенним навантаженням. На території суши Землі площа незмінених або незначно змінених людиною земель постійно скорочується й зараз становить усього близько 15% площі суши, 30% території становлять частково перетворені землі й 55% території, інтенсивно змінені й використовувані людиною. На регіональному рівні досліджень як таких ділянок для

оцінки фонових значень показників може використовуватися існуюча в Україні мережа біосферних заповідників і заказників, яка включена в систему глобального моніторингу природного середовища. Біосферні заповідники або заказники різного рангу є практично у всіх адміністративних районах України. Сукупність ряду опорних полігонів утворює регіональний спостережливий полігон. Такі полігони дозволяють устанавлювати найбільш загальні регіональні закономірності зміни ГСР на всій території [2, 5-7, 9].

Спеціальні спостережливі полігони створюються для спостережень за якими-небудь негативними процесами на різних відповідальних або унікальних спорудженнях. Складність таких споруджень (наприклад, гідровузла, АЕС і т.п.) обумовлює проведення особливих захисних інженерних заходів і, відповідно, особливих спостережень, проведених по спеціально складеній програмі. У зв'язку із цим у системі МНР ГСР спеціальні полігони виділяються в окремий вид. Дослідно-методичний полігон у системі МНР ГСР виконує роль іспитового. На відміну від опорних ділянок на дослідно-методичних полігонах проводиться перевірка й відпрацювання всіляких методів контролю й збору первинної інформації за елементами ГСР або ГТС, проводяться натурні експерименти, спрацьовуються моделі і т.д. Методичні-дослідно-методичні полігони, крім того, створюються для розв'язку проблемних завдань МНР. Дослідницькі полігони служать для короточасних (на період вишукувань) досліджень і режимних спостережень у системі МНР. Дослідження на них ведуться відповідно до діючих нормативних документів. Такі полігони створюються на початкових стадіях формування спостережливої мережі МНР, на стадіях попередніх досліджень і т.п.

Основою всякого полігона в системі МНР є добре й правильно обладнана наземна спостережлива мережа, технічну базу якої становить відповідна вимірювальна апаратура, що й реєструє. Виділяється кілька головних умов її успішного функціонування:

1. автономність роботи приладів (наявність автономних джерел енергозабезпечення) з малою споживаною потужністю;
2. безперервність роботи вимірювальних засобів (датчиків) протягом тривалого часу (5 років і більш);
3. автоматизація процесу вимірів і передачі в АІС або збереження зібраної інформації;

4. комплектація засобів вимірів (використання меншого числа приладів для фіксації можливо більшого числа параметрів).

Для спостережливої мережі МНР використовується як серійна інженерно-геологічна, гідрогеологічна, геокріологічна і геофізична апаратура, а також створювана спеціально з обліком зазначених вище умов. На ряді цих полігонів уперше в Україні були застосовані канадські автоматизовані прилади: автономні вимірники температури активного шару в комплексі з логерами (блоками пам'яті) і автоматизована метеостанція. Логери, сконструйовані розраховуючи на надзвичайно низьке споживання енергії, мають суттєво більш тривалий строк автономної роботи (до одного року) у порівнянні з іншими аналогічними приладами. Подібна високоефективна й економічна спеціальна апаратура застосовується і в інших системах МНР.

Склад спостережень визначається в цілому типом ГСР з урахуванням різних джерел техногенного впливу на даній території й може бути площинним (проводитися по всій площі), лінійним (наприклад, по лінії геофізичного або геогідрогеологічного профілю) або точковим (розрізана спостережлива мережа, розосереджена по площі). Методами моніторингу, є фотозйомка (ФЗ), телевізійна (ТЗ), інфрачервона (ІЧР), радіотеплова (РТ), радіолокаційна радарна (РЛР) і багатозональна зйомка (БЗЗ). Практично всі ці методи корисні при оцінці техногенних змін.

Лекція 16

УПРАВЛІННЯ І СИСТЕМНА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

16.1. ПОНЯТТЯ ДЕРЖАВНОГО КЕРУВАННЯ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Поняття державного керування в галузі охорони навколишнього природного середовища є похідним від поняття державного керування в цілому. Під останнім розуміють певний вид діяльності органів держави, яка має виконавчий характер, що й пропонує, полягає в організуючому впливі на суспільні відносини шляхом застосування державно-владних повноважень.

