

О. В. Чепіжко, В. М. Кадурін, С. В. Кадурін

ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ І УПРАВЛІННЯ
НАДРОКОРИСТУВАННЯ



О. В. Чепіжко, В. М. Кадурін,
С. В. Кадурін

ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ І УПРАВЛІННЯ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

О. В. Чепіжко, В. М. Кадурін, С. В. Кадурін

ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ І УПРАВЛІННЯ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

ПІДРУЧНИК

*За редакцією доктора геологічних наук,
професора О. В. Чепіжко*

ОДЕСА
ОНУ
2019

УДК 55:563:504.55(075.8)
Ч-441

Рекомендовано до друку вченою
радою Одеського національного
університету імені І. І. Мечникова.
Протокол № 10 від 26.06.2018 року.

Рецензенти:

О. М. Пономаренко, академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, директор Інституту ГМР НАН України;

В. Д. Євтсхов, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, зав. каф. геології і прикл. мінералогії Криворізького націон. ун-ту;

В. Г. Омельченко, кандидат геологічних наук, доцент каф. економ. геології, директор ННІ «Інституту геології та геофізики» Івано-Франківського націон. технічного ун-ту нафти і газу.

Чепіжко О. В.

Ч-441 Техногенно-геологічні системи і управління надрокористування : підручник / О. В. Чепіжко, В. М. Кадурін, С. В. Кадурін; за ред. О. В. Чепіжко. – *Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова*, 2019. – 324 с.: іл., табл.

ISBN 978-617-689-296-0

В підручнику викладені наукові основи екологічної геології, як інтегративного наукового напрямку, розглядаються принципів положення техногенно-геологічної системи як системи організації техногенного впливу людини на навколишнє середовище і визначення перспективи розвитку та способи керування процесами в сфері надрокористування. Розглянуті методи управління станом і властивостями геологічного середовища, що направлені на рішення задачі управління.

Рекомендовано для студентів і фахівців з геології, економіки рудних родовищ та екології геологічного середовища вищих навчальних закладів України.

УДК 55:563:504.55(075.8)

З М І С Т

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОГЕНЕЗ (ТЕХНОСФЕРА)	
1.1. Техногенез, його вплив на довкілля. Основні поняття техногенезу.....	15
1.2. Техногенез – сукупність геохімічних процесів, що передбачає виникнення нових і міграцію раніше створених сполук	21
1.2.1. Розсіювання залучених до техногенезу елементів у геологічному середовищі	24
1.2.2. Геохімічний вплив техногенезу на довкілля.....	27
1.2.3. Природні геохімічні поля	29
1.2.4. Техногенні геохімічні поля	31
1.2.5. Техногенні аномалії.....	33
1.3. Техногенез як сукупність геофізичних процесів, що передбачає екологічний вплив геофізичних полів на екосистеми	37
1.4. Гірничорудний техногенез постексплуатаційної стадії на території України.....	43
1.5. Емпіричні дані за станом техногенезу на постексплуатаційній стадії.....	46
1.6. Природно-техногенні процеси постексплуатаційної стадії.....	48
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНА СИСТЕМА (ТГС), ЇЇ СКЛАДОВІ	
2.1. Основи організації матеріальної системи.....	55
2.1.1. Формування геохімічного рівня організації геологічного середовища	58
2.1.2. Формування мінерального рівня організації геологічного середовища	59
2.1.3. Формування гірськопорідного рівня організації геологічного середовища.....	62
2.1.4. Формації в геологічному середовищі.....	65
2.2. Становлення техногенно-геологічних систем.....	68

2.2.1. Динаміка процесів розвитку геологічного простору.....	69
2.2.2. Структура формування техногенно-геологічної системи.....	72
2.3. Методика системного підходу при аналізі техногенно-геологічних систем.....	81

РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ

3.1. Управління як особлива система.....	85
3.1.1. Системні концепції.....	85
3.2. Геологічна система як об'єкт управління.....	88
3.2.1. Функціональний склад і властивості об'єктів у складі «техно-геологічних-систем».....	92
3.3. Характеристика проблеми формування структурованих модельних представлень технічної системи.....	94
3.4. Техногенні системи та екологічний ризик.....	97
3.5. Огляд ризиків сучасного виробництва.....	99
3.5.1. Оцінка ризиків.....	104

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

4.1. Організація моніторингу техногенно-геологічних систем.....	109
4.1.1. Структура, задачі і принципи функціонування моніторингу техно-геологічних систем.....	109
4.1.2. Основні принципи системності при формуванні системи моніторингу геологічного середовища.....	112
4.1.3. Наукове обґрунтування системної концепції моніторингу.....	113
4.1.4. Провідні системи моніторингу геологічного середовища.....	114
4.2. Загальна структура моніторингу техногенно-геологічних систем.....	115
4.3. Техногенно-геологічні системи в управлінні раціонального надродокористування.....	119

4.4. Системне управління еколого-геологічним середовищем	123
4.4.1. <i>Основи управління системами</i>	123
4.4.2. <i>Системні методи, їх принципи застосування</i>	125
4.5. Основні закономірності організації еколого-геологічних систем	125
4.5.1. <i>Просторово-часова організація геологічного середовища</i>	126
4.6. Практична реалізація проблеми моніторингу геологічного середовища	127

РОЗДІЛ 5. ПРИРОДНІ СИСТЕМИ У МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ, ПРИНЦИПИ ЇХ ФОРМУВАННЯ

5.1. Динаміка й сучасний стан геологічного середовища в Україні	131
5.2. Структура, завдання і принципи організації системи моніторингу техногенно-геологічних систем	133
5.3. Шляхи вирішення сучасних проблем раціонального надродокористування	136
5.4. Зниження ризиків і пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру	138

РОЗДІЛ 6. РОДОВИЩА КОРИСНИХ КОПАЛИН ЯК ОБ'ЄКТ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

6.1. Загальні поняття про родовища корисних копалин	142
6.2. Параметри кондицій і загальні прийоми їх визначення (обґрунтування)	149
6.2.1. <i>Підрахунок запасів твердих корисних копалин</i>	150
6.2.2. <i>Показники кондицій</i>	152
6.2.3. <i>Умови виділення типів і сортів корисних копалин при підрахунку запасів</i>	156
6.3. Систематика родовищ корисних копалин	157
6.3.1. <i>Генетична класифікація</i>	158

6.4. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин. Стан і перспективи.....	161
6.4.1. <i>Методика і практика геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин</i>	164
6.4.2. <i>Стадійність геолого-економічної оцінки</i>	168
6.5. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр.....	173
6.6. Особливості еколого-геологічних умов родовищ корисних копалин.....	177
6.6.1. <i>Особливості компонентів вихідних еколого-геологічних умов родовищ корисних копалин</i>	177
6.6.2. <i>Концептуальні засади сталого й екологобезпечного розвитку економіки</i>	178
6.7. Стратегія раціонального використання ресурсів і екологічної безпеки економічного розвитку України.....	180

РОЗДІЛ 7. КОРИСНІ КОПАЛИНИ УКРАЇНИ

7.1. Горючі корисні копалини.....	184
7.1.1. <i>Нафта і природний газ</i>	184
7.1.2. <i>Вугілля</i>	186
7.1.3. <i>Горючі сланці</i>	188
7.2. Рудні корисні копалини.....	188
7.2.1. <i>Залізо</i>	188
7.2.2. <i>Марганець</i>	189
7.2.3. <i>Мідь</i>	190
7.2.4. <i>Алюміній</i>	190
7.2.5. <i>Кобальт і нікель</i>	190
7.2.6. <i>Поліметали</i>	191
7.2.7. <i>Рідкісні метали</i>	192
7.3. Дорогоцінне та декоративне каміння.....	193
7.4. ТГС родовищ корисних копалин як техногенне джерело трансформації еколого-геологічних умов територій.....	195
7.4.1. <i>Гірничо-геологічні умови розробки родовищ корисних копалин</i>	195
7.4.2. <i>Технології розробки родовищ корисних копалин</i>	199
7.5. Техногенні мінеральні ресурси.....	200

7.5.1. Попередні оцінки техногенних ресурсів.....	201
7.5.2. Джерела техногенних мінеральних ресурсів.....	202
7.5.3. Можливість використання техногенних мінеральних ресурсів.....	206
7.6. Способи утворення і класифікація техногенних родовищ	207

РОЗДІЛ 8. ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ В НАДРОКОРИСТУВАННІ: РЕАЛЬНІСТЬ І ПЕРСПЕКТИВИ

8.1. Створення моделей техногенно-геологічних систем (ТГС) різного рівня	213
8.1.1. Методи дослідження	219
8.2. До потреби суспільства в управлінні надрокористування	221
8.2.1. Фактори забезпечення раціонального використання надр	221
8.2.2. Ризики інвестування в системі управління надрокористування	224
8.3. Застосування теорії систем управління	229

РОЗДІЛ 9. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНА НАДР

9.1. Ресурсозбереження і його роль у забезпеченні раціонального надрокористування.....	231
9.2. Еколого-економічні проблеми і перспективи раціонального використання мінеральних ресурсів.....	235
9.3. Раціональне комплексне освоєння і використання мінеральних ресурсів.....	239
9.3.1. Ресурсозбереження при переробці мінеральної сировини.....	242

РОЗДІЛ 10. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ В ЕКОНОМІЧНІЙ ГЕОЛОГІЇ

10.1. Основні поняття про економічну геологію як науку	249
10.1.1. Поняття про вартісну оцінку об'єкта	253
10.2. Положення фінансової математики які застосовуються для оцінки економічної привабливості ділянки надр.....	256

10.3. Основні показники ефективності інвестиційних проектів.....	261
10.3.1. Значення та механізм розрахунку економічних параметрів. Як це працює?	265
10.3.2. Визначення ставки дисконтування для проекту ...	269
10.4. Розрахунок основних економічних показників економічної привабливості геологічного проекту	273

РОЗДІЛ 11. ЕКОНОМІЧНІ РИЗИКИ ПРИ ІНВЕСТИВАННІ В ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЕКТИ, ЇХ ПЕРЕДБАЧЕННЯ

11.1. Аналітичні засоби ймовірнісної оцінки ризиків та привабливості геологічного проекту.....	282
11.1.1. Метод експертних ймовірностей	282
11.1.2. Оцінка стійкості та чутливості до вхідних параметрів	284
11.2. Аналітичні засоби ймовірнісної оцінки ризиків та привабливості геологічного проекту.....	295
11.2.1. Основні поняття теорії ймовірності	295
11.2.2. Побудова дерева ймовірностей	299
Список використаної літератури.....	307
Список умовних скорочень.....	322

ВСТУП

Забезпечення національної безпеки на сучасному етапі розвитку держави великою мірою визначається економічними й технологічними чинниками, зокрема і природними запасами мінеральної сировини, де домінують роль відіграють паливно-енергетичні ресурси та їх раціональне й комплексне використання. Україна виділяється потужною мінерально-сировинною базою, яка має достатній резерв розвіданих запасів з більшості видів корисних копалин, але вона перебуває вже на етапі виснаження надр, а це потребує реформування економічного механізму користування ними. Проблеми захисту навколишнього середовища від негативних наслідків дії антропогенних факторів набувають рівновеликого значення так само, як і проблеми захисту людину від кризових і катастрофічних явищ. Відповідно, пошуки вирішення цих проблем можливі через збереження стану динамічної рівноваги середовища життєдіяльності людини і раціонального розвитку суспільства.

Сучасний глобалізований світ стає все більше ресурсозалежним. Збільшується видобуток не тільки традиційних видів корисних копалин, а й з'являється потреба в новій, іноді екзотичній мінеральній сировині. В той же час період екстенсивного відкриття нових родовищ на нових територіях давно в минулому. Поява ж нових технологій дозволяє більш комплексно і раціонально використовувати родовища, що вже відкриті та експлуатуються. Слід так само відзначити, що розробка нових ділянок на діючих родовищах вимагає чималих матеріальних вкладень. Говорячи ж про обсяги інвестицій в розробку нових об'єктів надрокористування, мова може йти про мільйони доларів, при цьому термін окупності і час отримання першого прибутку залежить як від безлічі факторів, так і від правильного управління.

Як відомо, мінеральні ресурси – це всі придатні для вживання речові складові літосфери, використовувані в народному господарстві як мінеральна сировина або джерела енергії (рудні й нерудні копалини, паливно-енергетичні, гідротермальні джерела та ін.). Раціональне використання природних ресурсів, зокрема мінеральних, відображає максимально повне вилучення з природного ресурсу всіх корисних продуктів. До того ж галузям господарства, що базуються на тому самому ресурсі, і стану природного середовища, потрібного для життя й підтримки здоров'я людини, буде завдано найменшої шко-

ди. Ефективне і раціональне надрокористування цілком залежить від об'єктивної оцінки об'єкта, визначення його місця в загальній системі природокористування і усвідомленим управлінням. Під усвідомленим управлінням ми розуміємо прийняття управлінських рішень на основі знань на макро-, мезо-, і мікрорівнях. Немоżliво в надрокористуванні прийняти правильне рішення якщо у менеджера немає інформації про родовище як підсистеми, елемента більш складної геологічної системи. Але й цього замало, оскільки родовище знаходиться в техногенно-навантаженому геологічному середовищі, та його розробка зажадає створення потужної інфраструктури техногенно-геологічної системи.

Раціональне використання надр – це визначальний вибір системи технічних, економічних і організаційно-правових заходів, що забезпечують ефективне комплексне використання надр і ресурсів, яке передбачає з видобутком одного виду корисної копалини якомога повніше вилучення супутніх компонентів. Забезпечують раціональне використання та охорону надр: а) ліцензування користування надрами; геолого-економічна й вартісна оцінка родовищ корисних копалин і ділянок надр; б) державний облік і державна реєстрація робіт з геологічного вивчення надр, наданих для видобутку корисних копалин; в) державна експертиза запасів корисних копалин; г) державний кадастр родовищ і проявів корисних копалин; ґ) державний контроль за раціональним використанням та охороною надр; д) державний нагляд за безпечним веденням робіт, пов'язаних з використанням надр; е) економічний механізм користування надрами; є) відповідальність користувача за гірничі правопорушення.

Розробки системи управління природними процесами стають все більш актуальними, а їх вдосконалення можливе шляхом вирішення задач керування процесами, що змінюють навколишнє середовище. Становлення і розвиток нового наукового напрямку в геології – екологічної геології – дозволило розглядати проблему впливу людини на довкілля і, зокрема, на геологічне середовище (літосферу), спираючись на положення теорії систем. Так виникла необхідність розвитку розуміння техногенно-геологічних систем (ТГС), які представляють собою нову систему, що складається з природної самовпорядкованої системи – геологічного середовища та техносистеми, як керованої системи, створеної людиною. Техногеосистеми віднесені до класу складних систем, і керування ними необхідно проводити, використо-

вуючи їх математичні моделі. Такі моделі повинні надавати можливість прогнозувати найближчі й віддалені наслідки різних природних і техногенних дій на навколишнє середовище в цілому і, звичайно, давати можливість оцінювати наслідки тих або інших впливів на геологічні системи при реалізації проектів перетворення навколишнього середовища.

Вплив людини на довкілля слід розглядати як технічний процес, в якому людина виступає як зовнішній фактор через технічні системи. При цьому треба мати на увазі, що нові елементи, впроваджені людиною в навколишнє середовище (спорудження, техногенні об'єкти і навіть техногенні викиди), не впливають зі структури природної системи, не обумовлені нею і тому виявляються чужорідними елементами, не властивими конкретному об'єкту геологічного середовища. Тому геологічне середовище прагне відторгнути їх або “перетворити”, модифікувати. У зв'язку із цим елементи техносистеми або сама техносистема, впроваджені в геологічне середовище, стають нестійкими, не здатними самостійно існувати без постійної підтримки людини через керівні фактори. Завдячуючи раціональному керуванню, техносистема і геосистема можуть створити техно-геологічну систему, що знаходиться у стані динамічної рівноваги.

Модель управління об'єктом відтворює причинні зв'язки між елементами ТГС, 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 ТГС (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, геофізичну та геохімічну функції при мінімально необхідних витратах енергії і засобів.

Родовище корисних копалин – це техногенно-геологічна система (ТГС) зі складовими підсистемами: геологічним об'єктом, тобто родовищем з певною геолого-економічною оцінкою, технологічним обладнанням для проведення робіт з видобутку корисних копалин і системою управління всіма процесами в ТГС. Основою управління є формування впливу керівного інституту на об'єкт управління, який постає як інформаційний процес, що забезпечує отримання, переробку й аналіз даних, побудову моделі стану ТГС за оцінюваними

параметрами, розробку рекомендацій щодо втілення керівного впливу. Модель управління об'єктом відтворює причинні зв'язки між елементами ТГС, які формують декілька ієрархічних рівнів. Створення моделі оптимальної ТГС (для забезпечення основи моделі управління об'єктом) є стратегічним завданням сучасної геології – екологічної та економічної. Такий підхід може визначити теоретичну основу раціонального надрокористування.

Вирішення проблеми керування передбачено через створення моделей ТГС різного рівня. Методологічна суть моделей визначає комплекс дій і процедур, за допомогою яких на певний момент часу можна досягти оптимального впливу на ТГС протягом заданого періоду. У цьому аспекті послідовність розв'язання проблеми керування характеризується в ідеальному варіанті поступальним цілеспрямованим впливом на геологічне середовище різними методами, що запобігає розвитку оборотних і безповоротних процесів, які дають змогу на заданий термін максимально забезпечити використання корисної дії ТГС у межах досліджуваного територіального комплексу. Модель управління об'єктом відтворює причинні зв'язки між елементами ТГС, які формують декілька ієрархічних рівнів. Відбирають керовані чинники, а з-поміж них ті, регуляція яких може привести до найбільшого ефекту на виході. Функціонування моделі управління в такій системі може бути базоване на методології аналізу ризику. Створення моделі оптимальної ТГС (для забезпечення основи моделі управління об'єктом) є стратегічним завданням сучасної геології (екологічної та економічної) [95, 160, 161, 163]. Водночас під оптимальною розуміємо систему, що зберігає або поліпшує свої, принаймні, геодинамічну й геофізико-геохімічну, функції за найменш потрібних витрат енергії, засобів і праці. Управління розглядаємо як особливу систему, до складу якої входять: а) суб'єкт і об'єкт управління; б) власне процес управління; в) зворотний зв'язок між об'єктом і суб'єктом. Завдання управління можна успішно вирішити методами технічного впливу на літосферу й безпосередньо на гірські породи, гідросферу, верхній пласт ґрунтів (геологічне середовище) і техносферу.

Очевидно, що на сьогодні освітні програми підготовки спеціалістів-геологів не передбачають навчання з вирішення цих питань. Напрямок «економічна геологія», який активно розвивається в останні десятиліття, передбачає в цілому підготовку нового покоління геологів, здатних не тільки провести геолого-економічну оцінку родовища, а й

надати інформацію, необхідну для підготовки інвестиційних проєктів. На жаль, темпи розвитку економічної геології в Україні залишаються дуже низькими і істотно відстають від запитів сьогоденної дійсності.

В запропонованому підручнику весь матеріал розділений на три рівні: макро-, мезо- та мікрорівень. До макрорівня відноситься теорія формування техногенно-геологічних систем, до мезорівня – питання моніторингу і принцип управління цими системами, до мікрорівня – формування ефективного управління об'єктами надрокористування.

Навчальний матеріал викладений в послідовності систематичних категорій з урахуванням їх співвідпорядкованості, починаючи з найвищої, таким чином, щоб у студента склалася комплексна картина, що дозволяє намітити алгоритм дії при розгляданні нагальних проблем раціонального надрокористування.

Макрорівень (розділи 1, 2 і 3) присвячений визначенню загальної теорії формування техногенно-геологічних систем (ТГС) та їх характеристик. В основу теорії покладено принцип системного підходу до двох взаємопов'язаних систем: геологічної та техногенної. Їх взаємовплив є всеосяжним в межах ТГС, оскільки сформовані стійкі міжсистемні зв'язки, які забезпечують функціонування і керуваність ТГС.

На мезорівні найбільш яскравим представником ТГС є техногенно-геологічні системи об'єктів надрокористування (найчастіше це ТГС родовища корисних копалин). Саме питанням їх теоретичного обґрунтування і використання при роботі з об'єктами надрокористування присвячені 5, 6 і 7 глави.

Мікрорівню присвячені розділи 8, 9 і 10, де викладені принципи формування ефективного управління ТГС родовища корисних копалин. В розділі 11 розглянуті економічні ризики при плануванні об'єкта надрокористування, і вперше виконана спроба оцінки їх передбачуваності.

Упровадження економічних підходів до управління надрокористування в Україні означає наукову розробку й практичне впровадження надійних економіко-правових механізмів використання природних ресурсів на всіх рівнях господарювання. Причому впровадження економічного механізму регулювання надрокористування має здійснюватися не через адміністративний тиск, а завдяки використанню економічних/ринкових відносин, тобто створенню таких умов для виробничої діяльності, за яких суб'єктам господарювання було б ви-

гідно досягати визначених цілей з найменшими витратами. В умовах постійних економічних змін підприємствам потрібно привертати неабияку увагу до розширення й поглиблення досліджень у галузі управління ТГС, насамперед ресурсним потенціалом. Ефективне управління ресурсним потенціалом ТГС має становити гнучку систему, що змінюватиметься, пристосовуватиметься до ринкових умов, водночас забезпечуючи максимальне використання мінерального ресурсу зі збереженням довкілля.

Нам видається, що пропонований підручник стане одним з небагатьох перших, що закладають основи підготовки геологів нової форми, які відповідатимуть запитам нової геології що зароджується, зайнятої не тільки вивченням геологічної будови, прогнозом і пошуками родовищ корисних копалин, а й здатною відповідати викликам сучасного світу, що вимагає ефективних і раціональних дій в будь-якій галузі господарської діяльності.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОГЕНЕЗ (ТЕХНОСФЕРА)

1.1. Техногенез, його вплив на довкілля. Основні поняття техногенезу

Техносфера – (від грец. τέχνη – мистецтво, майстерність і σφαῖρα – куля, сфера), представляє собою частину геосфери, перетвореною людьми за допомогою прямого і непрямого впливу технічних засобів (наслідки науково-технічної революції) з метою найкращої відповідності соціально-економічним потребам людства (деякі автори помилково вважають техносферу синонімом ноосфери).

Техносфера – сфера, яка містить штучні технічні споруди, які виготовляються та використовуються людиною: найскладніша частина антропосфери, що охоплює взаємодію технічних засобів виробництва з природно-ресурсним потенціалом території на основі науково-технічного прогресу; практично замкнута регіонально-глобальна майбутня технологічна система утилізації і реутилізації, що залучаються до господарського обороту природних ресурсів, розрахована на ізоляцію господарсько-виробничих циклів від природного обміну речовин і потоку енергії.

Техносфера, як цілісна система, включає в себе:

- власне самі технічні артефакти, тобто техніку як об'єкт та її соціокультурне значення;
- специфічне технічне знання, уміння, правила, теорії, їх культурну цінність;
- технічну діяльність в двох планах: 1) як інженерну, і пов'язану з повсякденним життям; 2) специфічну техноментальність;
- систему відносин між людиною та природою, де техніка виступає як певний посередник.

Техносфера – сукупність усіх функціонуючих і старих, недіючих технічних об'єктів, і всіх продуктів їх діяльності, що виникли на Землі і в космосі. До продуктів діяльності відносяться зміни хімічного складу води, ґрунту і атмосфери; зміни земної кори у вигляді підземних виробок і відвалів порід; біогеоценотичні зміни, викликані вирубокю лісів, оранкою земель, осушенням боліт, створенням водосховищ і т. д.

Техносфера – частина біосфери, перетворена людьми за допомогою прямої або непрямой дії технічних засобів з метою найкращої

відповідності соціально-економічним потребам людства. Це замкнута регіонально-глобальна технологічна система використання і утилізації залучених в господарсько-виробничий оборот природних ресурсів, переважно ізольованих від природного обміну речовин і енергії.

Техносфера створювалася і розвивалася для забезпечення благополучного існування людини і поліпшення умов її життя. Техносфера – це просторово-часова система соціально організованої технічної форми матерії – техніки і керованої нею технологічної форми руху матерії. В такому випадку техногенез буде корелюватися, збігатися з ноосферою [13–15].

Узагальнивши наведені вище визначення, можна зробити висновок про те, що техносфера зазвичай розуміється як частина природного середовища, перетвореної людиною для зручності своєї життєдіяльності і для забезпечення своєї безпеки, і включає в себе всі типи поселень, агроценозів, промислів і родовищ корисних копалин (РКК), що використовуються людиною.

Техногенні небезпеки багато в чому визначаються наявністю відходів, які неминуче виникають при будь-якому виді діяльності людини відповідно до ситуації від непереможності відходів або побічних впливів виробництв. Відходи супроводжують роботу промислового і сільськогосподарського виробництва, енергетики, засобів транспорту, життя людей і тварин. Вони надходять у навколишнє середовище у вигляді викидів в атмосферу, скидів у водойми, виробничого та побутового сміття, потоків механічної, теплової та електромагнітної енергії тощо. Кількісні та якісні показники відходів, а також регламент поводження з ними, визначають рівень та зони небезпек, які при цьому виникають.

1. Техногенні небезпеки існують, якщо повсякденні потоки речовини, енергії та інформації в техносферу перевищують порогові значення.

2. Джерелами техногенних небезпек є елементи техносфери.

3. Техногенні небезпеки діють у просторі і в часі.

4. Техногенні небезпеки чинять негативний вплив на людину, природне середовище і елементи техносфери одночасно.

Для характеристики впливу гірничодобувної діяльності на літогенетичний комплекс використовується поняття «техногенезу», яке було запропоновано в 1934 р. академіком О. Є. Ферсманом для харак-

теристики техногенних геохімічних ландшафтів в умовах експлуатації рудних родовищ, як сукупний прояв техногенних процесів розсіювання рудної мінералізації на поверхні Землі. З аналогічної позиції розглядають поняття техногенеза А. І. Перельман, В. А. Алексєєнко, О. С. Ферсман та ін. [97, 153].

Подальший розвиток «техногенезу», як узагальнюючого наукового поняття, визначається в ряді робіт. Наприклад, в роботі М. А. Глазовської [29] під техногенезом розуміються вже не тільки геохімічні, а й геофізичні процеси. У максимально широкому трактуванні, близькому авторам, поняття «техногенезу» як сукупності літолого-фаціальних, геохімічних, гідрогеологічних, біогідрогеохімічних, інженерно-геологічних, геокріологічних та інших техногенних процесів, що протікають в тій частині літосфери, в якій інтенсивно проявляється техногенна діяльність людини, що призводить до зміни стану і властивостей геологічного і нерідко навколишнього середовища в цілому [100].

Слід підкреслити, що техногенні процеси сприймаються як прямий наслідок технічних заходів і за своїм змістом, негативним впливом на геологічне і навколишнє середовище найчастіше є комплексними як з позиції термодинаміки, так і *синергетики*¹.

З позиції *термодинаміки* техногенний вплив на літосферу може носити ежекційний (вилучення) або інжекційний (закачування) характер, а в складних техногенних умовах (зокрема, при гірничорудному виробництві), присутні одночасно в різних пропорціях обидва вищевказаних впливи [100].

Комплексність техногенних процесів в літосфері, з точки зору синергетики, визначається її багатокомпонентністю. В якості структурних елементів (підсистем) літосфери розглядаються мінерали, гірські породи, підземні води, підґрунтові гази і мікроорганізми. Зрозуміло, при гірничих роботах техногенний вплив відчувають усі компоненти, що проявляється у взаємозв'язаній зміні гідрогеологічних, еколого-геологічних та інших умов [42, 43].

Аналіз усього розмаїття наслідків техногенезу, викликаних використанням природних ресурсів, дозволяє окреслити такі взаємозалежні ряди:

¹ Синергетика – це теорія самоорганізації в системах різноманітної природи. Вона має справу з явищами та процесами, в результаті яких в системі, в цілому, можуть з'явитися властивості, якими не володіє жодна з частин.

- металогенічний, що виявляється у вилученні з надр концентрованих скупчень специфічних (корисних) компонентів, послідовного їх зuboжіння і розсіювання на поверхні;
- геоморфологічний, в т. ч. – геокріологічний, що охоплює сукупність рельєфоутворюючих процесів, починаючи від прямої перебудови поверхні Землі, наприклад, при відкритому видобутку корисних копалин або будівництві і закінчуючи зміною балансу ерозійно-аккумулятивних процесів на схилах, в долинах і дельтах річок, на морських узбережжях;
- гідрогеологічний, що охоплює всі зміни природного режиму підземних вод і пов'язані з цими обставинами процеси осушення, підтоплення, вилуговування і т. п.;
- гідрологічний, що виявляється в зміні режиму річкового стоку і формуванні руслових процесів;
- інженерно-геологічний, що виявляється в зміні інженерно-геологічних умов будівництва і експлуатації будівель і споруд в результаті накопичення техногенно-утворених і техногенно-перевідкладених порід або техногенної зміни властивостей порід;
- геохімічний, що виражається в зміні геохімічного балансу в зоні взаємодії техногенно-геологічної системи (ТГС) з природним середовищем або в результаті впливу на природний водно-сольовий баланс (наприклад, при іригації), або в результаті розсіювання, або скидання в природні об'єкти хімічно активних речовин і утворення полів, геохімічно невластивих даним ландшафтам;
- геофізичний, що охоплює зміни властивостей геофізичних полів, у тому числі – теплового, електромагнітного, гравітаційного, радіаційного. Сюди слід об'єднати і локальні теплові аномалії, що виникають в основі будівель і великих міст внаслідок зміни структури підстиляючої поверхні.

Аналіз і прогноз зміни природного середовища в ТГС завжди має кінцевою метою розробку конкретних природоохоронних заходів, спрямованих на досягнення і (або) збереження певної якості природного середовища.

До речі, з прийняттям у 1991 році нового Закону «Про охорону навколишнього середовища» [51] залишилися невизначеними поняття зони екологічного лиха і надзвичайної екологічної ситуації, з визначенням навколишнього природного середовища та раціонального використання і відтворення природних ресурсів.

Важливий внесок у вирішення зазначених питань може внести екологічна геологія – новий інтегративний² науковий напрям. Однак розгляд формування техносфери з позицій екологічної геології в літературі ще не знайшло належного відображення.

Ми виходимо з того, що екологічна геологія, як інтегративний науковий напрям, покликана виявити способи гармонізації взаємодії техніки з природним середовищем (навколишнім середовищем) на проектному рівні шляхом всебічної соціально-економічної та екологічної експертизи технічних нововведень, моделювання, прогнозування їх можливого впливу на природне і соціальне середовище. Інакше кажучи, екологічна геологія постає як методологія оптимального опосередкування взаємодії суспільства і природи, як методологія розвитку техніки і антропогенних процесів, сумісних з природними (біосферними) процесами.

Екологічні функції літосфери виявляються в тому, що вона є місцем проживання континентальної і морської біоти ($\approx 99\%$), формування ґрунтів, джерелом розширення життєвого простору.

Все різноманіття функціональної залежності між природною і техногенно перетвореною літосферою та біотою і людиною (як біологічним видом, так і суспільною соціальною структурою) зводиться до чотирьох екологічних функцій – ресурсної, геодинамічної, геофізичної і геохімічної. Визначимо їх зміст:

1. ресурсна екологічна функція літосфери визначає роль мінеральних, органічних і органомінеральних ресурсів і геологічного простору літосфери для життя і діяльності біоти як біогеоценозу, так і соціальної структури;
2. геодинамічна екологічна функція літосфери відображає властивості літосфери впливати на стан біоти, безпеку і комфортність мешкання людини через природні і антропогенні процеси та явища;
3. геохімічна екологічна функція літосфери відображає властивості геохімічних полів (неоднорідностей) літосфери природного і техногенного походження впливати на стан біоти в цілому, включаючи людину, зокрема;
4. геофізична екологічна функція літосфери відображає властивості геофізичних полів (неоднорідностей) літосфери природного і техногенного походження впливати на стан біоти, включаючи людину.

² суцільний, цілісний предмет або явище

Під час розгляду літосфери, як середовища інженерно-господарської діяльності людини, чітко відокремлюються два шляхи оцінки ресурсів геологічного простору – оцінка «площинного ресурсу» поверхні літосферного простору та оцінка ресурсу підземного геологічного простору (або об'єму) під різні види його освоєння.

Геохімічна функція літосфери в екологічному аспекті полягає в її активній участі в процесах круговерті речовини у природі. Причому однаково важливий аналіз обох сторін круговороту – як шкідливих, так і корисних для екосистем речовин. Геохімічне транспортування різних елементів в межах літосфери і екосистем можуть здійснюватися різними шляхами. У зв'язку з чим виділяють механічну, фізико-хімічну, біогенну і техногенну міграцію, яка є предметом досліджень екологічної геохімії. Техногенна міграція речовин, як і загальні закономірності техногенезу, ще далеко не встановлені, проте в цій області вже відкритий цілий ряд найважливіших законів, що дозволяють охарактеризувати геохімічну функцію літосфери.

Під геохімічною екологічною функцією літосфери розуміється функція, яка відображає властивість геохімічних полів (неоднорідностей) літосфери природного і техногенного походження, та її можливість впливати на стан біоти в цілому і людської спільноти зокрема.

Об'єктом досліджень при такому підході є речовинний, хімічний склад компонентів літосфери (гірські породи, мінерали, донні осади, ґрунти, підземні води, нафта, газ) і сформовані ними поля природного, природно-техногенного або техногенного походження. Як предмет досліджень розглядається система знань про геохімічні поля різного генезису і їх вплив на живі організми, а в загальному вигляді – знання про стан геохімічної екологічної функції і геохімічних властивостей літосфери.

Функціональними територіальними (точніше просторовими) одиницями еколого-геохімічних досліджень є геохімічні зони, геохімічні провінції, геохімічні поля і геохімічні аномалії, які можуть бути об'єднані під загальною назвою «геохімічні неоднорідності літосфери». Така їх ієрархія дозволяє проводити дослідження і опис геохімічних властивостей літосфери на планетарному (зони), регіональному (провінції) і локальному (поля, аномалії) рівнях.

Геохімічні неоднорідності літосфери можуть бути обумовлені як підвищенням, так і зниженням вмісту елементів у порівнянні з фоновим. Залежно від депонуючого середовища виділяються наступні ге-

охімічні неоднорідності: а) літохімічні, обумовлені складом гірських порід, ґрунтів, донних осадов, техногенних ґрунтів; б) гідрохімічні – підземних вод; в) атмохімічні – газовим складом ґрунтів, гірських порід, підземних вод.

По генезису серед геохімічних неоднорідностей літосфери слід виділяти: природні, що сформувалися в ході геологічної еволюції планети; природно-техногенні (новостворені), формування яких відбулося в епоху техногенезу внаслідок використання високовідходних технологій при низькому рівні впровадження заходів захисту середовища.

1.2. Техногенез – сукупність геохімічних процесів, що передбачає виникнення нових і міграцію раніше створених сполук

Геохімічна діяльність людини в даний час не поступається, а часто і перевершує по потужності природні процеси. Ця роль людини пов'язана з її соціальною діяльністю.

У геохімічному аспекті техногенез включає такі групи процесів: 1) вилуговування хімічних елементів з природного середовища і їх концентрацію; 2) перерозподіл хімічних елементів, зміна хімічного складу сполук, в які ці елементи входять, а також створення нових хімічних речовин; 3) розсіювання залучених в техногенез елементів в навколишнє середовище.

Розсіювання елементів представляє часто побічний, непередбачений процес (викиди речовин в атмосферу, забруднення ґрунтів і водоєм промисловими стоками, твердими відходами виробництва, аварійні ситуації та ін.). Поряд зі стихійним розсіюванням існує навмисне, заздалегідь заплановане розсіювання продуктів техногенезу: внесення хімічних добрив, отрутохімікатів, зрошення стічними водами і компостами з полів фільтрації, поховання промислових відходів та ін. Всі ці речовини, крім безпосереднього позитивного ефекту, передбаченого технологією сільськогосподарського виробництва, мають і побічний негативний вплив.

З геоекологічної точки зору основна негативна дія техногенезу об'єднується поняттям «забруднення» природного середовища.

Технофільність елементів. Важливою функцією техносфери є використання людиною хімічних елементів навколишнього серед-

овища – літо-, атмо- і гідросфери. Використання того чи іншого елемента залежить від багатьох причин. Безсумнівно, грають роль його властивості – у одних елементів більш цінні, ніж у інших. Фактично новим для земної кори є і виробництво атомної енергії, одержання радіоактивних ізотопів. Невідповідною біосфері є техногенна міграція, що підпорядковується соціальним законам (експорт-імпорт і транспортування на великі відстані матеріалів, руди, концентрату, тощо). Для характеристики подібних явищ уже недостатні звичайні поняття геохімії і старі методи, необхідні нові поняття і нові підходи до дослідження. Одне з таких понять – технофільність³ елементів – запропоновано О. І. Перельманом [97, 98]. Вона дорівнює відношенню щорічного видобутку елемента D до його кларку в земній корі K . Найбільш технофільним є вуглець ($n \cdot 10^{10}$). Елементи, близькі за хімічними властивостями, часто мають і близьку технофільність: залізо і марганець, алюміній і магній, рубідій і талій, азот і фосфор, молібден і вольфрам, ртуть і сурма, золото і срібло. Але є й істотні розходження, наприклад, хлор і фтор. Розходження в технофільності визначають зміну елементного складу культурних ландшафтів, накопичення в них найбільш технофільних елементів. Вперше на це звернула увагу М. А. Глазовська [28, 29], яка відзначила, що для культурних ландшафтів характерне «озалізнення», зростання відносної ролі міді (у порівнянні з цинком), нікелю (щодо кобальту) і т. д. Людство «переміщує» на земну поверхню зосереджені в глибинних родовищах хімічні елементи.

Відношення технофільності елемента до його біофільності М. А. Глазовська [29] назвала деструкційною активністю елементів техногенезу (D). За його величиною можна порівняти ступінь небезпеки елементів для живих організмів: у ртуті $D \approx 10^4 \dots 10^5$, у кадмію та фтору – 10^3 , у миш'яку, урану і свинцю – 10^2 тощо. Кількість елемента, яка щорічно виводиться з техногенного потоку в природний, називають техногенним геохімічним тиском, а його величину на одиницю площі – модулем техногенного геохімічного тиску (М. Ф. Глазовський). На всій поверхні суші найвищі модулі техногенного тиску властиві Na, Cl, Ca, Fe, а найнижчі – Li, Ag, W, Au, Hg, Tl. В басейнах Чорного та Азовського морів техногенний тиск по калію та сірці вищий за річну величину річкового стоку.

³ Технофільність – це відношення щорічного видобутку хімічного елемента (в тонах) до його кларку.

Однак показник T не в повному обсязі відбиває ступінь залучення хімічних елементів в техногенез, оскільки в ньому не враховуються надходження в природне середовище елементів, що добуваються попутно з іншими корисними копалинами. Крім того, в техногенез залучаються елементи з атмо-, гідро- і біосфери. Тому була розроблена серія показників, що враховують такі моменти, та розраховані кларки елементів в біотехносфері [79].

Для характеристики техногенного геохімічного впливу на ландшафти доцільно використовувати величину $TД$: $TД = M \pm \Delta C$, яка показує, які додаткові кількості елемента виводяться в даному районі з техногенних потоків в природні. Тут M – кількість речовини, мобілізованої в техногенні геохімічні потоки з іммобільного стану; ΔC – результуюча ввозу-вивозу цієї речовини для даного району. Величину $TД$ можна назвати техногенним геохімічним тиском, а її відношення до площі досліджуваного району (S) – модулем техногенного геохімічного тиску: $D = TД / S$. І техногенний тиск можна визначати не тільки до хімічного елемента в чистому вигляді, але і для його сполук.

Всю безліч проблем геохімії техногенезу можна розділити на три групи: 1) збереження і поліпшення стану природного середовища (екологічна геохімія). 2) підвищення ефективності використання природних ресурсів (технологічна геохімія). 3) збільшення продуктивності біосфери (агрогеохімія).

Людство щорічно видобуває з надр і звільняє при спалюванні горючих копалин (особливо вугілля) багато хімічних елементів у рівній чи більшій кількості, аніж вони споживаються рослинністю суші для створення річного приросту. З надр щорічно добувається більше, ніж залучається в біологічний кругообіг: Cd – більш ніж у 160 разів, Sb – у 150, Hg – у 110, Pb – у 35, As, F – у 15, Sn – у 5, Cu – у 4, Mo – в 3 рази. Видобуток Ag, Cr, Ni, Zn приблизно дорівнює щорічному споживанню рослинністю.

При оцінюванні змін природного кругообігу речовин, спричинених антропогенною діяльністю, використовують такі показники:

- коефіцієнт технофільності – відношення щорічного видобутку певного хімічного елемента до його загального вмісту в літосфері;
- коефіцієнт геохімічної рівноваги – відношення сумарних викидів будь-якої речовини у навколишнє природне середовище до його загального вмісту в літосфері.

Для кожної речовини встановлюють перелік середовищ, які потребують вивчення (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Хімічні речовини, які підлягають вивченню на предмет технофільності

№	Назва хімічних речовин, які підлягають вивченню	Середовище				
		атмосфера	атмосферні опади	поверхневі і підземні води	грунт	біота
1	Діоксид сірки	+				
2	Озон	+				
3	Оксид вуглецю	+				
4	Оксиди азоту	+				
5	Вуглеводи	+				
6	Бенз(а)пірен	+	+	+	+	+
7	Хлорорганічні сполуки (ДДТ, ін.)	+	+	+	+	+
8	Важкі метали (свинець, ртуть, кадмій, миш'як)	+	+	+	+	+
9	Діоксид вуглецю	+				
10	Фреони	+				
11	Біогенні елементи (N, P)		+	+	+	+
12	Радіонукліди		+			

1.2.1. Розсіювання залучених до техногенезу елементів у геологічному середовищі

Міграція хімічних елементів – це нерозривний комплекс процесів, що призводить до переміщення та перерозподілу хімічних елементів

в геооболонках Землі (земній корі, гідросфері, атмосфері, біосфері), природних і техногенно-геологічних системах (ТГС). Міграція хімічних елементів відбувається у вигляді вільних атомів, молекул, простих і комплексних іонів, колоїдних частинок в рідкому, газоподібному і твердому станах. Це призводить до перерозподілу хімічних елементів – накопиченню одних і видаленню інших, розподілу існуючих сполук елементів і утворенню нових сполучень тощо. Комплекс міграційних процесів лежить в основі кругообігу речовин в природному середовищі. Одним із найбільш важливих процесів є біогенна міграція хімічних елементів, що відбувається за участю живих організмів і в живій речовині⁴. Сукупність антропогенних процесів і явищ призводить до розсіювання та концентрації хімічних елементів і їх сполук, в тому числі токсичних і радіоактивних, утворення техногенних геохімічних аномалій, забруднення компонентів навколишнього середовища і біологічних об'єктів.

Міграція – це рухомість хімічних елементів в компонентах ландшафту. Вміст елемента в певній природній речовині або компоненту ландшафту служить показником рівня концентрації цього елемента в даному середовищі в момент відбору проб. Міграція поділяється на абсолютну і відносну швидкість переміщення іонів, елементів і хімічних сполук в ландшафтах. Прикладом абсолютної рухомості елементів в ландшафті є міграція іонів річками з водозборів. Вона вимірюється в т/га-рік. Прикладом відносної рухомості хімічних елементів в ландшафтах є коефіцієнт водної міграції (K_x), який дорівнює:

$$K_x = m_x \cdot 100/a \cdot n_x, \quad (1.1)$$

де m_x – вміст елемента x у воді, мг/л,

n_x – вміст елемента x у породах, %,

a – мінеральний (сухий) залишок води, мг/л.

Самою складною формою міграції є техногенна, яка пов'язана з суспільними процесами (наприклад, відпрацювання родовищ корисних копалин, експлуатація нафтопроводів, внесення хімічних добрив тощо), визначається соціальними закономірностями, і, водночас,

⁴ Жива речовина – вся сукупність тіл живих організмів в біосфері, незалежно від їх систематичної приналежності. Це поняття не слід плутати з поняттям «біомаса», яка є частиною біогенної речовини. Термін введений В. І. Вернадським.

включає усі більш прості форми міграції. Можна говорити, що в районі розташування будь-якого підприємства в результаті зміни енергетики, кругообігу речовин, тощо, формується природно-промисловий комплекс, активним компонентом якого є головна технологічна лінія. Техногенна міграція обумовлює зміни в характері обміну речовиною, енергією та інформацією між абіотичними та біотичними компонентами.

В зонах впливу виробничої діяльності людини представлені процеси техногенної міграції, успадковані від біосфери, але істотно змінені в ТГС, а також процеси техногенної міграції, невластиві біосфері. Так само як і в природі, у ТГС відбувається біологічний кругообіг, хімічні елементи мігрують у водах і атмосфері. Тому і для ТГС можуть бути встановлені ряди міграції і типоморфні елементи, коефіцієнти біологічного поглинання і ряди поглинання. Такі поняття, як «біомаса», «щорічна продукція», «коефіцієнт біологічного накопичення», «дефіцитні» і «надлишкові» елементи можуть застосовуватись і в ТГС. При цьому агротехніка, селекція, застосування добрив і т. д. дозволяють діставати більше біомаси, кількість якої досягає такого рівня, який неможливий у природних умовах. Таким чином, людство намагається посилити утворення живої речовини, тобто корисні відновлювальні процеси (фотосинтез). Але воно посилює і розкладання органічної речовини, тобто протилежні окисні процеси.

Водночас, для ТГС характерне грандіозне розсіювання елементів, що концентрувалися природою протягом усієї геологічної історії. Протягом кількох десятиліть виснажуються найбільші родовища заліза, міді, свинцю, цинку тощо (щорічно видобувається понад 100 млрд тонн мінеральної сировини та каустобіолітів). Речовина розпорошується, переходить у більш дисперсний, а отже, і більш придатний для міграції стан. За геологічними і техніко-економічними показниками розрізняють такі види мінеральної сировини:

- паливно-енергетичну і хімічну (вугілля, нафта, гази природні горючі, горючі сланці, торф);
- металічну (руди чорних, кольорових, рідкісних, благородних і радіоактивних металів та розсіяних елементів);
- неметалічну й гідромінеральну.

Всього відомо понад 200 видів мінеральної сировини.

Окислювання органічних речовин в ТГС посилюється за рахунок спалювання вугілля, нафти, газу і т. д. Це збільшує вміст SO_2 та CO_2

в атмосфері, змінює клімат, впливає на карстовий та інші процеси. У результаті людської діяльності в земній корі відбуваються також хімічні реакції, що знаходяться в різкому протиріччі з природними умовами. Характерний для ТГС металевий стан заліза, нікелю, хрому, ванадію і багатьох інших елементів не відповідає фізико-хімічним умовам земної кори. Людство в усе більшій кількості виготовляє хімічні сполуки, які раніше ніколи в біосфері не існували (штучні полімери, пластмаси), і мають властивості, невластиві для природних матеріалів. На сьогодні існують сотні органічних сполук, які, нагадуючи природні (а відтак засвоюються організмом), все ж є «небіодеградуєчими» – в організмі немає здатних їх розчепити ферментів. Ступінь впливу штучних хімічних з'єднань на довкілля залежить від їх рухливості і стійкості. Одними з найнебезпечніших є галогенорганічні сполуки (ДДТ, діоксини тощо), які не виводяться з сечею, оскільки більш розчинні в жирах, ніж у воді.

Своєрідність енергетичного обміну при техногенній міграції полягає в збільшенні кількості працездатної енергії і зростанні розмаїття її видів. Частина енергії робить роботу, але деяка її частина неминуче знецінюється і виділяється у вигляді тепла. Це визначає «розігрівання» ТГС в порівнянні з біосферою. Поки що ефект такого розігрівання невеликий, хоча відомо, що в зимовий час температура повітря на вулицях великих міст на декілька градусів вища, ніж у навколишній сільській місцевості (головна причина – опалення житлових будинків і промислових підприємств).

1.2.2. Геохімічний вплив техногенезу на довкілля

Для техногенних систем характерне зменшення біологічної інформації (зменшення біологічного розмаїття) і збільшення техногенної. В залежності від виду і характеру технологічних процесів їх взаємозв'язок з природними процесами може відбуватися в формі взаємодії, впливу і дії [33].

Процеси техногенезу можуть призводити як до вилучення речовини з геохімічних систем (із зміною системи зв'язків чи без зміни), так і до забруднення, тобто привнесення геохімічно-активних (токсичних та нетоксичних) та геохімічно-інертних речовин в систему. Найчастіше саме забруднення викликає найбільшу стурбованість і є основним об'єктом досліджень екологічної геохімії. Глазовська М. А.

[28] запропонувала вважати незабрудненими такі біокосні системи⁵, в яких коливання концентрації і баланс форм знаходження техногенних речовин не порушують газові, концентраційні та окислювально-відновні функції живої речовини, не викликають порушення біогеохімічних харчових ланцюгів, кількості і якості біологічної продукції, не знижують її генетичне різноманіття.

Техногенні процеси можуть систематизуватися за режимами, модулями навантаження на середовище, обсягами викидів, джерелами забруднень, хімічним складом викидів, стоків, відходів тощо. Загальна кількість промислових відходів щорічно перевищує 20 млрд тонн, приблизно таку ж величину складають сільськогосподарські відходи, обсяги побутового сміття перевищують 4 млрд тонн і зростають щорічно на 2-3%.

Основні джерела забруднень зосереджені в промислових вузлах та міських агломераціях, де формуються поліелементні техногенні геохімічні аномалії в повітрі, сніговому, ґрунтовому і рослинному покривах, поверхневих та ґрунтових водах.

Техногенні відходи за домінуючим способом міграції (механічна, водна, газова) поділяються на тверді відходи, стоки і викиди. Крім того, їх поділяють на організовані, які надходять у довкілля через спеціально облаштовані пункти (труби, факели, відвали), та неорганізовані (аварійні), контроль за якими утруднений.

Особливо небезпечними є відходи, в яких концентрація токсичних хімічних елементів в тисячі разів перевищує середні значення вмістів у біосфері. На першому місці за обсягами викидів знаходяться теплоенергетика і автотранспорт. Внаслідок діяльності цих галузей господарства в атмосферу надходять величезні кількості оксидів вуглецю та азоту, сірчаного ангідриду, пилу, нафтопродуктів. У кожного виробництва є свій специфічний набір токсичних мікроелементів. Їх концентрування в багатьох випадках сягає тисяч і навіть десятків тисяч кларків концентрацій.

За ступенем концентрації і комплексом хімічних елементів-забруднювачів, комунально-побутові відходи не поступаються промисловим. Особливо велика концентрація спостерігається у викидах сміттєспалювальних заводів (Ag, Pb, Cd, Sn, Zn, Sb, Cr) та в ґрунтах й інфільтраті звалищ (Zn, Cu, Sn, Ag, Pb, Cr). Використання осадів стічних вод міської каналізації в якості добрив потребує обережності

⁵ Біокосні системи – природні системи, створювані взаємозв'язками організмів і навколишнього середовища (ґрунти, кори вивітрювання, підземні та ґрунтові води).

у зв'язку зі збагаченням цих донних відкладів токсичними металами (Ag, Cd, Bi, Zn, Cu, Cr). Взагалі в водних системах важкі метали концентруються в придонних осадах та біоті, сама ж вода містить незначні концентрації важких металів. Так, при концентрації ртуті Hg в донних відкладах 80–800 мкг/кг, її вміст у воді не перевищує 0.1–4 мкг/кг [41].

Велику небезпеку утворюють аварійні радіоактивні забруднення, які в залежності від розміру аварії можуть забруднювати великі території такими радіонуклідами як цезій-137, стронцій-90, плутоній, америцій, тощо Ліквідація таких аварій призводить до утворення великих об'ємів радіоактивних відходів, які потребують безпечного поводження і захоронення.

1.2.3. Природні геохімічні поля

Під геохімічним полем (ГХП) розуміється «геологічно однорідний гірський простір (маються на увазі геологічно однорідні утворення), що характеризується близькими фізико-хімічними умовами утворення мінеральних асоціацій, які мають подібні гарагенезиси і рівні вмісту хімічних елементів» [50, 144–147].

Серед геохімічних полів, які поділяються на ендегенні і екзогенні, виділяються: геохімічні поля розсіювання (ГПР), геохімічні поля концентрування (ГПК) і геохімічні поля виносу (ГПВ). Під геохімічними полями розсіювання слід розуміти ділянки земної кори, концентрація елементів в яких обумовлена законом Кларка-Вернадського. Вони представляють інтерес з точки зору пізнання закономірностей розподілу речовини в земній корі в цілому. Геохімічні поля концентрування – ділянки земної кори, що характеризуються аномальною концентрацією елемента або елементів, що виникла в результаті еволюції рудно-магматичної або іншої природної системи. Саме ГПК мають важливе значення при встановленні закономірностей розміщення родовищ корисних копалин і для їх пошуків. Геохімічні поля виносу характеризують ділянки з аномально зменшеним (щодо геохімічних полів розсіювання) вмістом елементів, що утворилися в результаті їх винесення або перерозподілу. З ГПК вони знаходяться у взаємозв'язку, утворюючи на рудоносних площах єдину систему, коли поля концентрування одних елементів можуть бути полями виносу інших.

Ендогенні геохімічні поля розсіювання за класифікацією Л. В. Тасона [50, 144–147] підрозділяються на ендогенні, метаморфогенні і осадово-метаморфогенні. При характеристиці магматогенних ГПР слід враховувати геохімічний тип магматичних порід і морфологічний тип магматичних тіл. Залежно від типу магматичних порід їх геохімічні поля можуть містити підвищений вміст ряду рідкісних елементів, які пов'язані з рудоутворенням.

Вивчення різнотипних геохімічних полів [28, 50, 142, 144–147] свідчить про їх полігенний характер і пов'язаність з розвитком рудно-магматичних систем. Геохімічні поля рудних вузлів і рудних полів є результатом пізньо- і постмагматичних процесів (вони включають також ГХП вміщуючих порід, у тому числі і тих, що зазнали змін на дорудному етапі розвитку природної системи). Ці поля не завжди пов'язані безпосередньо з рудоутворенням, хоча на їх фоні нерідко частково за рахунок їх речовини в подальшому відбувається зручення родовищ.

На рудних об'єктах геохімічні поля концентрування є інтегральним виразом привносу і перерозподілу елементів протягом усіх стадій процесу рудоутворення (гідротермальний етап), включаючи формування рудних тіл, передрудних і сінрудних метасоматитів. За ступенем концентрування геохімічні поля поділяються на три групи: ГХП слабого концентрування (коефіцієнт концентрації – КК, нормований по фоні до 10), середнього (КК 10–100) і інтенсивного (КК \gg 100). У разі щодо простої будови рудних об'єктів геохімічні поля інтенсивного концентрування збігаються з контурами промислових покладів і відповідають рудним тілам, поля середнього рівня відповідають їх ореолам, а низького – ореолам родовищ або рудних полів [147].

Кожен геологічний об'єкт характеризується властивими йому геохімічними полями. При формуванні рудно-магматичних систем утворюються ГХП різних ієрархічних рівнів. Інтенсивність ГХП послідовно зростає на ієрархічному рівні «вміщуюча порода – передрудний метасоматит – сінрудний гідротермаліт – рудне тіло – рудний стовп». В цілому, на площах рудних вузлів і родовищ спостерігається строка-та картина геохімічних полів розсіювання, виносу і концентрування. Перші, як правило, характеризують вміщуючі породи, другі і треті можуть мати різну природу [147].

1.2.4. Техногенні геохімічні поля

Техногенні впливи визначають виникнення своєрідних геохімічних полів різної інтенсивності і складу, які можуть суттєво відрізнятися від природних геохімічних полів даної території. Як наслідок, властивості доквілля значною мірою зумовлені характером взаємодії природних та техногенних потоків речовини.

Велика кількість техногенних джерел у великих промислових центрах а також нерівномірність їх розміщення створюють складну структуру геохімічних полів і формують складні аномальні зони. Тож ідентифікація техногенних джерел у великих містах є набагато складнішим завданням ніж у випадку окремо збудованих вузькоспеціалізованих підприємств.

Техногенні впливи можуть призводити до перебудови усталеної структури території: природні геохімічні ариени⁶ (місця накладання геохімічних полів) заміщуються техногенними, які «включаються» в систему місцевої міграції. Найуразливішими для забруднення є замкнуті ариени, в яких скид здійснюється в безстічні водойми.

Структури техногенних геохімічних арен визначаються особливостями виробництва і властивостями природних систем які приймають ті чи інші навантаження. Так, для районів видобутку корисних копалин характерними є 3 типи геохімічних арен: 1) ариени рознесення (відкриті) – речовини виносяться по природним та штучним дренажам у водотоки, а також аерозолями в повітрі і розсіюються; 2) ариени місцевої акумуляції (закриті) – міграція замкнена в середині системи, винесення забруднення не відбувається, вихідна структура міграційних потоків території повністю змінюється (такі випадки характерні для місць обрушення кривлі над відпрацьованими пластами); 3) депресійні ариени, утворення яких пов'язано з формуванням депресійних воронок при відкачках води, характеризуються зміною режиму водної міграції і, одночасно, формуванням єдиного техногенного геохімічного потоку за межі ариени.

Геохімічні бар'єри при техногенній міграції. Дуже значною в процесах техногенної міграції є роль геохімічних бар'єрів. Вертикальні геохімічні бар'єри, які визначають низхідну геохімічну диференціацію речовини, є чинниками контролю накопичення-осадження

⁶ Геохімічні ариени – каскадне поєднання елементарних геохімічних ландшафтів, в межах яких здійснюється міграція елементів

продуктів техногенезу і основним механізмом захисту ґрунтових вод від забруднення. Їх потужність і ємність визначають не тільки стійкість техногенних аномалій, але й надійність захисту від забруднення інших компонентів середовища. Латеральні геохімічні бар'єри є відображенням ландшафтної контрастності території, вони забезпечують диференціацію речовини на шляхах міграції в межах геохімічних арен. Дуже потужним бар'єром на шляху органічних забруднювачів, наприклад, є супераквальні ландшафти, в відновному середовищі яких розклад органічних речовин різко вповільнюється.

Під впливом техногенезу природні геохімічні бар'єри часто руйнуються чи перебудовуються, крім того виникають власне техногенні бар'єри: штучні, які формуються при введенні в природне середовище нових компонентів, спеціально створювані для вирішення практичних задач; вторинні – у випадку штучної зміни характеру природних процесів (заміна глейових бар'єрів на окислювальні при осушенні територій, окислювальних на відновні – при утворенні водосховищ тощо). По механізму процесів концентрації хімічних елементів техногенні бар'єри, як і природні, поділяються на механічні, фізико-хімічні та біогеохімічні, вони можуть мати специфічні особливості, які визначаються техногенезом.

Сті́йкість природних систем є ще одним фундаментальним поняттям, яке використовується для прогнозування стану довкілля. Сті́йкість середовища – це не тільки здатність протистояти навантаженню, але й здатність систем нормалізувати своє функціонування після припинення дії зовнішнього впливу. Жодна з природних систем, включаючи глобальні геохімічні поля океану чи атмосфери, не володіє абсолютною стійкістю до техногенезу, незважаючи навіть на великий запас буферності.

Солнцева Н. М. [141, 142] виділяє три основні групи чинників, які контролюють стійкість ландшафтних систем:

1. Фактори, що контролюють інтенсивність виносу і розсіяння продуктів техногенезу (кількість опадів, швидкість вітру, гіпсометричний рівень структурної одиниці, механічний склад тощо).
2. Фактори, що контролюють інтенсивність метаболізму продуктів техногенезу (сума сонячної радіації, кількість ультрафіолетового опромінення, швидкість розкладання органічних речовин, інтенсивність фітохімічних реакцій тощо).
3. Фактори, що контролюють закріплення продуктів техногенезу (тумани, штилі, рН, Eh, фонові концентрації елементів тощо).

Кларки в техногенній геохімії є найбільш загальним показником прогнозної інтенсивності техногенних впливів на середовище, які не тільки відображають природну поширеність елементів, але й характеризують загальну адаптованість до них живих організмів. Елементи з високими кларками, як правило, найменш токсичні для організмів. Одні й ті ж самі сполуки в залежності від характеру їх надходження (тривалості, кількості, форм) можуть по-різному впливати на природні системи: викликати їх стійку деградацію аж до руйнування (бути токсичними) і не впливати значимо на навколишнє середовище. Говорити про незначимість впливу сполуки можна лише у випадку відсутності кумулятивного ефекту, інакше сумарний результат навіть слабких впливів може виявитися вищим порогової ємності системи.

Загальноновизнаними є тлумачення Гродзинським М. Д. [33] форм стійкості природних систем, а саме інертності (здатності геосистеми при дії на неї зовнішнього фактора зберігати свій стан в межах окресленої області протягом усього визначеного інтервалу часу), відновлюваності (здатності геосистеми повертатися до початкової області станів після виходу з неї) і пластичності (наявності в геосистемі декількох областей станів, знаходячись у яких вона має здатність до інертності та (або) відновлюваності, її здатність при дії зовнішнього фактора переходити з однієї такої області до іншої, зберігаючи за рахунок цього свої інваріантні ознаки впродовж визначеного інтервалу часу), враховуючи які, більшість сучасних вчених формують свої визначення поняття «стійкості».

Принцип геохімічної сумісності є одним з базових принципів оцінки впливу техногенних чинників на природні системи [141, 142]. Техногенез може бути сумісним з основними природними процесами і посилювати їх, зменшуючи стійкість систем, чи навпаки – бути несумісним з напрямком природних процесів. Так, високо мінералізовані супутні пластові води, які в більших чи менших кількостях видобуваються разом з нафтою і газовим конденсатом, можуть бути як несумісними з природною обстановкою, так і сумісними в умовах аридного клімату.

1.2.5. Техногенні аномалії

Виявлення техногенних аномалій належить до числа найважливіших еколого-геохімічних завдань при оцінці стану довкілля. Ці

аномалії є певним простором, в межах якого концентрації елементів вищі фонових значень за рахунок надходження речовин з техногенних джерел. Виділення техногенних аномалій здійснюється за тими ж принципами, що й природних. Виключення складають штучно створені речовини, аномальні концентрації яких визначаються за санітарно-гігієнічними критеріями. Якщо техногенна аномалія має чіткий просторовий і генетичний зв'язок з конкретним джерелом забруднення, то така аномалія називається техногенним ореолом розсіяння. Техногенні ореоли розсіяння фіксуються переважно в депонуючих середовищах – ґрунтах, донних відкладах, рослинному покриві тощо. Прояви техногенних аномалій в транзитних середовищах (повітря, води) називають техногенними потоками розсіяння.

Як правило, техногенні аномалії утворюються в кількох компонентах середовища, і їх незалежне вивчення за традиційною схемою з поділом на літохімічні, гідрогеохімічні, атмохімічні та біогеохімічні в більшості випадків мало ефективно (хоча нині нагромаджено вже величезні масиви даних по складу ґрунтів, вод, атмосфери і рослинності). Необхідність комплексного розгляду процесів техногенезу легко ілюструється на прикладі техногенного вилуговування. Так, зростання викидів в атмосферу сполук сірки і азоту призвело до формування кислих дощів ($pH < 3,5$), зростанню кислотності лісових ґрунтів (до $pH = 3,5-4,5$), посиленій мобілізації з ґрунтів важких металів (Hg, Cd, Pb, Cu) і забруднення останніми водоймищ.

Джерела забруднення за тривалістю дії поділяються на короткочасні (аварії), середньострокові (розробки родовищ корисних копалин), та довготермінові стаціонарні (заводи, міста). Порівняння різних продуктів виробництва за впливом на довкілля за пропозицією М. А. Глазовської, М. С. Касимова та ін. [5, 28, 29] здійснюють із застосуванням сумарного коефіцієнту техногенної концентрації (C_t) та регіонального сумарного коефіцієнту ноосферної концентрації (C_{st}). Найвищі значення C_t властиві вугіллю, при використанні якого як палива в навколишнє середовище надходить надлишкова кількість не менш як 25 елементів.

Найбільш сильні техногенні впливи проявляються у великих промислових містах, які по суті є окремими техногенними геохімічними провінціями. При порівнянні ступеня забруднення міст звичайно використовують коефіцієнт емісійного навантаження (E), який визначається як відношення річної кількості викидів (тонн) до кількості

населення. Застосування цього коефіцієнту дозволяє коректно порівнювати великі і малі населені пункти з різною промисловою навантаженою, тобто враховувати існуючі генералізовані залежності між кількістю жителів і вмістом забруднювачів в атмосфері, воді тощо. Безумовно, геохімічна характеристика міст буде неповною без врахування природних обставин.

Одним з критеріїв аномальності є коефіцієнт техногенної концентрації (K_c), що визначається за співвідношенням вмісту елементу в аномальному об'єкті до фонового вмісту в компонентах довкілля. Оскільки техногенні аномалії зазвичай є поліелементними, то їх характеристика повинна враховувати всю парагенетичну асоціацію елементів. Відповідний показник сумарного забруднення був запропонований Саєтом Ю. Є. [23, 129]:

$$Z_c = \sum K_c - (n-1), \quad (1.2)$$

де n – кількість елементів з $K_c > 1$.

Показники сумарного забруднення розраховуються окремо для різних компонентів середовища.

1.2.5.1. Відмінність техногенних аномалій від природних

У самому загальному вигляді можна виділити елементи і сполуки: 1) природні; 2) техногенні, які в природних умовах або не зустрічаються взагалі, або зустрічаються тільки в розсіяному стані; 3) ті, поява і розподіл яких в ґрунтах і підземних водах можуть бути обумовлені як природними, так і техногенними процесами. Проблема зводиться фактично до розмежування аномалій елементів і сполук третьої групи на природні і техногенні. Самі загальні критерії такого розмежування наведені в табл. 1.2.

Біоіндикатори забруднення. Рослинний покрив міст знаходиться під потужним техногенним тиском великої кількості політантів (оксиди сірки, азоту і вуглецю, важкі метали, сполуки фтору, вуглеводні), що поступають з повітря та забруднених ґрунтів. Акумуляція забруднювачів вищими рослинами залежить від опушеності, шорсткості, змочуваності і клейкості листя, параметрів середовища та властивостей елементів. Індикаційна здатність листя дерев є вищою за таку ж трав у зв'язку з відмінністю властивостей депонуючої поверхні. Так, за даними В. М. Башкіна, М. С. Касимова [5], в межах

зон техногенного забруднення вміст хрому та нікелю в клені та полині відрізняються в 50 разів, тоді як на фонових ділянках відмінність не перевищує 1,5–2 рази. Мохи поглинають метали в результаті іонного обміну, а лишайники – в процесі пасивної дифузії аерозольних часток в клітинні структури. Поглинання металів та їх подальша акумуляція рослинами є суттєво відмінними для різних елементів. Так, мідь і цинк концентруються переважно в коренях рослин, а кадмій – в листі. Одним з ефективних індикаторів забруднення повітря є кора дерев (в першу чергу сосни) як така, що немає фізіологічних меж поглинання забруднювачів і здатна до акумуляції поллютантів. Зменшення рН кори (до 2,5–3,0 за рахунок атмосферних оксидів сірки) сприяє розчиненню аерозолів та більш активному поглинанню катіонів металів, при зростанні ж лужності (при рН>8) виникає небезпека розчинення аніогенних елементів аерозолів (Mo, Cr, V).

Таблиця 1.2

Критерії розмежування природних і техногенних аномалій елементів і сполук в ґрунтах і підземних водах

Критерії	Природні аномалії		Техногенні аномалії	
	Ґрунти	Підземні води	Ґрунти	Підземні води
Просторово-часові	1. Незакономірний розподіл вмісту з глибиною 2. Відсутність змін вмісту у часі	1. Відповідність складу вертикальний зональності 2. Стабільне положення у просторі і незначні зміни у часі	1. Приуроченість до поверхневого шару ґрунту 2. Зміни вмісту (концентрації) у часі	Швидкі зміни положення аномалії і зменшення її інтенсивності у часі
Літологічні і мінералогічні	Наявність літологічного і мінералогічного контролю малорухомих елементів і сполук	Відповідність хімізму складу товщ вміщуючих порід	Відсутність літологічного і мінералогічного контролю малорухомих елементів і сполук	Невідповідність хімізму складу товщ вміщуючих порід
Статистичні	Нормальний або логнормальний закони розподілу	Нормальний або логнормальний закони розподілу	Відхилення від природних нормального або логнормального законів розподілу	Відхилення від природних нормального або логнормального законів розподілу

1.3. Техногенез як сукупність геофізичних процесів, що передбачає екологічний вплив геофізичних полів на екосистеми

Техногенез може охарактеризуватися сукупністю геофізичних процесів, що передбачає екологічний вплив геофізичних полів на природні і природно-техногенні екосистеми, на біоту. Геофізичні зміни проявляються у виникненні у верхній частині земної кори штучних фізичних полів (блукаючих струмів, сейсмічних та звукових хвиль тощо), які впливають на речовину літосфери, підсилюють корозію металів, підвищують агресивність води.

Геофізична екологічна функція літосфери відображає властивості геофізичних полів (неоднорідностей) літосфери природного і техногенного походження, що впливають на стан біоти, включаючи людину.

Екологічна геофізика відрізняється можливістю проведення швидкого, точного, об'єктивного, недорогого, часто непрямого вивчення будови верхньої частини геологічного розрізу (ВЧР) в умовах сильного техногенного впливу. Введено геофізиками поняття ВЧР еквівалентно екологічному визначенню «техно-геологічна система» (ТГС) [158–160]. Елементами ТГС є як природні геологічні об'єкти (гірські породи, підземні води, гази, біота, окремі геологічні тіла, елементи тектоніки, природні фізичні поля та ін.), так і елементи, що виникають в результаті техногенезу (штучні тіла, техногенно змінені гірські породи і води, техногенні фізичні поля та ін.). Тому завданням геофізичних досліджень ВЧР в умовах техногенезу є вивчення за допомогою геофізичних методів природних геологічних елементів, що визначають стійкість до антропогенних впливів; техногенних еколого-геологічних процесів; впливу природних і техногенних фізичних полів на геологічне середовище і біоту.

Вплив самих фізичних полів на біоту може оцінюватися інтенсивністю екофізичних або екогеофізичних аномалій:

1. Під екофізичними аномаліями прийнято розуміти аномалії природного і техногенного походження, які надають істотний вплив на екосистеми, біоту, здоров'я людей.
2. Під екогеофізичними аномаліями розуміються лише ті геофізичні аномалії, які формуються за участю літосфери і трансформуються нею.

Для екологічних цілей може застосовуватися безліч методів геофізики (гравімагнітні, електромагнітні, сейсмоакустичні, теплові, ядерні). При цьому слід або спеціально проводити екогеофізичні роботи, або здійснювати екологічну переінтерпретацію даних інших напрямків прикладної геофізики (глибинної, регіональної, розвідувальної, інженерної).

Антропогенна діяльність призвела до створення на планеті величезного числа потужних штучних джерел фізичних полів (радіостанції, радары, атомні і теплові електростанції, лінії електропередачі, транспортні магістралі, міські агломерації, гірничодобувні кар'єри, гірничо-збагачувальні комбінати, промислові підприємства та ін.). Постійне вдосконалення можливостей геофізичних методів стало причиною їх активного впровадження в екологію.

Життя на Землі виникло в умовах абсолютного переважаючого впливу природних полів (гравітаційного, геомагнітного, сейсмоакустичного, температурного та ін.), до безперервного впливу яких живі організми добре пристосувалися за тривалий (навіть в геологічному розумінні) час свого існування. Тому прямий і сильний вплив природних фізичних процесів на біосферу Землі і екологічні умови існування людської цивілізації незаперечний. Техногенне забруднення проявляє себе присутність в геологічному середовищі (атмосфері, літосфері і гідросфері) фізичних полів, створюваних людиною в процесі реалізації техногенної діяльності.

Завдячуючи впливу суспільства, в даний час спостерігається стійка тенденція до зрушення енергетичного балансу в бік штучних полів, до насичення навколишнього середовища електромагнітними полями в широкому частотному діапазоні, пружними полями наведеної мікро- і макросейсмічності, тепловими та іншими штучно створюваними фізичними полями. Тому живим організмам доводиться пристосовуватися до нових умов, що не завжди узгоджується з адаптаційними можливостями біоти, в тому числі людини.

Техногенне фізичне забруднення найбільш характерно для великих міст, мегаполісів і промислових районів. У межах відповідних зон, завдяки великій кількості виробленої, перетворюваної і споживаної енергії, виникає і стійко існує підвищений фон техногенних фізичних полів. Не будучи в змозі сприйнятися повністю людиною у своїй життєдіяльності, частина енергії, що надходить в надлишкову енергію техногенних фізичних полів, навколишнє середовище «втрачає» на зміну своїх властивостей, активізацію і підтримку екзо-

генних геологічних процесів. Останні стають, таким чином, значною мірою техногенними. Надлишкова енергія техногенних фізичних полів може також надавати шкідливий і руйнівний вплив на інженерні споруди і комунікації [132].

Отже, техногенне фізичне забруднення можна визначити як сумарний енергетичний потенціал штучно створюваних фізичних полів, що значно перевершує за величиною потенції природних геофізичних полів і надає в силу цього негативний вплив на навколишнє середовище, інженерні споруди, живі організми і людину.

Основними видами техногенного фізичного забруднення навколишнього середовища є: 1) шумове (акустичне); 2) вібраційне (механічні коливання); 3) теплове; 4) електричне; 5) електромагнітне; 6) радіаційне.

Шумове забруднення середовища відноситься до категорії суто екологічних факторів прямого впливу, оскільки безпосередньо впливає на живі організми. Основним і повсюдним джерелом шуму є наземний, підземний, повітряний і водний транспорт, промислові підприємства, будівельні машини, механізми та ін. Вплив шуму на людину можна виділити в три основні блоки: 1) фізіологічний вплив – розлад центральної нервової системи, неврози, захворювання серцево-судинної системи, гіпертонія, захворювання шлунково-кишкового тракту (виразка та ін.); 2) емоційний вплив – роздратування та іноді пригнічення організму; 3) інформаційний вплив – заважає сприйняттю необхідної інформації.

Вібраційний вплив на геологічний простір створюється численними і різноманітними джерелами, найбільш значущими з яких є рухомі транспортні засоби, обладнання промислових підприємств, будівельні машини і механізми, технічне обладнання будівель і інженерних споруд. Поле вібрації можна кваліфікувати як екологічний фактор подвійної дії прямого (наприклад, при роботі з ручними перфораторами, на транспорті) або непрямого, коли вібрація сприймається через передавальне середовище (наприклад, фундаменти будівель і споруд, розташованих недалеко від залізничних колій, промислових підприємств і т. ін.). Вплив полів вібрації безпосередньо на гірські масиви може призводити до зміни рельєфу поверхні, зниження механічної міцності порід або, навпаки, до їх ущільнення і поліпшення міцності. Тривалий вібраційний вплив здатний викликати або активізувати екзогенні геологічні процеси, такі, наприклад, як зсуви та обвали на крутих схилах, карст тощо.

Теплове забруднення, що викликається техногенною зміною температурного режиму верхніх шарів літосфери, на даний час являє собою серйозну екологічну проблему. Джерелами теплового забруднення можуть служити гарячі цехи і підземні газоходи металургійних підприємств, теплотраси, збірні комунікаційні колектори та тунелі метрополітену, а також скиди гарячих технологічних вод в річки, озера та ін.

Тепловий вплив міських агломерацій збільшує температуру повітря на 2–5 °С. З іншого боку, в якості охолоджувачів порід можуть розглядатися установки, що використовуються для проморожування слабкозв'язаних ґрунтів і пливунів при будівництві, підземні сховища зрідженого газу і ін. Концентрація великої кількості джерел теплової енергії у верхніх частинах літосфери, наприклад, під великими містами (мегаполісами), створює передумови формування на глибинах 10–50 м так званих теплових куполів – прогрітих до 6-10 °С обсягів порід.

Температурний вплив на породи сприяє прояву деяких екзогенних геологічних процесів (термопросадка, термокарст, деградація багаторічної мерзлоти, морозне здимання) і може кваліфікуватися як екзогенно-техногенний фактор.

Електричне забруднення включає вплив блукаючих струмів і атмосферну електрику. Забруднення ґрунту енергією блукаючих струмів створюється різними джерелами, наприклад, електрифікованими залізницями, різними енергоустановками. Воно сприяє електрохімічній корозії заземлених металевих і бетонних конструкцій, призводить до більш швидкого виходу з ладу підземних комунікацій, в тому числі різних трубопроводів. Захист застосовується, наприклад, на ділянках трубопроводів, які знаходяться в районі блукаючих струмів, і полягає у відведенні блукаючих струмів з трубопроводу по кабелю в рейкову мережу, що запобігає їх стіканню в ґрунт і «роз'їданню» труб.

Атмосферна статична електрика, пов'язана з іонізацією повітря, є важливим природним і екологічним фактором. У природних умовах іонізація повітря відбувається під дією газових (радон, гелій і ін.) випромінювань Землі, космічного та ультрафіолетового сонячного випромінювання. Забруднення повітря пилом, димом, а також збільшення вологості повітря зменшують рухливість негативних аероіонів при збереженні рухливості позитивних, наприклад, в містах. У межах промислових зон концентрація важких позитивних аероіонів

значно вище, ніж в приміських лісових масивах і на територіях парків і зон відпочинку в межах міської межі.

Електромагнітне забруднення створюється джерелами струму промислової частоти (50 і 400 Гц), а також неіонізуючими випромінюваннями (радіорелейними, радіохвильовими і телевізійними в діапазоні 0,100 МГц ÷ 300 ГГц), небезпечними з екологічної точки зору. У смузі шириною 60-90 м під високовольтними лініями і в межах прямої видимості радіо- і телепередавальних антен, радіолокаторів можлива наявність небезпечного електромагнітного опромінення. Кількість джерел електромагнітних полів постійно зростає, в окремих регіонах рівень створених техногенною діяльністю людини полів в сотні разів перевищує середній рівень природних полів.

Радіаційне забруднення являє собою досить небезпечний з екологічних позицій фактор прямого впливу на живі організми. Джерелами природного радіаційного поля є космічні промені і іонізуюче випромінювання природних радіоактивних речовин, що містяться в ґрунті, гірських породах, воді. До природного радіаційного фону додається техногенне іонізуюче випромінювання, що надходить в навколишнє середовище від новостворених (створюваних в процесі реалізації промислових технологій) радіонуклідів, використовуваних будівельних матеріалів з підвищеною радіоактивністю, а також від складованих відходів атомного виробництва.

Техногенний фізичний вплив, ступінь викликаного ним фізичного забруднення, а також ситуацію, що змінює екологічну обстановку і умови життєдіяльності людей, можна оцінювати за допомогою умовного поділу всього діапазону зміни умов на чотири категорії: слабкий, помірний, сильний і небезпечний вплив; низька, середня, висока і дуже висока ступінь забруднення; екологічна норма, екологічний ризик, екологічна криза і екологічне лихо; комфортні, дискомфортні, дуже дискомфортні і небезпечні умови для життєдіяльності людей.

До *першої категорії* можна віднести такий вплив, при якому не виникають ситуації, що виходять за рамки природних варіацій стану навколишнього середовища і умов існування живих організмів, включаючи людину. До *другої категорії* відноситься вплив такого рівня, при якому можуть виникати помітні зміни навколишнього середовища і умов існування живих організмів, які не потребують, проте, спеціальних заходів для усунення наслідків цих змін. *Третя категорія* передбачає вплив такого рівня, при якому зміни, що виникають у на-

вколишньому середовищі і середовищі життєдіяльності організмів, вимагають спеціальних заходів, спрямованих на запобігання негативним наслідкам впливу. *Четверта категорія* передбачає такий рівень впливу, при якому можливі руйнівні і катастрофічні зміни в навколишньому середовищі, загибель представників тваринного і рослинного світу і, в тому числі, патологічні і генетичні зміни в організмі людини з самими серйозними негативними наслідками. Для визначення при поділі рівнів впливу або ступеня забруднення навколишнього середовища на зазначені чотири категорії вибираються кількісні показники, що регламентуються діючими санітарними і технічними нормативними документами або визначаються дослідним шляхом, які відповідають певному стану середовища, сукупності умов існування живих організмів і, в першу чергу, людей [36–38, 132].

Є переконливі дані про те, що переважною формою існування природних геологічних процесів і фізичних полів на Землі є спокійна, фоновая, еволюційна форма, яку можна назвати нормальною. Лише мала частина таких процесів (близько 5%) є аномальною, неспокійною, катастрофічною, що виявляється у вигляді геодинамічних процесів (землетруси, вулканізм, обвали та ін.), варіацій фізичних полів (сонячної активності, геомагнітного, магнітотелуричного, радіаційного, електростатичного, інфразвукових коливань в атмосфері, корпускулярних випромінювань й ін.), погодно-кліматичних явищ і факторів (циклони, антициклони, зміни освітленості, приземної температури та ін.).

В екологічній та в розвідувальній геофізиці вивчають аномалії фізичних полів. Однак різниця полягає в тому, що джерела фізичних аномалій в екологічній геофізиці відомі заздалегідь, а в розвідувальній геофізиці фізичні аномалії є лише індикаторами, за допомогою яких опосередковано ведуть пошук і розвідку покладів корисних копалин. Тому одні й ті ж геофізичні методи досліджень грають в геології і екологічній геології принципово різну роль. У першій вони виступають як непрямі методи пошуків, і, виявляється при цьому багатозначність розв'язання оберненої задачі геофізики, що істотно знижує їх ефективність. При вирішенні екологічних завдань геофізичні методи служать прямими засобами вивчення геологічного середовища. Інтерпретація еколого-геофізичних даних майже завжди цілком певна і однозначна.

1.4. Гірничорудний техногенез постексплуатаційної стадії на території України

Гірничорудний техногенез як комплекс ежекційних та інжекційних процесів, що протікають в літогенетичних комплексах, розвивається в дві стадії: активну і пасивну. Активна стадія формується техногенними, а пасивна – природно-техногенними процесами.

Ліквідація підприємств, особливо розташованих на території або поблизу великих населених пунктів (селищ або міст), ускладнюється комплексом несприятливих інженерно-геологічних, гідрогеологічних, гідрологічних та інших процесів, що створюють техноприродні небезпеки для будівель, споруд, комфортності проживання та навіть життя людей [148, 172]. Серед них слід виділити підтоплення житлової забудови, виливи шахтних вод та ін.

Таким чином, оцінка стану літогенетичних систем на ділянках гірських робіт після їх завершення є для України актуальним соціальним та екологічним завданням, що вимагає наукового аналізу і прогнозу.

При цьому геохімічні процеси в техногенних ландшафтах є пряме продовження гірських робіт і техногенних процесів в літосфері, складаючи в сукупності гірничорудний тип техногенезу. Формується особливий тип ландшафту не тільки з геохімічної точки зору, але і географічної, нагадує карстовий ландшафт. Як відомо [3, 156, 157], карстові ландшафти характеризуються двома структурними підсистемами: поверхневою і підземною. Вони являють собою геокомпонентні морфологічні горизонтальні складові. Поверхнева і підземна частини карстового ландшафту мають власну топографію, фауну і флору, клімат (наприклад, печерний), гідрографію (підземні річки). Карстові ландшафти належать до глибоко специфічних. Від оточуючих їх некарстових ландшафтів вони відрізняються особливими рельєфом, гідросіткою, ґрунтами, біоценозами, більш складною структурною організацією, більш високим ступенем диференційованості, дискретності, емерджентності (цілісності), іншими механізмами речовинно-енергетичних зв'язків, своєрідністю режимів функціонування та динаміки. Горизонтальні складові з'єднуються в єдине ціле за допомогою вертикальних геокомпонентів. Глибина (обсяг) карстових ландшафтів зазвичай не перевищує 2 км.

Гірські розробки в першу чергу включають підземні гірничі виробки, створюють дуже схожий географічний тип ландшафту. Різ-

норівневі горизонтальні вироблення (як печери і карстові канали), шахтні стовбури, провали, обвалення, що зв'язують їх з денною поверхнею, представляються [3, 17, 132, 156, 157] як карстоподібний тип ландшафту, що є одним з безповоротних наслідків гірських робіт і ознакою гірничорудного типу техногенезу. Він заміщає сформовані раніше природні ландшафтні особливості, ключовим чином змінюючи геохімічні, гідрогеологічні та інші умови на контакті літосфери з атмосферою.

В результаті техногенезу гірничорудної промисловості набуває такі особливості [28, 29, 101, 166]:

а) формування на поверхні техногенного карстоподібного ландшафту, включаючи геохімічні і гідрогеохімічні його аспекти;

б) формування техногенного поля напружень в гірському масиві, що призводять до розвитку техногенної тріщинуватості та деформації поверхні Землі. Відомо, що процес відпрацювання родовища корисних копалин, навіть якщо він організований з урахуванням самих передових технологій, дестабілізує масив гірських порід і викликає активізацію екзогенних і, навіть, ендегенних процесів [17, 36, 132];

в) формування в підземних водах локального або регіонального техногенного гідродинамічного режиму (техногенного водоносного горизонту), що приводить до дренажу вологи на цій площі;

г) проникнення техногенних процесів на значну глибину, в межах якої підземні води мають високу окислювальну здатність, здатність вилугування, розчинення і інтенсивного тепломасообміну, спрямованого з надр на поверхню землі;

г) значним виснаженням природних запасів підземних вод, перетворенням структури підземного потоку в плані й розрізі, балансу підземного стоку.

Після зупинки гірничорудного підприємства продовження техногенезу не припускається, оскільки припиняються технічні заходи і пов'язані з ними техногенні процеси [101].

Однак, як вже зазначалося і буде показано нижче, досвід зупинки гірничорудних підприємств, також як і закриття вугільних шахт в різних регіонах світу та України, показує, що негативні процеси в літосфері тривають і на постексплуатаційній стадії, іноді навіть у більшому обсязі.

Відома ще одна позиція вчених, в якій постексплуатаційний період (після зупинки гірничодобувного підприємства) співвідноситься з

особливим видом техногенезу (табл. 1.3) [42]. При цьому виділяється три основних стадії освоєння родовищ.

Перша, передтехногенна стадія, на якій будь-які техногенні порушення мають зворотний характер.

Таблиця 1.3

Співвідношення стадій техногенезу і освоєння родовищ (згідно [42])

Стадії техногенезу	Стадії освоєння родовищ
Дотехногенна стадія розвитку геосистеми	Розвідка родовища і розробка проекту на його освоєння
<p>Прогресивна стадія техногенезу.</p> <p>Характеризується зростанням внутрішньої енергії геосистеми. Провідну роль відіграють керовані процеси механічного руйнування, перенесення і диференціації мінеральної речовини, збільшення питомої поверхні метастабільних фаз, збільшення зони аерації, швидкості водообміну, формування та накопичення тонкодисперсних продуктів механічного руйнування, зростання ролі мимовільних геодинамічних процесів, активізація гідрогеохімічної міграції і процесів мінералоутворення, підвищення температури масиву за рахунок процесів окислення.</p>	<p>Будівництво та експлуатація гірничодобувного підприємства</p>
<p>Регресивна стадія техногенезу.</p> <p>Після припинення управління технічною системою (після завершення експлуатації) мимовільні геодинамічні процеси використовують енергію, накопичену в попередній прогресивний період. Відбувається активізація геодинамічних процесів, формування природно-техногенної гідрогеологічної (літогенетичної) системи.</p>	<p>Постексплуатаційна стадія: консервація чи ліквідація гірничодобувного підприємства, рекультивація.</p>

На другій стадії при розробці і освоєнні родовища підземним або відкритим способом дренажні заходи створюють техногенну зону аерації. В її межах порушуються не тільки гідродинамічна, гео- і гідрохімічна рівноваги, але в результаті переміщення маси гірських порід порушується і геодинамічний стан масиву, і геофізичні поля (гравітаційне, теплове та ін.). Основним фактором формування нестабільності є техногенний, і це кваліфікується як прогресивна стадія техногенезу, яка містить два компоненти: максимальні можливості та продуктивність.

На третій, постексплуатаційній стадії, виділяється регресія порушених умов, тобто витрачання накопиченої людиною при відпрацюванні родовища енергії. Накопичені напруги розвантажуються через геодинамічні і гідрохімічні процеси [40–42, 101]. Геосистема прагне повернутися в початковий стан, складаючи регресивну стадію техногенезу. Повна регресія геосистеми в початковий стан у принципі неможлива в силу її незворотного руйнування. На таких ділянках, як буде показано нижче, існують вже додаткові гідродинамічні, гідрогеохімічні, інженерно-геологічні та ін. умови, і, звичайно, новітні ландшафти.

1.5. Емпіричні дані за станом техногенезу на постексплуатаційній стадії

Еколого-геологічні наслідки масового затоплення вугільних шахт в Східному Донбасі всебічно проаналізовані в [135, 166]. До найбільш небезпечних процесів були віднесені перетоки між затопленими і діючими шахтами, що призводило до переформовування газової зональності за метаном і вуглекислотою, збільшення знекисненого повітря. Затоплення шахт супроводжувалося витісненням підземного повітря (у тому числі і радону) з гірських виробок, тріщин в масиві гірських порід на поверхню землі в заглиблені інженерні споруди.

У роботі зафіксовані факти виходу шахтних вод на поверхню землі, що визначають розвиток підтоплення і заболочування, і визнані наймасштабнішими негативними процесами. Відзначено погіршення якості шахтних вод після затоплення. Наприклад, в шахті «Комісарівська» загальна мінералізація збільшилася з 8 до 18 г/л, а концентрація сульфатів – до 8,8 г/л, заліза – до 170 мг/л. Зазначені води містять цілий ряд токсичних речовин (Cu, Co, Cd, Sr і Cr).

Небезпечними визнані і геодинамічні процеси, представлені осіданням поверхні землі на 1–2 м, утворенням великих провалів і провальних зон на поверхні землі глибиною до декількох метрів і діаметром у десятки метрів. У м. Донецьку обсяг виробленого простору, зараз заповнений водою, становить близько 300 млн м³, що провокує техногенну сейсмічність.

Чимале значення для загальної картини техногенезу постексплуатаційної стадії мають техногенні ландшафти, елементами яких є нерекультивовані породні відвали, зони осідання, заболочування, пригнічення рослинності, нагромадження зруйнованих і нерозібраних інженерних споруд і т.п. У м. Шахти налічується 40 відвалів, 183 га займають землі, відведені під відвали. Деякі з них горять, викидаючи в атмосферу до 170 т/рік різних газоподібних і твердих речовин. Фільтровані через відвали дощові і талі води містять токсичні речовини, що перевищують ГДК (іноді в десятки разів), забруднюючи поверхневі і підземні води.