Державному керуванню властиві всі ознаки виконавчої влади. З обліком цього державне керування в галузі охорони навколишнього природного середовища є видом діяльності органів виконавчої влади по реалізації внутрішньої й зовнішньої екологічної політики держави, її внутрішньої та зовнішньої екологічних функцій [4, 5, 10].

Керування в галузі охорони навколишнього природного середовища – урегульовані правовими нормами суспільні відносини, у яких реалізується діяльність державних органів, органів місцевого самоврядування, суспільних об'єднань, спрямована на забезпечення ефективного використання природних ресурсів, охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, юридичними і фізичними особами, дотримання екологічного законодавства, попередження екологічних правопорушень, і захист екологічних прав громадян.

Об'єктом керування являються суспільні відносини в галузі суспільства і природного середовища, що не підвладні законам розвитку суспільства.

Це керування здійснюється на принципах, передбачених Конституцією України, Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (Введено в дію Постановою ВР України 1268-ХІІ (1268-12) від 26.06.91), природоресурсними й іншими актами екологічного законодавства, а також законодавство, по яким регулюється діяльність органів державного керування в цілому.

16.2. МЕТА І ЗАВДАННЯ КЕРУВАННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯМ В УКРАЇНІ

Метою державного керування в даній галузі відповідно до Закону України « Про охорону навколишнього природного середовища» є реалізація екологічного законодавства, контроль, за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних і комплексних заходів, по охороні навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів, досягнення погодженості дій державних і суспільних органів, у галузі охорони навколишнього природного середовища (Закон України «Про охорону навколишнього...» ст. 16).

Мета і завдання керування природокористуванням досягаються виконанням державними й іншими органами ряду функцій, тобто видів діяльності, які необхідні для оптимальної організації раціонального використання й охорони природних об'єктів або навколишнього середовища в цілому. Особливістю такого керування є його диференціація переважно за видами природних ресурсів, незалежно від того, у яких галузях суспільного виробництва вони використовуються. Тому види й зміст цих функцій щодо кожного природного об'єкта впливають із соціальних, екологічних і природно наукових вимог щодо організації його використання й охорони. Вимоги закріплюються у відповідних правових нормах екологічного законодавства.

Органами державного керування, які здійснюють ці функції, є: Кабінет Міністрів України, центральні органи виконавчої влади і їх територіальні підрозділи, місцеві державні адміністрації, а також органи виконавчої влади сільських, селищних і міських рад, яким делеговані певні повноваження органів державного керування в галузі охорони навколишнього природного середовища.

Ці суб'єкти відрізняються один від іншого масштабом, напрямками, характером діяльності, з обліком чого здійснюється розмежування їх повноважень. За територіальним масштабом діяльності суб'єкти державного керування в галузі охорони навколишнього природного середовища розділяють на загальнодержавні і місцеві.

Загальнодержавними органами державного керування є: Кабінет Міністрів України, міністерства, і інші центральні органи виконавчої влади. На ці органи покладається формування й реалізація національної екологічної політики, розробка й здійснення загальнодержавних екологічних програм, прийняття, у випадках і в порядку, передбачених законами, нормативно правових актів з питань охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів.

До місцевих органів державного керування належать: Рада міністрів Автономної Республіки Крим, районні й обласні державні адміністрації, виконавчі органи сільських, селищних, міських рад, територіальні підрозділи центральних органів виконавчої влади (зокрема, підлегли: Міністерству охорони навколишнього середовища та природних ресурсів України – державне керування екологією і природними ресурсами в областях, містах Києві й Севастополі, Державна інспекція охорони Чорного моря; Держкомзему України – обласні, районні, міські керування (відділи) земельних ресурсів; Держводгоспу України – обласне керування по меліорації й водному господарству і басейнові керування водних ресурсів; Міністерству охорони здоров'я України – санітарно епідеміологічні служби АР Крим, областей, районів, міст Києва й Севастополя, міст, з районним поділом і таке інше). Ці органи забезпечують реалізацію національної екологічної політики з урахуванням екологічних інтересів населення областей, районів, міст, селищ, сіл, при прийнятті рішень щодо розвитку продуктивних сил, розміщення, реконструкції, будівництва виробничих та інших господарських об'єктів, надання дозволів на спеціальне природокористування та будь-яких інших питань економічного й соціального розвитку відповідних територій.

За характером, напрямками роботи, повноваженнями розрізняють органи державного керування в галузі охорони навколишнього природного середовища загальної, спеціальної, функціональної та галузевої компетенції.

Органами загальної компетенції, тобто органами, для яких повноваження з питань охорони навколишнього природного середовища є лише складовими загальних повноважень щодо розв'язку питань економічного й соціального розвитку держави й окремих регіонів, є Кабінет Міністрів України, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, виконавчі органи сільських, селищних, міських рад у межах делегованих повноважень органів державного керування в галузі охорони навколишнього природного середовища.

16.3. УПРАВЛІННЯ ГЕОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ І СЕРЕДОВИЩЕМ

Для оцінки і прогнозу еколого-геологічних змін, їх запобігання і ухвалення рішень по управлінню процесами необхідна розробка науково-обґрунтованої методики еколого-геологічних досліджень, створення принципової схеми і реалізація її на основі аналізу інформації

про будову системи, техногенні навантаження на неї, зміни, проблемні еколого-геологічні ситуації. Одноразові остаточні рішення по управлінню неможливі, оскільки процеси, проблеми і дослідники знаходяться в розвитку; тому потрібне систематичне відстежування динаміки параметрів ГТС в ході її розвитку, тобто МНР. Програма МНР може бути ефективна в тому разі: якщо чітко визначені параметри системи, що вимагають контролю.

Модель управління об'єктом відтворює причинні зв'язки між елементами ГТС, які утворюють декілька ієрархічних рівнів. Відбираються керовані чинники і серед них ті, регуляція яких може дати найбільший ефект на виході. Функціонування моделі управління такою системою може базуватися на методології аналізу ризику. Створення моделі оптимальної ГТС (для забезпечення основи моделі управління об'єктом) є стратегічним завданням екологічної геології. Під оптимальною при цьому розуміється система, що зберігає або поліпшує свої, принаймні геодинамічну і геофізико-геохімічну функції при мінімально необхідних витратах енергії, засобів і праці.

Системний аналіз, використовуваний практично у всіх науках, особливо актуальний і для екологічної геології. Без використання цього методу неможливий розгляд вельми специфічного об'єкту як ГТС, не можна оцінити, здійснити прогноз еколого-геологічного розвитку в просторі і в часі, розробити програму управляючих рішень. Системний аналіз має декілька підходів або декілька аспектів дослідження еколого-геологічної системи: таксономічний (класифікаційний), структурний, субстратний, динамічний, функціональний, геологічний, історичний. Системний підхід дозволяє проаналізувати всю гамму причинно-наслідкових зв'язків, що формують структуру ГТС і розробити програму досліджень, що взаємозамінюються, спеціальними методами окремих наук (геології, географії, медицини, біології, економіки, соціології і т.д.). У методах конкретних наук, що привертаються для вирішення еколого-геологічних проблем, широко використовуються методи математики, фізики, хімії, екології, що є по суті своїй загальнонауковими. Застосування того або іншого методу цих наук обумовлюється конкретними цілями досліджень. Без використання методів математики, фізики, хімії неможливо отримувати і аналізувати будь-які наукові факти.

Розв'язання проблеми управління передбачається шляхом створення моделей ГС різного рівня. Методологічна суть моделей визначає комплекс дій і процедур, за допомогою яких на певний момент часу

представляється можливість досягнути оптимального впливу на ГС на заданий період. У цьому аспекті послідовність розв'язання проблеми управління характеризується в ідеальному варіанті поступальним цілеспрямованим впливом на ГС різними методами з метою запобігання розвитку оборотних і безповоротних процесів, які дозволяють на заданий термін забезпечити максимально використану корисну дію в межах територіального комплексу, що досліджується.

Міра техногенного навантаження визначається характером та інтенсивністю впливу. При реалізації моніторингу ГС і створення моделей необхідно розглядати систему “людина – ГТС”, в рамках якої і здійснюються всі побудови моделей управління ГСР і характером антропогенної діяльності. В системі, що розглядається, функціонують два елементи: активний елемент – людина, яка постійно впливає на ГСР, і саме ГСР, яке є об'єктом впливу людини. Основна мета при організації управління ГСР – моніторинг – це економічно виправдане і безаварійне функціонування існуючих ГТС при винятку негативних наслідків у зв'язку з розвитком геологічних процесів і ГТС.