Надфоновий вміст токсичних елементів, в тому числі, Cu, Pb, Ni, Zn, Cr, Sr, V, Co, Mn, Mo, Ti, Ga, Sn, Sc, Be та ін. виявлено в ґрунтовому покриві Східного Донбасу. Найбільш високий їх вміст фіксується на майданчиках діючих шахт і шахт, що закриваються («Гундорівська», «Ізварінська» та ін.). Зрозуміло, що після закриття шахт рекультивація ґрунтового покриву практично не виконується.

З 1993 по 2005 рр. в Східному Донбасі було ліквідовано близько 200 вугледобувних підприємств [17]. При цьому шахтні стовбури є найбільш крупними інженерними спорудами, і їх ліквідація є найбільш трудомісткою, дорогою і небезпечною проблемою.

Після ліквідації шахт на них часто відбуваються техногенні аварії. В [17] проаналізовані причини аварій, які найбільш часто зустрічаються:

1. Не засипані породою і погано закриті гирла стовбурів (руйнування слабкого кріплення стволів і порушення прошарків недостатньої міцності на їх гирлах);
2. Неякісно засипані стовбури або стовбури, в яких через розчинення вапняків або розмиву слабких порід, що вміщують підземні води (вірогідно, це ознаки підземної водної ерозії), відбувається обвалення кріплення стволів;
3. Затоплення стовбурів поверхневими водами або інтенсивні притоки підземних вод, що викликають розмив закладки та її винесення.

сення у виробки, що сполучають зі стовбуром, часто з утворенням кратерів і провалів (також ознаки водної ерозії);

4. Вибухи і спалах метану, надходження метану в навколишні будівлі та споруди;
5. Раптові підйоми води в ліквідованих стовбурах на десятки метрів, причини яких невідомі;
6. Відсутність моніторингу за ліквідованими стволами, який зміг би запобігти всім великим аваріям.

З позиції генезису половина аварій спровокована підземними водами, в тому числі, і вихід метану, який витісняється з виробок при їх затопленні, інші – технічними і організаційними факторами.

1.6. Природно-техногенні процеси постексплуатаційної стадії

На пасивній стадії техногенезу технічні заходи зазвичай не виконуються. Стародавні гірничі виробки раніше просто залишалися для природного обвалення природними процесами [17, 166]. На сучасному етапі техніко-економічного розвитку найчастіше реалізується той чи інший обсяг рекультиваційних заходів, передбачений Проектом рекультивації, який найчастіше включає:

1. Надійне перекриття стовбурів шахт двома стовами на двох глибинах для ізоляції їх гирл.
2. Установку попереджувальних знаків.
3. Нейтралізацію кислих шахтних вод.
4. Штучний розтин і відведення шахтних вод.
5. Збереження рудничного водовідливу (повністю або частково) і його відведення або використання (повністю або частково).
6. Засипання провалів і зон зсування (може бути за окремим проектом), в тому числі промисловими відходами.
7. Ліквідацію (повністю або частково) відвалів, відстійників і т. п.
8. Технічну рекультивацію кар'єрних виїмок і відвалів.
9. Нейтралізацію шахтних і підвідвальних вод.
10. Біологічну рекультивацію порушених земель (повністю або частково).

При цьому завдання рекультивації – не повернути порушену літосферу в нормальний природний стан, припускаючи це надмірною з

техніко-економічних позицій, а забезпечити безпеку зупинених (ліквідуються або консервуються) об'єктів.

Дія техногенних процесів гірничорудного виробництва триває або набуває нових аспектів вже після зупинки рудника. Але при цьому провідними факторами впливу на «порушену» літосферу, що визначають її еволюцію, є вже не антропогенна діяльність і гірниче виробництво, а природні фактори: висока температура, лід, гази атмосфери, водні потоки і гравітація.

Вплив природних фізичних і хімічних агентів на розглянутих об'єктах має техногенну специфіку – присутність техногенних геохімічних ландшафтів і пустот, тобто все, що залишилося в «спадок» від експлуатаційної стадії освоєння родовища. Тому комплекс процесів на пасивній стадії гірничорудного техногенезу носить успадкований характер від техногенних процесів активної стадії, але еволюціонує під впливом виключно природних агентів і його слід кваліфікувати як природно-техногенний. Зведені емпіричні дані по природно-техногенних процесах і їх проявах, описані вище, представлені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Техногенез на території зупинених рудників і шахт (за літературними джерелами)

Об'єкт	Процеси і прояви												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Східний Донбас (Україна)	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Кузбас (РФ)	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Кізеловський вугільний басейн (РФ)	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
Гродзенський міднорудний басейн	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-

Примітка А. 1 – збереження водовідливу (в тому числі частково) та техногенної зони аерації; 2 – виливи шахтних вод; 3 – підтоплення; 4 – забруднення підземних вод; 5 – забруднення поверхневих вод і формування вторинних утворень (в донних відкладах, на поверхні землі); 6 – зміна загального водного балансу, збільшення підземної складової (в тому числі, до 100%); 7 – зміна структури фільтраційного потоку, перебалансування джерел живлення зі специфічною ізотопною зональністю; 8 – створення специфічної геотермальної

(геофізичної) зональності; 9 – витіснення водою підземних газів (радоу, сірководню, вуглекислого газу, «мертвого» повітря та ін.); 10 – провали і активізація зон зсування; 11 – підземна водна ерозія; 12 – техногенний карстоподібний ландшафт (поверхневий і підземний); 13 – наявність старих гірничих виробок, прориви води в діючі шахти. Знак «+» означає спостережений процес або явище; знак «-» – відсутність процесу або явища.

З огляду на все вищевикладене, розроблений комплекс природно-техногенних процесів пасивної стадії гірничорудного техногенезу (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Техногенні і природно-техногенні процеси техногенезу гірничорудного профілю

№ п.п.	Процеси на відповідній стадії техногенезу	
	Техногенні на активній стадії (згідно з [101])	Природно-техногенні на пасивній стадії
1	Осушення водоносних порід надрудної і рудовміщуючої товщі дренажними заходами	Підйом рівня підземних вод після зупинки водовідливу в межах депресійної вирви, самозатоплення шахтних полів; вилів шахтних вод на поверхню землі; зміна структури фільтраційного потоку і загального водного балансу, підтоплення, заболочування
2	Вторинна консолідація пухких порід (англ. <i>loose rock</i>) при зниженні пластового тиску	Збереження водовідливу повністю або частково
3	Депресійне ущільнення піщано-глинистих порід при зниженні пластового тиску	Розрідження і зниження міцності властивостей гірських порід при їх вторинному замочуванні
4	Зрушення в масиві гірських порід у зоні впливу гірничих виробок	Те ж саме
5	Суфозійні і суфозійно-карстові процеси, що формуються при осушенні водоносних карбонатних порід	Гравітаційні процеси на підробленій території, в тому числі, в зоні зсуву
6	Раптовий прорив рудничних вод, що формується під впливом залишкового гідростатичного напору	Суфозійні і суфозійно-карстові процеси, що формуються в зоні сезонного коливання рівня підземних вод, в першу чергу, над підземними гірничими виробками
7	Зсувні процеси при відкритій розробці родовищ, що формуються при слабо осушених піщано-глинистих породах	Раптовий прорив рудничних вод зі старих затоплених виробок в нові і виробки, що працюють
8	Окислення рудної мінералізації та органічних речовин в осушених породах техногенної зони аерації	Зсувні і осипові процеси при відкритій розробці родовищ, що формуються при «мокрій» консервації кар'єрних вибок
		Окислення рудної мінералізації та органічних речовин в осушених породах техногенної зони аерації при неповному відновленні рівня підземних вод, хімічне вивітрювання техногенних літомінеральних утворень (відвалів, аерогенних ореолів та ін. об'єктів),

		розчинення вторинних мінералоутворень в колишній техногенній зоні аерації
9	Взаємодія осушувальних пристроїв і водозабірних споруд підприємства	Включення в область живлення водозабірних споруд затоплених шахтних полів
10	Набухання («спучування», «видавлювання»), глинистих порід в підземних гірничих виробках	Водна ерозія стінок підземних гірничих виробок
11	Гірські удари при освоєнні родовищ в складних геолого-структурних умовах	Порушення міцності властивостей і стійкості підроблених масивів гірських порід
12	Техногенні землетруси	Техногенні землетруси
13	Підземні пожежі	Зміна температурного градієнта в масиві гірських порід
14	Формування техногенних карстоподібних ландшафтів	Нерекультивовані техногенні ландшафти або їх елементи, що є складовими природно-техногенних карстоподібних ландшафтів

Для зручності і простеження зв'язку між активною і пасивною стадіями виконано зіставлення техногенних і природно-техногенних процесів. Комплекс природно-техногенних процесів не поступається за різноманітністю техногенним процесам активної стадії і включає наступні генетичні групи процесів: геохімічні, гідрогеологічні (гідродинамічні і гідрогеохімічні), інженерно-геологічні (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Форми прояву природно-техногенних процесів

п.п.	Групи природно-техногенних процесів	Форми техногенної зміни властивостей навколишнього середовища
1	Гідрогеологічні	Гідрогеологічні
1.1	Підйом рівня підземних вод після зупинки водовідливу в межах депресійної вирви (самозатоплення шахтних полів)	Специфічна структура загального водного балансу території зі збільшенням частки підземного стоку, специфічна структура підземного потоку (специфічні області транзиту, живлення і розвантаження), зміна кордонів місцевих басейнів стоку, витіснення рудничних газів в цокольні поверхні будівель, льохи і заглиблення, підтоплення інженерних будівель і споруд в межах колишньої депресійної воронки рудника, заболочування території і зміна загальних ландшафтних умов, забруднення підземних вод за рахунок впливу шахтних вод, у тому числі при їх підтягуванні до водозаборів, зміна геотемпературного градієнта
1.2	Вилив шахтних вод на поверхню землі	Формування техногенних джерел на ділянках вилливу шахтних вод і відновлення осушеного раніше джерельного розвантаження, формування поверхневих водотоків, забруднення поверхневих вод в результаті вилливу шахтних вод
1.3	Раптовий прорив рудничних вод зі старих затоплених виробок в нові або експлуатовані	Деформація і затоплення гірничих виробок, порушення загального ритму видобувних робіт

1.4	Включення в область живлення водозабірних споруд затоплених шахтних полів	Погіршення якості води на водозаборі при зупинці рудника і затопленні виробок
2	Інженерно-геологічні	Інженерно-геологічні
2.1	Розрідження (зміна консистенції) і зниження міцності властивостей гірських порід при їх вторинному замочуванні	Продовження деформації поверхні і, як наслідок, деформація підземних комунікацій і нерідко поверхневих споруд, деформація шахтних стволів і близько-шахтних гірничих виробок
2.2	Водна ерозія стінок підземних гірничих виробок	Деформація і обвалення гірських виробок, провали і зони обвалення на поверхні землі.
2.3	Суфозійні процеси, що формуються в зоні сезонного коливання рівня підземних вод над підземними гірничими виробками	Значна деформація поверхні, підземних комунікацій і нерідко поверхневих споруд, доріг, утворення на поверхні провальних воронок, деформація поверхневих і підземних споруд в зоні впливу провальних воронок
2.4	Порушення міцності і деформаційних властивостей підроблених масивів гірських порід	Деформація і обвалення гірських виробок
2.5	Гравітаційні процеси на підробленій території	Деформація поверхні, шахтних стволів і близько шахтних гірничих виробок, провали в зоні зсуву, утворення зони техногенної тріщинуватості
2.6	Зсувні і осипні процеси при відкритій розробці родовищ, що формуються за «мокровою» консервацією кар'єрних виїмок	Деформація уступів і бортів кар'єрів, загроза будівлям і спорудам, що знаходяться в зоні впливу гравітаційних процесів
3	Геохімічні	Геохімічні
3.1	Хімічне вивітрювання техногенних літомінеральних утворень (відвалів, аерогенних ореолів та ін. об'єктів)	Забруднення поверхневих і підземних вод, специфічні природно-техногенні геохімічні ландшафти
3.2	Окислення рудної мінералізації та органічних речовин в осушених породах техногенної зони аерації при неповному відновленні рівня підземних вод	Забруднення підземних вод за рахунок різних факторів (підвідвальні води, захоронені відходи виробництва і споживання і т. п.)
3.3	Розчинення вторинних мінералоутворень в колишній техногенній зоні аерації	Погіршення якості рудничних вод, їх хімічне забруднення, формування агресивних кислих вод, вторинне мінералоутворення на поверхні землі при виливу шахтних вод

Всі техногенні процеси експлуатаційної стадії у тому чи іншому вигляді мають продовження при їх зупинці, доводячи безперервність техногенезу гірничорудного профілю. Незважаючи на те, що природно-техногенні процеси, очевидно, носять регресивну спрямованість, остання не може бути реалізована повною мірою через необоротні зміни літосфери, а також ландшафтів в результаті техногенних заходів гірничорудного виробництва. З урахуванням останнього доцільно техногенез на стадії зупинки або закриття рудника відносити до пасивних форм техногенного впливу (пасивна стадія гірничорудного

техногенезу), тоді як на стадії експлуатації – до активних форм (активна стадія гірничорудного техногенезу).

На постексплуатаційній стадії, після зупинки і закриття гірничодобувного підприємства, формується пасивна стадія техногенезу гірничорудного профілю, що є невід’ємним продовженням активної стадії. Активна і пасивна стадії техногенезу складають єдиний гірничорудний цикл. Повернення (регресія) на постексплуатаційній стадії в первісний стан порушених гірничими роботами літогенетичних комплексів і техногенних ландшафтів видається неможливим. Техногенез пасивної стадії формує природно-техногенні процеси різних генетичних груп, пов’язаних у своєму розвитку. Для повноцінного відновлення порушених територій має бути запропонований комплекс природно-техногенних процесів, обґрунтований емпіричними даними.

Літогенетичні комплекси на пасивній стадії техногенезу мають наступні основні властивості:

- на території гірничорудного техногенезу активізується водообмін. Ступінь його активізації можна оцінити за величиною модуля підземного стоку, який може зростати в 2-3 рази. Отже, зростає швидкість фільтрації та інфільтрації, процеси розчинення і гідролізу прискорюються слідом за прискоренням виносу продуктів реакції. При цьому відомо, що чим вище швидкість водообміну в масиві, тим менше відношення порода/вода, тобто одиничний обсяг породи взаємодіє з великим об’ємом води;
- змінюється хімічний склад підземних вод за рахунок спровокованих гірничорудної діяльністю процесів сірчаноокислотного вилуговування, гідролізу, вторинного мінералоутворення, складування і захоронення відходів виробництва та споживання;
- порушується температурний градієнт масиву гірських порід.

Запитання для контролю

1. Основні закономірності організації геосистем. Уявлення про геосфери.
2. Геологічна організація Землі – системна організація літосфери.
3. Загальна геологічна організація планети Земля.
4. Техногенез, його вплив на довкілля. Основні поняття техногенезу.
5. Які принципи уявлення щодо техногенезу та її ролі в оптимізації

життєдіяльності та збереженні здоров'я?

6. Перерахуйте причини, які обумовлюють у край несприятливу екологічну і санітарно-епідеміологічну ситуацію в Україні.
7. Який вплив техногенного процесу на умови життєдіяльності?
8. Яка ресурсна екологічна функція літосфери?
9. Яка геохімічна екологічна функція літосфери?
10. Екологія, як наука про взаємодію природи і суспільства.
11. Що таке техногенний вплив на геологічне середовище?
12. Що є джерелом техногенного впливу на геологічне середовище?
13. Визначення зони впливу техногенної споруди на геологічне середовище.
14. Технофільність елементу – визначення, основні поняття.
15. Розсіювання залучених до техногенезу елементів у геологічному середовищі.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНА СИСТЕМА (ТГС), ЇЇ СКЛАДОВІ

Оскільки проблеми захисту навколишнього середовища від негативних наслідків дії антропогенних чинників, рівно як і проблеми захисту людини від кризових і катастрофічних явищ в природі в даний час стають все більш актуальними, то їх зниження пов'язане із задачами управління геологічними системами. Геосистеми відносяться до класу складних систем, і управління ними необхідно здійснювати на підставі використання їх математичних моделей. Ці моделі повинні прогнозувати найближчі і віддалені наслідки різних природних і техногенних дій на геосистеми та давати оцінку результатів тих або інших впливів на геосистеми при реалізації проектів перетворення навколишнього середовища.

Теоретичні моделі геосистем будуються на підставі узагальнення уявлень про окремі складаючі їх процеси і явища, ґрунтуючись на фундаментальних законах, що описують поведінку речовини і 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 і механізм зв'язків між складовими її елементами.

2.1. Основи організації матеріальної системи

Загальна теорія організації в сфері діяльності (праксеологія) була запропонована Т. Котарбінським (1886–1981) [68]. Філософськими основами праксеології є прагматизм (у т. ч. інструменталізм) і позитивізм (що вбрав тектологію О. Богданова [8], концепцію «структури подій» М. Петровича й ін.). Практиологія розглядає способи діяльності (у тому числі й розумової) з погляду їх практичних властивостей, включаючи їх ефективність. Для цього діяльність повинна бути результативною (досягати поставленої мети), «правильною» (точною, адекватною – максимально наблизитися до зразка, що задається, тобто – нормі), «чистою» (уникати непередбачуваних наслідків), надійною й послідовною. Основним критерієм успішності діяльності є її доцільність.

Об'єкт вивчення теорії організації – будь-яка досліджувана структура, яка може бути представлена моделлю взаємин між частинами цілого або цілого з навколишнім середовищем.

Предмет теорії організації – організаційні відносини, тобто зв'язки і взаємодії між різного роду цілісними утвореннями та їх структурними складовими, а так само процеси і дії організуючої і дезорганізуючої спрямованості.

Завдання теорії організації – дослідження, аналіз, систематизація та осмислення організаційного досвіду, що складається з безлічі факторів.

Сформовані різні підходи до вивчення організації. Серед них:

- 1) системний підхід – вивчення організації в якості системи, що має елементи, які взаємодіють між собою і з зовнішнім середовищем;
- 2) комплексний підхід – вивчення організації з позиції виділення в ній ключових елементів;
- 3) аспектний підхід – вивчення окремих елементів організації.

Організація є обов'язковою умовою, основою, невід'ємною частиною будь-якої матеріальної системи, конкретним фактором, що визначає ціль створення, якісні характеристики й стабільне її функціонування в даному зовнішньому середовищі. Таким чином, ми можемо зробити висновок, що організація будь-якої матеріальної системи є невід'ємною частиною навколишнього середовища і, навпаки, середовище, що оточує дану систему, є невід'ємною частиною її організації, основним фактором, що визначають її мету, принципи формування й індивідуальні особливості.

Процес хаотичного руху й взаємодії елементів, об'єктів, факторів, систем матеріального світу протікає безупинно – отже, безупинно здійснюється й процес самоорганізації його систем. Міняються умови зовнішнього середовища – міняються принципи, цілі формування організації матеріальних систем. У результаті з'являються нові системи, з новими якісними і кількісними параметрами й властивостями. Відповідність цілей організації матеріальної системи факторам зовнішнього матеріального середовища є обов'язковою умовою створення стабільної організаційної структури, системи.

Організація – завжди тільки процес, тільки спосіб створення системи; забезпечення координації, взаємодії, взаємозалежності й зв'язків її елементів; адаптації й еволюції системи в умовах зовнішнього середовища. Одночасно освідчується невід'ємною частиною,

що є органічним продовженням самої системи. Якщо мета будь-якої організації матеріального середовища визначається умовами зовнішнього середовища, навколишнього середовища, а сама організація представляє тільки процес створення, розвитку й удосконалювання системи, то в період стабільного функціонування системи процес її організації відсутній. Організація виражає динаміку системи, визначає спрямованість, характер і ціль цієї динаміки. Усе перераховане вище є специфічною особливістю організації, відмітною рисою, що дозволяє нам виділити й визначити її роль, вплив на індивідуальні властивості, якісні й кількісні характеристики системи. Отже, глобальна мета організації матеріальної системи завжди визначається факторами, властивостями матеріального середовища, що оточує дану систему. Разом з тим кожна матеріальна система має свої, індивідуальні якісні й кількісні характеристики – отже, поряд із глобальною метою, її організація повинна мати й індивідуальну, тільки їй властиву, не завжди усвідомлену або усвідомлену (у випадку соціальних систем) ціль.

Таким чином, організація матеріальних систем є основним чинником, що визначає їхнє створення, розвиток, удосконалювання й стабільне функціонування. Організація відбиває динаміку, ступінь стійкості системи, є основою створення її стабільності, сполучною ланкою між різними етапами її стабільного функціонування [131, 132, 138, 139].

Системна організація геологічного середовища виходить з того, що наша планета складається з концентричних оболонок, що матеріально відносяться до земного геоїду, стійких і міцних за часом, але разом з тим, вони знаходяться в безперервній більш або менш закономірній зміні, яка різко проявляється, і становленні в геологічному часі. Ці концентричні оболонки знаходяться в стійкій динамічній рівновазі в геологічному та історичному часі, який можна назвати організованістю планети. Безпосередньому спостереженню доступні іоносфера, атмосфера, гідросфера і верхня зона планети, що іменується літосферою. Поняття про літосферу як природне тіло дещо умовне, оскільки нижній кордон літосфери однозначно не визначений. Ці фізичні агрегатні сфери мають специфічну організацію на хімічних і геологічних рівнях, де вони формуються як комплексні геосистеми першого порядку. Літосфера означає «кам'яну оболонку», тобто тверде георечовинне середовище, організоване на рівнях мінералів,

гірських порід, геотформаций. Мінеральна організація має місце також і в гідросфері, і в атмосфері, але відмінність від них літосфери полягає в її переважно твердому стані.

Літосфера як георечовинна система у верхній своїй зоні виступає ареною розвитку надречовинної геосистемної організації, тобто стає комплексною геосферою.

Хімічна організація Землі починається з рівня атомних ядер; в повній мірі хімізм отримує розвиток на рівні атомів і на рівні хімічних сполук. Відносно цих трьох видів можна говорити про видовий хімічний елементний склад, про кількісні співвідношення хімічних елементів і сполук, про форми їх знаходження, перетворення і міграцій. Більш того, перехід від видів хімічних елементів до видів хімічних сполук вже означає вихід в геосистемну організацію, оскільки природні хімічні сполуки індивідуалізувалися у формі елементарних геосистем – мінералів.

Земля на атомарному рівні може розглядатися як специфічна геохімічна система. Літосфера – головний об'єкт геохімії, який виходить в області дослідження фізики, геології, мінералогії. Геофізична організація літосфери спільно з геохімічною є субстратом геологічної організації [155].

2.1.1. Формування геохімічного рівня організації геологічного середовища

Формування геохімічного рівня організації геологічного середовища 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 ґратках мінералів і енергетика геохімічних процесів дає змогу прослідкувати шляхи міграції речовини. Вона обумовлює і становлення геологічного середовища. 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. Вивчаючи геологічне середовище з позиції геохімії, в питаннях походження і складу планети Земля стикаємося з астрономічни-

ми науками (астрофізика, фізична космологія), з фізичними науками (радіологія, ядерна геологія, геофізика), з хімічними науками.

Встановлення кількісних співвідношень різних форм перенесення елементів у вигляді дійсних і колоїдних розчинів, комплексних з'єднань, механічних суспензій, сорбцій на глинистих й ін. мінералах, так само як і виявлення кількісних закономірностей просторового розподілу елементів, залежить від рівноваги і диференціації елементів при зональному характері їх розподілу. 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.

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.

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 гірських породах і ті властивості порід, від яких залежить рухливість даного хімічного елемента. Навіть дуже рухливі елементи, такі як натрій, якщо втримуються в породах, що важко піддаються вивітрюванню, практично будуть мати низьку міграційну здатність.

2.1.2. Формування мінерального рівня організації геологічного середовища

В широкому розумінні мінерального світу мінерали (англ. *mineral* через нім. *Mineral* від пізньолат. *minerale*) є продуктами геосистемних

процесів на власному мінеральному рівні. На рівні мінералів 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 елементу, або із закономірного поєднання елементів і що володіє характерними фізичними властивостями. Матеріали штучного або органічного походження звідси виключаються, а ряд глинистих мінералів і деякі гідроокисли, що не мають кристалічної структури, є виключенням.

Мінерали – природні хімічні сполуки, що входять до складу земної кори, однорідні за своєю фізичною будовою та хімічним складом. У вузькому значенні, мінерал – природна хімічна сполука кристалічної будови, що утворюється внаслідок прояву геологічного процесу. Ця дефініція є найбільш визнаною й охоплює передусім типові (обов'язкові, прямі) природні об'єкти, які є складовими частинами гірських порід, руд і утворились внаслідок прояву геологічних процесів на (в) Землі або інших космічних тілах [9, 70, 71].

За визначенням акад. М. П. Юшкіна [167], «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 фазовогетерогенних 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». Мінерали існують в природі поодинокі у вигляді мінеральних індивідів (кристалів-багатогранників або кристалів-зерен) або, що буває значно частіше, утворюють між собою зростки і агрегати (мономінеральні або полімінеральні). Останні переважають. Зростки бувають закономірні та випадкові. Мінеральні індивіди складають всі камені (гірські породи, руди), тобто складають весь мінеральний світ подібно індивідам-організмам, які складають світ тварин і рослин. У природі існує величезна кількість мінеральних індивідів, які своїм існуванням фіксують дискретність мінерального світу, є одиничними об'єктами мінерало-

гії й являють собою конкретну форму існування мінеральних видів.

Мінерали – речовини кристалічні, в яких атоми хімічних елементів, що їх складають, розташовуються у вузлах просторових ґраток у 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.

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, графіт, самородна мідь, золото, платина та ін.;

– оксидами й гідрооксидами: 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 змінної складу називається ізоморфізмом⁷ (від др.-грец. *ἴσος* – «рівний, однаковий, подібний» і *μορφή* – «форма»), який полягає у взаємному заміщенні атомів і 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, які утворюють безперервний ізоморфний ряд твердих розчинів, крайні члени яких альбіт $Na[AlSi_3O_8]$ і анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$, в межах якого, крім вмісту Ca та Na закономірно змінюється й вміст Si та Al.

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

⁷ Ізоморфізм – здатність атомів і молекул до взаємного заміщення у кристалічних ґратках. Речовини, які здатні проявляти ізоморфізм, називають ізоморфними. Термін ізоморфізм був введений Ейльгардом Мічерліхом у 1819 році.

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.

Ізоморфізм дуже поширений в природі. Широким розвитком ізоморфних заміщень пояснюється складний хімічний склад більшості мінералів, особливо з групи силікатів. Прикладом досконалого ізоморфізму є мінерали змінного складу, що дають безперервні ряди: плагіоклази, скаполіти, вольфраміти та ін. Закони ізоморфного заміщення пояснюють розподіл рідких елементів, що знаходяться у вигляді домішок в гірських породах і рудах. Так, значна частина ітрію і рідких земель знаходиться в апатиті, сфені і флюориті, ізоморфно заміщаючи кальцій; тривалентний ванадій заміщає в магнетиті окисне залізо; селен – сірку в піриті і т. д. Учення про ізоморфізм є основою для вивчення форм знаходження елементів в гірських породах і процесів концентрації і розсіяння хімічних елементів в земній корі.

2.1.3. Формування гірськопорідного рівня організації геологічного середовища

Гірська порода є природною речовиною, природним агрегатом однорідних або різних мінералів, наприклад, граніт (від лат. *granum* – зерно) – магматична гірська порода кислого складу нормального ряду лужності з сімейства гранітів. Складається з кварцу, плагіоклазу, калієвого польового шпату і слюди – біотиту і / або мусковіту. Гірські породи (англ. – *rocks*, нім. – *Gesteine*) – природні агрегати однорідних або різних мінералів, що виникли за певних геологічних умов у земній корі або на її поверхні, більш чи менш стійкі за складом, які утворюють самостійні геологічні тіла [27].

Академік М. С. Шатський (1905-1960) визначав гірську породу, як парагенезис мінералів [162]. Поняття парагенез, вперше запропоноване Брейтгаупт в сорокові роки вісімнадцятого століття. Цей термін застосовувався як спільне знаходження, що виникло при одночасному, або послідовному процесі утворення мінералів і порід. Як правило, гірськими породами вважаються лише тверді тіла, хоча в широкому розумінні до гірських порід належать також рідкі речовини (вода, нафта тощо) та природні гази.

Гірські породи, що складаються з мінералів, утворилися внаслідок трьох основних процесів. Магматичні породи формувалися вна-

слідок затвердіння гарячого субстрату. Деякі з них повільно охолоджувалися під поверхнею Землі й утворили кристалічні магматичні породи, такі як граніт. Інші були вивержені на поверхню і сформували вулканічні породи. Метаморфічні породи виникли в результаті зміни давніх порід під впливом високої температури та тиску в надрах Землі. Внаслідок зовнішніх впливів на поверхні планети формуються осадові породи. Розчинні речовини, одержувані в процесі витрювання гірських порід, переносяться в океан і використовуються бентосними організмами і планктоном для побудови їх клітинних скелетів. Залишки морських організмів занурюються на дно океану і розкладаються, в результаті чого в водах океану утворюється діоксид вуглецю, сполуки кальцію і кремнію. Деяка частина органічного вуглецю потрапляє до складу відкладень і пізніше формує гірські породи, що містять силікати кальцію.

Гірські породи як надсистеми мінералів складаються з окремих однорідних зерен – монокристалів, різко фізично відмінних один від одного. Всі гірські породи, що будують тверді частини геологічних об'єктів 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 відповідають вивчення специфічних мінеральних асоціацій і мінеральної маси, як тіла гірських порід, руд, магми і лав, відкладів, ґрунтів, бітумів, вод, повітря та ін. До головних геосистем моніторингу цього рівня – моніторингу гірських порід – відносять дослідження повнокристалічних сукупностей мінералів (з можливою участю в них рудних мінералів, а також уламків тих же або інших гірських порід). Гірські породи демонструють приклад вибіркового системоутворення. Вони будуються обмеженим набором мінералів, що забезпечують їх цілісність і стійкість.

Метаморфічна порода – результат перетворення типу породи, що існувала 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 [38, 82].

Найголовнішими питаннями теоретичної петрографії по Ф. Ю. Левінсон-Лесингу є: природа магми (механізм її кристалізації) і проблеми диференціації магми [73, 74].

Процеси утворення вивержених гірських порід (кристалізація, диференціація, фракціонування й інші природні процеси) супроводжувалися безперервними змінами складу продукту кристалізації магми. У результаті виникали різні гірські породи, що складаються в генетичному спорідненні з іншими породами. Ці генетично зв'язані один з одним вивержені гірські породи 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 Заварицькому О. М. [45], у кожній природній області розвитку вулканічних явищ, незалежно і самостійно, виникають такі «ряди». Вони утворюють те, що Гольдшмідт В. М. називав «поколінням гірських порід» [97], а трохи пізніше вже і глибинні інтрузивні породи Полканов О. О. [103, 104] 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 гірських порід. Генетична систематика інтрузивних тіл, запропонована Полкановим О. О. [103], 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.

Зіставлення об'єктивне існуючих у природі генетично зв'язаних природних рядів вивержених гірських порід отримує однозначне відображення на варіаційних діаграмах (діаграмах-моделях природних процесів) у вигляді 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 гірських порід, що складають єдині геологічні (інтрузивні) тіла.

Систематика вивержених гірських порід, заснована на системному підході до комагматичних утворень, що враховує співіснуючі в

природних рядах конкретні гірські породи; за основні критерії приймає не середні склади гірських порід, а тенденції зміни в них концентрації хімічних елементів або окислів.

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

2.1.4. *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 утворень. 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» (англ. *formation*) 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, моласа), що знаменують певні етапи в розвитку геосинкліналей [6].

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) [12]. Типовий приклад вертикального ряду осадових 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 – співтовариства магматичних гірських порід, 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 гірських порід, пов'язаних з визначеними тектонічними структурами (рухомими поясами або платформами) на різних стадіях їх розвитку (наприклад, у ранні стадії розвитку евгеосинкліналей виділяються метаморфічні формації спілітів, а в завершальні стадії геосинкліналей утворюються метаморфічні формації гнейсів і мігматитів, сланців і філітів) [38, 82].

Поняття про метасоматичні формації (наприклад, скарнова, грейзенова, альбітитова формація) розвинене 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.

Аналіз формаційних класифікацій показує, що найчастіше використовуваними ознаками є емпірично встановлені Парагенезиси гірських порід (петрографічний склад формацій), їхні структурні взаємини, мінеральний склад, хімічний склад, тектонічне положення, різноманітні умови утворення (кліматичні, палеогеографічні, фізико-хімічні, геодинамічні), метаморфічні зміни, рудоносність і т. д. Отже, необхідно знайти найбільш істотні ознаки формацій, не залежні від суб'єктивних уяв і поглядів.

В якості першої класифікаційної ознаки повинен бути обраний, мабуть, речовинний як найбільш виражений. Основні труднощі, через які дотепер нікому не вдалося створити прийнятну структурно-речовинну класифікацію формацій, пов'язані з відсутністю загальноприйнятої, побудованої на загальних підставах класифікації гірських порід. Як не парадоксально, але найбільш вивчені осадові формації при опису складу найчастіше опираються на угруповання гірських порід по «гранулометричній» ознаці. Цікава класифікація осадових гірських порід на структурно-речовинній основі ще не одержала загального визнання в силу своєї складності й «нетрадиційності». Трохи краще є справа із класифікацією магматичних гірських порід; досить устоялася й класифікація метаморфічних гірських порід, хоча

назви останніх складені із застосуванням багатослівної «мінералогічної» характеристики.

При побудові класифікацій рудних формацій переважає цільовий, «генетичний» підхід – формації поєднуються або за ознакою походження (магматичні, пегматитові, гідротермальні і т. д.), або по приналежності до певних тектоно-магматичних етапів або по геодинамічним обстановкам. Існує ряд публікацій, у яких використані принципи спеціальної (галузевої) металогенії, а угруповання рудних формацій здійснюються по металах або інших корисних компонентах. По суті, ці класифікації мають на увазі виділення великих формаційних таксонів по елементному (хімічному) складу з подальшим підрозділом на співтовариства з подібними мінеральними і породними (рудними) парагенезисами. Оскільки цей напрямок загалом відповідає структурно-речовинним принципам, він покладений в основу запропонованої класифікації рудних формацій. У складі формаційного типу виділені (без обліку загальнопоширених) три великі рудні сімейства – чорних металів, кольорових металів, рідких і благородних металів, і надсімейство неметалічних корисних копалин, що включає формації сировини для металургії, хімічної сировини, горючих корисних копалин.

Принцип виділення надформаційних рівнів повинен бути також парагенетичним. Раніше вказано, що в основі поняття «парагенез» як формацій, так і більш високих рангів лежить не просто спільне знаходження складових одиниць, пов'язаних одночасним або послідовним їх утворенням, а тектонічні умови накопичення. В цьому випадку, і відповідно до шар'яжно-надвигової геодинамічної моделі утворення складчастих областей, вище формаційного рівня повинна розташовуватися формаційна серія, а слідом – формаційний ряд.

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 [154].

Геоформації є практично парагенезисами гірських порід різного генетичного типу, тобто формація займає самостійний рівень в ієрархії геологічних тіл і відноситься до надпородного рівня, а фор-

маційні 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.

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.

2.2. Становлення техногенно-геологічних систем

Проблеми захисту навколишнього середовища від негативних наслідків дії антропогенних факторів набувають рівновеликого значення так само, як і проблеми захисту людини від кризових і катастрофічних явищ. Відповідно, пошуки вирішення цих проблем можливі через збереження стану динамічної рівноваги середовища життєдіяльності людини і раціонального розвитку суспільства. Розробки системи управління природними процесами стають все більш актуальними, то їх вдосконалення можливе шляхом вирішення задач керування процесами, що змінюють навколишнє середовище. Становлення і розвиток нового наукового напрямку в геології – екологічній геології – дозволило розглядати проблему впливу людини на довкілля і зокрема на літосферу, спираючись на положення теорії систем. Так виникла необхідність розвитку розуміння техногенно-геологічних систем (ТГС), які представляють собою нову систему, що складається з природної самовпорядкованої системи – літосфери та

техносистеми як керованої системи, створеної людиною. ТГС віднесені до класу складних систем, і керування ними необхідно проводити, використовуючи їх математичні моделі. Такі моделі повинні надавати можливість прогнозувати найближчі й віддалені наслідки різних природних і техногенних дій на навколишнє середовище. Вони, звичайно, мають давати можливість оцінювати наслідки тих або інших впливів на геологічні системи при реалізації проектів перетворення навколишнього середовища.

Теоретичні моделі геосистем будуються на підставі узагальнення уявлень про окремі складові їхніх процесів і явищ, ґрунтуючись на фундаментальних законах, які описують поведінку речовини й енергії. Теоретична модель описує абстрактну геосистему; відповідно, для первинного висновку її співвідношень не потрібно даних по параметрах конкретної геосистеми. Модель будується на основі узагальнених уявлень про структуру геосистеми та механізми зв'язків між складовими її елементами.

2.2.1. Динаміка процесів розвитку геологічного простору

Системна організація геологічного середовища виходить із того, що планета Земля складається з концентричних оболонок, які матеріально відносяться до земного геоїда, стійких у часі, але разом з тим, вони перебувають у безперервній більш-менш закономірній зміні й становленні в геологічному часі. Ці концентричні оболонки перебувають у стійкій динамічній рівновазі в геологічному та історичному часі, що можна назвати самоорганізованістю планети. Безпосередньому спостереженню доступна атмосфера, гідросфера і верхня зона літосфери, які об'єднані в геологічне середовище. Ці фізичні агрегатні сфери мають специфічну організацію на хімічних і мінералогічних рівнях, де вони формуються як комплексні геосистеми першого порядку. На вищих геологічних рівнях визначені гірські породи і геологічні формації. Літосфера як георечовинна система у верхній своїй зоні виступає комплексною геосферою розвитку надречовинної геосистемної організації.

Як динамічна система може розглядатися будь-який геологічний об'єкт і процес. Для цього йому повинні бути властиві ряд елементів, що характеризують його як цілісну одиницю, обумовлених певними зв'язками і відносинами, утворюючими її структуру. Під геологічни-

ми процесами прийнято розуміти такі процеси, в результаті яких змінюються розміри, форма, склад, структура або розташування геологічних тіл, і/або руйнуються старі і формуються нові геологічні тіла.

По аналогії із статичним простором можливо використання понять невизначеного і повновизначеного динамічного геологічного простору. Перше поняття відповідає рівню спостереження, друге – рівню моделей. Може бути побудована також складна динамічна система як система взаємозв'язаних (взаємозалежних) процесів. У такому разі елементарна динамічна система (простий геологічний процес) виступає як елемент складного геологічного процесу [16].

У структуру складної системи окрім швидкості зміни входять також причинно-наслідкові зв'язки. Наприклад, з елементарним геологічним процесом, що полягає в зміні температури геологічного тіла, може бути функціонально зв'язаний процес зміни його пористості або мінерального складу. Геологічний процес може бути однорідним, якщо всі вхідні в нього елементарні процеси мають одну і ту ж природу, і неоднорідним, якщо природа цих елементарних процесів різна.

Геодинамічна функція літосфери в екологічному аспекті виявляється в ході різних геологічних процесів:

- екзогенних – вивітрювання, зсувів, обвалів, селів, ерозії, берегової абразії, підтоплення і т. д.;
- ендегенних – магматизму, як процесів виплавлення магми, її подальшого розвитку, переміщення, взаємодії з твердими породами і кристалізації, вулканічних вивержень; тектонічних рухів як механічних рухів земної кори, що призводять до деформації порід; метаморфізму гірських порід – істотних змін текстури, структури, мінерального складу гірських порід у земній корі та мантиї під впливом температури і тиску; землетрусів, так чи інакше впливаючих на літосферу.

Застосування поняття «динамічна система» в геології і, зокрема, в тектоніці обмежується сучасними геологічними (неотектонічними) процесами, тобто процесами, які спостережуються, можуть бути зміряні, чи ж моделюються за експериментальними і теоретичними даними. Уявлення про процеси, що відбувалися в геологічному минулому, не спостережуваних безпосередньо, а які реконструюються за спостереженнями в статичних геологічних системах не входять в поняття «динамічна система» [67].

Використовуються три методи дослідження сучасних геологічних процесів – метод спостережень, експериментальний метод, теоретичний метод.

1. Метод спостережень, що припускає вивчення геологічних процесів методом безпосередніх спостережень і вимірювань в моменти часу, що фіксуються.
2. Експериментальний метод – геологічний процес моделюється в лабораторних умовах. Побудовані моделі процесу за наслідками безпосереднього спостереження дають можливість судити про можливі причинно-наслідкові зв'язки між геологічними процесами. По моделях процесу/системи процесів можуть бути дані оцінки елементам, які недоступні для безпосереднього спостереження (глибинні процеси). Експериментальний метод дозволяє створювати розширені моделі сучасних геологічних процесів.
3. Теоретичний метод, який передбачає проведення теоретичних досліджень геологічних процесів на підставі законів і методів фізики, механіки, математики і хімії. Найчастіше розв'язується питання про вірогідність процесу або явища з позиції цих законів в геологічному середовищі. Теоретичні дослідження разом з експериментальними, доповнюючи безпосередні спостереження, дозволяють створювати розширені моделі геологічних процесів, адекватність яких природним геологічним процесам повинна бути встановлена в умовах реального об'єкту.

Дослідження динамічних систем має три практичні аспекти:

1. Відноситься до вивчення геологічного середовища як середовища проживання людини. Вивчення геологічних процесів може бути направлено на прогноз і попередження стихійних катастроф, пов'язаних з рухами земних мас (землетруси, селеві потоки, обвали, виверження вулканів і т. д.). Воно може бути також направлено на вивчення умов будівництва у зв'язку з рухами земної кори.

2. Пов'язаний з вивченням геологічних тіл як природних ресурсів. Направлений на вивчення динаміки покладів флюїдів (нафта, газ, мінеральні води) для раціонального їх використання – визначення місць закладання свердловин, повнота добування і т. д., а також рухів і температур підземних вод з метою використання підземного тепла.

3. Пов'язаний з ретроспективними дослідженнями, заснованими на вивченні динамічних систем і використовуваними для побудови прогнозних моделей, а, кінець кінцем, – для визначення прогнозу пошуків корисних копалини.

2.2.2. Структура формування техногенно-геологічної системи

Технічна система складається з елементів⁸ об'єднаних зв'язками⁹, що вступають у певні відносини¹⁰ між собою та з навколишнім середовищем, щоб здійснити процес¹¹ і виконати функцію¹² технічної системи. Технічна система має структурну будову і системний устрій, які обумовлюють взаємне розташування елементів і зв'язків, що надає стійкість і відтворюваність функції технічної системи [3, 57, 58, 114].

У кожній технічній системі існує функціональна частина, а саме: об'єкт керування. Функції об'єкту керування технічної системи полягають у сприйнятті керуючих впливів і зміні відповідно до них свого технічного стану (далі – стану). Об'єкт керування технічної системи не виконує функцій прийняття розв'язків, тобто не формує й не вибирає альтернативи своєї поведінки, а тільки реагує на зовнішні (керуючі) впливи, змінюючи свій стан визначеним його конструкцією видом. Об'єкти керування технічної системи складаються з двох функціональних частин – сенсорної і виконавчої. Сенсорна частина утворена сукупністю технічних устроїв, безпосередньою причиною зміни станів кожного з яких є відповідні йому й призначені для цього керуючі впливи [56-58]. Подібні до них пристрої по функціональному призначенню є пристроями керування технічної системи.

Ознаки об'єктів таксона «технічні системи»:

- являють собою цілісну сукупність кінцевої множини сумісно діючих матеріальних об'єктів;
- мають здатність, перебуваючи в цільових станах, самостійно виконувати споживчі функції, передбачені їхньою конструкцією;
- мають моделі визначеної поведінки в просторі досяжних рівноважних стійких станів, відповідних до станів виконавчої частини об'єкту керування технічної системи.

Технічна система – це цілісна сукупність кінцевого числа взаємозалежних матеріальних об'єктів, що має послідовно взаємодіючі сенсорну і виконавчу функціональні частини, модель їх визначеної поведінки в просторі рівноважних стійких станів і здатність при зна-

⁸ Елементи – складові частини, що різняться властивостями, які проявляються при взаємодії

⁹ Зв'язки – лінії передачі потоків будь чого

¹⁰ Відносини – умови і способи реалізації властивостей елементів

¹¹ Процес – послідовність дій для зміни або підтримки стану

¹² Функція – ціль, призначення, задачі

ходженні хоча б в одному з них (цільовому стані), самостійно виконувати в штатних умовах передбачені їй конструкцією дієві функції¹³.

Технічна підсистема – це частина системи, що має всі ознаки об'єктів таксона «технічні системи». Технічна підсистема може бути частиною деякої системи, яка сама може не відноситися до класу технічної системи, що суттєво важливо в плані вивчення саме техногенесистем.

Геологічне середовище – термін, який увійшов в широкий оберт не тільки в геології взагалі, а також і в інших науках про Землю (географії, екології, включаючи екологічну геологію, інженерної геології), економіці і соціальних науках. Це багатокомпонентна динамічна система – геологічна система, що включає породи, підземні води і гази та впливає на існування і розвиток біоти, у тому числі і людського співтовариства. При такому визначенні об'єкту екологічна геологія досліджує системи «літосфера – біота», «техногенно змінена літосфера – біота» або «літосфера – інженерна споруда – біота», прямі і зворотні зв'язки між абіотичними і біотичними підсистемами, але частіше за все вплив «неживого» на «живе», хоча, якщо говорити ширше, – взаємодію літосфери і живого. Всі ці названі системи з змістовної точки зору є системами еколого-геологічними.

Аналізуючи наявні в літературі визначення системи і можливості застосування їх до геологічного середовища, ми прийшли до такого формулювання цього поняття. Геологічна система – це природний цілісний об'єкт, що володіє чіткими межами, досить доброю впізнаваністю, що складається з парних елементів нижчого рангу протилежного значення, що знаходяться в структурних зв'язках між собою.

Геологічні системи є відкритими і в цілому неврівноваженими. Їх еволюція відбувається в умовах постійної конкуренції процесів, спрямованих до досягнення рівноваги з підвищенням ентропії і антиентропійних процесів самоорганізації. В результаті виникають періодичні неврівноважені структури, в межах яких може досягатися локальна (точкова) рівновага між елементами системи. Прикладом служить метасоматична зональність, що виникає при заміщенні гірських порід потоком гідротермальних розчинів, що фільтруються з утворенням закономірно розподілених в просторі нових асоціацій мінералів. Всі реакції заміщення зосереджені на фронтах (кордонах)

¹³ У визначенні використано поняття «система», запропоноване академіком Анохіним А. П. і доповнене в [56].

зон, а в межах зон досягається локальна рівновага між мінералами і розчином.

Переважна кількість геологічних систем є відкритими неврівноваженими динамічними системами, для термодинамічного аналізу яких вводиться поняття про стаціонарний стан, вважаючи, що на даному часовому інтервалі більшість фізико-хімічних параметрів системи залишаються незмінними. Ця обставина дозволяє застосовувати закони рівноважної термодинаміки для оцінки стану таких систем, оскільки рівноважний і стаціонарний стани багато в чому схожі [114, 121, 159, 160].

Системний підхід до дослідження геологічної системи передбачає її декомпозицію з побудовою ієрархії просторово пов'язаних частин геологічних об'єктів (систем). Межі між об'єктами різних рівнів знаходяться по поверхнях (лініях, точках) стрибкоподібної зміни (зменшення) заходів взаємної подібності та взаємозв'язку суміжних елементів обсягу (площі, довжини). Геологічні об'єкти як системи підкоряються загальним правилам відносин, згідно з якими система меншого обсягу є частиною більш великої (складної системи).

З позиції цього підходу геологічна система – матеріальний об'єкт, який складається з взаємозв'язаних частин (підсистем, елементів), що утворюють певну цілісність. Кожен матеріальний об'єкт характеризується безліччю властивостей, за певною сукупністю яких можуть бути виділені частини системи. В якості підсистеми може розглядатися лише така частина системи, про яку може бути отримана необхідна інформація, по якій вивчені її властивості, зв'язки і просторове положення.

Геологічне середовище змінюється, еволюціонує з часом. Ця еволюція і кількісна (поступове зростання обсягу геологічного середовища у зв'язку з ростом масштабів техногенних впливів на літосферу), і якісна (зміна стану геологічного середовища) (рис. 2.1). Якісна еволюція геологічного середовища здійснюється в єдності і боротьбі двох протилежностей: з одного боку відбувається погіршення якості геологічного середовища за рахунок виснаження запасів корисних копалин, забруднення ґрунтів і підземних вод, розвитку несприятливих природних, природно-антропогенних і техногенних процесів і т. п., а з іншого боку – поліпшення її якості і стану за рахунок цілеспрямованого регулювання і управління властивостями масивів гірських порід, управління геологічного середовища, створення систем

інженерного захисту, моніторингу, очищення ґрунтів і підземних вод від забруднень і т.п. [160–163, 181]. Екологічні функції літосфери як поняття було введено в 1994 р. В. Т. Трофимовим і Д. Г. Зілінгом [149–151]. Останніми роками з'явилася необхідність оцінити літосферу як речовинну і енергетичну основу існування біоти і, в першу чергу, людського співтовариства. Виникла необхідність розглянути в нерозривному зв'язку атрибутивні екологічні властивості літосфери та їх сучасний стан з екологічним станом біоти і умовами розвитку людського суспільства. На думку цих дослідників, теоретичною і методичною основою такого дослідження і є вчення про екологічні функції літосфери. З іншого боку, останнім часом все гостріше відчувається недолік інформації про екологічну роль літосфери при розгляді екосистем різних рівнів організації, включаючи і екосферу Землі. Є необхідність оцінити роль літосфери як одного з провідних чинників в становленні екосистем, що забезпечують існування життя на Землі.

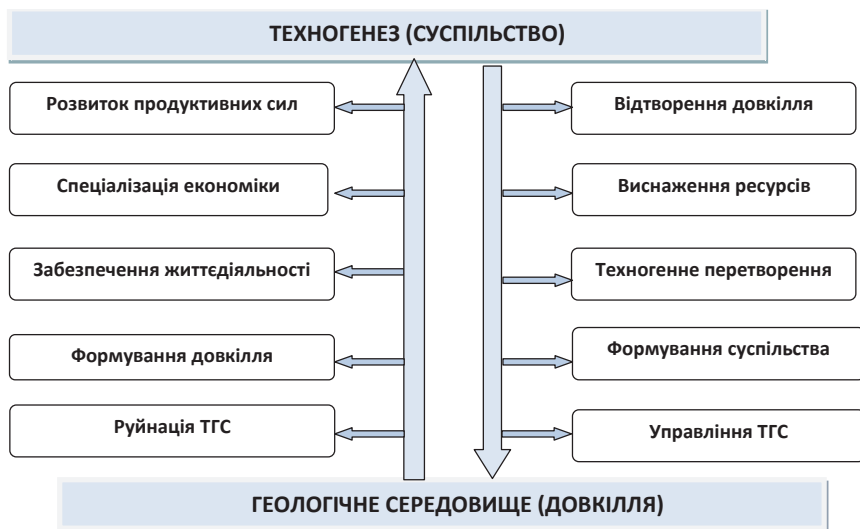


Рис. 2.1. Взаємодія «техногенез – геологічне середовище»

Техногенно-геологічні системи (ТГС) формуються з геологічного середовища, техногенних об'єктів (техносфери) та системи управління, які діляться ще на ряд окремих компонентів. Це все може розглядатися як природно-антропогенний комплекс. Ефективне функ-

ціонування такого складного комплексу як ТГС забезпечується ступенем інформаційної наповненості та її достовірності в рамках системи моніторингу, досконалою теорією і методологією управління [158, 161, 169, 182, 183].

Вплив людини на довкілля слід розглядати як технічний процес, в якому людина виступає як зовнішній фактор через техногенні системи. При цьому треба мати на увазі, що нові елементи, впроваджені людиною в навколишнє середовище (спорудження, техногенні об'єкти і навіть техногенні викиди), не впливають зі структури природної системи, не обумовлені нею, і тому виявляються чужорідними елементами, не властивими конкретній геологічній системі. Тому геологічна система прагне відторгти їх або «перетворити», модифікувати. У зв'язку з цим елементи техногенної системи або сама техногенна система, впроваджені в геологічне середовище, стають нестійкими, не здатними самостійно існувати без постійної підтримки людини через керівні фактори. Завдячуючи раціональному керуванню, техносистема і геосистема можуть створити ТГС, що знаходиться у стані динамічної рівноваги. Наслідком цього є:

1. необхідність постійної витрати суспільством (людством) праці та ресурсів на підтримку таких елементів ТГС, необхідність упорядкування, ремонту, їх реконструкції;

2. для підвищення стійкості впроваджуваних елементів людина повинна постійно їх вдосконалювати, максимально зменшувати їх «чужорідність» для геологічного середовища.

Таким чином, для оцінки видів і глибини техногенного впливу, визначення припустимої межі впливу або припустимого антропогенного навантаження на геологічне середовище, за якими наступають незворотні й небажані її зміни, необхідно в кожному конкретному випадку визначати стійкість геологічного середовища до техногенних навантажень.

Усяке геологічне середовище пристосоване до певних умов, у межах яких воно стійке й нормально функціонує навіть при збурюваннях зовнішніх природних факторів (динамічність геологічного середовища). Техногенні збурювання часто перевершують природні, вони більш різноманітні, деякі взагалі відсутні в природі, наприклад, забруднення штучними речовинами. Усе це викликає необхідність у спеціальних дослідженнях реагування геологічного середовища на конкретні впливи, які повинні бути покладені в основу проектів по

природокористуванню і природооблаштуванню. Важливим є впровадження довгочасних кількісних прогнозів поведінки геологічного середовища при різних варіантах техногенних впливів.

Формування методологічних основ екологічної геології визначило те, що основним завданням цього нового наукового напрямку є вивчення і геологічне обґрунтування формування, збереження і відтворення систем, які забезпечують спільне функціонування суспільства і природи. Систем, в яких основою екологічно-безпечного розвитку є геологічні чинники. Розвиток такої системи відбувається згідно з загальноприйнятим в екології принципом еколого-системної спрямованості еволюції, який припускає, що будь-які еволюційні зміни зрештою обумовлені діючими чинниками і системними особливостями розвитку еволюціонуючої сукупності.

Дослідження такої системи, що включає вельми різноманітні об'єкти, припускає використання як базового методологічного прийому системний підхід. У цьому випадку аналізований об'єкт розглядається як певна множина, взаємний зв'язок і взаємодію яких обумовлюють властивості і загальний характер цієї множини. Використання методологічних принципів теорії систем дозволяє сформувати з реальних складних різноманітних об'єктів систему у відповідності з екологічними цілями дослідження, визначити її основні елементи, частини або підсистеми, встановити системоформуючі відносини і зв'язки між елементами, які характеризують її структуру.

Критерієм оцінки еколого-геологічної ситуації може служити екологічна стійкість системи, що забезпечує комфортний стан всім учасникам цієї системи, включаючи і людину як соціальний елемент. 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, техногенного навантаження на неї, зміни, проблемні еколого-геологічні ситуації. Потрібне систематичне відстежування динаміки параметрів ТГС в ході її розвитку, тобто систематичний моніторинг. Програма моніторингу може бути ефективна в тому разі, якщо чітко визначені параметри системи, що підлягають контролю [7, 12].

Модель управління об'єктом відтворює причинні зв'язки між елементами ТГС, які утворюють декілька ієрархічних рівнів. Відбира-

ються 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 ТГС (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, геофізичну та геохімічну функції при мінімально необхідних витратах енергії і засобів.

Розробка методів управління станом і властивостями масивів гірських порід верхніх горизонтів літосфери з метою збереження і забезпечення їх екологічних функцій – практичний напрям екологічної геології, який інтенсивно розвивається в даний час. Задача управління успішно розв'язується методами технічного впливу на літосферу та безпосередньо на гірські породи, гідросферу, верхній шар ґрунтів, і в розпорядженні якого є всілякі засоби цілеспрямованого активного впливу людини на склад, будову, стан і властивості гірських порід та їх масивів, а також на властивості водного середовища – наземних і підземних вод. Застосування цих методів дозволяє міняти стан і властивості масивів гірських порід у потрібному напрямі, одержувати масиви із заданими властивостями, здійснювати реабілітацію територій, ґрунтів, гірських порід від всіляких техногенних забруднень і т. д.

Еколого-геологічні процеси діляться на природні геологічні і техногенні процеси. Важливо, що останні можуть по своїй інтенсивності, потужності і масштабам прояву відповідати їх природним аналогам. Саме тому їх прогнозу, оцінці та інженерно-технічному захисту територій з розвиненими на них ТГС від негативного впливу техногенних процесів в екологічній геології має надаватися першочергова увага.

Рівень впливу людини на навколишнє середовище залежить у першу чергу від технічного розвитку суспільства. Його прогрес очевидний, що спричиняє збільшення масштабів впливу суспільства на природу.

У геологічній науці визначається поняття «сукупність техніки і технічних систем». Мова йде про «техноречовину» як сукупності всіх існуючих технічних пристроїв і систем. До її складу, зокрема, включають технічні пристрої, що добувають корисні копалини і ті, що виробляють енергію. Виділяється також технічний блок по пере-

робці отриманої сировини і виробництву засобів виробництва. Далі йде техніка, що виробляє засоби споживання. Потім – технічні системи з передачі, використання та зберігання засобів інформації.

Інший підхід до розуміння структури і ролі «техноречовини» пропонує Г. Беш. Він виділяє у світовому господарстві три найбільші галузі: а) первинна (видобуток природних ресурсів), б) вторинна (обробка добутої продукції) і в) третинна (обслуговування виробництва: наука і управління) [30, 32]. Він дає цікавий аналіз проблем урбанізації, співвідношення між окремими галузями господарства і їх функціями, та системному управлінню.

Поки невіршених проблем в цій області дуже багато і серед них одна з центральних – виявлення гранично допустимих рівнів техногенних дій на геологічне середовище, його окремі компоненти – ґрунти, гірські породи, наземні і підземні води, рельєф території і розвинені на ній геологічні процеси, зміна яких впливає на різні ТГС. Основна задача полягає в тому, щоб навчитися правильно прогнозувати екологічні наслідки тих або інших техногенних дій на геологічне середовище, а отже, навчитися запобігати негативним екологічним процесам і тим самим впливати на глобальну екологічну кризу. Чималу роль в рішенні цієї проблеми повинен зіграти екологічний моніторинг ТГС – система постійних спостережень, контролю, оцінки, прогнозу і управління станом ТГС з метою забезпечення її екологічних функцій [159-160].

Управління системами виходить з того, що поняття «організація» – це сукупність форм, явищ і процесів, що визначають утвір і вдосконалювання єдності різноманітних внутрішніх і зовнішніх властивостей і відносно об'єктів матеріального світу, їх стабільне функціонування й еволюцію. Таке визначення поняття організації охоплює весь діапазон систем матеріального світу, від елементарних часток, 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) [114]. Нагадаємо, що системний аналіз дозволяє розрізнити матеріальні й абстрактні системи. Перші – системи неорганічної природи (фізичні, геологічні, хімічні й ін.) і живі системи (найпростіші біологічні системи, організми, види, екосистеми); особливий клас матеріальних живих систем – соціальні системи (від найпростіших соціальних об'єднань до соціально-

економічної структури суспільства). Абстрактні системи – поняття, гіпотези, наукові знання про систему, мовні, формалізовані, логічні символи й ін. Наше визначення поняття «організація» охоплює і матеріальні, і абстрактні системи. Воно має загальний характер.

Ідею щодо визначення поняття «організація» як така, що охоплює і матеріальні, і абстрактні системи вперше сформулював А. А. Богданов у роботі «Общая организационная наука» [8]. Він заклав основи «тектології» – загальної організаційної науки, яка згодом була розвинена М. І. Сетровим як функціональна теорія організації [114, 131, 132, 137].

Організація – процес створення, розвитку, удосконалювання (еволюції) систем матеріального світу, спосіб їх стабільного функціонування протягом тривалого періоду часу. Процес створення організації будь-якої матеріальної системи, здійснюваної в результаті хаотичного, не регульованого руху й взаємодії різних елементів, об'єктів, факторів, матеріального середовища називається процесом самоорганізації [84, 131, 137].

Процес руху і взаємодії елементів та об'єктів ТГС протікає постійно, отже, безупинно здійснюється і процес організації таких систем. Міняються умови – міняються принципи, мети формування організації систем. У результаті з'являються нові системи, з новими якісними і кількісними параметрами та властивостями. Відповідність цілей організації матеріальної системи факторам навколишнього середовища є обов'язковою умовою створення стабільної організаційної структури системи [131, 132, 137].

Мета організації ТГС визначається умовами геологічного середовища і цілями людської діяльності, а сама організація представляє процес створення, розвитку та удосконалювання системи. Разом з тим кожна з систем має свої, індивідуальні якісні та кількісні характеристики – отже, поряд із глобальною метою, її організація повинна мати й індивідуальну ціль. Організація виражає динаміку системи, визначає спрямованість, характер і ціль цієї динаміки. Усе перераховане вище є специфічною особливістю організації ТГС.

Особливе місце в системі організації займає управлінський процес. Керування – зовнішній вплив на функціонування будь-якої системи, спрямованої на досягнення мети. Воно передбачає визначення мети, визначення шляху досягнення мети, встановлення зворотних зв'язків і системи обробки даних (моніторинг) і засобів корекції шляхів досягнення мети. Керування в природних середовищах властиве

тільки ТГС, де функціонує людина, діяльність якої цілеспрямовано направлена на процес їх організації. Організація в соціальних, виробничих та інших системах, залежно від характеру змін умов навколишнього середовища, може бути структурною, адаптивною, еволюційною і революційною [86, 122, 131, 137, 159].

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, що відбуваються і проблемні еколого-геологічні ситуації. Одноразові остаточні рішення по управлінню неможливі, оскільки геологічні і техногенні процеси знаходяться в розвитку, тому потрібне систематичне відстежування динаміки параметрів ТГС в ході її розвитку, тобто моніторинг системи.

2.3. Методика системного підходу при аналізі техногенно-геологічних систем

Формування вихідного чинника безлічі варіантів техногенно-геологічної системи (ТГС) родовищ корисних копалин пов'язано з необхідністю складання повного списку її елементів і подальшої їх систематизації по підсистемах і рівнями, тобто створення структурної моделі, зручної для «перевірки» великого числа варіантів, що призначаються.

Труднощі створення подібного роду моделі полягає в складності коректного визначення класифікаційних ознак, колосальній кількості ймовірних сполучень якісних характеристик РКК, а також в необхідності охопити всі можливі поєднання за умови спрощення розгалуження варіантів до того моменту, коли в один розряд класифікацій почнуть потрапляти елементи з різними якісними характеристиками.

Для коректного синтезу технологічних систем в умовах неповної та недостовірної інформації необхідно вирішити два основні завдання:

1. Виявлення видів невизначеності виникають при вирішенні завдання, тобто формування переліку вихідних даних, значення яких заздалегідь точно невідомі;

2. Вибір моделі технологічної системи, адекватно враховує недетермінований характер ряду вихідних параметрів.

Прийняття обґрунтованих управлінських рішень, що представляють собою пряме втручання у функції системи, а тим більше змінюють її структуру, вимагають досить повного уявлення про функції і структуру системи в первинному ще вигляді, а також про тренд розвитку системи. Вплив людини на ГС здійснюється через створення техногенних структур, які з моменту утворення разом з природними системами формують ТГС, подальший розвиток і функціонування яких буде суттєво відрізнятися від початкового стану. Таким чином, ТГС – це певна частка геологічного середовища (природної геологічної системи), що включає в себе техногенну структуру. Техногенні елементи в даному обмеженому елементі природного простору і в певному відрізку часу має задані параметри функціонування, контрольовані параметри техногенної складової і формують незворотні зміни в природному середовищі.

При утворенні ТГС особливу увагу необхідно приділяти обґрунтуванню граничних умов, оскільки кордони створених технічних систем мають узгоджуватися з особливостями природних об'єктів.

Другим важливим моментом є виділення території сформованої ТГС і зони її впливу. Площею, що власне займає ТГС, слід вважати частину геосистеми, де розміщена техногенна структура, а зоною її впливу є частина простору, в якому зафіксовано прояви впливу ТГС.

Третя передумова полягає в першості розгляду техногенних граничних умов. Це не означає, що техногенному фактору при формуванні ТГС віддається перевага. Однак, оскільки людина має можливість змінити, перш за все, техногенну складову ТГС, а швидкості формування цієї структури набагато більші, ніж в природних системах, ми вважаємо це за доцільне.

Функціонування ТГС проявляється в зміні фізики геологічних процесів, які забезпечують розвиток всієї структури. Фактично зміни фіксуються в історії розвитку ТГС. З точки зору системного підходу процес зміни – це функція системи, і він забезпечується її енергетичними можливостями, Однак, всі процеси протікають відповідно до загальних законів фізики і механізм їх протікання підпорядкований цим законам. Таким чином, очевидно, доцільно виділяти в цілому ТГС, де всі природні процеси проходять за участю і техногенних факторів, а не виокремлювати групу техногенних (антропогенних) процесів,

При аналізі ТГС пропонується виділяти геологічну (фізичну), гідрогеологічну (водно-балансову), геохімічну (хімічну) і геотермічну (температурну) структури системи.

В межах цих техногеосистем виділені техногенно-змінені, техногенно-перевідкладені і техногенно-утворені породи:

1) під техногенно-зміненіми породами розуміються ті, які змінили свою природну структуру під впливом техногенних факторів, перебуваючи в природному заляганні. Найбільш часто ці зміни стосуються водно-фізичних і фізико-механічних властивостей порід. До цього типу належать відкладення, що слугують основами будь-яких споруд і відчувають динамічне або статичне навантаження. Розміри та внутрішня структура ділянок площадних об'єктів ТГС визначається відповідно до проектної документації. Площадні розміри зон зміни порід однозначно перевищують розміри технічних споруд. Потужність зони зміни порід залежить від величини навантаження і властивостей порід і може досягати до 100 м.

2) техногенно-перевідкладені породи (утворення) можна розділити на дві групи: 1) породи з заданими параметрами і 2) породи з довільними параметрами. У першому випадку маються на увазі породи, які використані без зміни їх фізико-хімічної і мінералогічної складової, але їм надані якісь параметри несучої здатності з фізико-механічними або геологічними властивостями. До другої групи відносяться породи, які були переміщені з одного місця на інше і в подальшому не використовуються. Техногенно-перевідкладені породи фактично формуються із заданими властивостями, що пов'язано з необхідністю будівництва дамб, гідротехнічних споруд, насипів і т. д.

3) техногенно-утворені породи формуються з відвальних порід в безпосередній зоні впливу ТГС. Це відходи вугільного виробництва, які є масштабними техногенно-створеними джерелами постійного негативного впливу на об'єкти навколишнього середовища; накопичення твердих відходів у вигляді високих відвалів у містах, які є центрами гірничо-збагачувальної і металургійної промисловості; техногенні ґрунти, які створені в процесі рекультивації територій.

Відповідна розробка заходів, що забезпечують збереження необхідних параметрів кожної з ТГС, повинна проводитися на основі районування території, при проведенні якого враховують параметри, що характеризують ТГС як цілісну систему.

В основу районування може бути покладено принцип типізації території за такими чинниками і умовами техногенного навантаження. Найбільш значуща і велика одиниця – область, що виділяється по переважним (визначальним) факторам перетворення. В основу виділення підобластей покладена геологічна структура. Окремі райони можуть бути виділені по геохімічним параметрам – інтенсивність забруднення та за особливостями гідрогеологічної структури.

Запитання для контролю

1. Динаміка процесів розвитку геологічного простору.
2. Методологічні основи вивчення техногенно-геологічних систем.
3. Загальні наукові методи вивчення техногенно-геологічних систем.
4. Організація техногенно-геологічних систем у просторі і часі.
5. Системні методи, принципи їх застосування в системних дослідженнях.
6. Режими функціонування техногенно-геологічних систем різного рівня.
7. Системне вивчення геологічних об'єктів в межах техногенно-геологічних систем.
8. Формування природних систем, їх принципи.
9. Об'єкти дослідження в техногенно-геологічних системах.
10. Геохімічна організація геологічного середовища.
11. Мінеральний рівень організації геологічного середовища.
12. Гірськопорідний рівень організації геологічного середовища.
13. Геоформаційний рівень організації геологічного середовища.
14. Еколого-геологічне моделювання взаємодії природних і техногенних об'єктів.
15. Визначення техногенного навантаження техногенно-геологічних систем.

РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ

3.1. Управління як особлива система

3.1.1. Системні концепції

Системний підхід в управлінні означає всебічне опрацювання прийнятих рішень, аналіз всіх можливих варіантів їх реалізації, координацію зусиль на різних напрямках. У соціальних системах цей принцип передбачає тісну ув'язку рішень економічних, соціально-політичних і культурних проблем в процесі вирішення управлінських завдань.

Застосування теорії систем до управління полегшило для керівників завдання побачити організацію в єдності її складових частин, які нерозривно переплітаються з навколишнім середовищем. Ця теорія також допомогла інтегрувати вклади в наукові школи, які в різний час домінували в теорії та практиці управління. Теорія систем у ХХ ст. вперше була застосована в точних науках і в техніці.

Застосування теорії систем в управлінні в кінці 30-тих років ХХ ст. стало найважливішим внеском школи науки управління. Системний підхід – це не є набір якихось інструкцій та принципів для керуючих; це спосіб мислення по відношенню до організації та управління. Щоб усвідомити, як системний підхід допомагає управлінню і керівникові краще зрозуміти організацію і більш ефективно досягти цілей, необхідно спочатку визначити, що таке система.

Система – це деяка цілісність, що складається з взаємозалежних частин, кожна з яких вносить свій внесок у характеристики цілого.

Особливостями будь-якої системи є: а) цілісність – незвідність властивостей системи до суми властивостей складових її елементів, не виводимість з останніх властивостей цілого; б) структурність – можливість опису системи через встановлення її структури; в) ієрархічність – кожна частина системи виступає як свого роду підсистема, що володіє своїми якостями.

Система як цілісність набуває нових властивостей, нові якісні характеристики, що не містяться в окремо в утворюють елементах

– ефект цілісності або емерджентність¹⁴, заради якої і створюються системи.

За рівнем ієрархії системи класифікуються на:

1. неживі: статистичні структури, прості динамічні системи з заданим рухом, кібернетичні системи зі зворотним зв'язком;
2. живі: відкриті системи зі структурою самозберігання (рівень клітин), живі організми з низькою здатністю сприймати інформацію (рівень рослин), живі організми з більш розвинутою здатністю сприймати інформацію (тварини), люди (самосвідомість, мислення, нетривіальна поведінка), соціальні системи, соціальні організації (суспільство).

Управління на основі системного підходу включає три етапи:

1. Визначення сфери, уточнення області та масштабів діяльності суб'єкта управління, орієнтовне встановлення адекватних сфер, областей і масштабів діяльності, інформаційних потреб.
2. Здійснення необхідних досліджень (системний аналіз).
3. Розробка альтернативних варіантів вирішення певних проблем і вибір оптимального варіанту по кожній задачі із застосуванням експертних оцінок, у тому числі і незалежних експертів.

Управління розглядається як особлива система, що включає в себе: 1) суб'єкт і об'єкт управління; 2) власне процес управління; 3) зворотний зв'язок між об'єктом і суб'єктом.

Керування – риса, властива будь-якій системі, яке дозволяє розпізнати сукупність елементів як ціле, властивість, яка відрізняє систему від недоцільного набору. У техніці керування – сукупність цілеспрямованих дій, що включає оцінку ситуації та стану об'єкта керування, вибір керівних дій та їх реалізацію. Керування – функція організованих систем різної природи (біологічних, технічних, геологічних, соціальних та ін.), що забезпечує збереження їх певної структури, підтримку режиму діяльності, реалізацію їх цілей і програм. Організація, як випливає з вищесказаного, є першоосновою навколишнього середовища [131–134].

Керування процесом є: а) направлений вплив людини на різні об'єкти і процеси з метою отримання бажаних результатів; б) функ-

¹⁴ Емерджентність (англ. *emergence* — виникнення, поява нового) в теорії систем – наявність у будь-якої системи особливих властивостей, не властивих її підсистемам і блокам, а також сумі елементів, не пов'язаних системоутвірними зв'язками; неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її компонентів.

ція організованих систем різної природи (біологічних, соціальних, технічних), що забезпечує збереження їх певної структури, підтримку режиму діяльності, реалізацію їх цілей і програм; в) регулювання неперервних дій або процесів з використанням системи оброблення даних; г) направлений вплив людини на різні об'єкти і процеси з метою отримання бажаних результатів.

За своєю природою і «філософією» діяльності ресурсоспоживання відноситься до відкритих систем, що функціонують на основі двостороннього зв'язку з навколишнім середовищем. Сенс такого способу функціонування ТГС родовищ корисних копалин – зберегтися (вижити) і працювати з найменшими втратами для себе.

ТГС родовищ корисних копалин – відкрита динамічна система, яка, прагнучи до рівноваги, гомеостазу (саморегуляція, здатність відкритої системи зберігати сталість свого внутрішнього стану за допомогою скоординованих реакцій, спрямованих на підтримку динамічної рівноваги), не просто реагує на навколишнє середовище, але і впливає на нього в міру розвитку технологічних можливостей освоєння ресурсів.

Принципи управління ТГС родовищ корисних копалин:

1. Розгляд зв'язків ТГС родовищ корисних копалин з навколишнім середовищем, що оточує родовище корисних копалин.

2. Моніторинг всередині організаційних зв'язків і невідповідностей, що з'являються, проєктованих взаємодій з виникаючими, пошук інноваційних рішень виникаючих проблем.

3. Стратегічне мислення, розробка прогнозів функціонування ТГС родовища корисних копалин і вірогідних її змін.

4. Прагнення до досягнення максимальних результатів діяльності при мінімальних витратах.

5. Повна поінформованість про різні елементи ТГС родовища корисних копалин: а) її функції, організаційні компоненти виробництва; б) структуру, ієрархічну побудову управління елементами системи; в) процес прийняття рішень, існуючі регламенти та процедури, якими керується організація ТГС родовищ корисних копалин; г) наявність зворотних зв'язків, механізми формальної і неформальної оцінки організації та управління.

Організація в соціальних, виробничих та інших системах, залежно від характеру змін умов навколишнього середовища, може бути структурною, адаптивною, еволюційною і революційною [8, 9, 10].

Структурна організація – цільовий процес створення, формування первинної структури, внутрішніх і зовнішніх зв'язків елементів системи, що підкоряється закону відповідності цілей організації, умовам, факторам навколишнього середовища.

Адаптивна організація має місце при незначних, плавних змінах умов, факторів навколишнього середовища. Адаптивна організація системи часто здійснюється в процесі виконання елементами системи своїх прямих функціональних обов'язків.

Еволюційна організація відбувається у випадку значних, якісних, але поступових змін умов і факторів навколишнього середовища. Еволюційна організація спрямована на якісну зміну самої системи, з поступовим, поетапним перетворенням елементів, внутрішніх і зовнішніх зв'язків системи.

Револьюційна організація виникає при значних, якісних, різких змінах умов і факторів навколишнього середовища, що приводять навіть до часткового руйнування системи. Револьюційна організація пов'язана з реорганізацією (докорінною зміною її основних функцій) й реструктуризацією елементів, внутрішніх і зовнішніх зв'язків системи, що приводять в остаточному підсумку до створення практично якісно нової системи. Величина руйнуючих впливів, викликаних впливом внутрішніх або зовнішніх факторів, повинна значно перевищувати організаційні зв'язки самої системи або, у випадку соціальної системи, перевищувати функціональні можливості її елементів, що перешкоджають цьому руйнуванню.

3.2. Геологічна система як об'єкт управління

Ефективність практичних зусиль управління направлена 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 моніторинг ТГС базується на специфічних геологічних знаннях, які не можуть бути зведені до інших знань, таких як фізико-хімічні. Формування наукового напрямку «екологічна геологія» було обумовлено розвитком і саморозвитковими обставинами науки. Типізація геосистем – вихідна операція, що випереджає прогнозу й керуючу розв'язку, базується на інформації, що надходить із підсистеми контролю.

Розглянемо основні риси геологічної системи як об'єкта управління (рис. 3.1).

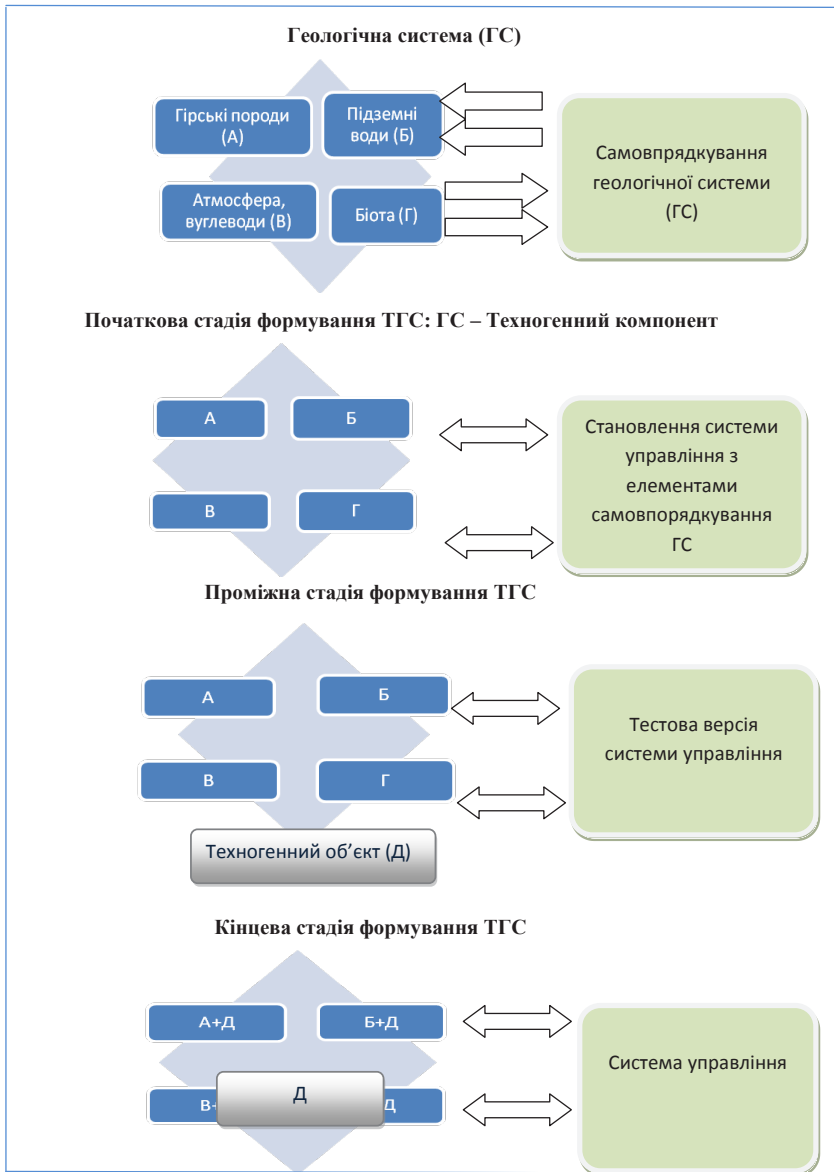


Рис. 3.1. Схема техногенно-геологічної системи (ТГС) як об'єкта управління

Природні геологічні системи є частиною геологічної системи, яка розвивається в умовах природного режиму без якого-небудь помітного впливу техногенної та господарської діяльності на динаміку процесів.

Техногенні системи сформовані повністю штучними або незворотно зміненими константами природних геосистем. Окремий випадок техногенної системи – еколого-геологічні катастрофи. На даний час ці види мають локальне поширення (феномени). При цьому просторові межі перших необоротно скорочуються, а других – збільшуються.

Техногенно-геологічні системи (ТГС) займають проміжні положення і диференціюються за ступенем техногенної зміни структури і властивостей геологічних систем. Ці системи як основні об'єкти моніторингу, прогнозування і управління потребують типізації.

Для території України пропонується наступна загальна схема типізації ТГС (рис. 3.2).

Типізація геосистем – вихідна операція, яка випереджає прогнозні і управлінські рішення, базується на інформації, що надходить з підсистеми контролю.

Динаміка розвитку геосистем з урахуванням характеру інженерно-господарської діяльності визначається двома видами основних оборотних зв'язків:

1. Інформаційний базис, що висвітлює закономірності і тенденції розвитку геосистем.
2. Відшкодовується вплив як результат виключно техногенного походження, так і взаєморозташування природних і штучних чинників.

З позиції системного підходу геосистему, як єдиного об'єкта, слід розглядати виходячи з наступних принципів:

1. Принцип системності – розгляд геосистем як цілісної структури взаємопов'язаних характеристик об'єкта і прогнозного фону відповідно до реалізації конкретної моніторингової програми.

2. Принцип природної специфічності – обов'язкове врахування специфіки будови геосистем, закономірності їх розвитку, параметрів і т. д.

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

4. Принцип аналогій – дослідження методу геологічних аналогій на всіх етапах досліджень, веде до оптимізації і прискорення операцій аналізу, оцінки і прогнозу, верифікації¹⁵ прогнозів і моделей шляхом зіставлення з об’єктами – аналогами, коригувати до вдосконалення управлінських рішень.

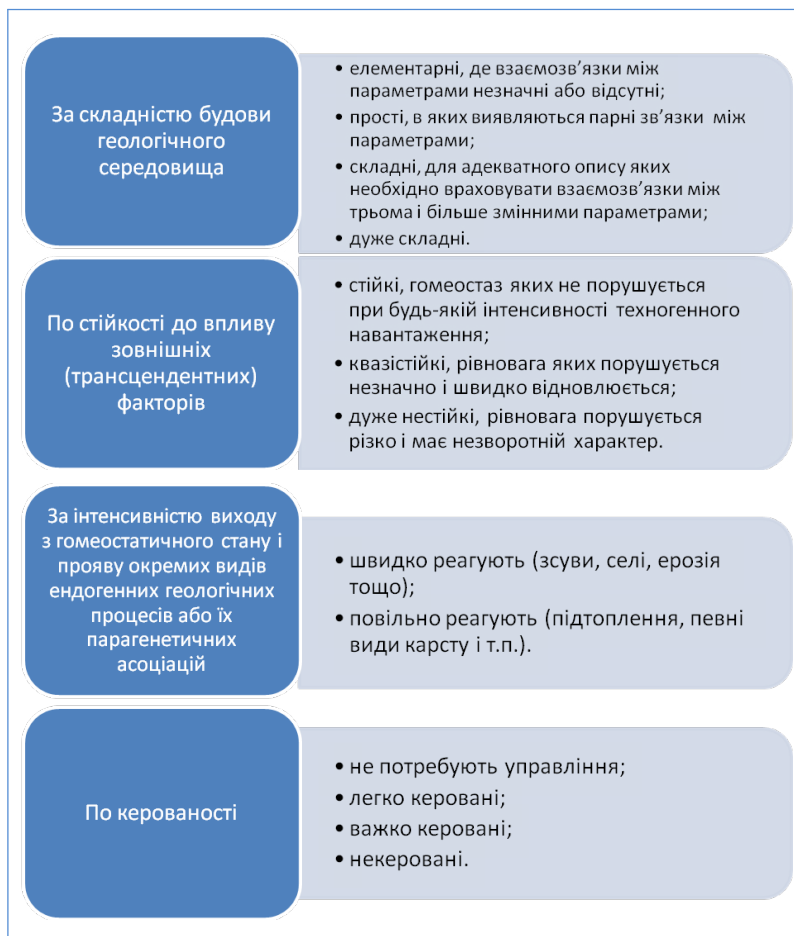


Рис. 3.2. Загальна схема типізації ТГС

¹⁵ Верифікація – перевірка теоретичних положень, встановлення достовірності до-свідченим шляхом

За допомогою логічного аналізу, алгоритмізація суті геосистеми і фізичних основ руху геологічного середовища (тобто розвиток геологічних процесів) представляється можливим отримання моделей, що відповідають реальним умовам. За формальної екстраполяції поведінки геосистем в часі недотримання цих принципів веде до отримання неконкретних результатів, а прогноз перетворюється в операцію, позбавлену сенсу.

3.2.1. Функціональний склад і властивості об'єктів у складі «техно-геологічних систем»

У кожній технічній системи існує функціональна частина – об'єкт управління. Функції об'єкта управління технічної системи полягають в сприйнятті управляючих впливів і зміні відповідно до них свого технічного стану (далі – стану). Об'єкт управління технічної системи не виконує функцій прийняття рішень, тобто не формує і не вибирає альтернативи своєї поведінки, а тільки реагує на зовнішні фактори (керуючі і ті, що активізує, підбурює) впливу, змінюючи свої статки визначеним його конструкцією чином [57, 58].

Об'єкти управління технічної системи складаються з двох функціональних частин – сенсорної і виконавчої:

1. Сенсорна частина утворена сукупністю технічних пристроїв, безпосередньою причиною зміни станів кожного з яких є відповідні йому і призначені для цього дії, що управляють. Приклади сенсорних пристроїв: вимикачі, перемикачі, засувки, заслінки, датчики та інші подібні до них за функціональним призначенням пристрою управління технічними системами.

2. Виконавча частина утворена сукупністю матеріальних об'єктів, все або окремі комбінації станів яких розглядаються в якості цільових станів технічної системи, в яких вона здатна самостійно виконувати передбачені її конструкцією споживчі функції. Безпосередньою причиною зміни станів виконавчої частини технічної системи (об'єкту управління) є зміни станів її сенсорної частини.

Для управління станами технічних систем необхідна наявність моделей процесів їх функціонування і правил прийняття рішень в потенційно можливих штатних і не штатних ситуаціях – модельні подання технічних систем. Очевидно, що від обсягу змісту і форм представлення модельного подання в істотному ступені залежать

можливості їх однозначного сприйняття і розуміння користувачами, подання їх у вигляді алгоритмів і програм для створення і вдосконалення автоматизованих систем керування технічними системами і, в цілому, – можливості керування технічними системами. В ідеальному варіанті модельні подання технічних систем повинні містити тільки необхідну і достатню інформацію для керування технічними системами у всіх потенційно можливих ситуаціях і бути представлені в структурованому формалізованому вигляді в наочній формі, що допускає простоту їх однозначного сприйняття і розуміння. В даний час вихідна інформація про модельні подання технічних систем надається споживачам в конструкторській документації та інструкціях по експлуатації в неформалізованому і не в явно структурованому вигляді.

При цьому для технічних систем, що складаються з великого числа складових, які взаємодіють один з одним, конструктивних частин і елементів з керованими станами, виявляється вельми проблематичним скласти і подати ці вихідні опису (знання) в формалізованому і структурованому вигляді.

Ця обставина обумовлює необхідність створення інженерної методики формування структурованих модельних подань по вербальним вихідним описам технічних систем. Зокрема, наявність такої методики має спростити вирішення проблеми виявлення та аналізу потенційно можливих нештатних ситуацій і побудови правил (алгоритмів) прийняття рішень з управління станами технічних систем в разі їх виникнення. Це дозволить, у свою чергу, вирішувати такі актуальні прикладні задачі:

1. Створювати системи автоматичного управління станами технічних систем в штатних і позаштатних ситуаціях за рахунок реалізації можливостей попереднього виявлення таких ситуацій та формування для них відповідних алгоритмів прийняття рішень.

2. Поетапно, у міру формування таких алгоритмів, підвищувати рівень автоматизації існуючих автоматизованих систем управління технічних систем за рахунок розширення їх можливостей з автоматичного виявлення змін навколишнього середовища та прийняття рішень при їх виникненні.

3. Скоротити терміни навчання осіб, керуючих статками технічних систем, і знизити вимоги до їх професійної підготовки за рахунок подання інструкцій по експлуатації у вигляді наочних структурова-

них графічних зображень причинно-наслідкових зв'язків і подій, що містять необхідну і достатню інформацію для керування технічними системами в різних ситуаціях.

Аналіз бібліографії з питань, що стосуються розгляду методів вирішення проблеми забезпечення методологічної підтримки етапу формування моделей технічних систем і в цілому проблеми формування знань (наприклад, [18]), показали, що майже всі існуючі пропозиції в цій галузі зводяться в основному тільки до рекомендацій і/або «рецептів» організаційного характеру, загальним для різних предметних областей (спостереження, протокол «думок вголос», лекції, «мозковий штурм», рольові ігри тощо). У своїй сукупності ці методи дозволяють дещо спростити процеси формування знань, але вони не містять рекомендацій технологічного характеру за складом і послідовності виконання конкретних дій для формування структурованого модельного подання технічних систем.

Зазначені обставини означають, що етап формування модельного подання технічних систем на сьогоднішній день виконується в більшості випадків інтуїтивно, і тому його результати істотно залежать від безлічі суб'єктивних факторів.

3.3. Характеристика проблеми формування структурованих модельних представлень технічної системи

Поведінка кожної матеріальної системи залежить від великого числа взаємозв'язаних чинників, що змінюються в часі: а) стану сердовища і енергоресурсів системи; б) інтервалу часу її «функціонування»; в) технічного стану частин і елементів її конструкції; г) цілей і вирішуваних завдань управління; ґ) можливих новостворених ситуацій в процесі управління технічною системою.

Усі ці чинники мають бути якимсь чином пов'язані між собою в описах відповідних причинно-наслідкових закономірностей, що характеризують поведінку технічної системи. При цьому рішення цих завдань, навіть стосовно відносно «простою» технічною системою, виявляється дуже проблематичним, передусім, із-за складності обліку і аналізу надзвичайно великого («безмежного») числа можливих ситуацій (в першу чергу – нештатних).

Для вирішення завдань управління технічною системою в різних обставинах і умовах потрібно, як правило, застосування різних моде-

лей її поведінки, описи якої, крім того, може зажадати використання різної міри деталізації модельного подання. Ця обставина обумовлює наявність в початкових описах багатоваріантних фрагментарних представлень процесів поведінки одних і тих же частин і елементів технічної системи. Це істотно утруднює процеси формування модельного подання, оскільки при цьому доводиться додатково вирішувати задачу відбору таких описів і вибору з них інформації, що відповідає умовам використання заздалегідь виявлених фрагментів моделей і правил.

Нині відсутні загальноприйняті визначення смислового змісту – онтологія понять, використовуваних для опису процесів функціонування і управління технічною системою. До них, зокрема, відносяться поняття «мета управління», «стан», «команда управління», «управляюча дія». Не визначено достеменно і саме поняття «технічна система».

Внаслідок цього усі вони мають певну міру полісемії¹⁶. Тому їх смисловий зміст в початкових описах технічної системи може розумітися різними користувачами по різному і неправильно використовуватися при формуванні технічної системи. В результаті початкова інформація про процеси функціонування і правила управління стає частиною технічних систем частіше за всього представляється користувачам у вигляді неформалізованої, неявно структурованої безлічі фрагментарних описів поведінки їх частин і елементів з використанням різних рівнів деталізації.