Для організації моніторингу побудова моделі ГСР повинна відобразити умови, що визначають еволюцію ГС:

- геологічні умови територіального комплексу, що досліджується (геологічна будова, інженерно-геологічні умови, тектонічний режим);
- кліматичні параметри ГТС (територіального комплексу), їх режим і прогнозу оцінку;
- геоморфологічні умови і ґрунтово-рослинний шар;
- гідрогеологічні особливості ГТС;
- характер і параметри техногенного впливу на ГС.

Еколого-геологічний МНР визначається як заранне спланована у часі і просторі система спостережень, оцінки і прогнозу стану ГСР, які із заданою закономірністю повторюються. Система еколого-геологічного МНР включає дві основні підсистеми: а) спостереження за станом середовища і факторами, які його визначають; б) моделювання і прогнозування еколого-геологічних наслідків.

Під моніторингом прийнято розуміти систему повторних спостережень НС з визначеними цілями у відповідності з підготовленою програмою. Моніторинг – це інформаційна система, що включає збір даних шляхом спостережень, аналіз зібраних результатів, проведення оцінки стану НС, розробку прогнозу її розвитку. Моніторинг – система, що включає прямі і зворотні зв'язки. Збір первинної інформації в значній

мірі визначається кінцевою метою або характером прогнозу, який має бути отримано шляхом проведення досліджень. Разом з тим, для того, щоб прогнозувати хід розвитку стану ГС і НС в цілому, необхідно розпоряджатися достовірною і представницькою інформацією по різних параметрах, які характеризують стан середовища. А щоб організувати збір первинної інформації необхідно в першу чергу розробити науково обґрунтовану системну концепцію МНР конкретного регіону чи території [2, 4, 5, 7, 9].

Для того, щоб була можливість прогнозувати поведінку екологічного стану середовища, необхідно забезпечити збір даних по основних параметрах, що характеризують стан НС. Разом з тим, заздалегідь необхідно виконати еколого-геологічне районування регіону (останнє може бути проведене по природно-економічних чинниках). Це, мається на увазі, по характеру геологічної будови, видам рельєфу, ландшафту, характеру водоносних горизонтів і поверхневого водостоку, антропогенній дії, що включає і розробку корисних копалини, і спорудження техногенних об'єктів.

Враховуючи всю сукупність перерахованих чинників, повинна бути спланована потреба у видах зйомки, масштаб і періодичність їх проведення з метою отримання всієї сукупності даних, що характеризують поведінку ГТС. На підставі всієї сукупності отриманих даних, після відповідної обробки і аналізу, можна прослідкувати хід розвитку ГТС і видати рекомендації по ухваленню превентивних заходів по підтримці метастабільного стану НС в регіоні.

16.4. МЕТОДИКА УЗАГАЛЬНЕННЯ ІНФОРМАЦІЮ ПО ІЄРАРХІЧНИМ РІВНЯМ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Характер і механізм узагальнення інформацію по екологічній обстановці в її русі по ієрархічним рівням системи екологічного моніторингу визначаються з допомогою поняття інформаційного портрета екологічної обстановки. Останній є сукупність графічно представлених просторово розподілених даних, які характеризують екологічну обстановку на певній території, спільно з картоосновною місцевості.

Розв'язна здатність інформаційного портрета залежить від масштабу використовуваної картооснови. При русі екологічної інформації від локального рівня (місто, район, зона впливу промислового об'єкту й

т. буд.) до федерального масштаб картооснови, на які ця інформацію наноситися, збільшується, отже, змінюється що дозволяє здатність інформаційних портретів екологічної обстановки різними ієрархічних рівнях екологічного моніторингу. Так, на локальному рівні екологічного моніторингу в інформаційному портреті повинні може бути всі джерела емісій (вентиляційні сурми промислових підприємств, випуски стічні води т. буд.). На регіональному рівнях близько розташовані джерела впливу «зливаються» до одного групового джерела. Внаслідок цього на регіональному інформаційному портреті невеличкий місто з кілька десятків емісій виглядає однотайно локальним джерелом, параметри якого визначаються за даними моніторингу саме джерел.

На державному рівні екологічного моніторингу спостерігається ще більше узагальнення просторово розподіленої інформації. Як локальних джерел емісії в таких межах можуть зайняти позицію промислові райони, досить великі територіальні осередки. При переході від однієї ієрархічного рівня до іншого узагальнюється як інформація про джерела емісії, а й інші дані, що характеризують екологічну обстановку.