Аналіз різних властивостей і особливостей моделі класу «технічна система» дозволить вирішити такі завдання:

1. Визначити основні онтологічні поняття, що характеризують процеси функціонування технічної системи (стану, мети управління, програми і команди управління), смислові взаємини і зв'язки між ними. Вирішення цього завдання необхідно для розробки методичного забезпечення процесів цілеспрямованого пошуку та подання інформації, необхідної для побудови моделей технічної системи.

2. Визначити можливості і правила подання інформації про моделювання технічної системи у фрагментарних формах з метою виявлення і дослідження загальносистемних властивостей таких форм

¹⁶ Полісемія- (*грец. πολυσημία* «багатозначність», інша назва «багатозначність слова») – багатозначність характеризує наявність у одного і того ж слова різних значень відповідно до різних контекстів, коли слово може переосмислюватись.

описів поведінки технічних систем, що використовуються в проєктній документації. Отримані при цьому результати дозволять спростити процедури: а) відбору інформації про різні фрагменти і б) роздільного аналізу фрагментарних описів поведінки технічної системи.

3. Розробити методи формалізованого представлення і верифікації таких фрагментів.

4. Розробити методи і правила пошуку в цих фрагментах інформації про логіку їх взаємозв'язків і виявлення їх структурних закономірностей.

5. Розробити методи і рекомендації раціонального наочного уявлення структурованих моделей поведінки технічної системи.

У процесі проведених досліджень і обговорень їх результатів в науковій літературі визначено наступний склад загальносистемних властивостей технічних систем [57, 58, 84]: а) вони складаються з кінцевої безлічі взаємодіючих матеріальних об'єктів; б) володіють властивістю цілісності; в) мають здатність, перебуваючи в цільових станах, самостійно виконувати споживчі функції, передбачені їх конструкцією; г) мають моделі зумовленої поведінки в просторі досяжних рівноважних стійких станів; г) мають цільовий стан, що відповідає стану виконавчої частини об'єкта керування технічною системою.

Модель штатної поведінки технічної системи має бути представлена у вигляді структурованої системи фрагментів, дозволяючи поступово і послідовно виявити і аналізувати потенційні зміни у її функціонуванні.

В управлінні технічною системою можуть виникнути різні аварійні ситуації, але здатність керувати системою завжди скінченна. Вона визначається її структурою. Цей факт дозволяє класифікувати можливі ситуації, про можливість або неможливість їх компенсації шляхом управління технічною системою і тим самим значно знизити їх різноманіття. У разі виявлення некорегованих позаштатних ситуацій може також бути виконане керування у формі відповідних рішень. Наприклад, відключення системи від енергії, видача команди до самознищення або відмова від управління (це також є рішення).

Детальна розробка методологічного забезпечення процесів формування моделей ТГС, а також і самої концепції потребує вирішення низки проблемних завдань, багато з яких не розглядалися раніше або ж вирішувалися з позицій, які не збігаються із запропонованою кон-

цепцією. Крім того слід розуміти, що створення деталізованої системи класифікації технічних систем і прототипів моделей їх поведінки, а також методів формування моделей конкретних класів технічних систем (у тому числі і ТГС РКК) вимагає інтелектуальних зусиль багатьох дослідників.

3.4. Техногенні системи та екологічний ризик

В даний час екологічна безпека розглядається як стан захищеності від екологічних загроз і включає в себе кілька рівнів (індивідуальний, об'єктовий, локальний, регіональний, державний, міждержавний і глобальний).

Природно, що екологічна безпека може бути досягнута лише шляхом охорони навколишнього природного середовища, причому навколишнє середовище повинне розглядатися як еколого-економічна система в цілому.

При цьому особлива увага приділяється загрозам безпеки, які виникають під час надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. Забезпечення сталого розвитку цивілізації в рамках концепції екологічної безпеки засноване на наукових дослідженнях, що дозволяють зробити оцінку ризику, або, інакше кажучи, виконати аналіз безпеки. Це і є новий підхід у вирішенні проблем екологічної безпеки.

До недавнього часу оцінка ризику проводилася лише на рівнях методів досягнення технічно і економічно виправданих рівнів безпеки техногенних систем (обладнання та промислових об'єктів в цілому), а вимога про проведення оцінки впливу на ТГС на всіх стадіях проектування і державної екологічної експертизи проектів та всіх видів господарської діяльності стало практикуватися зовсім недавно і, хоча і закріплено законодавчо більше десяти років тому, але все ще потребує опрацювання. Практично реалізація цих вимог зводиться до порівняння рівнів техногенного впливу з нормативами гранично допустимих викидів і скидів, рівнів впливу фізичних факторів і т.п., що явно недостатньо для досягнення цілей екологічної безпеки.

Прийнята в даний час більшістю держав концепція екологічної безпеки заснована на припущенні, що безпека людини, суспільства і природи задає допустимий технологічний простір, що характеризується певним рівнем впливу, а не навпаки – пріоритетними виступа-

ють питання сталого розвитку суспільства, а не потреби економіки і техніки. Разом з тим слід враховувати неможливість досягнення «нульового ризику».

Подібне трактування проблеми вимагає системного підходу, урахування інженерних, економічних, соціальних і екологічних факторів.

Розробка основ поняття «техногенні системи та екологічний ризик» спрямована на формування базових уявлень про екологічну небезпеку і методи оцінки ризику, а також управління ними в системі екологічної безпеки.

Необхідність саме системного підходу до питання про екологічну безпеку викликає необхідність розгляду еколого-геологічного середовища як системи, яка функціонує за своїми законами, має свої захисні механізми, що забезпечують її стійкість. Еколого-геологічне середовище являє собою сукупність природного середовища і всього того, що в нього внесено людиною. Техногенна складова взаємодіє з природними утвореннями, факторами і процесами, вони злилися в єдине і становлять цілісне середовище життєдіяльності, яке впливає на здоров'я, умови життя і господарської діяльності людей.

Еколого-геологічне середовище, з точки зору задоволення потреби людини, неоднорідне і поділяється за своїми функціями на: а) продуктивне середовище життєзабезпечення, що виконує функцію забезпечення матеріальними ресурсами та продуктами харчування; б) протективної¹⁷ ролі середовища життєзабезпечення, що виконує захисну роль буферів в круговороті речовини; в) середовище переробки відходів, що піддається сильному антропогенному навантаженню і виконує роль асимільатора більшості відходів; г) міське і промислове середовище з гетеротрофними небіологічними системами промислово-міського типу.

Важливою задачею є визначення межі між системою і оточуючим середовищем [131, 132].

Рішення проблем захисту еколого-геологічного середовища від негативних наслідків дії антропогенних чинників, а також проблем підвищення її раціонального використання пов'язані із завданнями управління техногенно-геологічними системами.

Розробка методів побудови і аналізу теоретичних моделей ТГС є основним напрямом розвитку теорії геосистем стосовно рішення

¹⁷ Протективний (лат. *protectio* – захист, заступництво) - котрий сприяє здійсненню функцій життєдіяльності.

практичних завдань, витікаючи з проблем навколишнього природного середовища. Прогрес в рішенні таких проблем залежить від успіхів у розвитку теорії геосистем. Ця теорія створюється на базі теоретичних розділів наук про Землю і загальну теорію систем. Велике значення для її розвитку має використання методів, заснованих на застосуванні комп'ютерних технологій. Побудова емпіричних моделей – єдино можливий спосіб моделювання тих елементів ТГС, для яких не можна побудувати в даний час теоретичні моделі через відсутність відомостей про їх внутрішній механізм.

3.5. Огляд ризиків сучасного виробництва

Виробничий ризик – це ймовірність збитків або додаткових витрат, пов'язаних зі збоями або зупинкою виробничих процесів, порушенням технології виконання операцій, низькою якістю сировини або роботи персоналу тощо.

Основні причини виробничого ризику:

1. Зниження намічених обсягів виробництва і реалізації продукції внаслідок зниження продуктивності праці, простою устаткування, втрат робочого часу, відсутності необхідної кількості вихідних матеріалів, підвищеного відсотка браку виробленої продукції.

2. Зниження цін, за якими планувалося реалізувати продукцію (послугу), у зв'язку з її недостатньою якістю, несприятливою зміною ринкової кон'юнктури, падінням попиту.

3. Збільшення витрат матеріальних витрат через перевитрати матеріалів, сировини, палива, енергії, а також за рахунок збільшення транспортних витрат, торгових витрат, накладних та інших додаткових витрат.

4. Зростання фонду оплати праці за рахунок перевищення наміченої чисельності або виплат вищого, ніж заплановано, рівня заробітної плати окремим співробітникам.

5. Збільшення податкових платежів та інших відрахувань підприємства.

6. Низька дисципліна поставок, перебої з паливом і електроенергією.

7. Фізичний знос устаткування і його функціональне старіння.

Всі можливі фактори виробничого ризику діляться на дві групи. До першої належать передбачувані, тобто найвідоміші з економічної

теорії або господарської практики, і включені у відповідний список. Крім того, очевидно, можуть проявитися фактори, назвати які на апріорній стадії аналізу ризику підприємства не представляється можливим. Це непередбачені фактори, вони відносяться до другої групи.

Фактори ризику підприємства також можна розділити на зовнішні і внутрішні. До зовнішніх для виробничого підприємства відносяться чинники, зумовлені причинами, не пов'язаними безпосередньо з діяльністю самого підприємства. Внутрішніми факторами ризику вважаються ті, поява яких обумовлена діяльністю самого підприємства.

Зовнішні фактори ризику можна поділити на політичні, соціально-економічні (макроекономічні), екологічні та науково-технічні (рис. 3.3).

Серед політичних чинників ризику для ділової активності виробничих підприємств на даний час істотними є стабільність політичної влади на державному і (або) регіональному рівні та пов'язана з нею можливість кардинального перегляду сформованих відносин власності. Серйозні порушення нормальної господарської діяльності можуть бути обумовлені виникненням локальних етнополітичних конфліктів, протиріччями в розмежуванні економічних прав, компетенцій і відповідальності щодо вирішення певних проблем і задач соціальної діяльності між державними та регіональними властями.

Велику групу становлять зовнішні фактори ризику саме в соціально-економічній сфері. Деякі з них виникають у результаті нормотворчої діяльності федеральних і регіональних органів влади: а) це зміни податкових нормативів або процентних ставок по кредитах НБУ; б) додаткова грошова емісія; нові правила ведення зовнішньоекономічної діяльності; в) зміна правил валютного обігу; г) підвищення тарифів на вантажні перевезення залізничним транспортом та ін. Такі рішення призводять до різкої зміни ситуації на ринках, де оперує дане підприємство, викликають появу нових конкурентів, нових товарів тощо. Разом з тим, ці чинники все ж піддаються певному спостереженню і прогнозуванню.

Інші фактори цієї групи носять менш передбачуваний характер. Так, виробничі підприємства можуть відчувати труднощі через коливання цін на сировину, матеріали, комплектуючі, енергоносії; внаслідок раптового відтоку фінансових ресурсів, несподіваних вимог повернення позикових коштів, викликаних зміною фінансових очікувань кредиторів і т. п.



Рис. 3.3. Класифікація факторів ризику виробничого підприємства

Поява в регіоні нових господарських суб'єктів з привабливими для працівників умовами може негативно позначитися на кадровому потенціалі даного підприємства. Для підприємств, виробничий цикл яких пов'язаний з імпортом сировини або експортом своєї продукції, істотними будуть фактори, викликані різкими коливаннями курсу валюти.

Все більшу роль у роботі підприємств відіграють екологічні фактори ризику, обумовлені взаємодією виробництва з навколишнім середовищем. У цьому плані важливим може виявитися: а) прийняття в регіоні господарювання підприємства більш жорстких вимог до екологічної чистоти виробництва, введення штрафних санкцій; б) введення більш жорстких санітарних та інших норм, під які підпадає продукція або технологія підприємства; в) зміна регіональної екологічної ситуації внаслідок природних катаклізмів, техногенних катастроф, заборона або обмеження на використання місцевих природних ресурсів, необхідних для даного виробництва, та ін.

Будь-яке виробництво тісно пов'язане з прогресом в науці і техніці, а конкретно – з використанням науково-технічних досягнень. Як це не здається дивним, вплив інновацій може представити загрозу економічній безпеці підприємства.

Інноваційний ризик – це ймовірність втрат, що виникають при вкладенні підприємницькою фірмою коштів у виробництво нових товарів і послуг, у розробку нової техніки і технології, які, можливо, не знайдуть очікуваного попиту на ринку [2, 30, 34, 46].

Інноваційний ризик виникає в наступних ситуаціях: а) при впровадженні більш дешевого методу виробництва товару або послуги порівняно з тими, що вже використовуються. Подібні інвестиції будуть приносити підприємству тимчасовий надприбуток до тих пір, поки воно є єдиним власником цієї технології. У даній ситуації фірма, що володіє підприємством, зіштовхується лише з одним видом ризику – можливою неправильною оцінкою попиту на вироблений товар; б) при створенні нового товару або послуги на старому обладнанні. У цьому випадку до ризику неправильної оцінки попиту на новий товар або послугу додається ризик невідповідності якості товару або послуги у зв'язку з використанням старого обладнання; в) при виробництві нового товару або послуги за допомогою нової техніки і технології. У даній ситуації інноваційний ризик включає в себе, по-перше, ризик того, що новий товар або послуга може не знайти покупця; по-друге, ризик невідповідності нового обладнання і технології необхідним вимогам для виробництва нового товару або послуги; по-третє, ризик неможливості продажу створеного устаткування, оскільки воно не підходить для виробництва іншої продукції, у випадку невдачі.

Рівень інноваційних ризиків досить високий. Можливість втрат і невдач у цій сфері набагато вище, ніж у всіх інших. Досить сказати, що в середньому тільки чотири з десяти інноваційних проєктів закінчуються успішно, інші шість, згідно з даними статистики, свідомо приречені на невдачу.

В цілому ризик, що виникає в інноваційній діяльності, включає в себе наступні основні види ризиків:

1. Ризики помилкового вибору інноваційного проєкту. Однією з причин виникнення даного ризику є необґрунтоване визначення пріоритетів економічної і ринкової стратегії організації, а також відповідних пріоритетів різних видів інновацій, здатних внести вклад у досягнення цілей організації. Це може статися через помилкову оцінку ролі короткострокових і довгострокових інтересів власників організації.
2. Ризики незабезпечення інноваційного проєкту достатнім рівнем фінансування.

3. Маркетингові ризики поточного постачання ресурсів, необхідних для реалізації інноваційного проекту і збуту результатів інноваційного проекту.
4. Ризики невиконання господарських договорів (контрактів).
5. Ризики непередбачених витрат і зниження доходів.
6. Ризики посилення конкуренції.
7. Ризики, пов'язані з недостатнім рівнем кадрового забезпечення.
8. Ризики, пов'язані із забезпеченням прав власності на інноваційний проект.

Уникнути повністю ризиків в інноваційній діяльності неможливо, оскільки інновації і ризик – дві взаємозалежні категорії.

Одним зі способів зниження інноваційного ризику є диверсифікація інноваційної діяльності, що складається в розподілі зусиль розробників (дослідників) і капіталовкладень для здійснення різноманітних інноваційних проектів, безпосередньо не пов'язаних один з одним. Якщо в результаті настання непередбачених подій один з проектів буде збитковим, то інші проекти можуть виявитися успішними і будуть приносити прибуток. Однак на практиці диверсифікація може не тільки зменшувати, але і збільшувати ризик інноваційної діяльності у випадку, якщо підприємець вкладає кошти в інноваційний проект, який спрямований у ту область діяльності, в якій його знання і управлінські здібності обмежені.

Передача (трансфер) ризику шляхом укладання контрактів – наступний метод зниження ризику інноваційної діяльності. Якщо проведення будь-яких робіт по інноваційному проекту занадто ризиковано і величина можливого ризику неприйнятна для інноваційної організації, вона може передати ці ризики іншій організації. Передача ризику вигідна як для сторони, що передає (трансферу), так і для приймаючої (трансфери).

Найважливішим методом зниження ризиків інноваційної діяльності є їх страхування.

Для досягнення більш ефективного результату, як правило, використовується не один, а сукупність методів мінімізації ризиків на всіх стадіях здійснення інноваційного проекту.

Внутрішні чинники ризику виникають безпосередньо у сфері господарської діяльності підприємства. При цьому до факторів ризику основної виробничої діяльності відносяться недостатній рівень технологічної дисципліни, аварії, позапланові зупинки обладнання

чи переривання технологічного циклу підприємства через вимушене переналагодження обладнання. Фактори ризику допоміжної виробничої діяльності – це перебої енергопостачання, подовження порівняно з плановими термінів ремонту устаткування, аварії допоміжних систем (вентиляційних пристроїв, систем водо- і теплопостачання тощо), невідповідність інструментального господарства підприємства до освоєння нового виробу та ін. В сфері обслуговуючих виробничих процесів підприємства факторами ризику можуть виявитися збої в роботі служб, які забезпечують безперебійне функціонування основного і допоміжного виробництва, наприклад, аварія або пожежа в складському господарстві, вихід з ладу (повний або частковий) обчислювальних потужностей в системі обробки інформації та ін.

Ухвалення управлінських рішень на підприємстві передбачає тісну ув'язку всіх видів ризику. Однак самі добротні прогнози менеджера можуть не збуватися через несподівані і непередбачені обставини, не залежні від самої фірми (економічних колізій, різких змін у потребах клієнтів, дій конкурентів, несподіваних урядових рішень). Тому на випадок настання несприятливих подій передбачаються різні можливості зменшення негативних наслідків за рахунок резервних коштів, виробничих потужностей, сировини, готової продукції; розробляються матеріально забезпечені плани переорієнтації діяльності.

Суттєво зменшити ризик можливо за рахунок кваліфікованої роботи з прогнозування та внутрішньофірменного планування, самострахування і страхування, передачі частини ризику іншим особам або організаціям шляхом ф'ючерсних угод, викупу опціонів.

3.5.1. Оцінка ризиків

Оцінка рівня ризику є найбільш складним і відповідальним моментом, оскільки саме від її результатів залежать подальші дії підприємства. В першу чергу необхідно встановити перелік ризиків, які є найбільш реальними. Зміст даної процедури поділяють на два основних етапи:

1. необхідно визначити перелік тих ризиків, зниження яких залежить безпосередньо від підприємства (наприклад, ризик втрати майна через недотримання умов зберігання і умов виробництва). До них, передусім, відносяться внутрішні ризики (ризики, рівень яких залежить від організаційної структури, професійного рівня праців-

ників, системи управління і контролю), вплив яких можна послабити або, навіть, частково ліквідувати за рахунок підвищення ефективності менеджменту;

2. необхідно визначити ризики зовнішні, рівень яких не залежить від особливостей функціонування підприємства (наприклад, ризик змін законодавства). Ці ризики не можуть бути усунені, проте вони піддаються мінімізації.

Після встановлення переліку ризиків, необхідно визначити ступінь їх імовірності.

Не дивлячись на високий рівень невизначеності, кожний вид фінансового ризику може отримати відповідну кількісну оцінку.

Ризик має математично виражену ймовірність настання втрати, яка базується на статистичних даних і може бути розрахована з достатньо великим ступенем точності.

Для того, щоб кількісно визначити величину ризику, необхідно знати всі можливі наслідки певної дії та ймовірність самих наслідків. Ймовірність означає можливість отримання конкретного результату. По відношенню до економічних задач методи теорії ймовірностей зводяться до визначення значень ймовірностей настання подій і до вибору з усіх можливих подій найбільш привабливої події, виходячи з найбільшої величини математичного сподівання.

Інакше кажучи, математичне сподівання будь-якої події дорівнює добутку абсолютного значення цієї події та ймовірності її настання. Наприклад, маємо два варіанти вкладення капіталу. Встановлено, що при вкладенні капіталу в проект «А» – очікується отримання прибутку у розмірі $\text{€ } 3000$, що має ймовірність $0,26$, а при вкладенні у проект «В» – отримання прибутку у розмірі $\text{€ } 3200$, що має ймовірність $0,2$. Тоді очікуване отримання прибутку від вкладення капіталу (тобто математичне сподівання) по проекту «А» буде становити – $\text{€ } 780$ ($3000 \times 0,26$); по проекту «В» – $\text{€ } 640$ ($3200 \times 0,20$).

Ймовірність настання події може бути визначена об'єктивним чи суб'єктивним методом.

Об'єктивний метод визначення ймовірності побудований на визначенні частоти, з якою відбувається дана подія. Якщо відомо, що при вкладенні капіталу в будь-яку справу прибуток у розмірі $\text{€ } 3000$ був отриманий у 26 випадках зі 100, то ймовірність такого прибутку складе $0,26$ ($26/100$).

Суб'єктивний метод визначення ймовірності заснований на ви-

користанні суб'єктивних критеріїв, які базуються на різноманітних припущеннях. До таких припущень можуть належати: думка особи, що оцінює, її особистий досвід, оцінка експерта, думка фінансового консультанта тощо. Коли ймовірність визначається суб'єктивно, то різні особи можуть встановлювати різне значення для однієї і тієї ж події і, відповідно, здійснювати свій власний вибір.

Прийом експертної оцінки представляє собою комплекс логічних та математично-статистичних методів та процедур, пов'язаних з діяльністю експерта по переробці інформації, необхідної для аналізу та прийняття рішень. Прийом експертної оцінки заснований на використанні здатності спеціаліста (його знань, умінь, досвіду, інтуїції тощо) приймати потрібне, найбільш ефективне рішення.

Величина ризику (ступінь ризику) вимірюється за допомогою двох категорій:

1. Середньоочікуваного значення.
2. Коливання (змінюваність) можливого результату.

Середньоочікуване значення – це значення величини події, яке пов'язане з невизначеною ситуацією. Середньоочікуване значення є середньозваженим для всіх можливих результатів, де ймовірність кожного результату використовується в якості частоти або ваги відповідного значення. Середньоочікуване значення показує результат, на який ми сподіваємось у середньому.

Наступним показником, що дозволяє оцінити ризик, є коефіцієнт варіації.

Коефіцієнт варіації – відносна величина, тому на її розмір не впливають абсолютні значення показника, що вивчається. За допомогою коефіцієнта варіації можна порівнювати навіть коливаність ознак, які виражені в різних одиницях виміру. Коефіцієнт варіації може змінюватись від 0 до 100%. Чим більший коефіцієнт, тим більша коливаність. Встановлена наступна якісна оцінка різних значень коефіцієнту варіації:

- до 10% – слабкий рівень коливання;
- 10 – 25% – помірний рівень коливання;
- більше 25% – високий рівень коливання.

Оцінка (аналіз) ризику починається з виявлення його джерел і причин. При цьому важливо визначити, які джерела є переважаючими, щоб на них зосередити аналіз.

Найбільш простішим в ризик-менеджменті є аналіз чуттєвості. Під аналізом чуттєвості розуміють простий, приблизний аналіз з

багатьма припущеннями. Його проведення вимагає мінімальної первинної інформації.

Аналіз чуттєвості дозволяє:

- 1) перевірити чуттєвість результативної величини (прибутку, чистої теперішньої вартості) по відношенню до зміни однієї зі змінних величин;
- 2) перевірити, які змінні є найбільш важливими (тобто є джерелами ризику);
- 3) визначити критичні значення змінних;
- 4) визначити допустимі зміни значень змінних.

Порядок проведення аналізу чуттєвості наступний:

- 1) визначаємо всі змінні параметри з їх очікуваною чистою теперішньою вартістю (базова ЧПВ);
- 2) по черзі змінюємо значення кожної змінної, що аналізується (припускаючи, що всі інші залишаються незмінними) на будь-якій фіксований%;
- 3) розраховуємо показник відношення приросту прибутку (після зміни змінної) до базової величини прибутку (даний показник, що вимірюється у відсотках і є показником чуттєвості результативної ознаки (прибутку) до варіації факторних ознак (змінних параметрів);
- 4) аналогічно визначаємо фактори чуттєвості за іншими змінними.

Даний аналіз дозволяє визначити фактори, зміна яких може здійснити значний вплив на результати діяльності підприємства (проекту).

Запитання для контролю

1. Концепція інтегрованої інформаційної системи охорони навколишнього середовища.
2. Визначити еколого-геологічний моніторинг як систематичне, просторове спостереження природних сполук або впливу на навколишнє середовище.
3. Системна організація геологічного середовища – планета Земля, концентричні оболонки.
4. Геологічний об'єкт і геологічний процес як динамічна система.
5. Реагування ГС на конкретні впливи, які повинні бути покладені в основу проектів по природокористуванню і природооблаштуванню.
6. Хід формуванні цілісної системи взаємодії економічної, екологіч-

ної та ресурсної складових розвитку природи і суспільства.

7. Шлях перетворення механізму управління інноваційними виробничими процесами в напрямку їх екологізації.
8. Основні положення моделі управління об'єктом та елементами ТГС за декількома ієрархічними рівнями.
9. Принципи відбору керованих чинників, регуляція яких може дати найбільший ефект на виході.
10. Функціонування моделі управління такою системою може базуватися на методології аналізу ризику.
11. Умови створення моделі оптимальної ТГС (для забезпечення основи моделі управління об'єктом).
12. Склад прямих витрат на виготовлення продукції гірничо-видобувних підприємств.
13. Витрати гірничо-видобувних підприємств на охорону навколишнього природного середовища.
14. Регулювання збору за спеціальне використання надр при видобуванні корисних копалин в Україні.

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

4.1. Організація моніторингу техногенно-геологічних систем

4.1.1. Структура, задачі і принципи функціонування моніторингу техно-геологічних систем

Моніторинг (анг. *monitoring*) – контрольне спостереження і перевірка ходу і якості (чогось) протягом певного періоду часу; утримання в полі зору систематичного огляду. Поняття моніторингу довкілля було вперше введено Р. Манном (Robert Edward (Ted) Munn (1919–2013)) і озвучено на Стокгольмській конференції в 1972 р. [96, 177, 179]. Екологічний моніторинг описує процеси і заходи, які необхідно провести для характеристики і контролю за якістю навколишнього середовища. Екологічний моніторинг використовується при підготовці оцінок впливу на навколишнє середовище, а також у багатьох обставин, в яких діяльність людини несе ризик шкідливого впливу на навколишнє природне середовище. Система моніторингу передбачає розробку стратегій і програм з визначенням причин і обґрунтуванням необхідності моніторингу, які частіш за все призначені для встановлення поточного стану навколишнього середовища або встановити тенденції параметрів навколишнього середовища. У всіх випадках результати моніторингу мають бути розглянуті, проаналізовані статистично і опубліковані. Тому при розробці програми моніторингу потрібно взяти до уваги кінцевий етап використання даних.

Науковий моніторинг навколишнього природного середовища – це спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими природного середовища, а також за характером, складом, кругообігом та міграцією забруднюючих речовин, за реакцією організмів на забруднення на рівні окремих популяцій, екосистем і біосфери у цілому.

Природне розчленування науки по об'єктах занадто усугубляється штучністю. Науково обґрунтований моніторинг складається з трьох напрямків: 1. інформаційний моніторинг; 2. система моніторингу, яка розвивається сама або керована людиною; 3. моніторинг середовища життєдіяльності (проживання). В основу моніторингу геологічного

середовища покладено концепцію рівнів організації природних систем – геологічних, геофізичних, геохімічних. Специфічні геологічні середовища (ГС) різних рівнів визначаються геологічними системами. Основною метою проведення моніторингу довкілля є збирання, збереження і обробка достовірної та оперативної інформації, необхідної для розробки заходів із попередження та зменшення негативних наслідків змін стану навколишнього середовища [51, 65, 122, 133, 134, 177, 179]. Важливість створення ефективної системи моніторингу довкілля і техногенно-геологічних систем (ТГС) набуває особливого значення в контексті реформ у сфері охорони довкілля та управління в раціональному надкористуванні, обумовлює необхідність координації діяльності органів виконавчої влади для організації ефективного моніторингу довкілля і зокрема ТГС.

Можемо визначити екологічний моніторинг як систематичні, просторово означені і визначені в часі спостереження визначальних певних параметрів природних об'єктів або встановлених впливів на довкілля, за певною методикою з певною мірою достовірності. Результатимоніторингового дослідження дають можливість охарактеризувати екологічний стан конкретної території, а аналіз результатів забезпечують формування висновків і практичних пропозицій та повноту оцінки для більш вищого рівня території. Результати аналізу використовують для прогнозування еколого-геологічних процесів і перспективного планування організаційних засобів зменшення негативного наслідку антропогенного втручання, а також для розробки програм і рекомендацій подальшого ефективного розвитку, прибуткової діяльності виробництва як техногенно-геологічної системи.

Провідним в системі екологічного моніторингу є моніторинг геологічного середовища по встановлених геологічних чинниках. Він орієнтований саме на вивчення тих геологічних чинників і таких наслідків впливу, які, як здається, повністю забезпечують якість і достовірність вихідних даних для вирішення питань охорони навколишнього середовища, а також для оптимального використання ресурсного потенціалу регіону і країни. Такий моніторинг орієнтований в основному на прогнозування геологічних небезпек, встановлення шкідливих природних або антропогенних процесів, які ставлять під загрозу довкілля, а також людину. Моніторинг ТГС служить для спостережень і оцінки процесів негативних змін геологічного середовища в межах ТГС певного рівня.

Моніторинг геологічних чинників складається з 13 автономних підсистем, визначених відповідно до різних типів впливу геологічно-го процесу, активованого природними або техногенними чинниками:

1. Зсуви та інші геодинамічні деформації схилів.
2. Процеси ерозії – водної та вітрової.
3. Процеси вивітрювання – фізичного та хімічного.
4. Стан нестійких ґрунтів – провали природного (карстові) і техногенного походження.
5. Значимість ґірничого впливу на навколишнє середовище.
6. Стабільність природних і техногенних геохімічних полів.
7. Зміна геофізичних полів.
8. Стабільність і зміна покриття, сформованого антропогенними відкладами (відвали).
9. Неотектонічні процеси і сейсмічна активність.
10. Геоморфологічні і ландшафтні явища.
11. Радіоактивне випромінювання і активність радіонуклідів, які містяться в ґрунтах та водах.
12. Якість водного середовища – наземного потоку і підземних вод.
13. Підтоплення і заболочування суші.

Державна система моніторингу довкілля є інтегрованою інформаційною системою, що має здійснювати збирання, збереження та оброблення екологічної інформації для відомчої та комплексної оцінки і прогнозу стану природного середовища, біоти та умов життєдіяльності людини, вироблення обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних соціальних, економічних та екологічних рішень на всіх рівнях державної виконавчої влади, удосконалення відповідних законодавчих актів, а також виконання зобов'язань України з міжнародних угод, програм, проектів і заходів у відповідності з Постановами Кабінету Міністрів України №188/98-ВР від 5 березня 1998 р., № 391 від 30.03.1998 р., № 785 від 23.09.1993 р., № 1376 від 05.12.2007 р. та Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 992-р від 31.12.2004 р. [108–113, 121].

Основними задачами моніторингу ТГС є:

1. Проведення систематичних спостережень, збирання та збереження даних про стан навколишнього природного і техногенно-геологічного середовища.
2. Створення та ведення банків даних і забезпечення збору інформації та інформаційного обміну.

3. Аналіз інформації, оцінка стану природного і техногенно-геологічного 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.
4. Удосконалення методичного та технічного забезпечення збирання, збереження, оброблення та аналізу даних.

4.1.2. Основні принципи системності при формуванні системи моніторингу геологічного середовища

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 стану і динаміки досліджуваного об'єкта, виконувати моделювання й розробляти прогнози його еволюції. На підставі прогнозів повинні ухвалюватися варіанти заходів з розв'язання проблем забезпечення динамічної рівноваги геологічного середовища.

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 співвідпорядкованість 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 у «збиток» розв'язку проміжних, часткових питань [43, 151, 173-175].

Розглядаючи моніторинг геологічного середовища з позицій системного аналізу, необхідно визначити його кілька основних принципів:

1. Принцип системності: геологічне середовище це система взаємозалежних факторів і параметрів, що характеризують геологічний об'єкт, і прогнозований напрямок розвитку цих характеристик.
2. Принцип специфіки: як усякий природний об'єкт геологіч-

не середовище має специфічні особливості, облік яких необхідний у прогностному аналізі.

3. Принцип оптимізації: геологічне середовище характеризується з достатньою й оптимальною детальністю, необхідною для одержання моделей, що максимально відповідають реальному геологічному об'єкту.

4. Принцип аналогій: опис геологічного середовища проводиться з використанням методів аналогій на всіх етапах досліджень і формування моделі шляхом співставлення з аналогічними об'єктами.

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 ресурсокористування, яке направлене на збереження умов проживання людини за рахунок розумного використання природних ресурсів. Геологічний аналіз і моніторинг ТГС базується на специфічних геологічних знаннях, які не можуть бути зведені до інших знань, таких як фізико-хімічні.

Організація моніторингу ТГС представляє з себе систему, завчасно сплановану у часі і просторі спостереження, оцінки і прогнозу стану геологічного середовища, які з заданою закономірністю повторюються. Система еколого-геологічного моніторингу, 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.

4.1.3. Наукове обґрунтування системної концепції моніторингу

Під моніторингом прийнято розуміти систему повторних спостережень навколишнього середовища з визначеними цілями у відповідності з підготовленою програмою. Моніторинг – це інформаційна система, що включає збір даних шляхом спостережень, аналіз зібраних результатів, проведення оцінки стану навколишнього середовища, розробку прогнозу її розвитку і опрацювання рекомендацій по

керуванню функціонуючої ТГС. Збір первинної інформації значною мірою визначається кінцевою метою або характером прогнозу, який має бути отримано шляхом проведення досліджень. Разом з тим, для того, щоб прогнозувати хід розвитку стану геологічного середовища і навколишнього середовища 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 обгрунтовану системну концепцію моніторингу геологічного середовища конкретного регіону чи території [43, 151].

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

1. Про стан навколишнього середовища.
2. Про причини спостережуваних і ймовірних змін стану (тобто, про джерела й чинники впливу).
3. Про допустимість змін і навантажень на середовище в цілому.
4. Про існуючі резерви біосфери.

Таким чином, у систему моніторингу геологічного середовища входять спостереження за станом елементів геосфери з включення біосфери й спостереження за джерелами й факторами антропогенного впливу. Антропогенні фактори зумовлені діяльністю людини, вплив її на природу може бути як свідомим, так і стихійним, випадковим.

4.1.4. Провідні системи моніторингу геологічного середовища

Специфічні природні системи різного рівня вивчаються на різних напрямках моніторингу геологічного середовища. 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 суспільних об'єктів, які і 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 геологічного середовища (рис. 4.1).

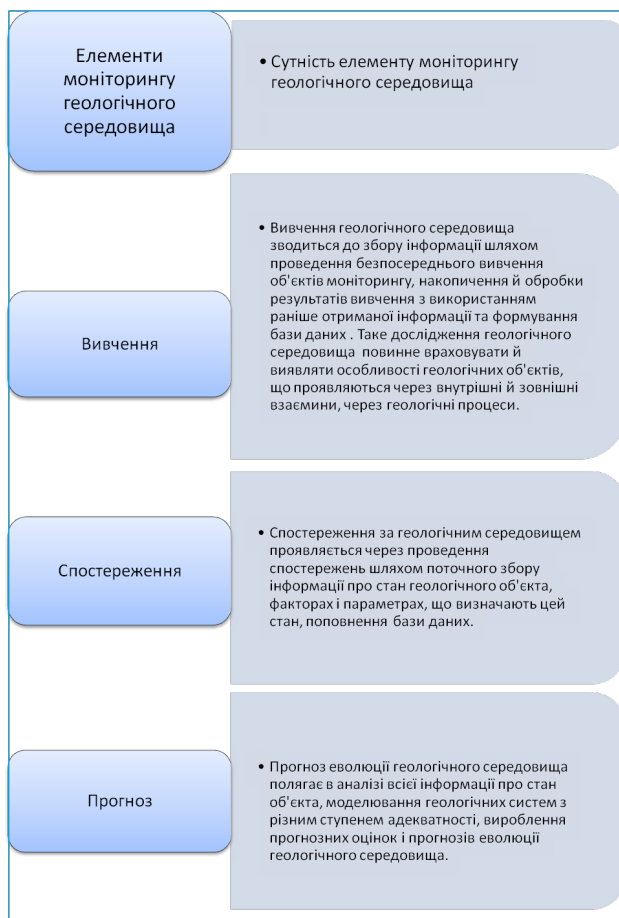


Рис. 4.1. Організація моніторингу геологічного середовища

4.2. Загальна структура моніторингу техногенно-геологічних систем

Структура моніторингу ТГС апіорі індивідуально підлягає спеціальній розробці в кожному конкретному випадку й поки не піддаєть-

ся твердій регламентації за винятком окремих специфічних моментів. Формування системи моніторингу – це науково-технічна розробка, що ґрунтується на певних вимогах, що й використовує весь арсенал наявних методичних розробок, як загальних так і відомчих [43, 151, 173-175].

Із представленої схеми моніторингу ТГС 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. 4.2). Функціональна система моніторингу геологічного середовища представляється у вигляді складної макросхеми, що полягає з декількох систем різного призначення й функцій. Основними в структурі моніторингу геологічного середовища є системи: функціональні, ієрархічна, об'єктів моніторингу, виробничих робіт, науково-методичних розробок і технічного забезпечення.

Для нас найцікавішою є система об'єктів моніторингу геологічного середовища. У цій системі поєднуються об'єкти спостережень і об'єкти вивчення геологічного середовища. Основними серед них є компоненти геологічного середовища як геологічної системи, розглянуті раніше: ґрунти, 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 геологічної системи або її частини:

- моніторинг стану підземних вод;
- моніторинг стану вод суші;
- моніторинг стану прибережних вод;
- геоморфологічний моніторинг;
- моніторинг стану ґрунтів;
- моніторинг екзогенних геологічних процесів.

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

- забруднення підземних вод;
- виснаження (поповнення) підземних вод;
- підтоплення (осушення) території;
- фоновий режим підземних вод.

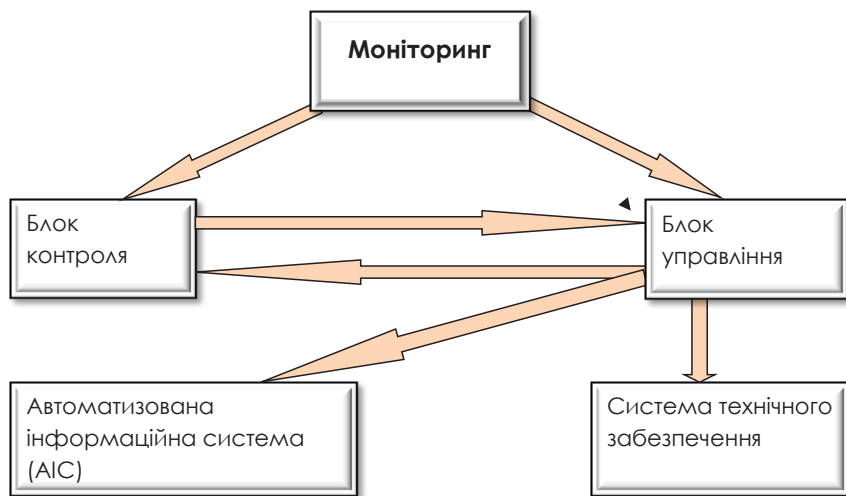


Рис. 4.2. Структурна схема моніторингу геологічного середовища

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

- зсувоутворення;
- формування селів;
- абразія;
- вітрова ерозія;
- заболочування.

В ідеальному варіанті моніторинг геологічного середовища повинен бути комплексним; охоплювати не окремі частини, а всі елементи ГС; усі його підсистеми й підлеглі структури повинні бути зв'язані (див. рис. 4.1) системою прямих і зворотних зв'язків.

Наступним важливим елементом структури моніторингу геологічного середовища є система виробничих робіт, що є складовою виробничої бази моніторингу. Ця система поєднує в собі різні джерела одержання інформації про геологічного середовища. До неї входять усі види робіт, які використовуються при організації проведення моніторингу геологічного середовища: а) різні види геологічних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних, кріологічних, геофізичних і геоморфологічних спостережень (рекогносцирувальні, режимні, оцінні й т. д.); б) усі види геологозйомочних робіт, використовуваних

у практиці інженерно-геологічних, геологічних, гідрогеологічних й ін. досліджень; в) різні види робіт з організації інженерно-геологічного захисту, моделювання геологічної системи, її елементів і ТГС (натурні, імітаційні, математичні та ін.). Таким чином, у виробничу базу моніторингу геологічного середовища входить практично весь арсенал методів, використовуваних в геології та інженерній геології, гідрології, геоморфології.

Наступний найважливіший елемент структури моніторингу геологічного середовища 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 моніторингу геологічного середовища складається фахівцями – геологами, інженерами-геологами, гідрогеологами, що мають еколого-геологічну підготовку, у тісній кооперації зі спеціалістами суміжних областей геології (геохімії, геофізики, ґрунтознавства).

Останнім етапом структури моніторингу геологічного середовища є система технічного забезпечення. Це технічна база, за допомогою якої здійснюється реалізація всього моніторингу геологічного середовища.

У технічне забезпечення входить:

- апаратура для спостереження й збору первинної інформації про стан геологічного середовища (датчики, індикатори, прилади для спостережень);
- технічні засоби для польових знімальних геологічних, інженерно-геологічних, гідрологічних досліджень (бурові установки, пересувні лабораторії, геофізичні станції, прилади для польових випробувань), автотранспорт, лабораторне устаткування для проведення досліджень, комп'ютерне забезпечення, засоби зв'язку й комунікацій, оргтехніка.

Технічне забезпечення є найдорожчою частиною моніторингу ТГС, тому воно повинне формуватися найбільш оптимальним чином, без зайвих витрат і дублювання. Окрім того, створення системи моні-

торингу ТГС повинне опиратися на мережу, що вже склалася, режимних інженерно-геологічних, гідрологічних спостережень, на системи інженерного захисту, на наявну технічну базу різних дослідних і проектних інженерно-геологічних організацій і підприємств. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють успішно вирішувати завдання керування та діагностування виробничих комплексів, здійснюючи: а) збір даних про стан ТГС; б) спостереження за ходом процесів, що протікають; в) реєстрацію, індикацію та виведення даних про процеси для формування бази даних; г) управління та оптимізацію функціонування ТГС і регулювання параметрів технологічного процесу.

4.3. Техногенно-геологічні системи в управлінні раціонального надродокористування

Проблеми захисту навколишнього середовища від негативних наслідків дії антропогенних факторів набувають рівновеликого значення так само, як і проблеми захисту людину від кризових і катастрофічних явищ. Відповідно, пошуки вирішення цих проблем можливі через збереження стану динамічної рівноваги середовища життєдіяльності людини і раціонального розвитку суспільства. Розробка системи управління природними процесами стають все більш актуальними, відповідно, їх удосконалення можливе шляхом вирішення задач керування процесами, що змінюють навколишнє середовище. Становлення і розвиток нового наукового напрямку в геології – екологічної геології – дозволило розглядати проблему впливу людини на довкілля і, зокрема, на літосферу, спираючись на положення теорії систем. Так виникла необхідність розвитку розуміння ТГС, які представляють собою нову систему, що складається з природної самовпорядкованої системи – літосфери та техносистеми, як керованої системи, створеній людиною. ТГС віднесені до класу складних систем, і керування ними необхідно проводити використовуючи їх математичні моделі. Такі моделі повинні надавати можливість прогнозувати найближчі й віддалені наслідки різних природних і техногенних дій на навколишнє середовище в цілому і звичайно давати можливість оцінювати наслідки тих або інших впливів на геологічні системи при реалізації проектів перетворення навколишнього середовища.

Теоретичні моделі геосистем будуються на підставі узагальнення уявлень про окремі складові їхніх процесів і явищ, ґрунтуючись

на фундаментальних законах, які описують поведінку речовини й енергії. Теоретична модель описує абстрактну геосистему; відповідно, для первинного висновку її співвідношень не потрібно даних по параметрах конкретної геосистеми. Модель будується на основі узагальнених уявлень про структуру геосистеми та механізми зв'язків між складовими її елементами. Актуальною є наукова розробка моделі ТГС, яка полягає в обґрунтуванні основних положень розуміння ТГС як системи організації техногенного впливу людини на навколишнє середовище і визначенні перспективи розвитку та способи керування процесами в ТГС.

Системна організація ГС виходить із того, що планета Земля складається з концентричних оболонок, які матеріально відносяться до земного геоїда, стійких у часі, але разом з тим, вони перебувають у безперервній більш-менш закономірній зміні й становленні в геологічному часі. Ці концентричні оболонки перебувають у стійкій динамічній рівновазі в геологічному та історичному часі, що можна назвати організованістю планети. Безпосередньому спостереженню доступна атмосфера, гідросфера, біосфера і верхня зона літосфери, які об'єднані в геологічне середовище. Ці фізичні агрегатні сфери мають специфічну організацію на хімічних і мінералогічних рівнях, де вони формуються як комплексні геосистеми першого порядку. На вищих геологічних рівнях визначені гірські породи і геологічні формації. Літосфера як георечовинна система у верхній своїй зоні виступає комплексною геосферою розвитку надречовинної геосистемної організації.

Як динамічна система може розглядатися будь-який геологічний об'єкт і процес. Для цього йому повинні бути властивий ряд елементів, що характеризують його як цілісну одиницю, обумовлених певними зв'язками і відносинами, утворюючими її структуру. Під геологічними процесами прийнято розуміти такі процеси, в результаті яких змінюються розміри, форма, склад, структура або розташування геологічних тіл і/або руйнуються старі і формуються нові геологічні тіла. Геодинамічна функція літосфери в екологічному аспекті виявляється в ході різних геологічних процесів:

- екзогенних – вивітрювання, зсувів, обвалів, селів, ерозії, берегової абразії, підтоплення і т.д.;
- ендегенних – магматизму, як процесів виплавлення магми, її подальшого розвитку, переміщення, взаємодії з твердими породами

і власної кристалізації, вулканічних вивержень; тектонічних рухів як механічних динамічних рухів земної кори, що призводять до деформації порід; метаморфізму гірських порід – істотних змін текстури, структури, мінерального складу гірських порід в земній корі та зміни речовини мантії під впливом температури і тиску; землетрусів, що так чи інакше впливають на літосферу.

По аналогії зі статичним простором можливе використання поняття невизначеного і повновизначеного динамічного геологічного простору. Перше поняття відповідає рівню спостереження, друге – рівню моделей. Може бути побудована також складна динамічна система як система взаємозв'язаних (взаємозалежних) процесів. У такому разі елементарна динамічна система (простий геологічний процес) виступає як елемент складного геологічного процесу [13–16, 22].

Вплив людини на довкілля слід розглядати як технічний процес, у якому людина виступає як зовнішній фактор через технічні системи. Завдячуючи раціональному керуванню техносистемою і геосистемою можливе формування ТГС, що знаходиться у стані динамічної рівноваги. Наслідком цього є:

1. Необхідність постійної витрати людством праці та ресурсів на підтримку таких елементів ТГС, необхідність упорядження, ремонту, їх реконструкції.

2. Для підвищення стійкості впроваджуваних елементів людини повинна постійно їх вдосконалювати, максимально зменшувати їх «чужорідність» для геологічного середовища.

Таким чином, для оцінки видів і глибини техногенного впливу, визначення припустимого навантаження, відповідно – межі впливу або припустимого антропогенного навантаження на ГС, за якими наступають незворотні й небажані його зміни, необхідно в кожному конкретному випадку визначати стійкість ГС до техногенних навантажень.

Усяка геологічна система пристосована до певних умов, у межах яких вона стійка й нормально функціонує навіть при збурюваннях зовнішніх природних факторів (динамічність геологічної системи). Техногенні збурювання часто перевершують природні, вони більш різноманітні, деякі взагалі відсутні в природі, наприклад, забруднення штучними речовинами. Усе це викликає необхідність у спеціальних дослідженнях реагування геологічного середовища на конкретні впливи, які повинні бути покладені в основу проектів по природокористуванню і природооблаштуванню. Важливим є наявність довго-

часних кількісних прогнозів поведінки геологічного середовища при різних варіантах техногенних впливів.

Формування методологічних основ екологічної геології визначило те, що основним завданням цього нового наукового напрямку є вивчення і геологічне обґрунтування формування, збереження і відтворення систем, які забезпечують спільне функціонування суспільства і природи; систем, в яких основою екологічно-безпечного розвитку є геологічні чинники. Розвиток цієї системи відбувається згідно з загальноприйнятим в екології принципом еколого-системної спрямованості еволюції, який припускає що будь-які еволюційні зміни зрештою обумовлені діючими чинниками і системними особливостями розвитку еволюціонуючої сукупності.

Дослідження такої системи, що включає вельми різноманітні об'єкти, припускає використання як базового методологічного прийому системний підхід. У цьому випадку аналізований об'єкт розглядається як певна множина, взаємний зв'язок і взаємодію яких обумовлюють властивості і загальний характер цієї множини. Використання методологічних принципів теорії систем дозволяє сформувати з реальних складних різноманітних об'єктів систему у відповідності з екологічними цілями дослідження, визначити її основні елементи, частини або підсистеми, встановити системоформуючі відносини і зв'язки між елементами, які характеризують її структуру [13–16, 57, 58, 84, 160].

Критерієм оцінки еколого-геологічної ситуації може служити екологічна стійкість системи, що забезпечує комфортний стан всім учасникам цієї системи, включаючи і людину як соціальний елемент. 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, техногенного навантаження на неї, зміни, проблемні еколого-геологічні ситуації. Потрібне систематичне відстежування динаміки параметрів ТГС в ході її розвитку, тобто систематичний моніторинг. Програма моніторингу може бути ефективною в тому разі, якщо чітко визначені параметри системи, що підлягають контролю [33, 122, 160].

4.4. Системне управління еколого-геологічним середовищем

4.4.1. Основи управління системами

Модель управління об'єктом відтворює причинні зв'язки між елементами ТГС, які утворюють декілька ієрархічних рівнів. При цьому 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 ТГС (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, геофізичну та геохімічну функції при мінімально необхідних витратах енергії і засобів.

Розробка методів управління станом і властивостями масивів гірських порід верхніх горизонтів літосфери з метою збереження і забезпечення їх екологічних функцій – практичний напрям екологічної геології, який інтенсивно розвивається в даний час. Задача управління успішно розв'язується методами технічного впливу на літосферу та безпосередньо на гірські породи, гідросферу, верхній шар ґрунтів, і в розпорядженні якого є всілякі засоби цілеспрямованого активного впливу людини на склад, будову, стан і властивості гірських порід та їх масивів, а також на властивості водного середовища – наземних і підземних вод. Застосування цих методів дозволяє міняти стан і властивості масивів гірських порід в потрібному напрямі, одержувати масиви із заданими властивостями, здійснювати реабілітацію територій, ґрунтів, гірських порід від всіляких техногенних зрушень, забруднень і т. д.

Еколого-геологічні процеси діляться на природні геологічні і техногенні процеси. Важливо, що останні можуть по своїй інтенсивності, потужності і масштабам прояву відповідати їх природним аналогам. Саме тому їх прогнозу, оцінці та інженерно-технічному захисту територій з розвиненими на них ТГС від негативного впливу техногенних процесів в екологічній геології має надаватися першочергова вага.

Рівень впливу людини на навколишнє середовище залежить у першу чергу від технічного розвитку суспільства. Його прогрес очевидний, що спричиняє збільшення масштабів впливу суспільства на природу.

У науці визначається поняття «сукупність техніки і технічних систем». Мова йде про «техноречовину» як сукупність всіх існуючих технічних пристроїв і систем. До її складу, зокрема, включають технічні пристрої, що добувають корисні копалини і ті, що виробляють енергію. Виділяється також технічний блок по переробці отриманої сировини і виробництву засобів виробництва. Далі йде техніка, що виробляє засоби споживання. Потім – технічні системи по передачі, використанню та зберіганню засобів інформації. В особливий блок виділяють автономні багатофункціональні системи (роботи, автоматичні міжпланетні станції й ін.). Інший підхід до розуміння структури і ролі «техноречовини» пропонує Г. Беш. Він виділяє у світовому господарстві три найбільші галузі: первинна (видобуток природних ресурсів), вторинна (обробка добутої продукції) і третинна (обслуговування виробництва: наука і управління) [32].

Поки невіршених проблем в цій області дуже багато і серед них одна з центральних – виявлення гранично допустимих рівнів техногенних дій на геологічне середовище та його окремі компоненти – ґрунти, гірські породи, наземні і підземні води, рельєф території і розвинені на ньому геологічні процеси, зміна яких впливає на різні елементи ТГС. Основна задача полягає у тому, щоб навчитися правильно прогнозувати екологічні наслідки тих або інших техногенних дій на ГС, а отже, навчитися запобігати негативним екологічним процесам і тим самим впливати на глобальну екологічну кризу. Чималу роль в рішенні цієї проблеми повинен зіграти екологічний моніторинг ТГС – система постійних спостережень, контролю, оцінки, прогнозу і управління станом ТГС з метою забезпечення її екологічних функцій [148, 160, 161, 165].

Організація, як впливає з вищесказаного, є першоосновою впорядкування навколишнього середовища. Організація – процес створення, розвитку, удосконалювання (еволюції) систем матеріального світу, способу їх стабільного функціонування протягом щодо тривалого періоду часу. Процес створення організації будь-якої матеріальної системи, здійснюваний в результаті хаотичного, не регульованого руху й взаємодії різних елементів, об'єктів, факторів, матеріальної складової середовища будемо називати процесом самоорганізації. Самоорганізація – процес, в ході якого створюється, відтворюється або вдосконалюється організація складної динамічної системи геологічного середовища.

4.4.2. 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, фізики, хімії, тому в фізиці і хімії часто не акцентують увагу на системному аналізі, системному підході. Успішний розвиток математичного моделювання найпростіших систем викликав різного роду використання їх прийомів в науках про складні системи.

Нагадаємо, що системний аналіз дозволяє розрізнити матеріальні і 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 – поняття, гіпотези, наукові знання про систему, мовні, формалізовані, логічні символи та ін. Приведене визначення поняття «організація» охоплює і матеріальні, і абстрактні системи. Воно має загальний характер. Для системи важливі поняття «організація» і «структура». Ці поняття дозволяють розкрити основні внутрішні властивості системи.

4.5. Основні закономірності організації еколого-геологічних систем

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

Оскільки проблеми захисту навколишнього середовища від негативних наслідків дії антропогенних чинників, рівно як і проблеми захисту людини від кризових і катастрофічних явищ в природі в даний час стають все більш актуальними, те їх зниження пов'язане із задачами управління геосистемами. Геосистеми відносяться до класу складних систем, і управління ними необхідно здійснювати на підставі використання їх математичних моделей. Ці моделі повинні прогнозувати найближчі і віддалені наслідки різних природних і

техногенних дій на геосистеми та давати оцінку результатів тих або інших впливів на геосистеми при реалізації проектів перетворення навколишнього середовища.

Теоретичні моделі геосистем будуються на підставі узагальнення уявлень про окремі складаючі їх процеси і явища, ґрунтуючись на фундаментальних законах, що описують поведінку речовини і 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 і механізм зв'язків між складаючими її елементами.

У зв'язку з необхідністю рішення ряду проблем навколишнього середовища 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 те, що на період прогнозування цей об'єкт залишається подібним самому собі, тобто в ньому зберігаються структура і внутрішні зв'язки. Разом з тим при рішенні більшості проблем навколишнього середовища шляхом прогнозування розвитку геосистем умова їх тотожності не виконується (важко здійснима). І ця обставина виключає можливість застосування для розрахунків стану таких геосистем емпіричних моделей.

4.5.1. Просторово-часова організація геологічного середовища

Умови взаємозв'язку сформованих закономірностей ТГС 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 просадками (просадочні явища); г) комплекс геологічних процесів, пов'язаних з розвитком землетрусів [8, 17, 31, 40, 125, 142, 148–152].

Просторово-часові закономірності розвитку певного еколого-геологічного процесу контролюються наступними параметрами: серед-

овищем розвитку процесу та умовами розвитку процесу. Будь-яка ТГС визначає розвиток конкретних еколого-геологічних процесів. Можливість або неможливість їх вияву значною мірою обумовлює коректування господарської діяльності і вжиття заходів щодо їх запобігання.

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

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

Розв'язання проблеми управління передбачається шляхом створення моделей геологічного середовища різного рівня. Методологічна суть моделей визначає комплекс дій і процедур, за допомогою яких на певний момент часу представляється можливість досягнути оптимального впливу на геологічне середовище на заданий період. У цьому аспекті послідовність розв'язання проблеми управління характеризується в ідеальному варіанті поступальним цілеспрямованим впливом на геологічне середовище 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.

4.6. Практична реалізація проблеми моніторингу геологічного середовища

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 випадку формування також типу моделі геологічного середовища – відкритої, саморегульованої. Саме тому формуванню моделі геологічного середовищав організації системи моніторингу відведене основне місце.

Моніторинг як система може використовувати в якості понятійно-го апарата принципи й поняття системного аналізу. При визначенні мети й завдань, формуванні моделі геологічного середовища, організації системи моніторингу геологічного середовища це дозволяє використовувати комплексний підхід у проведених дослідженнях з вивчення й спостереження 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 та інші види моніторингу [43, 151, 173–175].

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

1. Національний моніторинг являє собою систему, що генералізує (анг. *generalize*) інформацію, яка надходить від підсистем більш низького рівня. Основна мета національного моніторингу – визначити завдання й забезпечити вибір напрямків дослідження підсистем різного рівня. Інформаційною основою національного моніторингу може служити весь комплекс даних від підсистем різного рівня інформації, що визначає параметри й фактори динаміки геологічного середовища. 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: а) складання технічного завдання по проведенню моніторингу; б) визначення доцільності/мети й розробка завдань моніторингу; в) вибір методів дослідження; г) поетапне планування виконання робіт; ґ) формування моделі геологічного середовища; д) експлуатація й розвиток системи моніторингу; є)

обробка, аналіз інформації; прогнозування й реалізація прогнозних рекомендацій.

Розв'язання такого комплексу проблем можливо при реалізації певних законів моніторингу:

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

Запитання для контролю

1. Структура, задачі і принципи організації системи моніторингу геологічного середовища.
2. Розробка прогнозів зміни геологічного середовища.
3. Принципи організації досліджень у рамках систем моніторингу.
4. Створення загальної системи накопичення і обробки геолого-екологічної інформації.
5. Система збору, накопичення і обробки геологічної інформації.
6. Пристосування інформатики у системі моніторингу.
7. Пристосування комп'ютерної техніки в системі моніторингу.
8. Керування станом геологічного середовища.
9. Методика створення інформаційної основи моделей геологічного середовища.
10. Геологічне моделювання, оцінка стабільності території й екологічної безпеки.
11. Моніторинг та наукове супроводження спеціального дозволу на користування надрами.
12. Моніторинг геологічних факторів за різним типом впливу геологічного процесу активованого природними або штучними чинниками – зсувів та інших деформацій схилів.
13. Моніторинг геологічних факторів за різним типом впливу геологічного процесу активованого природними або штучними чинниками – вплив гірничо-видобувних робіт на навколишнє середовище.

14. Моніторинг геологічних факторів, відповідно за різним типом впливу геологічного процесу активованого природними або штучними чинниками – тектонічні процеси.
15. Моніторинг геологічних факторів за різним типом впливу геологічного процесу активованого природними або штучними чинниками – сейсмічна активність, сейсмічні явища.

РОЗДІЛ 5. ПРИРОДНІ СИСТЕМИ У МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ, ПРИНЦИПИ ЇХ ФОРМУВАННЯ

5.1. Динаміка й сучасний стан геологічного середовища в Україні

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 (ГС) 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 техногенно-геологічних систем (ТГС) 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, різні види забруднення – хімічного, теплового, шумового й ін.), сільськогосподарського, промислового і житлового будівництва на одиницю площі в 10-15 разів перевищує показники в країнах Східної Європи. 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 ГС за останні 20-30 років перетворилися з локального фактора в регіональний, роль якого з позицій екологічної геології неоднозначна. З однієї сторони – формування ТГС масивів як єдиних просторів, приводить до стабілізації компонентів геологічного середовища, з іншої – нераціональне природокористування (ресурсокористування) обумовлює їхню істотну зміну, несприятливі й з позицій подальшого освоєння територій, і в екологічному плані.

Гірничодобувні комплекси як вельми суттєва частина господарських перетворень беруть виключно активну участь у зміні балансу речовини, структури і енергії планетарних сфер.

Найхарактерніші риси сучасного гірничого виробництва з точки зору екологічної геології:

- розробка сировини у таких масштабах і темпах, що ставиться під загрозу існування людини (ріст вироблених просторів, просідання поверхні, вилучення земель під відвали, порушення гідрологічного режиму ґрунтових і підземних вод, їх мінералізація понад допустимого вмісту та ін.);

- концентрація гірничих підприємств і організацій у великомасштабні комплекси; надмірна концентрація виробництва призведе до такого порушення екологічного стану і забруднення навколишнього середовища, що негативних наслідків неможливо буде не тільки запобігти, але й завбачити.

Наприклад, тільки в Криворізькому залізорудному басейні під кар'єрами і шахтами знаходиться більше 30 тис га. В Україні під розробку корисних копалин відведено до 150 тис га, хвостосховищами зайнято більше 40 тис га, полями фільтрації і ставками-відстійниками – 30 тис га (2010 р.).

Все більшої гостроти набувають питання повноти використання природних ресурсів, залучених у господарський обіг. Сьогодні тверді відходи складають 1,5 млрд т/рік, у відвалах їх нагромаджено більше 10 млрд т, а для їх складування зайнято більше 230 тис га родючих сільськогосподарських земель. Крім того, у водні об'єкти щорічно скидається 20 млрд куб. м стічних вод (в тому числі 3,2 млрд куб. м забруднених).

Істотне погіршення природних умов на меліоративних землях привело до того, що більш напівмільйона сільськогосподарських угідь втрачене внаслідок нераціонального використання тільки зрошувальних меліорацій. У результаті відкачок шахтних вод (у Донбасі і Придніпровському промисловому районі – більш 500 тис куб. м/доб.), відбувається інтенсивне формування депресійних ліжок 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 за-

бруднення 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.

5.2. Структура, завдання і принципи організації системи моніторингу техногенно-геологічних систем

Огляд представлених в загальному доступі думок про моніторинг ТГС показує, що означене міждисциплінарне середовище діяльності перебуває в стадії формування як базису, так і специфіки науково-методичних і практичних підходів. Принципові відмінності існують у підході до керуючих впливів відомчої або регіональної приналежності моніторингу ТГС. Гостра екологічна ситуація вимагає прийняти не тільки теоретичні питання організації моніторингу ТГС для її поліпшення і можливої розв'язки. Єдиний логічно обґрунтований вихід – адаптація основних понять моніторингу ТГС до конкретних умов країни і всебічне обґрунтування реалізації такої системи.

Теоретичне обґрунтування моніторингу ТГС зводиться до необхідності створення комплексної системи збору, накопичення (нагромадження), обробки й використання інформації, що розкриває специфіку окремих елементів і компонентів ТГС, її динаміки, яка проявляється у внутрішніх і зовнішніх взаємодіях.

Під моніторингом ТГС мається на увазі динамічна система із гнучкою інфраструктурою, що дозволяє здійснювати безперервний контроль над станом об'єкта досліджень і геодинамічною активністю. Моніторинг передбачає моделювання геосистем з різним техногенним навантаженням, видачу прогностичних оцінок, розробку заходів щодо охорони й раціональному використанню ТГС, на підставі яких ухвалюються розв'язки щодо характеру зовнішніх впливів перешкоджаючих виходу геологічної системи зі стану рівноваги та 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 викликано тим, що в різних напрямках наук про Землю ба-

гато термінів мають різні значення, що утрудняє обмін інформацією і її оперативне використання. Таке положення обумовлене різноманітністю науково-методичних основ визначення параметрів, що відображають стан геологічного середовища, форм передачі інформації, її первинної обробки, утрудняє здійснення єдиної програми проведення дослідження. Із цього випливає:

1.1. система моніторингу ТГС повинна створюватися на базі екологічної геології як найбільше відповідній цільовій програмі оцінки стану, контролю над зміною параметрів і керування геологічного середовища;

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 моніторингу ТГС є виконання на новому рівні завдань, які стали провідними для екологічної геології: а) спостереження, прогнозу і керування ТГС при режимних дослідженнях; б) вишукування для управління ТГС; в) обґрунтування й спорудження технічного господарського комплексу; г) геологічного контролю над роботою технічних споруджень видобування і переробки ресурсів надр.

2. Принцип ієрархічності – розв’язок окремих (часткових) питань вивчення геологічного середовища входять в ієрархію загальної системи моніторингу геологічного середовища і відповідним чином координуються. На основі цього принципу можна організувати нову структуру досліджень геологічного середовища, 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 якому 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 системи моніторингу ТГС. 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 ТГС забезпечується раціональне використання науково-методичних розробок.

4. Принцип альтернативності – єдина концепція моніторингу ТГС 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 рішень не завжди дозволяє враховувати різкі коливання стійкості і, як наслідок, погіршення еколого-геологічної 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 кожному етапі роботи системи моніторингу ТГС для виконання на новому рівні завдань, які традиційно вирішуються геологічними (інженерно-геологічними і еколого-геологічними) спостереженнями.

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

Усі ці операції повинні відповідати завданням досліджень ТГС і враховувати характер та інтенсивність зовнішніх впливів, їх мінливість у часі й просторі. Складність виділених систем визначається специфічністю будови й властивостей геологічного середовища і техногенного навантаження (їх 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 ТГС, тобто загальний результат.

5.3. Шляхи вирішення сучасних проблем раціонального надродокористування

На прикладі України видно, наскільки небезпечна відсутність контролю над впливом на геологічного середовища, складним за структурою й характером взаємодій з іншими середовищами, а також координації в його освоєнні. Результати багаторічних і численних 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. Техногенно-геологічна система родовищ корисних копалин, 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 геологічної системи, стану й властивостей її елементів, іманентних і трансцендентних взаємодій відбуваються ґрунтовні, найчастіше незворотні перетворення інфраструктури, що не завжди позитивно впливають на еколого-геологічну обстановку. При цьому ймовірність виходу геологічної системи зі стану рівноваги досить велика, а порушення гомеостазу 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 переживають вплив гравітаційних проявів, 50 розташовані на просадних ґрунтах. Критерієм підвищеної геодинамічної активності території слід уважати розвиток декількох екзогенних геологічних процесів 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 [43, 44, 55, 58, 77, 154].

У районах інтенсивної господарської діяльності (АР Крим, Наддністрянщина, Донбас, Кривбас та ін.) на кінець 2010 р. виявлено понад 2,5 тис зсувів, 3 тис карстових і суфозійно-карстових об'єктів. З початку 70-х років XX століття ступінь враженості території проявами екзогенних геологічних процесів збільшилася в 1,5–2 рази. При цьому зріс їхній негативний вплив на функціонування об'єктів на-

родного господарства. Активізація вітрової і водної ерозії у Поліссі, Волино-Поділлі, Карпатах, Придніпров'ї й ін. регіонах обумовлюється нераціональним проведенням осушувальної меліорації, будівництвом і експлуатацією різного роду комунікацій, вирубками лісових масивів, сільськогосподарським освоєнням схилів.

Більше 10% площі України в зоні активного водообміну складене карстовими породами. Тут відбувається посилення техногенного навантаження, у першу чергу водогосподарчої складової, що веде до активізації карстопрояву і зниженню міцності масивів [156, 157]. Руйнування пляжів, добування донних пісків, зміна гідрологічного режиму рік при створенні водоймищ у басейнах рр. Дніпра, Дністра, Північного Дінця та ін. виявилися причиною посилення абразії в розвитку рельєфу.

Короткий огляд показує, що розвиток господарчого комплексу України відбувається в умовах посилення техногенної дестабілізації геологічного середовища, що затрудняє його раціональне використання. У біотичному компоненті екосистем усіх регіонів України відбувається деградація.

Однієї із провідних проблем суспільства для запобігання екологічній катастрофі є координація дій різних відомств з вивчення, оцінки, раціонального використання, контролю й охорони геологічного середовища. Вирішення проблем раціонального надкористування із застосуванням традиційних підходів (стабілізація зон, що втратили стійкість) малоефективно тому, що є реакцією людини на спровоковане нею ж порушення рівноваги середовища. Відсутність єдиного підходу до досліджень, їх вузьковідомчий характер породжує дисбаланс між підвищенням якості, деталізацією, інформативністю у вивченні ТГС і ефективністю таких робіт.

Інтенсивний динамічний характер взаємодій у складній бінарній системі «людина – геологічне середовище» при неконтрольованому техногенному навантаженні, 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 надкористування є детальна всебічна розробка методів, пов'язаних з виявленням екстремальних значень параметрів стійкості ТГС і дотримання заходів щодо забезпечення її гомеостатичного стану при

інтенсифікації інженерно-господарської діяльності, зростанні обсягів гірничих робіт. Це єдина мета вивчення впливу техногенезу на зміну умов середовища проживання людини, що припускає розробку загальної стратегії оцінки стану, контролю, охорони й керування ТГС. 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 з керування), організованої на принципово новому моніторинговому рівні. Такий підхід широко охоплює всі види еколого-геологічних досліджень, спрямований на висвітлення актуальних проблем, пов'язаних з раціональним природокористуванням (заходи з регулювання екзогенними процесами, забрудненням поверхневих і підземних вод, поліпшення властивостей компонентів ГС і відновленням їх якості) і поєднаних у вигляді підсистем єдиної системи моніторингу геологічного середовища. Із практичної точки зору система моніторингу геологічного середовища являє собою єдиний засіб мінімізації різного роду прорахунків і кризових ситуацій (інженерних і управлінських). Вони різні по природі, масштабах, наслідках і розмірам економічного збитку [34, 43, 125, 155].

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

5.4. Зниження ризиків і пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру

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

керування геологічним середовищем обумовлюється її квазікритичним сучасним станом. Науково-технічний прогрес характеризується зростанням кількості аварій, катастроф та посиленням їх руйнівного ефекту. Техногенні катастрофи мають таку періодичність або ймовірність: глобальні – 0,02–0,03 за рік; національні – 0,05–0,1 за рік; місцеві – 1–20 за рік; об'єктові – 10–500 за рік.

На останнє десятиліття припадає майже половина загиблих і 40% постраждалих у катастрофах під час стихійних лих ХХ століття.

Вихід із такого становища один – зниження ризиків і пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій, що вирішується на основі нової ідеології протидії катастрофам і розробленої на її базі державної стратегії управління ризиками.

Механізмом практичної реалізації концептуальних положень цієї стратегії є «Постанова Кабінету Міністрів України від 09 січня 2014 року № 11 (Київ) «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту» [112].

В основу Положення покладено ряд концепцій, основоположними з яких є концепції прийняттого та виправданого ризику, стійкого розвитку суспільства.

Концепцію прийняттого ризику використовують для раціонального планування заходів із забезпечення безпеки людей з урахуванням соціальних та економічних факторів. На її основі забезпечують техногенну безпеку. Прийнятний ризик – це ризик, який суспільство може забезпечити в певний період часу. Рівень прийняттого ризику встановлюється в державі законодавством.

За концепцією виправданого ризику прийнятний той ризик, котрий виправданий суспільством. При цьому представники суспільства, безпека яких на певному етапі розвитку науки і техніки не може бути забезпечена на прийнятому рівні (тих, хто реалізує нові технології з великим ризиком в інтересах суспільства), отримують соціально-економічні компенсації від суспільства.

Зниження ризиків і пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій навколишнього середовища є стратегічним завданням держави у забезпеченні національної безпеки.

У розв'язанні цього завдання важливе місце належить правовому забезпеченню. Регулювання законом господарської та іншої діяльності людей з метою зниження ризику навколишнього середовища можна здійснювати на трьох рівнях:

– по-перше, повна заборона соціально-економічної діяльності (проживання людей, будівництво, функціонування об'єктів, технологій та ін.) у тих випадках, коли рівень ризику неприпустимо великий. Наприклад, у разі надзвичайно високого ризику природних лих забороняти розселення людей безпосередньо в зонах затоплення тощо;

– по-друге, постійне обмеження деяких видів господарської діяльності та/або використання (застосування) спеціальних способів діяльності у районах, де рівень ризику прийнятний за деяких умов. Це означає, що слід застосовувати спеціальні організаційні, технічні та інші заходи щодо захисту людей і об'єктів господарювання. Наприклад, використання спеціальних захисних споруд і особливих конструкцій на радіаційно-, вибухо- і пожежонебезпечних об'єктах, будівництво дамб і обвалування в районах можливих затоплень, укріплення схилів у районах з підвищеним ризиком зсувів тощо;

– по-третє, тимчасове обмеження проживання і господарської діяльності (тимчасова евакуація) на визначених територіях, рівень ризику для яких підвищений у зв'язку з порушенням умов безпеки в процесі вказаної діяльності. Наприклад, провали та осідання ґрунту, руйнування будівель через незадовільну якість будівництва водопровідних мереж міста.

Для розв'язання проблеми зниження ризику надзвичайних ситуацій важливим є прогнозування і попередження аварій, катастроф, різних нестабільностей у природній і техногенній сферах.

Для своєчасного прогнозування і виявлення небезпечного природного явища на стадії його зародження потрібна добре налагоджена загальнодержавна система моніторингу за передвісниками стихійного лиха, катастрофи.

Методи прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій за часом проведення можна поділити на дві групи:

1. Що ґрунтуються на апріорних оцінках (припущеннях), отриманих за допомогою теоретичних моделей та аналогій.

2. Які основані на апостеріорних оцінках (оцінках наслідків надзвичайних ситуацій, що вже трапилися).

Одною з головних задач управління техно-геологічним середовищем є реалізація інвестиційних проектів, спрямованих на зниження ризиків і пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. Основні напрями вкладання фінансових ресурсів на сучасному етапі такі: а) удосконалення системи моніто-

рингу та прогнозування катастроф і стихійних лих; б) розроблення і впровадження функціонального комплексу інформаційного забезпечення процесів управління геологічного середовища і технічної складової ТГС.

Запитання для контролю

1. Провідні підсистеми моніторингу геологічного середовища.
2. Створення єдиної системи (структури) вивчення об'єкта, що базується на моніторинговому рівні.
3. Основні підсистеми моніторингу – контроль, прогноз і керівництво геологічним середовищем.
4. Організація системи моніторингу геологічного середовища.
5. Контроль динаміки переносу і міграції речовини в рамках техногенно-геологічної системи (ТГС).
6. Оцінка інженерно-технічного ризику у рамках системи ТГС.
7. Загальногеологічні методи дослідження ТГС.
8. Гідрогеологічні методи дослідження ТГС.
9. Дослідження міграції забруднювальних речовин у природних водах.
10. Диференціація і розсіяння забруднювачів геологічного середовища.
11. Основні типи забруднювачів геологічного середовища.
12. Методи морських еколого-геологічних досліджень.
13. Створення єдиної системи (структури) вивчення об'єкта, що базується на моніторинговому рівні.
14. Геологічне моделювання, оцінка стабільності території й еколого-геологічної безпеки.

РОЗДІЛ 6. РОДОВИЩА КОРИСНИХ КОПАЛИН ЯК ОБ'ЄКТ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

6.1. Загальні поняття про родовища корисних копалин

Що таке «корисні копалини»? У літературі існує безліч визначень поняття «корисні копалини». Деякі з них занадто широко трактують його, а частина страждає зайвою деталізацією. Корисні копалини – природні мінеральні утворення земної кори неорганічного і органічного походження, які за сучасного рівня розвитку техніки можуть бути з достатньою ефективністю використані в сфері матеріального виробництва безпосередньо або після попередньої переробки [7, 78, 79]. В цілому під «корисними копалинами» слід розуміти мінеральну речовину земної кори, придатну для господарського використання. Таке розуміння необхідно для більш детального і багатогранного визначення – родовище корисних копалин.

Родовище корисних копалин (англ. *mineral deposit, occurrence, field*; нім. *Lagerstätte f nutzbarer*) – це накопичення мінеральної речовини на певній площі в земній корі, що утворилось під впливом геологічних процесів, яке в якісному та кількісному відношенні задовольняє вимогам промисловості при даному стані техніки і в даних економіко-географічних умовах. природне скупчення мінеральної сировини у вигляді одного або декількох геологічних тіл, об'єднаних спільністю походження і приурочених до локальної геологічної структури. Промисловим родовищем називається таке, яке за якістю і кількістю сировини і умов його залягання може бути об'єктом промислової розробки при даному стані техніки і в конкретних економічних умовах. За масштабами виділяють родовища дрібні, середні, великі та унікальні [78-81].

Так, частина визначення, в якій йдеться про те, що родовище корисних копалин (РКК) – це частина земної кори, вимагає однозначного дефініювання поняття «земна кора». Під земною корою прийнято розуміти верхню тверду, кам'яну і крихку оболонку планети Земля. Тут деяких пояснень вимагають характеристики «кам'яна» та «крихка» (слабка). «Кам'яна» в цьому випадку виступає як синонім «мінеральна». Пам'ятаючи, що земна кора, як геологічна оболонка, складена з мінералів, і тільки з мінералів, розуміючи при

цьому мінерал як продукт природних хімічних реакцій, що і складають цю оболонку. Очевидно, що просторово в цій частині Землі можуть перебувати й інші об'єкти. Наприклад, жива речовина, вода або космічні тіла. Але вони відносяться до інших геологічних оболонок і поєднані просторово. Таким чином, у визначенні РКК стає зрозумілим, що корисна копалина – це мінеральна речовина. Корисні копалини складаються з мінералів – природних хімічних сполук або самородних елементів, приблизно однорідних за хімічним складом і фізичними властивостями. В широкому розумінні до мінералів зараховують газоподібні речовини (природний газ), рідини (нафту, ртуть, мінеральну воду) та тверді мінерали. Кількісно переважають тверді мінерали. У природі мінерали поширені у вигляді кристалів або зерен, з яких складаються моно- або полімінеральні агрегати. Нараховують від 2000 до 3000 основних різновидів мінералів, всього – до 14000 [70]. У земній корі найпоширеніші мінерали класу силікатів та класу оксидів і гідроксидів.

Відносно поняття «крихка», мова йде про те, що в сучасній геології під літосферою розуміють частину твердої планети, в яку входить земна кора і частина верхньої мантії аж до астеносферного шару. І в цьому відношенні в літосфері можна виділити нижній, пластичний шар (деплетована мантія) і крихкий шар (власне земна кора), розділені поверхнею (кордоном) Мохоровичича. Слід нагадати, що технічні можливості людства поки не дозволяють говорити про знайдені родовища у верхній мантії, тому для РКК місцем їх досліджуваного і експлуатованого положення є земна кора, і на сьогоднішній день глибина вивчення обмежується поверхнею Мохоровичича.

Ще більш складним є частина визначення, в якому йдеться про геологічні процеси. Тут слід ієрархічно формалізувати це поняття, для чого розглянемо загальну модель нерівноважного стану земної кори. Будь-який процес, і геологічний, зокрема, може проходити тільки тоді, коли система виведена з рівноваги. У зв'язку з цим земну кору можна представити у вигляді рівноважної системи, яку зовнішні чинники прагнуть вивести з такої рівноваги (рис. 6.1).

Крім того, з рівноваги систему можна вивести «викидаючи» додаткову енергію, і тоді такі процеси будуть називатися прогресивними або, «забираючи» енергію з системи, і в такому разі процеси будуть називатися регресивними.



Рис. 6.1. Можливі варіанти виведення земної кори з рівноваги і запуску геологічних процесів

З рис. 6.1 видно, що таких варіантів виведення з рівноваги земної кори тільки чотири: 1) ендогенний прогресивний, 2) ендогенний регресивний, 3) екзогенний прогресивний, 4) екзогенний регресивний. Інших термодинамічних варіантів просто не існує. Кожен з факторів породжує процеси, спрямовані до повернення системи в рівновагу. Ці геологічні процеси називаються:

1. Ендогенний прогресивний – метаморфізмом (грец. *metamorphoómai* – піддаюся перетворенню, перетворююся; англ. *metamorphism*) – процес твердофазної мінеральної і структурної зміни гірських порід під впливом температури, тиску, підземних розсолів, часто в присутності флюїду. Виділяють ізохімічний метаморфізм при якому хімічний склад породи змінюється неістотно, і неізохімічний метаморфізм (метасоматоз) для якого характерна помітна зміна хімічного складу породи, в результаті перенесення компонентів флюїдом.
2. Ендогенний регресивний – магматизмом (англ. *magmatism*) – сукупність процесів виплавлення магми, її еволюції, переміщення, взаємодії з твердими породами і застигання. Магматизм – один з найважливіших проявів глибинної активності Землі та планет

земної групи. Зі зміною геодинаміки Землі змінюється тип магматизму, який в залежності від змін головних подій геологічної історії і приуроченості до тієї чи іншої структури земної кори підрозділяється на геосинклінальний, платформний, океанічний і магматизм областей активізації. За глибиною прояву розрізняють магматизм абісальний, гіпабісальний, субвулканічний і поверхневий (вулканізм); за складом - океанічний і континентальний. З магматизмом пов'язане утворення різноманітних родовищ корисних копалин.

3. Екзогенний прогресивний – вивітрюванням (гіпергенезом (від гр. *hyper* – над, зверх, понад; *genesis* – походження) – процеси хімічного і фізичного перетворення мінералів як у верхніх частинах земної кори, так і на її поверхні під впливом атмосфери, гідросфери і біосфери). Поділяють гіпергенез на 2 етапи і відповідно виділяють дві зони гіпергенезу: 1. криптогіпергенез, що протікає в анаеробному середовищі; 2. власне гіпергенез, пов'язаний з аеробними умовами. Відмічаються родовища вивітрювання, поклади корисних копалини в зоні хімічного вивітрювання гірських порід поверхні Землі. Родовища вивітрювання формувались в колишніх геологічних епохах і утворюються на сучасному етапі при розкладанні гірських порід, що були виведені до поверхні Землі і виявились нестійкими в нових для них термодинамічних умовах.
4. Екзогенний регресивний – осадконакопиченням (седиментогенез (англ. *sedimentogenesis*) – стадія утворення осаду. Об'єднує три етапи: 1) мобілізація речовини при вивітрюванні і розмиві; 2) перенесення речовини водою, льодом, вітром або прямим впливом гравітації; 3) осадження речовини на дні водойми або на суші. Регресивний призводить до заміни високотемпературних парагенезисів на більш низькотемпературні.

Названі чотири процеси лежать в основі подальшої ієрархічної систематики РКК. Очевидно, що для кожного процесу характерні свої термодинамічні обстановки, які в геології прийнято називати генезисом. Наприклад, для метаморфізму це термодинамічні параметри фацій, для магматизму – ранньо-, середньо- і пізньомагматичні фази, для гіпергенезу – це обстановки фізичного, хімічного і біологічного вивітрювання, а для седиментогенезу – теригенне, хемогенне і біогенне осадконакопичення. З огляду на те, що геологія в цілому

і геологія родовищ корисних копалин зокрема – це наука ретроспективна, очевидно, що родовище корисних копалин – це результат діючих процесів, а не самі процеси в різновидах генезису. В геології ці результати прийнято називати парагенезисом. Таким чином, геологічні процеси в геології родовищ корисних копалин слід розглядати як ієрархічну систему (рис. 6.2).

Визначення корисної копалини було розглянуто на початку цієї глави, тут слід зазначити, що зазвичай корисні копалини поділяються на рудні, нерудні і горючі. У кожному з виділених розділів існують свої підрозділи, засновані, здебільшого, на практичній значущості та застосуванні корисної копалини [91-93].



Рис. 6.2. Система геологічних процесів в геології родовищ корисних копалин

Кількість корисної копалини при нинішній постановці питання, є одним з найскладніших понять сучасної геології. Це визначається, в першу чергу тим, що необхідно оцінити кількість корисних копалин до їх розкриття і видобутку. Такі кількості в геології називаються запасами і поділяються за ступенем достовірності їх вивчення (табл. 6.1).

Виділяється три типи ресурсів:

1. Виміряні, що визначаються на підставі вимірів в гірських виробках і свердловинах.
2. Вивірені, що підраховані при поширенні даних гірничих робіт і буріння за їх межами.

3. Передбачувані, які оцінюються за загальними геологічними даними.

Таблиця 6.1.

Визначення запасів корисних копалин в родовищі

№	Категорія	Ступінь вивчення родовищ корисних копалин
1	Категорія «А»	Детально розвідані запаси корисних копалин. Межі, форма і будова тіл корисних копалин мають бути повністю визначені, відомі типи і промислові сорти сировини, а також геологічні чинники, що впливають на умови їх видобутку
2	Категорія «В»	Попередньо розвідані запаси корисних копалин. Орієнтовно визначені контури тіл корисних копалин, точне просторове положення природних типів сировини не відображене
3	Категорія «С1»	Запаси розвіданих родовищ складної геологічної будови і слабо розвідані запаси корисних копалин. Застосовується на нових площах і на площах, прилеглих до детально розвіданих ділянок. Оцінка запасів категорії С1 проводиться екстраполяцією геологічних даних з детально розвіданих ділянок родовищ
4	Категорії «С2»	Перспективні, нерозвідані запаси. Оцінюються шляхом тлумачення геологічної будови, з урахуванням аналогії подібних і детально розвіданих тіл корисних копалин

Підрахунком запасів, розробкою методології і методик підрахунків займається окрема область геології, яка називається «Геологічні пошуки і розвідка родовищ корисних копалин». Не вдаючись в подробиці слід зазначити, що достовірність, наприклад, запасів в 1000 тонн руди по категорії А істотно відрізнятиметься від достовірності 1000 тонн тієї же руди по категорії С2. Ця обставина особливо важлива при ухваленні рішення про початок експлуатації родовища, оскільки недостовірні дані про реальну кількість руди можуть привести до необґрунтованих експлуатаційних витрат, які й так високі

при гірничо-видобувних роботах [Про затвердження Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин, КМ України Постанова від 22 грудня 1994 р. № 865 Київ (<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/865-94-%D0%BF>)], [Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ уранових руд] (<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0090-99>). Закон України №3458–IV Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року (<http://www.president.gov.ua/documents/3458iv-4042>).

Ще більш складним для роботи є встановлення якості корисних копалин. Зазвичай вона визначається таким терміном, як «кондиція». Кондиції – це сукупність вимог до якості корисних копалин, їх технологічних властивостей, гірничо-геологічних умов розробки, використання яких при оконтурюванні і підрахунку запасів дозволяє розділити запаси по промисловій значимості на балансові і позабалансові. Орган, що здійснює експертизу та оцінку запасів корисних копалин – Державна комісія по запасах корисних копалин України (ДКЗ), встановлює постійні кондиції на мінеральну сировину для підрахунку запасів корисних копалин у надрах і затверджує розвідані запаси (на базі яких проектується гірничі підприємства), розробляє перспективні плани розвитку гірничої промисловості [83, 91, 123].

Використовуються різні способи розрахунку кондиції, а з них основним вибирається такий, який дає максимальний економічний ефект протягом всієї експлуатації родовища корисної копалини. Найчастіше для розрахунку кондицій використовують різні техніко-економічні показники. Серед них головними є наступні: а) річна продуктивність, б) час відпрацювання запасів, в) вартість капітальних вкладень, г) кінцева собівартість одиниці продукції.

При виконанні техніко-економічного міркування (ТЕМ) (геолого-економічна оцінка (ГЕО 3)) на рівні пошукових робіт обґрунтовуються попередні кондиції. При позитивних результатах пошуково-оціночних робіт підраховуються запаси категорії С2, дається кількісна оцінка прогнозних ресурсів корисної копалини, їх ГЕО, здійснювана в рамках розробки техніко-економічного міркування про доцільність продовження в подальшому геологорозвідувальних робіт. Заходи передбачають обґрунтування необхідності і терміни проведення пошуково-оціночних робіт.

При техніко-економічній доповіді (ТЕД) (ГЕО 2), що обґрунтовує оцінку промисловий видобуток і значення родовища, обґрунтовуються тимчасові кондиції. За результатами попередньої розвідки проводиться підрахунок запасів і складається ТЕД, що містить надійну промислову оцінку родовища. Вони розглядаються Державною комісією України по запасах корисних копалин (ДКЗ).

При техніко-економічному обґрунтуванні (ТЕО) (ГЕО 1) обґрунтовується порядок експлуатації родовища і доводяться постійні кондиції. Їх затверджує ДКЗ. Підрахунок запасів, виявлених в результаті детальної розвідки, проводиться у відповідності з кондиціями, розробленими для даного родовища. Детальна розвідка завершується складанням детального ТЕО, в якому наводяться підраховані параметрів запасів корисних копалин і дається оцінка економічної ефективності освоєння родовища [54, 90, 105].

Вимоги та зміст ТЕО постійних кондицій регламентуються інструкцією № 35 від 04.09.95 р. [ДКЗ при Держкомгеології України, Наказ № 35 від 04.09.95 Про затвердження Інструкції про зміст, оформлення і порядок подання на розгляд Державної комісії по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічних оцінок родовищ металічних і неметалічних корисних копалин] (<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0394-95>) [75].

Отже, визначення поняття «родовище корисних копалин» можна переформулювати як «родовище корисних копалин – це частина мінеральної речовини земної кори, сконцентрованої в обмеженому обсязі, сформованої в результаті метаморфічного, магматичного, гіпергенного і седиментогенного процесів, і яка відповідає встановленим вимогам щодо запасів і промисловим кондиціям корисних копалин, обраних згідно із законодавством України до прийнятої методики відпрацювання родовища».

6.2. Параметри кондицій і загальні прийоми їх визначення (обґрунтування)

При погіршенні гірничо-геологічних умов чи економічних показників на ринку для родовища або його частини розробляються оперативні кондиції. Оперативні кондиції повинні забезпечити мінімально необхідний рівень рентабельності. При експлуатації родовища з метою обліку запасів, поліпшення умов видобутку і ство-

рення більш прийнятних санітарно-гігієнічних умов можуть розроблятися технологічні кондиції. Оперативні і технологічні кондиції затверджують в ДКЗ.

Кондиції представляють собою сукупність вимог до кількості та якості корисних копалин, їх технологічних властивостей, гірничо-геологічних умов розробки, використання яких при оконтурюванні і підрахунку запасів дозволяє правильно розділити запаси по промисловій значимості на балансові та позабалансові.

Використовуються різні способи розрахунку кондицій і з них основним вибирається той, який дає максимальний економічний ефект протягом всієї експлуатації родовища. Для розрахунків використовуються техніко-економічні показники, серед яких головними є: а) річна продуктивність; б) термін визначення запасів; в) собівартість; г) капітальні вкладення.

На підставі цих показників розраховуються кондиції, котрими визначаються балансові та позабалансові запаси.

6.2.1. Підрахунок запасів твердих корисних копалин

Підрахунок запасів твердих корисних копалин проводиться відповідно кондиційним показникам. Порядок розробки і обґрунтування показників і параметрів кондицій на мінеральну сировину для підрахування запасів і ресурсів твердих корисних копалин у надрах та визначення показників геолого-економічних оцінок родовищ, що подаються на державну експертизу й оцінку, встановлений «Положенням про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах», затвердженим Наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин 07.12.2005 № 300 «Про затвердження Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах» [<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0065-06>].