При розробки проекту екологічного моніторингу необхідна наступна інформація:

- джерела надходження забруднюючих речовин у навколишнє довкілля – викиди забруднюючих речовин, в атмосферу промисловими, енергетичними, транспортними та інші об'єктами;
- скиди стічні води у водні об'єкти; поверхневі змиви забруднюючих і біогенних речовин, у поверхневі води суші та моря;
- внесення на земну поверхню і (чи) у ґрунтовий шар забруднюючих і біогенних речовин разом з добривами та отрутохімікатами при сільськогосподарської діяльності;
- місця поховання й складування промислових і комунальних відходів; техногенні аварії, що призводять викидання в повітря небезпечних речовин і (чи) розливу рідких забруднюючих і найнебезпечніших речовин тощо;
- переноси забруднюючих речовин – процеси атмосферного перенесення; процеси перенесення і міграції у воднім середовищі;
- процеси ландшафтно-геохімічного перерозподілу забруднюючих речовин – міграція забруднюючих речовин по ґрунтовому профілю рівня ґрунтових вод;
- міграція забруднюючих речовин по ландшафтно-геохімічному сполученню з урахуванням геохімічних бар'єрів, біохімічний круговорот, тощо;

– дані про стан антропогенних джерел емісії – потужність джерела емісії й місце розташування його, гідродинамічні умови надходження емісії в навколишню середовище.

Технології єдиного екологічного моніторингу (ЄЕМ) охоплюють розробку і використання коштів, систем і методів спостережень, оцінки й вироблення рекомендацій та управляючого впливу на природно-техногенну сфері, прогнози її еволюції, Енерго-екологічні й технологічні характеристики виробничої сфери, медико-біологічні і санітарно-гігієнічні умови існування й біоти. Комплексність екологічних проблем, їх багатоаспектність, найтісніша зв'язку з ключовими галузями економіки, оборони та забезпеченням захисту здоров'я та переможи добробуту населення вимагає єдиного підходу до вирішення проблеми.

Структуру єдиного екологічного МНР можна визначити сферами отримання, обробки ґрунту і відображення інформації, сферами оцінки ситуації та прийняття рішень.

Структурними ланками будь-якої системи єдиного екологічного МНР є:

- вимірювальна система;
- інформаційна система, куди входять у собі бази й банки даних правової, медико-біологічної, санітарно-гігієнічної, техніко-економічної спрямованості;
- системи моделювання та оптимізації промислових об'єктів;
- системи поновлення і прогнозу полів екологічних і метеорологічних факторів;
- система прийняття рішень.

16.5. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЯК ОСНОВНИЙ ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Система єдиного екологічного моніторингу передбачає як контроль стану довкілля та здоров'я населення, а й можливість активного на ситуацію. Використовуючи верхній ієрархічний рівень єдиного екологічного МНР (сфера прийняття рішення), і навіть підсистему екологічної експертизи й оцінки впливу на довкілля, з'являється можливість управління джерелами забруднення на основі результатів математичного моделювання промислових об'єктів чи регіонів. (Під математичним моделюванням промислових об'єктів розуміється моделювання технологічного процесу, включаючи модель на навколишню середовище.)

Система єдиного екологічного моніторингу передбачає розробку дворівневих математичних моделей промислових підприємств із різної глибиною пророблення.

Перший рівень забезпечує детальне моделювання технологічних процесів з урахуванням впливу окремих параметрів на навколишню середовище.

Другий рівень математичного моделювання забезпечує еквівалентну моделювання основі спільних показників роботи промислових об'єктів і рівня їхнього впливу на довкілля. Еквівалентні моделі необхідно мати насамперед рівні адміністрації регіону, з метою оперативного прогнозування екологічної обстановки, і навіть визначення розміру витрат за зменшення кількості шкідливих викидів в оточуючій середовищі.

Моделювання поточну ситуацію дозволяє собі з достатньої точністю виявити осередки забруднення й виробити адекватне котра управляє вплив на технологічному й економічним рівнях.

При практичній реалізації концепції єдиного екологічного МНР треба говорити: про показниках точності оцінки ситуації; про інформативності мережі (систем) вимірів; про необхідність розділення (фільтрації) деякі складові (фонові і окремо від різних джерел) забруднення з кількісної оцінкою; про можливість обліку об'єктивних і суб'єктивних показників. Дані завдання вирішує система поновлення і прогнозу полів екологічних та метеорологічних факторів.

16.6. МОНІТОРИНГ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

16.6.1. Методи ведення моніторингу і міська опорна мережа спостережень

Ведення МНР міського середовища повинне здійснюватися по єдиній методології з дотриманням принципу взаємної сумісності інформації, заснованої на застосуванні єдиної державної системи координат, висот, картографічних проєкцій, єдиних класів фіксаторів, кодів, системи одиниць, вхідних і вихідних форматів.

Для одержання необхідної інформації при здійсненні МНР міського середовища основними методами служать:

- наземні зйомки й спостереження, у тому числі спеціальні й із застосуванням геодезичних інструментів;
- дистанційне зондування (аерофотознімання, космічна, телевізійна й теплова зйомки й спостереження).

Крім того, умовно в якості самостійного методу виділяють сучасний і ретроспективний аналіз даних, одержуваних у результаті інвентаризації земель, перевірок, обстежень, контрольно-ревізійної роботи.

Перераховані методи відносять до макрометоду власне МНР середовища. Крім того, при оцінці окремих аспектів стану середовища застосовують спеціальні методи розрахунків різноманітних показників, що характеризують їх. Це – мікрометоди, використовувані при веденні МНР. Їхнім багато, відповідно до числа показників. Докладно вони вивчаються в курсах спеціальних дисциплін. У якості прикладів можна назвати ваговий метод визначення вологості ґрунтів при аналізі підтоплення земель; метод буравлення при аналізі формування техногенних ґрунтів; атомно-абсорбційний, спектрофотометричний і газохроматографічний методи визначення змісту хімічних забруднюючих речовин у повітрі, водах, ґрунтах.

Різнманітні фіксуємі показники моніторингу визначаються з різних точок, що залежить від характеру конкретних спостережень, періодичністю. Спостереження при веденні моніторингу міського середовища можуть бути, із цієї позиції, базовими (вихідні спостереження, що фіксують стан об'єктів спостереження на момент початку ведення моніторингу); оперативними, або черговими (систематичні спостереження, що фіксують стан об'єктів спостереження на теперішній момент); періодичними (проведеними через певний проміжок часу – тиждень, місяць, рік і т.д.); ретроспективними (проведеними до моменту початку ведення моніторингу).

По територіальнім охопленню території спостереження підрозділяються на реінвентаризаційні, режимні й спеціальні.

Реінвентаризаційні спостереження – це періодичні спостереження, що охоплюють усю спостережувану в процесі МНР територію. При цьому використовується стандартний перелік найбільш стійких, консервативних характеристик середовища. Такі спостереження можуть використовуватися в якості базових. Реінвентаризаційні спостереження можуть здійснюватися в режимі повторного картографування. Суть повторного картографування полягає в періодичнім відновленні яких-

небудь конкретних відомостей і нанесенні їх на карту певного масштабу за певною схемою пробовідбору.

У загальному випадку при веденні МНР, наприклад, земель застосовують чотири основні схеми пробовідбора. Перша з них – румбічна мережа – застосовується у випадку характеристики негативних процесів, що мають точкові джерела виникнення (наприклад, імпульсне хімічне забруднення, радіозабруднення). Лінійна мережа застосовується у випадку характеристики негативних процесів, що мають протяжні джерела виникнення (наприклад, шумове забруднення уздовж залізничних і автомагістралей). Упорядковані мережі застосовуються у випадку характеристики негативних процесів, що мають поширення по всій території міста або його великих частин (підтоплення, регіональне хімічне забруднення).

До режимних спостережень ставляться безперервні стаціонарні спостереження за окремими показниками, що ведуться на репрезентативні (представницьких) полігонах, стаціонарних ділянках і пунктах спостережень. При цьому фіксуються найбільш динамічні, високозмінні, характерні для даного міста (регіону) показники.

До спеціальних спостережень відносять ті, які забезпечують вибір найбільш інформативних показників для забезпечення моделей оцінки й прогнозу стану середовища. При цьому застосовуються методи суцільного обстеження, основного масиву, вибіркового обстеження й детального обстеження ключових, тобто типових у певних відносинах, ділянок.

Спостереження в системі моніторингу міського середовища здійснюються організаціями ряду міністерств і відомств. Мережа спостережних пунктів, полігонів і постів цих організацій, називаних організаціями – власниками моніторингової інформації, становить опорну мережу спостережень служби моніторингу.