Кондиції розробляються щодо кожного родовища або ділянки надр у процесі їх геолого-економічної оцінки з урахуванням раціонального використання всіх корисних копалин, а також наявних у них корисних компонентів. Оптимальні показники кондицій мають забезпечити комплексну геолого-економічну оцінку і найбільш вичерпне, раціональне та безпечне використання запасів родовищ корисних копалин.

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) кондицій розробляється на підставі технічного завдання замовника, у якому визначаються особливі умови загальної організації роботи майбутнього підприємства: джерела енерго- і водопостачання, вибір обладнання та об'єктів інфраструктури, способи транспортування, узгодження з органами державного нагляду і контролю технологічних рішень підвищеної екологічної небезпеки, форми власності на майно і товарну продукцію, джерела фінансування.

Проектні рішення щодо технологічних схем з видобутку та переробки мінеральної сировини, організації та забезпечення виробничого процесу, що приймаються під час обґрунтування кондицій, мають відповідати сучасним технічним досягненням, перевіреним у промислових або напівпромислових умовах. Для родовищ корисних копалин місцевого значення, які розвідують з метою розвитку бази діючих підприємств, ТЕО постійних кондицій може розглядатись у спрощеному варіанті, при якому:

- показники і параметри кондицій визначаються згідно з вимогами Державних стандартів України (ДСТУ), технічних умов замовника;
- економічне обґрунтування прийнятих кондицій виконується на основі аналізу техніко-економічних показників роботи підприємства-замовника за останні роки з коригуванням останніх на відхилення організаційно-технічних та гірничо-геологічних умов об'єкта, що оцінюється.

Під час розробки ТЕО кондицій для підрахунку запасів і оцінки ресурсів твердих корисних копалин слід дотримуватись такої послідовності робіт, що є найбільш раціональною:

- аналіз і узагальнення результатів геологічного, гідрогеологічного, гірничотехнічного, технологічного та іншого вивчення родовища й оцінка загальних запасів корисних копалин;
- виконання маркетингових досліджень щодо ємності ринків збуту товарної продукції, можливостей придбання гірничодобувного обладнання, рівня цін, податків, обов'язкових платежів, умов оплати праці, забезпеченості трудовими та енергетичними ресурсами, екологічних та соціальних умов виробництва;
- обґрунтування річної продуктивності гірничого підприємства, способу і систем розробки продуктивних покладів, розмірів очікуваних втрат і розубожування корисних копалин;

- обґрунтування оптимальної схеми комплексної переробки корисної копалини в товарну продукцію гірничого виробництва, її техніко-економічних показників;
- визначення переліку показників кондицій, що потрібні для оконтурювання, підрахунку та класифікації підрахованих запасів і ресурсів корисних копалин;
- визначення параметрів кондицій на підставі геологічного, гідрогеологічного, гірничотехнічного, технологічного та іншого обґрунтування, а для показників, що потребують варіантного обґрунтування параметрів (бортовий вміст та ін.), виконання відповідних поваріантних підрахунків запасів і визначення техніко-економічних показників промислового освоєння родовища щодо кожного варіанта;
- визначення оптимального варіанта промислового освоєння родовища, відповідних цьому варіанту показників і параметрів кондицій.

6.2.2. Показники кондицій

Кондиціями для підрахунку запасів рудних родовищ чорних, кольорових, рідкісних і благородних металів, алмазів, фосфоритів, апатитів, бору, сірки, виковних солей, плавикового шпату, бариту, графіту, тальку, азбесту передбачаються такі основні показники:

- мінімальний промисловий вміст корисного компонента (умовного компонента);
- бортовий вміст корисного компонента або вміст декількох корисних компонентів, приведені до вмісту умовного компонента в крайовій пробі;
- мінімальний вміст корисного компонента (умовного компонента) в крайовому перетині;
- умови для виокремлення промислових (технологічних) типів або сортів корисної копалини і методи підрахунку їх запасів;
- коефіцієнти для приведення вмістів супутніх компонентів до вмісту умовного основного компонента в комплексних корисних копалинах;
- максимально допустимий вміст шкідливих домішок в корисній копалині;
- мінімальна потужність покладів корисних копалин (пластів, жил та ін.) або відповідний мінімальний метропроцент (метрограм);

- максимально допустима потужність прошарків порід та некондиційних руд, які включаються в контур підрахунку запасів;
- мінімальний коефіцієнт рудоносності (продуктивності) у підрахунковому блоці розвіданих запасів;
- мінімальні запаси віддалених покладів корисних копалин;
- максимально допустиме співвідношення потужностей розкритих порід і корисної копалини в крайовому і внутрішньому перетині;
- межі підрахунку запасів.

Кондиціями для підрахунку запасів вугілля (горючих сланців) додатково до відзначених вище встановлюються такі показники:

- мінімальна істинна потужність пластів вугілля (горючих сланців) у пластоперетині, що визначається як сума потужностей вугільних шарів, внутрішньопластових породних прошарків і вуглистих порід, що залягають безпосередньо в покрівлі або підосві пласта, що неминуче залучаються до видобутку;
- мінімальна істинна потужність внутрішньопластових породних прошарків, що в зонах розщеплення розділяють пласт на об'єкти самостійної розробки;
- максимальна зольність вугілля по пластоперетину з урахуванням засмічення породами внутрішньопластових, покривних та підосвених вуглистих прошарків, що неминуче залучаються до видобутку;
- мінімальна довжина непорушеного виїмкового стовпа;
- граничне співвідношення потужностей розкритих порід і корисної копалини.

Кондиціями для підрахунку запасів родовищ нерудних корисних копалин (карбонатні породи, магнезити, дуніти, кварцити, пісковики як флюсова сировина, глини керамічні, формувальні, вогнетривкі, піски формувальні, будівельні та скляні, камені облицювальні і будівельні, цементна сировина), а також запасів родовищ корисних копалин місцевого значення встановлюються такі основні показники:

- граничні показники якості корисної копалини, що враховують вимоги чинних стандартів, технічних вимог, технічних завдань користувачів надр до якості товарної продукції або якісні показники мінеральної сировини, на якій проводились технологічні випробування й одержані позитивні результати;
- мінімальний вихід товарної продукції;

- мінімальна потужність покладу корисної копалини у крайовому перетині;
- максимально допустима потужність прошарків вміщуючих порід і некондиційної корисної копалини, що включаються у контур підрахунку запасів;
- умови оконтурення промислових (технологічних) типів або сортів корисних копалин і методи підрахунку їх запасів;
- допустимий рівень активності природних радіонуклідів;
- межі підрахунку запасів.

Кондиціями для підрахунку запасів родовищ корисних копалин, що розробляються методами підземного вилуговування або виплавляння, крім наведених вище, передбачаються такі показники:

- максимально допустимий вміст карбонатів у корисній копалині;
- максимальний вміст глиняно-алевритової фракції в продуктивному інтервалі, що включається до підрахунку запасів;
- мінімальний коефіцієнт фільтрації у продуктивних відкладах.

Кондиції належить установлювати на підставі комплексного гірничо-геологічного, гірничотехнічного, технологічного та економічного обґрунтування.

Геологічному обґрунтуванню підлягають показники кондицій, пов'язані з геологічною будовою продуктивних покладів родовища, умовами їх залягання, оконтурюванням корисних копалин, вибором методів підрахунку запасів.

Гірничотехнічне обґрунтування кондицій включає обґрунтування способу і системи розробки родовища, виробничої потужності і терміну дії підприємства, видів гірничодобувного обладнання, засобів механізації, інших проектних рішень і розрахункових параметрів. Їх належить проводити методами, які застосовуються в практиці проектування гірничодобувних підприємств, з використанням чинних галузевих норм технологічного проектування, державних будівельних норм, проектів діючих підприємств-аналогів, даних науково-технічних досліджень. Розробку економічного обґрунтування кондицій належить проводити відповідно до загальноприйнятих у світовій практиці принципів опрацювання інвестиційних проектів. У тому числі:

- ефективність промислової розробки родовища визначається для всього циклу виробничої діяльності гірничодобувного підприємства – від моменту оцінки до ліквідації;

- моделювання грошових потоків здійснюється з урахуванням усіх пов'язаних з промисловою розробкою грошових надходжень, включаючи інвестиції і всі витрати за роками виконання передбачених робіт з геологічного вивчення надр, розробки родовища та рекультивациї навколишнього природного середовища;

- проведення розрахунків здійснюється на дату оцінки запасів корисних копалин із застосуванням процедури дисконтування майбутніх грошових потоків для приведення їх до умов сумірності в початковому періоді;

- для розрахунків показників ефективності виробничої діяльності гірничодобувного підприємства враховуються тільки майбутні (відносно дати оцінки) витрати і надходження.

Проведення геолого-економічної оцінки може бути здійснено в стандартному і комерційному варіантах. Стандартний варіант є обов'язковим для всіх об'єктів оцінки, що подаються на державну експертизу. Розрахунки в ньому виконуються відповідно до визначених нормативними документами стандартних умов, у тому числі:

- норма дисконту, що застосовується для визначення вартості запасів і ресурсів, приймається рівною до поточної облікової ставки Національного банку України на момент проведення геолого-економічної оцінки;

- інвестиції у виконання проекту з розробки родовища і реалізації товарної продукції гірничого виробництва приймаються як такі, що здійснюються за рахунок власних коштів користувача надр без використання кредитного або акціонерного капіталу;

- видобуток корисних копалин і переробка їх у товарну продукцію передбачаються традиційними, освоєними у світі технологіями і системами розробки.

Техніко-економічні розрахунки належить виконувати стосовно кінцевої товарної продукції гірничодобувного підприємства, яка відповідає вимогам відповідних стандартів або технічних умов і реалізовується користувачем надр.

Для обґрунтування оптимального варіанта кондицій для підрахування запасів корисних копалин і оптимального варіанта промислового освоєння оцінюваного родовища (геологічного об'єкту) належить використовувати такі показники:

- балансові запаси корисних копалин;
- річну продуктивність підприємства;

- ціну одиниці товарної продукції;
- надходження від реалізації товарної продукції;
- експлуатаційні витрати (у т. ч. амортизаційні відрахування);
- прибуток від виробничої (операційної) діяльності підприємства;
- капітальні вкладення;
- чистий грошовий потік;
- норму дисконту;
- чистий дисконтований грошовий потік (ДГП);
- індекс прибутковості;
- внутрішню норму прибутковості;
- термін окупності капіталовкладень;
- рентабельність виробничої діяльності гірничодобувного підприємства;
- дохід власника надр.

Під час визначення оптимального варіанта кондицій для підрахування запасів корисних копалин і, відповідно, оптимального варіанта промислового освоєння оцінюваного геологічного об'єкта перевагу належить віддавати варіанту, що забезпечує максимальні величини накопиченого чистого грошового потоку і доходу держави як власника надр при позитивному значенні чистого ДГП [102, 105-107].

Ці вмісти відносяться до певного блоку, розміри якого визначаються геологічними умовами, прийнятим методом підрахунку запасів і густотою розвідувальної мережі. Розрахунковий блок балансових запасів повинен мати вміст більше, ніж мінімальні промислові.

6.2.3. Умови виділення типів і сортів корисних копалин при підрахунку запасів

Якщо в тілі корисної копалини не один компонент, а декілька, то кондиції вважаються по кожному компоненту. При підрахунку запасів нерудної сировини користуються Державними стандартами (ДЕСТ) на ці продукти, українськими національними стандартами (ДСТУ) або технічними умовами (ТУ). Якщо ж вмісти низькі, то для розрахунку кондицій приймається збагачена речовина.

Коефіцієнти для приведення вмістів до умовного компоненту визначаються наступним чином. Коефіцієнти встановлюються для кожного елемента в зв'язку з оптовими цінами на товарну продукцію

кожного компонента. Потім коефіцієнт множиться на вміст кожного компонента, а потім можуть сумуватися. Як результат виходить перерахунок на умовну сировину.

Максимально допустимі вмісти шкідливих домішок розраховуються згідно з ДЕСТами і стандартами (ДСТУ і т. д.).

Максимальна потужність тіл корисних копалин (пластів, відкладень, тіл) – це найменша потужність, яка включається в підрахунок запасів. Визначається експериментально для відкритих і закритих способів видобутку. Оптимальні значення максимально допустимої потужності прошарків пустих порід некондиційних руд, що вкладається в розрахунковий контур, визначаються методом варіантів на основі складань запасів і техніко-економічних показників розробки родовищ.

Бортовий вміст корисних копалин – нижня межа вмісту в крайній пробі при якому оконтурюють тіло корисної копалини за потужністю в разі відсутності чітких меж продуктивної товщі. Значення бортового вмісту встановлюється на основі поваріантних техніко-економічних показників.

Умови оконтурювання рудних тіл в геологічних межах визначаються ТЕО кондицій для тіл, що мають чіткі геологічні кордони (наприклад, жильні родовища). При цьому потрібно при обґрунтуванні застосовувати максимальне число характеристик, таких як мінеральний склад, парагенезиси та ін. Для метасоматитів потрібно оцінювати і область близького опрацювання з включенням її в обґрунтування.

Мінімальний вміст в крайній вибірці як показник встановлюється для більш точного оконтурювання промислових ділянок. Визначається варіативним і аналітичним способом. Аналітичний застосовується, коли хочуть зменшити роль в балансі бідних руд. Мінімальний промисловий вміст корисного компонента підраховують в блоці. Це вміст, при якому забезпечується повернення майбутніх витрат на видобуток сировини та її переробки в товарну продукцію.

6.3. Систематика родовищ корисних копалин

З огляду на те, що визначення «родовище корисних копалин» складається з двох частин: а) геологічної і б) економічної, на практиці використовуються дві головні класифікації. Це генетична, в основі якої лежать ієрархічно обумовлені поняття «походження, генезису

і парагенезису» (див. рис. 6.2), і промислова, в основі якої лежить практична значущість корисних копалин [59-63].

6.3.1. Генетична класифікація

Саме генетична класифікація найбільш близька до самого поняття родовища («місце утворення»). В її основу покладено ієрархічно вибудовані головні таксони: походження, генезис, парагенезис.

Під походженням ми розуміємо головні геологічні процеси (див. рис. 6.1), що обумовлюють можливість проходження хімічних реакцій в земній корі. Як зазначалося вище, таких походжень є тільки чотири. Під поняттям «генезис» ми розуміємо термодинамічні умови проходження хімічних реакцій в земній корі, виражених в таких поняттях як температура, тиск, концентрація хімічних елементів. Для родовищ це фізико-хімічні обстановки, які спричиняють формування мінеральної (рудної) речовини.

Під парагенезисом ми розуміємо результати вірогідних генетичних перетворень, виражених безпосередньо в мінеральній речовині. Ієрархічність понять дозволяє використовувати прийнятту генетичну систематику як для розв'язання прямої задачі (металогенічного прогнозування), так і оберненої задачі (умови формування родовища). Для цілей систематики приймаємо положення, що походження визначає серію родовищ, генезис визначає групу родовищ, парагенезис визначає клас родовищ. Вони можуть бути вибудовані в першу вісь систематики. Друга вісь систематики передбачає, що в кожній з пар походжень одне носить прогресивний термодинамічний характер, інше – регресивний характер. Так, для ендегенних метаморфізм прогресивний, а магматизм – регресивний. Для екзогенних гіпергенез (вивітрювання) прогресивний, седиментогенез (осадконакопичення) – регресивний. Очевидно, що прогресивне походження фіксує тільки найвищу точку процесу без збереження проміжної фази. Регресивні ж процеси в міру свого розвитку зберігають всі фази. Тому для систематики регресивні фази розглядаються першими, а прогресивні – другими (табл. 6.2).

Генетична класифікація родовищ корисних копалин

Група	Клас	Типи родовищ
Ендогенна серія		
Магматична	1. Ліквацийний	а) сульфідні мідно-нікелеві в основних і ультраосновних комплексах; б) хромітові, титаномагнетитові і руди елементів платинової групи в розшарованих ультраосновних комплексах;
		в) рідкісні, рідкоземельні і розсіяні елементи в лужних комплексах
	2. Ранньомагматичний	Магматичні гірські породи, алмазоносні кімберліти і лампроїти
	3. Пізньомагматичний	Хромітові, титаномагнетитові і апатит-нефелінові
Карбонатитова	Флюїдно-магматичний карбонатитовий	Перовскіт-титаномагнетитові, камафорітові, рідкометально-пірохлорові, рідкоземельні і флюоритові
Пегматитова	1. Магматогенний	Керамічні, мусковітові, рідкометальні і кольорових каменів
	2. Флюїдно-анатектичний	Рідкометально-пірохлорові і апатит-нефелінові
	3. Флюїдно-метаморфогенний	Керамічних, мусковітових, рідкометальних пегматитів і кольорових каменів
Скарнова	1. Вапняний	Залізорудні, вольфрам-молібденові, мідно-молібденові, свинцево-цинкові
	2. Магнезіальний	Залізорудні, мідно-молібденові, оловорудні, борні
Альбітит-грейзенова	1. Альбітитовий	Берилієві, літієві, уранові і рідкоземельні
	2. Грейзеновий	Олово-вольфрамові, літієві, берилієві

Гідротермальна	1. Плутоногенний	Штокверкові і жильні: а) високотемпературні мідно-молібденпорфірові, золото-олово-, мідно-кварцові; б) середньотемпературні поліметалічні, сур'мяно-арсенові, рідкометальні, ураноносні; в) низькотемпературні сидеритові, родохрозитові, магнезитові, хризотил-азбестові, баритові, флюоритові
	2. Вулканогенний андезитоїдний	Золото-серебряні, олово-вольфрамові, ртутні, мідні, алунітові, ісландського шпату, самородної сірки
	3. Вулканогенно-осадовий, базальтоїдний, субмаринний	Колчеданні, мідноколчеданні, колчеданно-поліметалічні
Екзогенна серія		
Вивітрювання	1. Залишковий	Нікель-кобальтові, бокситові, рідкометальні і рідкоземельні, каолінові, апатитові, марганцеві
	2. Інфільтраційний	Рідкометально-уранові
Осадова	Механічний розсипний	Континентальні розсипні золоті, платинові, каситеритові, алмазні, танталіт-колумбітові, корундові Літоральні розсипні рутилові, ільменітові, цирконієві, каситеритові, алмазні, кольорові камені Гравійні, піщані і глинисті (вогнетривкі, бентонітові)
	2. Хомогенний	Гідрооксидні, суспензійно-колоїдні: бурих залізняків, марганцю, залізо-марганцевих конкрецій і корок; Сульфідно-сульфатно-карбонатні: кольорових і рідких металів в чорних сланцях; Сульфатно-галоїдні: кам'яних, калійних

		солей, боратів, літія
	3. Біохімічний	Фосфоритові (континентальні і прибережно-морські) крем'янисті породи (діатоміт, трепел, опоки), вапняки, вугілля, горючі сланці, торф
	4. Осадово-катагенетичний	Мідистих пісковиків, свинцево-цинкові в карбонатних породах, свинцеві в пісковиках, золоторудні і уранові в теригенно-карбонатних і чорно-сланцевих товщах, самородної сірки, нафти і газу, йодо-бромистих і металоносних розсолів
Матаморфогенна серія		
Метаморфізо-вана	1. Регіонально-метаморфізований	Залізорудні, марганцеві, золото-уранові, апатитові, колчеданні
	2. Контактково-метаморфізований	Залізорудні, графітові, корундові, скарновані
Метаморфічна	1. Зеленосланцевий	Гірського кришталю, золото-кварцові, мармуру, кварцити, покрівельні сланці
	2. Амфіболітовий	Андалузитові, кіанітові, сіліманітові, амфібол-азбестові
	3. Грануліт-еклогітовий	Гранатові, рутил-ільменітові, флогопітові
	4. Імпактитовий	Алмазні

6.4. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин. Стан і перспективи

Геолого-економічна оцінка (ГЕО) родовищ корисних копалин – це систематичне вивчення результатів геологічного й техніко-економічного дослідження запасів і ресурсів корисних копалин у родовищі з метою встановлення або зміни їх промислового значення, визначення економічної ефективності видобувної діяльності [91, 123–128].

Отримувані дані послідовно вивчають та аналізують на підставі інформації про проектні або фактичні технологічні схеми, техніко-економічні показники і фінансові результати видобутку корисних копалин у межах певної ділянки надр. Геологічне вивчення корисних копалин передбачає визначення речовинного складу, кількості, якості, технологічних властивостей корисних копалин, геологічної будо-

ви, гідрогеологічних, гірничо-геологічних та інших умов залягання їхніх покладів для обґрунтування проектних рішень щодо способу і системи видобутку, схеми комплексної переробки мінеральної сировини [63]. За результатами техніко-економічного вивчення корисних копалин визначають гірничотехнічні, географо-економічні, соціально-екологічні та інші умови розробки родовищ корисних копалин і переробки мінеральної сировини, а також умови реалізації товарної продукції гірничого виробництва.

Об'єктами ГЕО є ділянки надр, які характеризуються відповідним ступенем геологічного і техніко-економічного вивчення, певною структурою запасів і ресурсів корисних копалин [59, 60, 62, 123].

Основна мета геолого-економічної оцінки (ГЕО) – виявлення інвестиційно привабливих геологічних об'єктів для освоєння, встановлення їх промислового значення й економічної ефективності експлуатації. Мета ГЕО визначається ступенем розвіданості ділянок надр замовником оцінювання (держава, надкористувач), залежить від виду користування надрами, яке може передбачати комплексне освоєння чи оцінювання ділянок надр, не пов'язаних із видобутком корисних копалин [123].

Відповідно до Кодексу України про надра [63], вони надаються в користування для:

- геологічного вивчення, в тому числі дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення;
- видобування корисних копалин;
- будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних із видобуванням корисних копалин, у тому числі споруд для підземного зберігання нафти, газу, інших речовин і матеріалів, захоронення шкідливих речовин, відходів виробництва, скидання стічних вод;
- створення геологічних територій та об'єктів, що мають важливе наукове, культурне, санітарно-оздоровче значення (наукові полігони, геологічні заповідники, заказники, пам'ятки природи, лікувальні, оздоровчі заклади та ін.);
- виконання робіт (здійснення діяльності), передбачених угодою про розподіл продукції;
- задоволення інших потреб.

У кожному з перелічених варіантів ГЕО матиме свої особливості щодо методичних підходів, об'єктів оцінювання і мети, з якою вона проводиться.

Основними завданнями, зумовленими метою проведення ГЕО, є такі:

1. розробка і реалізація стратегій розвитку мінерально-сировинної бази державного фонду надр; планування геологорозвідувальних робіт на визначених об'єктах;
2. планування доходів бюджету від експлуатації надр у поточному і стратегічних періодах;
3. економічний, технологічний, екологічний моніторинг запасів і ресурсів корисних копалин;
4. моніторинг зовнішніх і внутрішніх ринків мінеральної сировини;
5. визначення вірогідних значень кількості, якості, вартості запасів і ресурсів корисних копалин.

Перші з перелічених завдань ГЕО характерні для випадків, коли замовником оцінювання є держава в особі державних, регіональних, територіальних органів управління державного фонду надр, органів виконавчої влади та інші, останні – актуальніші, коли замовником оцінювання є надрокористувачі чи інші особи (фізичні, юридичні), які зацікавлені в установленні об'єктивної вартості ділянки надр [123–125].

Оцінювання родовищ має відповідати вимогам до раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб у мінеральній сировині, інших потреб суспільного виробництва, охорони надр, безпеки людей, майна, навколишнього природного середовища при користуванні надрами.

Суб'єктами проведення ГЕО є оцінники (фізичні та юридичні особи), які мають відповідні підготовку, досвід, кваліфікацію для виконання таких робіт і право на їх проведення відповідно до чинного законодавства [63].

В Україні вимогами нормативних документів у сфері використання надр передбачено здійснення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України. Відповідно до чинного Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин [123], державна експертиза та оцінка запасів корисних копалин проводяться Державною комісією України по запасах корисних копалин. Державній експертизі та оцінці запасів підлягають запаси роз-

віданих родовищ, а також запаси корисних копалин, додатково розвіданих у процесі розробки родовищ.

6.4.1. Методика і практика геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин

Державна експертиза та оцінка запасів корисних копалин проводиться Державною комісією України по запасах корисних копалин із дотриманням таких принципів [123, 124]:

- наукова обґрунтованість, незалежність, об'єктивність і комплексність;
- узгодження екологічних, економічних і соціальних інтересів суспільства;
- узгодження довгострокових державних перспектив збереження запасів корисних копалин з інтересами користувачів надр;
- виконання вимог актів законодавства.

Геолого-економічну оцінку виконують імітаційним моделюванням усього періоду освоєння ділянки надр, починаючи з пошуків родовища, його розвідки, проектування гірничодобувного підприємства, видобутку корисної копалини і ліквідаційних робіт об'єктів. ГЕО починається з геолого-промислового моделювання родовища корисних копалин, яке проводять із застосуванням параметрів кондицій на мінеральну сировину після побудови геологічних моделей ділянки надр. У результаті отримують обсяги та якісні характеристики геологічних запасів родовища. Після створення геолого-промислових моделей моделюють технічні й технологічні показники освоєння, які дають змогу визначати способи і системи відпрацювання запасів, виробничу потужність добувного підприємства, промислові та експлуатаційні запаси. Також встановлюють якісні характеристики вихідної корисної копалини й отриманої з мінеральної сировини кінцевої продукції. Наступним етапом є економічне моделювання реалізації гірничого проекту, яке передбачає визначення капітальних інвестицій, експлуатаційних витрат, виручки від реалізації товарної продукції, обсягів податків і обов'язкових платежів, рентабельності, терміну окупності капіталовкладень, вартості запасів корисних копалин. Послідовність етапів оцінювання наведено на рис. 6.3. При цьому переоцінка родовищ може стосуватись будь-якої з перелічених складових залежно від уже наявних даних про родовище.



Рис. 6.3. Послідовність проведення геолого-економічної оцінки ділянки надр

Усі чинники, що визначають промислову цінність родовища, як правило, об'єднують у три групи [62, 63, 65, 123]. Першу групу утворюють гірничо-геологічні чинники (іноді їх об'єднують у «природні» особливості родовищ), другу – соціально-економічні (значення корисної копалини і продуктів її переробки для економіки, потреби і ступінь забезпеченості запасами даного виду сировини), третю – економіко-географічні (транспортно-географічні чинники, що характеризують віддаленість від споживачів, освоєність району розробки, енергетичні й транспортні умови та ін.). Ці чинники досить чітко систематизовані й подаються в наведеному нижче вигляді (табл. 6.2) [123].

Найважливішими характеристиками родовищ є якість та кількість корисних копалин. Якість корисних копалин визначається сукупністю хімічних, фізичних і технологічних характеристик, які забезпечують можливість та ефективність їх використання. Вміст корисних компонентів у руді визначає: 1) якість товарної продукції і відповідний дохід від її реалізації; 2) показник собівартості цієї продукції, особливо витрат на збагачення руд. Спеціалісти вважають, що похибки підрахунку запасів руди мають менше значення, ніж похибки визначення середнього вмісту компонентів, оскільки наслідки помилок підрахунку обсягу запасів позначаються лише на скороченні терміну експлуатації. Помилки визначення якості сировини даються взнаки з самого початку експлуатації родовища, оскільки погіршення цих показників відбивається на собівартості, що може зробити виробництво нерен-

табельним. Єдиним надійним способом визначення якості корисних копалин є їх хімічне, мінералогічне, технологічне опробування, яке дає інформацію про можливості застосування сировини в тій чи іншій галузі промисловості, визначає шляхи її промислової переробки тощо [121–123].

Таблиця 6.2

Основні чинники, що визначають промислову цінність родовища [123]

Природні особливості родовищ		Економічна характеристика	
Гірничо-геологічні чинники	Речовинний склад корисних копалин	Економіко-географічні чинники	Соціально-економічні чинники
Обсяг промислових запасів, тис. т; глибина залягання покладів, м; кут падіння покладів; форма залягання рудних тіл; товщина покладів і перекривних порід, м; міцність руди і	Хімічний склад - вміст головного компонента,%; вміст супутніх корисних компонентів,%; вміст шкідливих домішок,%; мінеральний склад; текстурні і	Фізико-географічні особливості району; транспортні умови; забезпеченість водними ресурсами; забезпеченість енергетичними ресурсами; наявність у районі	Значення корисної копалини для економіки країни; рівень потреб і ступінь забезпеченості даним видом корисних копалин

бічних порід; стійкість руди і вміщувальних порід; рельєф земної поверхні; гідрогеологічні умови родовища; ступінь тріщинуватості порід; рівномірність розподілу в покладах корисних компонентів та їх скупчень	структурні особливості корисних копалин; фізичні і хімічні властивості – вологість, густина, твердість, магнітні властивості	родовищ інших корисних копалин та гірничодобувних підприємств	
--	--	---	--

Кількість корисних копалин у надрах визначається їх масою. Кількісні та якісні характеристики запасів корисних копалин взаємозалежні: зміна їх якості призводить до зміни кількості запасів корисних копалин і корисної гірничої маси. Тому обидва ці чинники потрібно враховувати разом під час економічного оцінювання родовищ.

Серед великої кількості гірничо-технічних чинників на промислове значення родовища найбільше впливають глибина залягання, потужність рудних тіл, фізичні властивості порід, морфологія рудних покладів, розміри родовища [24–26, 40]. Перші два показники визначають спосіб розробки родовища (відкритий, підземний, комбінований). Можливість використання відкритого способу розробки пов'язана з обсягом розкривних порід і наявністю технічних засобів. Морфологія рудних тіл визначає вибір системи розробки родовищ, яка є сукупністю підготовчих, очисних робіт, а також послідовність їх

проведення. Система розробки, у свою чергу, впливає на економічні показники видобутку корисних копалин і, відповідно, на показники збіднення, вилучення компонентів із руд.

Істотно впливають на економічні показники й гідрогеологічні умови розробки об'єкта, а саме: ступінь обводненості¹⁸ рудовмісних порід, фільтраційні властивості порід і руд, режим підземних і поверхневих вод.

Вплив на промислове значення родовища економічних чинників (як соціально-економічних, так і географо-економічних) відрізняється від попередніх певною динамічністю. Власне сам показник промислової цінності об'єкта залежить від економічних процесів, які визначають поточні й перспективні потреби галузей економіки в даному виді сировини. Під час оцінювання родовища мають бути враховані і перспективи використання мінеральної сировини, такі як впровадження нових видів продукції з неї, заміна одних видів сировини на інші, впровадження штучних замінників, а також перспективи розвитку технології розробки, переробки і використання сировини. Для цього деякі фахівці виділяють групу кон'юнктурних чинників оцінки.

Перелічені чинники визначають промислову цінність родовища корисних копалин за сучасного рівня технічного забезпечення й розвитку економіки. В кожному конкретному випадку вплив різних чинників буде неоднаковим, тому під час дослідження й оцінювання надр усі параметри потрібно оцінювати кількісними та якісними показниками в натуральному і вартісному виглядах.

6.4.2. Стадійність геолого-економічної оцінки

Головним нормативним документом, який регламентує визначення ГЕО родовищ корисних копалин і встановлює загальні вимоги та підходи під час її проведення, є Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (див. п. 8.2) [59–61]. Конкретні методики, показники оцінювання родовищ наведено у відповідних документах ДКЗ України, зокрема, в Положенні про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для під-

¹⁸ Обводненість родовища (англ. *water of a deposit, water content of a deposit*) – узагальнене поняття про наявність і кількість поверхневих і підземних вод у районі родовища (шахтного чи кар'єрного поля); насиченість масиву гірських порід підземними водами, яка визначає величину очікуваного припливу води у виробки і ускладнює ведення гірничих робіт.

рахунку запасів твердих корисних копалин та інших. Відповідно до нормативів, ГЕО є періодичним аналізом результатів геологічного й техніко-економічного вивчення скупчень корисних копалин з метою оцінки їх промислового значення. Вона проводиться з послідовно зростаючою детальністю залежно від стадії геологорозвідувальних робіт. На завершальних стадіях мають бути розроблені технологічні схеми видобутку і переробки мінеральної сировини, техніко-економічні показники виробничого процесу, фінансові результати реалізації товарної продукції гірничого виробництва.

Залежно від ступеня геологічного й техніко-економічного вивчення об'єкта виділяють три стадії геолого-економічної оцінки (табл. 6.3) [123].

Отже, на кожній стадії вивчення економічна оцінка родовищ має певні відмінності щодо поставлених цілей, тому пошук універсальних методик вартісної оцінки різних етапів геологорозвідувальних робіт є вкрай складним.

Особливості етапу початкової геолого-економічної оцінки пов'язані насамперед з неможливістю точного визначення запасів корисних копалин, що впливає на точність подальших розрахунків технологічних характеристик сировини і показників необхідних витрат на освоєння родовища тощо.

Проблемі вірогідності оцінок запасів присвячено багато праць, проте єдиних принципів і підходів до її вирішення не встановлено. Складнощі виникають у зв'язку з прогностичним характером оцінок запасів корисних копалин і відсутністю єдиних принципів вибору інформативних показників цієї оцінки. Вибірковий характер отримання геологічної інформації й відповідні похибки в разі її здобування на основі аналогій обумовили певну неточність оцінок кількості та якості запасів у надрах. Велике значення мають похибки, що стосуються умов залягання, морфології і будови рудних тіл. Такий стан речей характерний для будь-якої стадії геологорозвідувальних робіт, змінюється лише масштаб похибок. За деякими даними, середні похибки підрахунку сумарних запасів на розвіданих родовищах міді, поліметалів і золота сягають $\pm 10\text{--}25\%$.

**Об'єкти, показники та завдання геолого-економічної оцінки
на окремих етапах використання надр [123]**

Етап використання	Стадія ГЕО	Мета ГЕО	Об'єкт оцінки
Геологічне вивчення надр	Початкова геолого-економічна оцінка (ГЕО-3)	Обґрунтування доцільності інвестування пошуково-розвідувальних робіт на ділянках, перспективних щодо відкриття родовищ корисних копалин	Рудні, нафтогазоносні райони і структури, їх частини. Рудні поля, окремі перспективні рудопрояви
	Попередня геолого-економічна оцінка (ГЕО-2)	Визначення промислового значення об'єкта геологорозвідувальних робіт	Перспективні рудопрояви, попередньо оцінені родовища корисних копалин
Геологічне вивчення та інтенсивне використання надр	Детальна геолого-економічна оцінка (ГЕО-1)	Визначення показників економічної ефективності діяльності гірничодобувного підприємства, що створюється або реконструюється, доцільності інвестування робіт з його проектування	Розвідані родовища чи їх частини (фланги)

Зрозуміло, що найбільша невизначеність кількісних і якісних характеристик притаманна початковим стадіям оцінки при тому, що в багатьох випадках саме вони є вирішальними для подальшого планування геологорозвідувальних робіт (ГРР). Витрати на ГРР є доволі значними, тому відбракування об'єктів, які не мають достатньої цінності для гірничої промисловості, у свою чергу, запобігатиме наступним витратам. Чим раніше це станеться, тим вищою буде економічна ефективність геологорозвідувальних робіт.

Економічну оцінку прогнозних і перспективних ресурсів корисних копалин рекомендують проводити на основі доведеної аналогії з відомими промисловими родовищами [121–124]. Серед показників, які стосуються власне досліджуваного об'єкта, використовують геолого-промисловий тип передбачуваного родовища, кількість прогнозних запасів корисних копалин та орієнтовний вміст корисних компонентів. На цій стадії можливий підрахунок обсягу капіталовкладень та експлуатаційних витрат або показників, що характеризують ефективність капіталовкладень, рентабельність тощо, але вони на цій стадії носять узагальнювальний характер і не можуть бути основою для визначення промислового значення родовища. Остаточний висновок про цінність родовища роблять, як правило, на етапі попередньої розвідки.

На нашу думку, попередню оцінку на ранніх етапах вивчення доцільно проводити по кожному промислового типу родовищ корисних копалин для конкретного району виконання робіт (масштаб оцінюваної території залежить від значення мінеральної сировини – стратегічного чи місцевого). Для кожного типу необхідно створити модель родовища з граничними параметрами, за яких освоєння об'єкта буде ефективним. Такий підхід не потребує ґрунтовних прямих розрахунків, але може дати достатню кількість інформації щодо конкурентоспроможності певного родовища. Модель має формуватись не лише за даними геологічних досліджень, а й по можливості враховувати техніко-економічні характеристики об'єктів цього промислового типу. Тоді вона характеризуватиметься певною динамічністю, що пов'язана саме зі змінами гірничотехнічних і географо-економічних аспектів. Це потребуватиме постійної переоцінки основних значень такого еталонного об'єкта, що забезпечить більшу вірогідність інформації і враховуватиме часові відмінності при порівнянні родовищ чи проявів, розвіданих у різні періоди [123].

Описаний метод узгоджується з думкою спеціалістів про необхідність відбракування родовищ на ранніх стадіях вивчення, яке слід проводити із застосуванням кондицій, розроблених для конкретних типів родовищ корисних копалин на перспективу не більш як 10 років з урахуванням геологічних та економічних умов. Крім суто геологічних параметрів (форма рудних тіл, запаси, середній вміст корисних компонентів, глибина залягання тощо) можливий розрахунок співвідношення економічних показників. Наприклад, можна розрахувати залежність річної потужності майбутнього підприємства, розміру ка-

піталовкладень, експлуатаційних витрат від середнього вмісту компонентів; врахувати транспортні витрати для корисних копалин місцевого значення.

Використання таких економічних показників забезпечить дотримання єдиних методологічних принципів та основ оцінки на всіх стадіях геологорозвідувального процесу, оскільки методичні прийоми на кожному етапі можуть мати свої особливості. Власне створення таких еталонних об'єктів зводиться до розробки кореляційно-статистичних моделей, які відображають залежність економічних показників виробництва продукції від геологічних і гірничотехнічних характеристик родовища на основі обробки статистичного матеріалу по діючих підприємствах і рудниках. Доцільно поєднувати це з графоаналітичними методами визначення вказаних залежностей, що запропонував ще в 1970–80-ті роки Т. А. Гатов. Наступним кроком є саме визначення граничних параметрів промислових типів родовищ корисних копалин. Такий підхід звісно не дає абсолютних значень вартості геологічного об'єкта і базується на порівнянні характеристик даного родовища з іншими родовищами конкретного промислового типу. Проте треба пам'ятати, що на етапах пошуково-оціночних робіт метою геолого-економічної оцінки є встановлення його промислової цінності і визначення доцільності проведення наступного вивчення. Цього можна досягти за використання інструментів порівняльного підходу і створення еталонних об'єктів [83, 85].

Оцінки ресурсів та запасів корисних копалин протягом ХХ-го сторіччя проводились у рамках оптимального плану розвитку окремої галузі економіки для визначеного району чи територіально-промислових комплексів. Для розрахунків граничних і зведених витрат, собівартості й прибутковості застосовували середньогалузеві та оптові ціни, встановлені відповідними державними органами. За сучасних економічних умов використання ринкових цін потребує ґрунтовного вивчення ринку кожного виду мінеральної сировини, за потреби не лише внутрішнього, а й регіонального чи міжнародного (якщо сировина має стратегічне значення). Саме відмова від вищеназваних базових показників оцінки родовищ корисних копалин потребує перегляду, доопрацювання розроблених методик і впровадження на їх основі сучасніших, що відповідають умовам нинішньої економіки.

Під час проведення попередньої геолого-економічної оцінки висвітлюють природно-ресурсні та економічні передумови освоєння

родовища, визначають чинники, що впливають на прийняття основних технологічних рішень [53, 83, 85, 127, 128]. На цьому етапі оцінюють гірничотехнічні, гідрогеологічні умови експлуатації, уточнюють кількісні та якісні характеристики сировини, визначають спосіб розробки, методику виконання гірничих робіт, технологію збагачення руд. Такі дані дають можливість точно розрахувати техніко-економічні показники: виробничу потужність підприємства, собівартість кінцевої продукції, прибутковість і рентабельність освоєння родовища тощо. Отримати інформацію можна як шляхом застосування даних щодо проектів-аналогів, так і методами прямих розрахунків необхідних капіталовкладень, експлуатаційних витрат. При визначенні кожної характеристики перевагу віддають останньому за умови достатньої кількості вихідних даних і відповідного ступеня їх вірогідності.

Відмінності кожного етапу геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин полягають у поступовому збільшенні вірогідності й детальності показників оцінки, що відображається у співвідношенні застосування методів прямого розрахунку та аналогій з іншими проектами. Економічна оцінка на початкових стадіях геологічного вивчення надр має вкрай важливе значення для підвищення ефективності проведення геологорозвідувальних робіт. Вона виконується за умов багатьох невизначеностей, на відміну від детальних оцінок для розвіданих запасів корисних копалин із залученням гірничих проектів і банківських розрахунків. Застосування для прогнозних ресурсів найпоширеніших методик оцінки неможливе через відсутність достатньої кількості даних. Доцільним є порівняння геологічних об'єктів із моделями, які є еталонними для конкретних промислових типів родовищ корисних копалин і побудовані з урахуванням геологічних та економічних чинників через залучення системи техніко-економічних показників, що використовуються на завершальних етапах геологорозвідувальних робіт.

6.5. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр

Підґрунтям геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин є «Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр» (далі – Класифікація), затверджена Постановою Кабі-

нету Міністрів України від 05.05.1997 № 432, передбачає єдині для державного фонду надр України принципи підрахунку, геолого-економічної оцінки і державного обліку запасів корисних копалин згідно з рівнем їх промислового значення та ступенем геологічного і техніко-економічного вивчення, умови, що визначають підготовленість розвіданих родовищ корисних копалин до промислового освоєння, а також основні критерії кількісної оцінки ресурсів корисних копалин [59–61].

Принципи розподілу запасів і ресурсів на облікові групи, прийняті в Класифікації, повністю відповідають розробленій Рамковій класифікації запасів і ресурсів твердих горючих та мінеральних корисних копалин у варіанті 1997 р. (Україна адаптувала національну Класифікацію до РК ООН зразка 1997 р.). З того часу Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр апробована на близько 2000 родовищах різних видів корисних копалин, що обліковуються на державному балансі [123, 124, 126–128].

Українська Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин має рамковий характер і придатна для всіх видів корисних копалин [59–61]. Застосування її до запасів і ресурсів конкретних видів корисних копалин, у тому числі техногенних, визначається відповідними інструкціями Державної комісії України по запасах корисних копалин, які розробляються і затверджуються в установленому порядку. У класифікації запаси і ресурси корисних копалин державного фонду надр розподілені за трьома основними ознаками: *промисловим значенням* (або рівнем економічної ефективності), *ступенями техніко-економічного та геологічного вивчення*, тобто до двох ознак, за якими розподілялись запаси і ресурси корисних копалин у класифікаціях колишнього СРСР, додано третю – рівень техніко-економічного вивчення родовища. Доцільність і необхідність уведення цієї ознаки диференціації запасів корисних копалин зумовлена переходом до ринкових умов надрокористування, за яких потенційного інвестора цікавить рівень ефективності інвестицій у розробку родовища, надійність її техніко-економічного обґрунтування або рівень інвестиційного ризику.

Геологічне вивчення корисних копалин, відповідно до Класифікації, має за мету визначення з висхідною детальністю речовинного складу, кількісних і якісних характеристик, технологічних властивостей корисних копалин, геологічної будови, гідрогеологічних, гірничо-геологічних та інших умов залягання їх покладів для обґрунту-

вання проектних рішень щодо способу і системи видобутку та схеми комплексної переробки мінеральної сировини.

Техніко-економічне вивчення корисних копалин передбачає визначення гірничотехнічних, географо-економічних, соціально-екологічних та інших умов розробки родовищ корисних копалин і переробки мінеральної сировини, а також умов реалізації товарної продукції гірничого виробництва з метою геолого-економічної оцінки промислового значення виявленого накопичення корисних копалин.

Техніко-економічне вивчення корисних копалин завжди супроводжує і завершує геологічне. В ринкових умовах можливі запаси корисних копалин, що розвідані детально, але не оцінені економічно. Класифікація робить можливим їх облік відповідно до реально досягнутих ступенів окремо геологічного і техніко-економічного вивчення. При цьому термін *«розвідані запаси»* набуває змісту *«геологічно-вивчені запаси»*, що поєднує щільність розвідувальних перетинів, детальність вивчення речовинного складу, технологічних властивостей корисних копалин, гірничо-геологічних умов їх залягання, які визначають собівартість видобутку й переробки мінеральної сировини, обумовлену природними умовами родовища (рентні показники родовища). Термін *«оцінені запаси»* набуває змісту *«техніко-економічно вивчені запаси»*, що поєднує детальність, визначення умов і засобів розробки родовища, переробки мінеральної сировини, що визначають її собівартість, обумовлену організаційними, технічними і комерційними рішеннями. В цій транскрипції детальність техніко-економічного вивчення означає достовірність визначення ефективності розробки запасів корисних копалин або достовірність визначення їх промислового значення.

За ступенем геологічного вивчення і достовірності накопичення виділяють розвідані (доведені) і попередньо розвідані (ймовірні) запаси, перспективні і прогнозні ресурси [30, 34, 54, 61, 66, 75].

Під терміном *«запаси»* розуміють кількість (обсяги) корисних копалин, підраховану в межах відкритих (ідентифікованих) родовищ корисних копалин, тобто в межах ділянок корисних копалин, придатність до промислового використання яких за кількістю, якістю й умовами залягання мінеральної сировини доведено. Отже, переведення об'єкта геологорозвідувальних робіт із категорії *«прояв корисної копалини»* у категорію *«родовище корисної копалини»* має спиратися на висновки геолого-економічної оцінки.