Список використаної літератури

1. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста / АН СССР; Ред. колл. А. Л. Яншин, С. Р. Микулинский, И. И. Мочалов; сост. М. С. Бастракова и др – М.: Наука, 1988. – 520 с.
2. Голодковская Г.А, Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных регионов. – М.: Недра, 1989. – 220 с.
3. Елишин В.К, Трофимов В.Т. Литомониторинг – система контроля и управления геологической средой // Теорет. основы инж.геол. Социально-экономические аспекты. М.: Недра, 1985. – С. 243-250.
4. Ерофеев Б.В. Экологическое право Украины. Учебник. Издание второе, переработанное и дополненное. М.: Юрист. 1996.
5. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. Учебник / Под редакцией В.Т.Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.
6. Трофимов В.Т., Королев В.А., Герасимова А.С. Классификация техногенных воздействий на геологическую среду // Геоэкология. – 1995. – № 6. – С. 28– 46.
7. Трофимов В.Т., Герасимова А.С., Красилова Н.С. Устойчивость геологической среды и факторы ее определяющие // Геоэкология. – 1994. – № 2. – С. 18– 36.
8. Чернобыльская катастрофа /НАН Украины; Гл. ред. Барьяхтар В. Г. – К.: Наук. думка, 1995. – 197 с.
9. Экологические проблемы урбанизированных территорий / Ан-типов А.Н. (ред.). – 1998. – 200 с.
10. Monitoring of Geological Disposal – Current Status and Technical Possibilities // S. Torata, K. Fukuoka, T. Sugiyama *et al.* -Radioactive Waste Management Funding and Research Center (RWMC) – 2005. – P. 45

ЗМІСТ

В С Т У П	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	4
ЛЕКЦІЯ 1. МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ	
1.1. Вступ у курс «Моніторинг геолого-техногенних систем»	5
1.2. Структура, задачі і принципи організації системи моніторингу геолого-техногенних систем.	5
1.3. Загальна структура моніторингу геолого-техногенних систем	7
1.4. Структура автоматизованої інформаційної системи – АІС	10
1.5. Основні принципи системності при формуванні системи моніторингу	15
1.6. Практична реалізація проблеми моніторингу геолого-техногенних систем.	16
ЛЕКЦІЯ 2. ГЕОЛОГІЧНА СИСТЕМА ЯК ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ	
2.1. Організація моніторингу геолого-техногенних систем	19
2.2. Загальна схема типізації геолого-техногенних систем.	21
2.3. Провідні системи моніторингу геолого-техногенних систем	22
ЛЕКЦІЯ 3. ПРИРОДНІ СИСТЕМИ У МОНІТОРИНГУ ГЕОТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ, ПРИНЦИПИ ЇХ ФОРМУВАННЯ	
3.1. Динаміка й сучасний стан геологічного середовища	25
3.2. Управління геотехногенними системами	26
3.3. Структура, завдання і принципи організації системи моніторингу геолого-техногенних систем	29
3.4. Основи методики керування геолого-техногенних систем	32
3.5. Літомоніторинг – важливий елемент системи охорони природного середовища	33
ЛЕКЦІЯ 4. СИСТЕМНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ГЕОСФЕРИ ПЛАНЕТИ ЗЕМЛЯ У КЛАСИЧНІЙ НАУЦІ	
4.1. Сучасна структура моніторингу природних систем і геолого-техногенних систем.	36
4.2. Теоретичне обґрунтування моніторингу геологічного середовища	37
ЛЕКЦІЯ 5. СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОСФЕР	
5.1. Динаміка й сучасний стан геологічного середовища	41
5.2. Системне вирішення проблем раціонального природокористування	44

5.3. Структура, завдання й принципи організації системи моніторингу геолого-техногенних систем	46
5.4. Принципи керування геологічним середовищем	49

ЛЕКЦІЯ 6. ГЕОЛОГІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Умови взаємодії просторово-часових закономірностей геосистеми із геологічними процесами	51
6.2. Провідні підсистеми моніторингу геологічних систем	53
6.3. Організація системи контролю геолого-техногенних систем	55
6.3.1. Основні підсистеми контролю геолого-техногенних систем об'єктів АЕС	56
6.3.2. Атмогеохімічний контроль	56

ЛЕКЦІЯ 9. ГЕОХІМІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

9.1. Формування геохімічного рівня організації геологічного середовища.	60
9.2. Основи еколого-геохімічних досліджень	62
9.3. Екологічна функція літосфери	65
9.3.1. Якісна геохімічна оцінка	66
9.3.2. Кількісна геохімічна оцінка	67
9.4. Системна організація геохімічних сфер	68

ЛЕКЦІЯ 8. МІНЕРАЛЬНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

8.1. Формування мінерального рівня організації геологічного середовища.	71
8.2. Хімічний склад мінералів	73
8.3. Структура мінералів і поліморфізм	74
8.4. Системна організація мінералів в геологічному середовищі	75

ЛЕКЦІЯ 9. ГІРСЬКОПОРІДНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

9.1. Формування гірськопорідного рівня організації геологічного середовища.	78
9.2. Системний підхід у дослідженні еволюції магматичних порід	81
9.3. Генетичні зв'язки природних рядів гірських порід	82

ЛЕКЦІЯ 10. ГЕОФОРМАЦІЙНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

10.1. Формації в геологічному середовищі	85
10.2. Формаційні класифікації	88
10.3. Ієрархія формаційних комплексів	91

ЛЕКЦІЯ 11. ОСНОВИ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННИХ ВПЛИВІВ НА ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

- 11.1. Сутність оцінки існуючих або можливих техногенних впливів на геологічне середовище 94
- 11.2. Оцінки ступеня забруднення геологічного середовища . . . 99
- 11.3. Група інженерно-геологічних критеріїв 102

ЛЕКЦІЯ 12. ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННА СИСТЕМА ЯК ОБ'ЄКТИ УПРАВЛІННЯ У СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ

- 12.1. Організація моніторингу геолого-техногенних систем у просторі і часі 107
- 12.2. Наукове обґрунтування системної концепції моніторингу 108
- 12.3. Класифікація екологічного моніторингу 110
- 12.4. Глобальна система моніторингу навколишнього середовища 111
- 12.5. Система Державного екологічного моніторингу 112
 - 12.5.1. Регламентация державних спостережень у мережі моніторингових спостережень 114
- 12.6. Недоліки в системі екологічного моніторингу 114

ЛЕКЦІЯ 13. РОЗРОБКА ПРОГНОЗІВ ЗМІНИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

- 13.1. Керування геологічним середовищем 117
- 13.2. Методи прогнозування прояву процесу 119
- 13.3. Прогнозування природно-технічних геосистем 122

ЛЕКЦІЯ 14. МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

- 14.1. Теорія геологічної подібності та моделювання 127
- 14.2. Подібність геологічних процесів і явищ 128
- 14.3. Системні методи, їх принципи застосування 131
- 14.4 Основні закономірності організації еколого-геологічних систем 132
- 14.5. Просторово-часова організація геологічного середовища 133
- 14.6. Необхідність формування моделей геологічного середовища 134

ЛЕКЦІЯ 15. МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ ЗМІН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

- 15.1. Спостережливі мережі і програми спостережень 137
- 15.2. Програми спостережень 140
- 15.3. Фонові полігони – території, не порушені техногенними впливами 145

ЛЕКЦІЯ 16. УПРАВЛІННЯ І СИСТЕМНА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

16.1. Поняття державного керування в галузі охорони навколишнього природного середовища	148
16.2. Мета і завдання керування природокористуванням в Україні	149
16.3. Управління геологічними системами і середовищем	150
16.4. Методика узагальнення інформацію по ієрархічним рівням системи екологічного моніторингу	153
16.5. Геоінформаційні системи як основний елемент системи моніторингу	155
16.6. Моніторинг міського середовища	156
16.6.1. Методи ведення моніторингу і міська опорна мережа спостережень	156

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. 159

Навчальне видання

Чепіжко Олександр Валентинович

МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

Конспект лекцій

для студентів IV курсу геолого-географічного факультету
спеціальності 7.070701 «Геологія»

Видано в авторській редакції
Верстка *Вітвицька В.*

Підп. до друку 23.04.2012. Формат 84x108/16.
Гарн. Таймс. Умов.-друк.арк. 7,6. Тираж 100 прим.
Зам. № 414.

Видано і віддруковано:

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.

65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна
Тел.: (048) 723 28 39. E-mail: druk@onu.edu.ua