Розвідані (доведені) запаси – обсяги корисних копалин, що вивчені з повнотою, достатньою для опрацювання проектів будівництва гірничодобувних об'єктів та об'єктів з переробки мінеральної сировини родовища загалом або його ділянки. Підрахункові параметри цих запасів визначаються за даними безпосередніх вимірів або досліджень, виконаних у межах покладів за щільною сіткою, в поєднанні з обмеженою екстраполяцією. Розвідані запаси відповідають категоріям А+В+С1 колишньої класифікації, але тільки в загальному випадку. Залежно від складності геологічної будови родовищ і цінності корисних копалин до розвіданих належать (як і раніше) запаси різних категорій розвіданості. Так, по родовищах коштовних каменів у пегматоїдах – це запаси категорій С1 і С2; по родовищах нафти і газу – тільки запаси категорій А і В та частина запасів категорії С1, яка базується на даних дослідно-промислової розробки; по родовищах будівельних матеріалів – запаси категорій А+В, а запаси категорії С1 враховуються тільки при проектуванні можливого розширення підприємства. Визначення ознак розвіданих запасів для різних видів корисних копалин із детальністю, достатньою для їх оконтурення і встановлення просторових меж, конкретизуються в Інструкціях (Методичних вказівках) ДКЗ із застосування Класифікації до родовищ конкретних видів корисних копалин або їх груп. Із кваліфікаційних критеріїв категорій запасів будуть виведені їх якісні технологічні і гірничотехнічні характеристики [52, 53, 75, 83, 91]. Вони увійшли до складу ознак розвіданих і попередньо розвіданих запасів родовища.

Попередньо розвідані (ймовірні) запаси – це обсяги корисних копалин, що вивчені з повнотою, достатньою для встановлення промислового значення родовища загалом або його ділянки. Параметри цих запасів визначають переважно на основі екстраполяції даних безпосередніх вимірів чи досліджень у межах родовища за рідкою або нерівномірною сіткою і мають забезпечити правильний висновок щодо промислового значення родовища чи ділянки. В середньому попередньо розвідані запаси відповідають вимогам категорії С2 колишньої класифікації.

Під терміном «*ресурси корисних копалин*» мають на увазі кількість (обсяги) корисних копалин певного геолого-промислового типу, визначену (оцінену) як можливу для ідентифікації за межами відкритих родовищ, але в межах продуктивних площ із відомими родовищами корисних копалин того ж геолого-промислового типу або в межах перспективних площ, де промислові родовища ще невідкриті.

При визначенні ресурсів корисних копалин особливе значення має їх належність до відомого геолого-промислового типу, на основі чого роблять висновки як про кількісні та якісні характеристики, закономірності розміщення передбачуваних родовищ, так і про наявність промислових технологій для їх видобутку й переробки на товарну продукцію гірничого виробництва.

Перспективні ресурси кількісно враховують можливість відкриття нових родовищ (покладів) певного геолого-промислового типу, існування яких обґрунтовується позитивною оцінкою проявів корисних копалин, геофізичних, геохімічних та інших аномалій, природа і перспективність яких доведені, в межах продуктивних площ із відомими родовищами корисних копалин того ж геолого-промислового типу.

6.6. Особливості еколого-геологічних умов родовищ корисних копалин

6.6.1. Особливості компонентів вихідних еколого-геологічних умов родовищ корисних копалин

Основою мінерально-сировинного комплексу являється мінерально-сировинна база. У сучасний період біля 60% експортних надходжень до державного бюджету дає експорт мінеральної сировини та продуктів їх переробки. Але Україна вже ввійшла в етап виснаження надр. Свердловини на вуглеводневу сировину досягли глибини 5-6 кілометрів. Багатих залізних руд в Україні вже майже немає. Видобуток вугілля ведеться у середньому на глибинах понад 700 метрів.

При цьому, не зважаючи на все вищенаведене, економіка України продовжує формуватися під впливом мінерально-сировинного комплексу, який залишається основним елементом її структурної перебудови і суттєво впливає на підвищення життєвого рівня населення і покращання екологічних умов існування. Тому оптимізація системи державного регулювання користування надрами є невідкладним завданням сьогодення.

Для нашої держави стратегічно важливим є оптимізація напрямків формування мінерально-сировинної бази для підвищення рівня сировинної незалежності держави, створення концептуальних основ формування ресурсної політики в умовах поступового виснаження мінерально-сировинних ресурсів і відкритої ринкової економіки для

цілей збалансування структури промисловості та витрат на геологічне вивчення і освоєння надр, залучення інвестицій у мінерально-сировинний комплекс та зменшення його негативного впливу на навколишнє природне середовище України. Виникає потреба вдосконалення системи державного управління у сфері вивчення і використання надр та охорони довкілля.

Вихідними даними для проведення робіт слугували Конституція України, Кодекс України про надра, Гірничий закон України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України «Про угоди про розподіл продукції», Закон України «Про державну геологічну службу України», Закон України «Про нафту і газ», Закон України «Про відходи», Закон України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності» та інші нормативно-правові акти, які мають відношення до сфери користування [115-118].

6.6.2. Концептуальні засади сталого й екологічнобезпечного розвитку економіки

Людство нині вступило в якісно новий етап взаємодії з навколишнім природним середовищем, широкомасштабного використання його ресурсів. Сталий розвиток (англ. *Sustainable development*) – загальна концепція стосовно необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі. Термін «сталий розвиток», як добре відомо, введений у широкий вжиток Міжнародною комісією по навколишньому середовищу і розвитку (Комісія Брунтланд) у 1987 р. Під сталим розуміють такий розвиток, який задовольняє потреби нинішнього часу, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби. Тому при осмисленні таких глобальних і загальноцивілізаційних проблем як гармонізація і раціоналізація відносин людини з природою, сталий та екологічнобезпечний соціально-економічний розвиток будь-якої країни світу, треба враховувати особливості функціонування суспільства на сучасному етапі, закономірності природних еколого-геологічних і біосферних процесів і вплив на них інтенсивної виробничої діяльності, допустимі рівні антропогенних навантажень на навколишнє середовище та окремі його компоненти [2, 13–15, 30–32, 34, 51, 64, 72, 101, 125, 134, 152, 165].

По-перше, ресурси планети обмежені і мають чітко окреслені параметри та величини, а кількість народонаселення і його матеріальні потреби зростають досить високими темпами. Одночасно швидко збільшуються негативні техногенні навантаження на навколишнє середовище – забруднюються внутрішні водойми, моря та повітря, виснажуються і деградують ґрунти, скорочуються площі лісів, вичерпуються мінерально-сировинні й біологічні ресурси тощо.

По-друге, в процесі еволюції суспільства та розвитку матеріального виробництва виник і функціонує так званий антропогенний обмін речовин між людиною та природою. Такому обміну притаманний відкритий, незамкнутий характер. З точки зору як економіки, так і особливо екології він є нераціональним, недосконалим і природоруйнівним, оскільки зі збільшенням народонаселення та інтенсифікацією суспільного виробництва зростають обсяги різноманітних виробництв, у т. ч. й шкідливих, і таких, які природа не спроможна нейтралізувати та утилізувати, виробничих та невиробничих відходів.

По-третє, нинішній етап людської цивілізації нерозривно пов'язаний з всебічною інтенсифікацією та індустріалізацією матеріального виробництва на основі використання досягнень науково-технічного прогресу, широкомасштабного залучення до господарського обігу дедалі зростаючих обсягів природних ресурсів. Крім того, цей етап супроводжується також стрімкими темпами урбанізації. Все це зрештою призводить до надмірного загострення відносин суспільства з природним середовищем та поглиблення ресурсо-екологічної кризи майже в усіх регіонах планети.

Отже, дії суспільства мають бути обов'язково зрівноваженими й адекватними нинішній екологічній ситуації та не повинні вступати в суперечність з природними й екологічними законами, призводити до негативних і незворотних процесів у довкіллі. Тобто соціально-економічна поведінка суспільства не повинна підривати природну основу середовища життєдіяльності людини.

Виконання цих вимог може бути забезпечене тільки тоді, коли виробничо-господарська діяльність суспільства, напрями, способи, техніка і технологія ресурсокористування та природоперетворення ґрунтуватимуться на науково виваженому еколого-економічному прогнозі розвитку продуктивних сил. При розробці зазначених прогнозів, за допомогою яких має здійснюватися перехід на модель сталого й екологобезпечного соціально-економічного розвитку, необхідно керуватися такими основними принципами:

- пріоритет екології над економікою, екологічних критеріїв, показників і вимог над економічними, тобто при оцінці та виборі варіантів господарських, техніко-технологічних й організаційних рішень перевагу треба віддавати тим, які є кращими не лише за економічними, а насамперед за екологічними критеріями і показниками;
- оптимальне поєднання галузевого та територіального управління природокористування з охороною довкілля, переміщення центру ваги і відповідальності за вирішення ресурсо-екологічних проблем на місцеві органи влади й управління при збереженні за центром функцій контролю за невідмінним дотриманням суб'єктами господарської діяльності екологічних обмежень, нормативів і стандартів;
- жорсткий контроль за дотриманням вимог екологічного законодавства, відповідальне використання ринкових та державних економічних інструментів, адміністративних важелів регулювання екологічних відносин, систем і методів ресурсокористування та природоохорони;
- інтеграція екологічного й економічного підходів до розвитку і розміщення продуктивних сил держави в єдиний еколого-економічний підхід за допомогою прогнозування, планування, проектування й будівництва народногосподарських об'єктів з розробленням і використанням інтегральних еколого-економічних критеріїв, показників, нормативів і стандартів;
- формування системи управління ресурсокористуванням, виходячи з науково-обґрунтованих принципів і положень техно-геологічних систем об'єктів виробничих підприємств.

Збереження й оздоровлення довкілля, раціональне, екологобезпечне та високоефективне використання природних ресурсів слід віднести сьогодні до найважливішого складового чинника соціально-економічної політики держави. Раціональне, ощадливе природокористування, охорона довкілля, екологобезпечне ведення справ мають включатися як провідні чинники будь-якої господарської діяльності, розвитку суспільного виробництва та бізнесу.

6.7. Стратегія раціонального використання ресурсів і екологічної безпеки економічного розвитку України

Стратегія раціонального використання ресурсів і екологічної безпеки економічного розвитку України, яка зрештою визначає її економічну незалежність і суверенність, на сучасному етапі полягає в пе-

реході від здійснення окремих або навіть комплексних заходів щодо ресурсозбереження, охорони природних ресурсів до розроблення і реалізації еколого-економічної концепції всебічної раціоналізації суспільного виробництва та забезпечення його сталого еколого-економічного функціонування [3, 34, 46–49, 55, 64, 66, 69, 75, 85–89, 119, 120, 135, 136, 148, 152, 168].

Спрямованість і зміст взаємодії суспільства в плані виробничої діяльності з навколишнім середовищем нині зумовлюються рядом чинників:

1. соціально-економічною системою, в якій суспільство функціонує і розвивається;
2. необхідністю і можливостями використовувати природні ресурси для створення належних умов життя та підтримання досягнутого рівня, матеріальними потребами й рівнем життя населення;
3. структурою економіки, технологією виробництва й закономірностями соціального розвитку; від цього залежать величина та рівень сумарних техногенних навантажень на геологічне середовище, стан довкілля в кожному конкретному регіоні та державі в цілому.

Взаємодія суспільства та природи є не що інше, як постійне розв'язання суперечностей між необхідністю охороняти природні ресурси і потребою їх споживати, використовувати, погіршуючи тим самим їх стан або взагалі вичерпуючи певні ресурси чи компоненти довкілля.

Стратегія ресурсо-екологічної безпеки соціально-економічного розвитку країни органічно зв'язана як з вибором цілей та пріоритетів використання навколишньої природи, освоєння, видобування й споживання її ресурсів як основи людської життєдіяльності, так і з вибором цілей збереження сприятливих природних умов існування людини, намаганням економно витратити природні ресурси, зменшити техногенне навантаження на геологічне середовище і біосферу та усунути негативні екологічні наслідки господарської діяльності. Концептуальну основу сучасної стратегії ресурсокористування, забезпечення і розвитку народного господарства України мають становити такі основні принципи:

1. техногенне навантаження на довкілля, біосферні ресурси та об'єкти не має перевищувати можливості їх природного відновлення та самоочищення;

2. застосування сучасних технологій, які мають ґрунтуватися, як правило, на безвідходності виробництва, а також на ефективних методах знешкодження й відновлення відпрацьованих природних ресурсів (відходів), що повертаються у навколишнє середовище;

3. всі види господарської діяльності, ресурсокористування й природоперетворення слід здійснювати з обов'язковим урахуванням еколого-економічних чинників, законів, критеріїв доцільності та вимог раціональності.

Особливого значення тепер набувають питання формування раціональної та дієвої системи державного регулювання й управління ресурсокористуванням і природоохороною, ресурсо-екологічною безпекою на національному, регіональному й місцевому рівнях стосовно до умов ринкової економіки. Ця система має бути спрямована на реалізацію сучасної еколого-економічної стратегії використання ресурсів та досягнення високого рівня ресурсо-екологічної безпеки регіону і держави. Вона має ґрунтуватися на застосуванні комбінації взаємоузгоджених цілей, засобів і еколого-економічних критеріїв прийняття рішень у сфері ресурсокористування, природоохорони й вирішення ресурсо-екологічних проблем з мінімальними затратами праці та коштів, а також на чітко визначених еколого-економічних пріоритетах.

Екологічні проблеми нині мають глобальний і зрештою загальнодержавний характер для окремо взятої країни. Проте вирішуватися вони мають на регіональному та локальному рівнях. Успіх у цій важливій справі значною мірою залежить не лише від послідовної державної економічної та екологічної політики, а й від того, наскільки дієвими та ефективними є регіональна модель ресурсокористування і механізми її практичної реалізації.

Важливо окреслити екологічні аспекти міжнародного економічного та науково-технічного співробітництва України. Розширення та зміцнення механізмів зовнішньоекономічних зв'язків у сфері екології, розповсюдження позитивного досвіду зарубіжних країн щодо раціоналізації ресурсокористування й поліпшення природоохорони можуть стати важливим чинником зміцнення як національної, так і міжнародної ресурсо-екологічної безпеки, орієнтації світового співтовариства на пошук ефективних шляхів, методів і техніко-технологічних засобів вирішення нагальних глобальних та регіональних екологічних проблем.

Особливого значення проблема дотримання вимог ресурсо-екологічної безпеки набуває при створенні та функціонуванні трансконтинентальних нафто- і газопроводів, автомагістралей та інших

транспортних коридорів, які пролягають (або тих, що проектується) через територію України. Одним з найважливіших принципів створення та функціонування трансконтинентальних транспортних коридорів, вільних економічних зон, спільних підприємств за участю іноземного капіталу тощо слід вважати всебічне й обов'язкове врахування ресурсо-екологічних чинників, критеріїв, стандартів і обмежень при будь-яких видах спеціалізації їх господарської діяльності.

Прогнозування стану довкілля та природних ресурсів повинно ґрунтуватися на оцінці сучасної еколого-економічної ситуації й існуючих тенденцій у використанні природних ресурсів, рівня та характеру забруднень навколишнього середовища на основі перспектив соціально-економічного розвитку України та окремих галузей її народного господарства.

Запитання для контролю

1. Геологія родовищ корисних копалин – загальне розуміння.
2. Описати чотири процеси, що лежать в основі ієрархічної систематики родовищ корисних копалин.
3. Визначення системи геологічних процесів у геології родовищ корисних копалин.
4. Запаси корисних копалин, їх розподіл за ступенем достовірності їх вивчення.
5. Параметри кондицій і загальні прийоми їх визначення (обґрунтування).
6. Методика підрахунку запасів твердих корисних копалин.
7. Умови виділення типів і сортів корисних копалин при підрахунку запасів.
8. Генетична класифікація родовищ корисних копалин.
9. Проблеми раціонального надрокористування.
10. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин.
11. Основні чинники, що визначають промислову цінність родовища
12. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр.
13. Проблеми зниження шкоди довкілля від природних і природно-техногенних катастроф.
14. Вплив гірничого виробництва на екологію довкілля.
15. Критерії оцінювання стану довкілля при видобутку корисних копалин.
16. Екологічні проблеми, пов'язані з видобутком корисних копалин. ресурсно-екологічна безпека

РОЗДІЛ 7. КОРИСНІ КОПАЛИНИ УКРАЇНИ

Україна входить до числа провідних мінерально-сировинних держав світу. Поєднання різновікових (від архею до кайнозою) структурних елементів, що сформувалися внаслідок вияву всіх властивих становленню земної кори процесів, обумовило широкий діапазон корисних копалин, що складають мінерально-сировинну базу країни. Україна, яка займає всього 0,4 % земної суші і де проживає 0,8% населення планети, має в своїх надрах 5% мінерально-сировинного потенціалу світу.

В Україні розвідано 20 тис родовищ та проявів, 111 (за іншими джерелами 200) видів корисних копалин зі 120, що використовує людство сьогодні. З них 7807 родовищ 94 видів корисних копалин мають промислове значення і враховуються Державним балансом запасів. Найбільше економічне значення мають кам'яне вугілля, нафта і газ, залізні і марганцеві руди, самородна сірка, кам'яна і калійна солі, нерудні будівельні матеріали, мінеральні води [4, 10, 11, 19–21, 59, 66, 69, 78–81, 85–88, 93, 94]. Їх родовища знаходяться у різних геологічних регіонах України. За розвіданими запасами деяких корисних копалин Україна випереджає РФ, США, Великобританію, Францію, ФРН, Канаду та ін. Зокрема, за запасами і видобутком залізних, марганцевих, титано-цирконієвих руд, багатьох видів неметалічної сировини Україна в кінці ХХ ст. посіла провідне місце серед країн в усьому світі.

7.1. Горючі корисні копалини

7.1.1. *Нафта і природний газ*

На кінець ХХ ст. в Україні відомо близько 350 родовищ вуглеводнів (нафти, газу і конденсату) у трьох нафтогазоносних регіонах: Західному, Східному та Південному. Державним балансом запасів враховано 133 родовища нафти, 151 родовище газового конденсату та 289 родовищ природного газу (з них газових 79 родовищ; більшість родовищ комплексні: газоконденсатних – 98; нафтогазоконденсатні – 53 родовища; газонафтові і нафтогазові – 11 родовищ) (табл. 7.1).

Початкові розвідані запаси нафти та газового конденсату категорії А+В+С1 на 01.01.1998 р. становили відповідно 433,9 млн т та 140,8 млн т. Враховуючи ступінь розвіданості початкових потенцій-

них ресурсів нафти (близько 33%) і газового конденсату (близько 37 %) і ступінь виробленості (відповідно близько 22 % та 16 %) потенційні видобувні ресурси нафти, які залишаються в надрах на кінець ХХ століття, оцінюються в 1043 млн т, газового конденсату – 316 млн т. З них нерозвідані ресурси – 896 млн т нафти та 295 млн т конденсату.

Балансові запаси горючих газів категорії А+В+С1 на 01.01.1998 р. складають 1136 млрд м³, позабалансові – близько 10 млрд м³. Перспективні ресурси газу категорії С3 оцінюються в 712 млрд м³ (139 перспективних площ на 47 родовищ). Прогнозні ресурси категорії D1+D2 – 2816 млрд м³, в тому числі вільного газу – 2651,8 млрд м³.

За іншими даними [10] на перспективній площі, яка складає біля 40 % всієї території країни, потенційні ресурси вуглеводнів оцінюються в 8643,7 млн. т умовного палива. З них природний газ становить 79,8, нафта – 12,5, конденсат – 5,3 і розчинений в нафті газ – 2,4 %. У межах суші зосереджено 6264,8, а на акваторіях Чорного і Азовського морів – 2378,9 млн т умовного палива (все – станом на 2000 рік).

Станом на 01.01.2000 Державним балансом України враховано 320 родовищ вуглеводневої сировини, 138,283 млн т нафти, 1 118 млрд м³ газу, 79 483 тис т конденсату.

Основною є Дніпровсько-Донецька нафтогазоносна область, відкрита в 1950-і рр., з перспективною площею близько 78 тис км². Нафтові і газові поклади приурочені до нещільних зон порід кристалічного фундаменту і відкладів девонського, кам'яновугільного, пермського, тріасового і юрського віку. Вони містяться в теригенних і карбонатних породах. Нафта малосірчиста, містить багато легких фракцій, густина її 850–860 кг/м³. Газ метановий (до 98,5 %), сума важких вуглеводнів змінюється від десятих часток до декількох%. Кількість продуктивних горизонтів – 45, потужність нафтогазоносних відкладів близько 1000 м. Нафтові відклади залягають переважно на глибині до 4500 м, газові і газоконденсатні – до 5000–6000 м. Найбільші родовища газу – Шебелинське, Західно-Хрестищинське, Єфремівське (сумарні запаси перевищують 970 млрд м³). Найбільші нафтові родовища – Лесяківське, Гнідницьке, Глинсько-Розбищівське, які дали понад 70 % нафти Дніпровсько-Прип'ятської газонафтоносною провінції.

Карпатська нафтова область охоплює Передкарпаття, Українські Карпати і Закарпаття. Більшість родовищ тяжіють до Передкарпат-

ського прогину. Поклади нафти зосереджені в палеогенових, а газу – у верхньоюрських, верхньокрейдових та міоценових відкладах. Глибина залягання нафтових родовищ 500–4800 м, газових 100–5000 м. Поклади вуглеводнів приурочені головним чином до піщаних, рідше карбонатних товщ. Нафта малосірчиста, вміст парафіну 7–10%, густина 800–900 кг/м³, газ метановий (93–99 %). Найбільші родовища – Долинське і Бориславське.

Причорноморсько-Кримська нафтогазоносна провінція охоплює Причорноморську западину з Кримським півостровом, акваторію Чорного і Азовського морів. Тут розвідано понад 60 родовищ нафти і газу. Промислові газові, газоконденсатні та нафтові поклади розташовані в палеогенових і нижньокрейдових гірських породах на глибині 100–4500 м. У підводних надрах Чорного моря родовища газу є на глибині 300–750 м. Найбільші газові родовища – Штормове, Фонтанівське, Голицинське. Переважна більшість вуглеводневих родовищ пов'язана з зонами глибинних розломів.

За оцінками експертів у Східному районі доцільно особливо уважно вивчити промислову газоносність стратиграфічно- і літологічно-екранованих пасток, карбонатних порід різного віку, докембрійських і девонських утворень. У Західному регіоні перспективними на нафту і газ є піднасувні частини геологічних розрізів, а також глибокі горизонти Передкарпаття і Карпат. У Південному районі найбільш перспективні піднасувні комплекси Переддобруджинського прогину і палеозойські карбонатні товщі Західного Причорномор'я.

Оцінка ресурсів і запасів метану вугільних родовищ в Україні за різними джерелами різна. За даними Геоінформу ресурси метану у вугільних пластах становлять 491 млрд м³, а за межами діючих шахт – 592 млрд м³. Ресурси вільного метану у вмісних породах складають 37,65 млрд м³. За даними різних експертів (В. М. Івашин, В. І. Саранчук та ін.) оцінка запасів метану коливається від 4 трлн м³ (1998) до 12 трлн м³ (2002).

7.1.2. Вугілля

Вугілля є єдиною вуглеводневою викопною сировиною, запаси якої можуть забезпечити потреби промисловості і енергетики України в найближчі 200–500 років. У паливно-енергетичному балансі України вугілля займає провідне місце. Якщо в структурі світових

запасів вуглеводневої викопної сировини вугілля становить 67 %, нафта – 18% і газ – 15%, то в Україні відповідно 94,5 %, 2 % і 3,6 % (за іншими даними: вугілля – 97,4 %; нафта і газ – 2,6 %).

Ресурси вугілля в Україні до глибини 1500 м за станом на 01.01.1999 р. складають 117,2 млрд. т, з яких 45,8 млрд т розвідані балансові запаси, в числі яких 32,1 млрд т – енергетичне вугілля і 13,7 млрд т – коксівне. Запаси кам'яного вугілля категорій А+В+С1 в Україні на кінець ХХ століття за українськими джерелами склали близько 43,1 млрд т, категорії С2 – 10,1 млрд т. Запаси кам'яного вугілля зосереджені в Донецькому і Львівсько-Волинському басейнах (94,9 % від загальних запасів вугілля України – 92,4 % – в Донецькому і 2,5 % – у Львівсько-Волинському). Понад третини запасів цих басейнів – коксівне вугілля. Вугленосними є теригенно-карбонатні гірські породи кам'яновугільного віку.

На 2000 рік розвідані запаси промислових категорій вугілля Донбасу становлять 57,5 млрд т і перспективні ще 18,3 млрд т. Найбільші запаси газового вугілля – 27,5; запаси антрацитів становлять 13,8; коксівного вугілля – 9,8; пісного – 6,3 млрд т. При річному видобутку 100 млн т цих запасів вистачає на 570 років.

Умови залягання вугілля в Донбасі складні: глибина – 1200 м, товщина пластів – 0,5-2,0 м, висока крутизна падіння пластів. Це ускладнює видобуток вугілля і зумовлює його високу собівартість. Видобуток вугілля у Львівсько-Волинському басейні менш складний, товщина пластів тут досягає 2 м і запаси становлять 1 млрд т.

Родовища бурого вугілля зосереджені у Дніпровському вугільному басейні, частково в межах Донецького басейну, а також в Закарпатській, Полтавській, Харківській областях. Більшість промислових покладів пов'язана з гірськими породами палеогену і неогену. Головні родовища – Коростишівське (Житомирська область), Звенигородське (Черкаська область), Олександрійське (Кіровоградська область), а також Андрушівське, Козацьке, Новомиргородське, Морозівське та ін. Балансові запаси бурого вугілля складають близько 5% від загальних запасів вугілля України. В абсолютних оцінках запаси бурого вугілля категорій А+В+С1 в Україні на кінець ХХ ст. за українськими джерелами склали близько 2,6 млрд т, категорії С2 – 0,3 млрд т.

На початку ХХІ століття запаси бурого вугілля за оцінками складають 2-6 млрд т, у тому числі 0,5 млрд т придатні для відкритого видобутку.

7.1.3. Горючі сланці

На межі Кіровоградської і Черкаської областей відкриті запаси горючих сланців (3,7 млрд т). Основні їх поклади зосереджені в Бовтишській западині і приурочені до гірських порід палеогену. Виділено 5 горизонтів потужністю 2–40 м, що залягають на глибинах 180–500 м. Вміст керогену 30–40%, вихід смол 10–20%, зольність 50–60%, теплота згоряння 10–16 МДж/кг. Поклади горючих сланців виявлені також в межах Дніпровсько-Донецької западини, Волино-Подільської плити, в Карпатах і Кримських горах. Менілітові сланці у великій кількості залягають у Карпатах.

7.2. Рудні корисні копалини

7.2.1. Залізо

За розвіданими запасами залізних руд перші три позиції займають Україна, Росія, Австралія (станом на 2000 рік). При цьому відносні оцінки їх частки у світових запасах за різними джерелами різні. Вітчизняні джерела наводять таке співвідношення розвіданих запасів заліза в країнах світу: Україна – 16 %; Росія і Австралія – по 15 %; Китай – 11 %; США – 9 %; Бразилія і Казахстан – по 6 %; інші країни – 22% [ж-л «Мінеральні ресурси», 2000]. Російські аналітично-інформаційні джерела наводять інші дані щодо розвіданих запасів залізних руд: Росія – 16,9 %; Австралія – 10,4 %; Україна – 9,7 %; США – 9,3 %; Китай – 5,2 % (1999).

Загальні запаси залізних руд в Україні оцінюються в 27,4 млрд т (категорія А+В+С1). З 88 родовищ 60 розташовані в Криворізькому басейні, запаси якого становлять 18,7 млрд т. Запаси залізної руди в Кременчуцькому басейні оцінюють в 4,5 млрд т, а в Білозерському залізорудному районі (Запорізька область) вони становлять 2,5 млрд т. У Керченському родовищі залягає 1,4 млрд т. Прогнозні запаси залізних руд в Україні оцінюються в 20 млрд т. Значна їх кількість залягає близько до поверхні і видобуток ведеться відкритим способом. Зарубіжні експерти оцінюють запаси залізних руд в Україні в 30 млрд т. [24–26].

За матеріалами Державного інформаційного геологічного фонду України запаси залізних руд категорій, що не розробляються А+В+С1 оцінюються в 26,1 млрд т, а категорії С2 – в 4,3 млрд т; запаси категорій,

що розробляються А+В+С1 становлять 17,7 млрд т, категорії С2 – 2,7 млрд т. Серед руд родовищ основного Криворізького басейну виділяються багаті (магнетитові і гематит-магнетитові з середнім вмістом заліза 58,1 %) і бідні (залістисті кварцити з середнім вмістом заліза 33,3%).

Родовища залізних руд метаморфогенні, пов'язані з залістисто-кременистими формаціями докембрію (Кривбас, Кременчуцький, Приазовський, Білозерський та інші райони) і осадовими породами неогену (Керченський басейн). Основні запаси пов'язані з першим типом. Серед них виділяють: багаті руди (вміст Fe 46–70 %) та залістисті кварцити (10–45 %). Багаті руди переважно гематитові. Рудні тіла пластові, стовпоподібні (діатреми, сталактити тощо) та лінзові товщиною від 2–4 до 100–120 м. Залістисті кварцити за мінеральним складом поділяються на магнетитові і гематитові (окиснені). Потужність промислових пластових рудних тіл від 10 до 500–600 м. Осадові залізні руди представлені пластами (від 2–3 до 15 м) бурих оолітових залізників переважно гідроґотитового складу (вміст Fe 32–40%).

За даними Криворізького технічного університету на 2000 рік загальні розвідані запаси залізних руд в Україні становили 32,597 млрд т, в тому числі промислові 28,124 млрд т. З них 68,5 % руд зосереджено в Криворізькому залізорудному басейні, у Кременчуцькому залізорудному районі промислові запаси залізняка становлять 4,65 млрд т, а в Білозерському 0,543 млрд т. Приазовський залізорудний район є резервною базою, де зосереджено близько 3,0 млрд т розвіданих запасів руд, з яких 0,9 млрд т – легкозбагачувані високоякісні магнетитові кварцити.

7.2.2. Марганець

За запасами і ресурсами марганцевих руд Україна займає 1-е місце в Європі і 2-е місце у світі (після ПАР). Головні запаси (близько 2,28 млрд т.) зосереджені в Нікопольському марганцеворудному басейні (33 % розвіданих запасів країни) і Велико-Токмацькому родовищі (67 %).

Руди осадові, приурочені до відкладів олігоцену. Рудні пласти, що залягають на глибині 10–100 м, мають товщину 0,65–3,6 м (середня – 2 м), є теригенна пачка з включеннями конкрецій, пізолітів, оолітів, прошарків рудної речовини. Вміст Mn 14,5–32,1 %. Виділяють три типи руд: карбонатні (77 % запасів України при середньому вмісті марганцю 21,9 %, переважна їх частина – у Велико-Токмацькому

родовищі), оксидні (15% запасів країни при вмісті марганцю 28,6%, переважають на Нікопольському родовищі) і змішані (8% запасів при середньому вмісті 25%). Руди фосфористі (в середньому 0,25%).

Головні родовища: Велико-Токмацьке, Зеленодільське, Орджонікідзівське, Марганцівське. Запаси марганцевих руд України категорій А+В+С1 на 01.01.98 р. склали 2,27 млрд т. (на 2000 р. – 2,5 млрд т). На початку ХХІ ст. проводяться пошуки оксидних і оксиднокарбонатних марганцевих руд в інших районах Українського щита; найбільш перспективними вважаються межиріччя Дніпра та Інгульця, Інгулу та Інгульця.

7.2.3. Мідь

В кінці ХХ ст. в межах Волино-Подільської плити в трапових покривах базальтів в інтервалі глибин 200-600 м відкриті великі запаси самородної міді, аналог відомих родовищ району Великих Озер (США). Прогнозні ресурси міді категорій Р1+Р2+Р3 з вмістом від перших до декількох десятків відсотків оцінюються в 25 млн т. Крім того, тут є попутне золото, срібло, метали платинової групи.

7.2.4. Алюміній

Мінеральною базою алюмінію в межах України є родовища бокситів, нефелінових руд та алунітів. Україна бідна на боксити – виявлено лише Зродовища (всі – на Українському щиті): Високопільське, Нікопольське та Смілянське. Вони приурочені до кір вивітрювання докембрійських утворень Українського щита. Держбаланс запасів враховує лише Високопільське родовище залізистих бокситів. Руда низької якості. Запаси категорій А+В+С1 на 01.01.98 р. 18,9 млн т. Запаси нефелінових руд Мазурівського і Калино-Шевченківського родовищ складають близько 2,9 млрд т, однак переробка руд цього типу вимагає значних енергозатрат й істотної модернізації технологічного процесу. У зв'язку з цим всі родовища поки не освоєні. Крім того, є запаси алунітів у Закарпатті.

7.2.5. Кобальт і нікель

Ресурси і запаси кобальту в Україні незначні: підтверджені запаси 8 тис т (0,1 % світових), вміст кобальту 0,04 %. Україна має незначні підтверджені запаси нікелю – 190 тис т, що складає 0,4 % від світових запасів.

Невеликі родовища кобальт-нікелевих руд виявлені на Побужжі (6 родовищ – Капітанівське, Деренюхське та інші) і в Придніпров'ї (4 родовища – Девладівське, Тернівське та інші). Вони пов'язані з корою вивітрювання серпентинітів. Їх розвідані запаси складають близько 200 тис т нікелю. Рудні поклади складені нонтронітами, бурими залізняками і вохрою з середнім вмістом Ni 1 % і Co 0,1 %. Ресурси силікатних руд нікелю в Побузькому районі становлять 469 тис т металу, а в межах Середнього Придніпров'я – 1,1 млн т. Сульфідно-нікелеве зруденіння встановлене в габродолеритах Північно-Західного району Українського щита (Прутовська площа), де перспективні ресурси руд (з середнім вмістом нікелю 0,55, кобальту 0,012 і міді 0,254 %) становлять 14,6 млн т.

7.2.6. Поліметали

Родовища і прояви свинцево-цинкових руд відомі в фанерозойських утвореннях Закарпаття (Мужіївське, Берегівське, Беганське), на Донбасі (Нагольний кряж, Слов'янське) і в Передкарпатті (Волинський прогин). Промисловий інтерес представляють закарпатські вулканогенні гідротермальні родовища і епітермальне Біляївське (Харківська область). Держбалансом запасів враховується 4 родовища: Мужіївське, Берегівське, Беганське і Пержанське комплексне цинкове родовище. Всього в Україні на кінець XX ст. запаси свинцю категорій А+В+С1 склали за оцінками 302 тис т, а цинку 724 тис т.

Зруденіння поліметалів Закарпаття пов'язане з міоцен-паннонськими вулканічними зонами і масивами, характеризується вузловим розподілом і приурочене до внутрішніх вулканічних дуг. Родовища складені вулканітами (андезити) та їх похідними. Розміщення рудних тіл контролюється розривними структурами, ділянками розвитку експлозивних брекчій, зонами інтенсивного проникнення і пористості. Жильні рудні тіла мають потужність до 5 м, містять Pb до 2%, Zn 3–4,5 %, а також срібло.

На Нагольному кряжі відомо понад 500 рудних зон. Рудні тіла контролюються розривними порушеннями. Потужність рудних жил в гірських породах нижнього і середнього карбону – до 5 м. Поліметалічна мінералізація Слов'янської брахіантикліналі знаходиться у відкладах верхньої пермі. Потужність рудних тіл 0,1–8 м. Вміст Pb 1%, Zn 3–10%. Зруденіння бітумно-поліметалічного типу. На Біляївській солянокупольній структурі свинцево-цинкове зруденіння приу-

рочене до надсоляної брекчії і дронівської світи нижньої пермі. Вміст Pb 0,1–10,3%, Zn 0,36–15,72%. Перспективні ресурси становлять 1,11 млн т з середнім вмістом суми свинцю і цинку в руді 6,14%.

7.2.7. Рідкісні метали

Родовища рідкісних металів України, різноманітні за віком, складом та походженням, виявлені в межах Українського щита (головним чином в докембрійських утвореннях). Рудні об'єкти є у Волинському, Подільському, Центральному, Криворізько-Кременчуцькому і Приазовському районах. Всі відомі рудопрояви приурочені до гранітних пегматитів, берилієвих лужних метасоматитів, фосфорвмісних основних лужних гірських порід, карбонатитів, нефелінових та лужних сієнітів.

За формаційно-парагенетичною класифікацією рідкіснометалічні родовища України поділяють на 4 типи:

1. формація рідкіснометалічних пегматитів (Балка Крута, Шевченківське, Полохівське, Стонковатське);
2. габро-сієнітова формація (Азовське, Балка Мазурова);
3. лужно-основна формація (Новополтавське);
4. рідкіснометалічні метасоматити (Жовторічинське, Першотравневе, Калинівське, Лозоватське, Південне).

Потужним джерелом рідкісних металів можуть стати також нерідкіснометалічні родовища, зокрема:

- розсипні ільменітові, пов'язані з вивітрюванням основних порід плутонів (перспективні на скандій, ванадій), а також ільменіт-рутил-цирконієві прибережноморські розсипи (тантал, ніобій, скандій, циркон, гафній, ванадій);
- каолінові (Глуховецьке, Турбівське, Просянівське) з монацитом та ксенотимом. У пісках родовищ, які йдуть у відвали, вміст монациту сягає 1,5 кг/т;
- хлоридні високомінералізовані води Дніпровсько-Донецької западини та інших структур (літій, рубідій, цезій), а також мінералізовані, часто термальні води в районах прояву молодого вулканізму (літій, цезій);
- техногенні родовища.

Розвідані запаси і ресурси деяких з об'єктів (рудопроявів, родовищ) класифікують як великі і навіть унікальні для руд цирконію, гафнію, літїю, берилію, скандію, танталу, ніобію, ітрію, лантаноїдів (2000). На Приазовському блоці виявлені і станом на 2000 р. розвідуються великі родовища рідкісних і рідкоземельних металів (Азовське, Мазурівське).

За 1990-і роки в Україні розвідано ряд перспективних рідкіснометалічних родовищ берилію, цирконію, літію, танталу, ніобію та ін. Також виявлені нові типи комплексних руд, що містять скандій, ванадій, галій та ін.

На початку XXI ст. особливо перспективними вважаються такі рудні об'єкти: Пержанське родовище берилію; Ястребецьке флюорит-циркон-рідкісноземельне родовище; Малишівське ільменіт-цирконове родовище; Полохівське, Шевченківське, Станковатське родовища літію; Азовське циркон-рідкіснометалічне; Жовторічниське скандій-ванадієве; Мазурівське циркон-рідкіснометалічне; Вербинське молібденове; Західно-Сергіївське золото-молібденове; Новополтавське апатит-рідкісноземельне; Стремигородське, Федорівське, Видиборзьке та Крапивенківське апатит-титаномагнетит-рідкіснометалічне родовища.

За так званим коефіцієнтом унікальності (відношення прогнозних ресурсів елементів до їх кларку в земній корі) найбільші рідкіснометалічні родовища України віднесені до таких категорій. На Українському щиті за запасами:

- ніобію: гігантським родовищем можна вважати Чернігівське (Новополтавське), крупними – Октябрське та Яструбецьке;
- цирконію: гігантським – Яструбецьке, середніми – Чернігівське, Октябрське, Азовське;
- рідкісних земель: крупними – Чернігівське та Яструбецьке, середніми – Октябрське і Азовське;
- танталу: крупними – Чернігівське та Октябрське;
- стронцію: крупним – Чернігівське;
- молібдену: крупними – Вербинське та Східно-Сергіївське, середнім – Балка Мазурова;
- літію: середнім – Полохівське родовище в петалітових пегматитах.

7.3. Дорогоцінне та декоративне каміння

Дорогоцінне та декоративне каміння є важливим елементом мінерально-сировинного комплексу України. Стан вивченості українських каменів незадовільний. Винятком є самоцвіти Волині, альмандин Закарпаття, опал Катеринівського прояву та квадрит Жовторічниського родовища. Розвідано 8 родовищ і виявлено понад 300 проявів близько 40 видів ювелірного та ювелірно-виробного каменю. Всі вони, а також родовища та рудопрояви декоративного каменю зо-

середжені головним чином у 4-х геологічних структурах: Українському щиті, Карпатських та Кримських горах і Дніпровсько-Донецькій западині. Кожна з них має власний перелік корисних копалин і відмінну від інших геологічну будову.

Таблиця 7.1.

Динаміка видобутку основних видів корисних копалин за роками

Корисні копалини	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Нафта та конденсат, млн т	4,23	4,38	4,29	4,21	4,0	3,56	3,03	3,2	3,07	2,73	2,46
Газ природний, млрд м ³	20,50	20,76	20,58	21,041	21,2	20,4	20,6	20,5	21,45	20,5	19,9
Вугілля кам'яне, млн т	52,80	52,97	50	50,91	48,0	49,29	54,38	55,5	68,8	64,9	39,75
Вугілля кам'яне, млн т, (Держкомстат)	77,73	79,94	75,3	77,65	72,3	75,2	81,7	85,9	76,5		
Вугілля буре, млн т	0,27	0,28	0,2	0,05	0,02	0,004	0,015	0,002	0,005		
Залізна руда, млн т	160,15	159,61	170,32	158,73	145,3	163,9	174,2	173,1	177,4	176,1	172,0
Залізна руда, млн т, (Держкомстат)	160,1	159,6	170,3	157,5	145,3	167,9	171,7	173,1	177,4		
Марганцева руда, млн т	5,57	5,62	5,84	5,05	2,7	4,84	3,4	2,9	3,6	3,45	3,67
Титанова руда, тис т											
Сіль калійна, тис т	18,0	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль кухонна, млн т	6,71	7,15	7,21	4,77	5,6	4,4	6,42	6,79	6,44		
Сірка самородна, тис т	224,0	11,0	-	6	-	-	-	-	-		
Глини бентонітові, тис т	551,4	455,8	401,82	243,6	182,9	238,6	276,68	305,1	256,5		
Каолін, млн т	1,91	1,93	2,37	1,80	1,43	1,73	2,08	2,06	2,10		
Ваніюк фосфорний, млн т	25,21	25,97	27,08	24,1	16,64	3,71	20,48	16,93	46,42		
Глина вогнетривка, млн т	5,68	5,8	6,21	5,0	2,68	3,23	5,09	5,5	4,4		
Пісок формувальний, млн т	9,02	9,27	9,89	9,0	8,3	11,5	10,6	10,6	12,3		
Камінь будівельний, млн м ³	22,11	24,24	32,99	37,0	25,85	30,04	32,92	32,9	34,3		
Сировина цементна, млн т	15,41	17,4	19,88	19,6	8,17	8,22	11,53	9,7	10,1		
Метан вугільних родовищ, млн м ³	-	-	-	8,11	52,3	11,26	17,2	9,52	8,24		

(ДНВП «Геоінформ України» Стан запасів родовищ корисних копалин України) [Електронний ресурс <http://geoinf.kiev.ua/mineralno-syrovynna-baza-ukrayiny/stan-zapasiv-rodovishch-korysnykh-kopalyn-ukrayiny/>]

У геологічних утвореннях України виявлено таке дорогоцінне каміння: алмаз, рубін, моріон, димчастий кварц, гірський кришталь, аметист, цитрин, хризопраз, опал, топаз, фенакіт, циркон, хризоліт, піроп, альмандин, смарагд, геліор, аквамарин, турмалін, бурштин, халцедон, сердолик, агат, кривавик, тигрове, котяче та соколине око, родоніт, нефрит, лабрадор, амазоніт, содаліт, рожевий кварц, кремій, яшма, уварцит, джеспіліт, обсидіан, скам'яніле дерево, чорноморит, унгварит, пірофіліт, родохрозит, мармуровий онікс, мармур, гагат та ін.

Найбільш відомі родовища коштовних каменів в Україні: Волинське (топаз, берил, кварц, графічний пегматит), Клесівське (бурштин), Головинське та Федорівське (іризуючий лабрадор), Калюсицьке (мармуровий онікс), Прилуцьке (родоніт, родохрозит), Кур'янівське та Нагорнянське (агальматоліт). Найбільш унікальні родовища знаходяться в межах Українського щита. В цілому, запаси кольорових каменів є у Волинській і Рівненській областях, Приазов'ї і Кривому Розі. Тут трапляються берил, топаз, бурштин, аметист, агат, яшма, гірський кришталь.

Алмази всіх відомих генетичних типів виявлені в кінці ХХ ст. на Українському щиті, Донецькій складчастій споруді і Скіфській плиті. Відкриттям 1999–2000 рр. стали перші 168 алмазів з кімберлітових структур Приазов'я.

7.4. ТГС родовищ корисних копалин як техногенне джерело трансформації еколого-геологічних умов територій

7.4.1. Гірничо-геологічні умови розробки родовищ корисних копалин

Гірничо-геологічні умови розробки родовищ є одним з основних факторів, від яких залежить обсяг витрат на видобуток корисних копалин, проходку гірничих виробок та облаштування родовищ і який, таким чином, визначає економічну ефективність (рентабельність) розробки родовищ. Гірничо-геологічні умови розробки родовищ корисних копалин визначаються їх геологічною будовою, потужністю покладів, глибиною залягання, стадією розробки та інше. Отже, цей фактор також повинен враховуватись при встановленні єдиних диференційованих нормативів плати.

Другим визначальним фактором є якісні параметри самих корисних копалин. Мається на увазі вміст корисного компоненту, склад і кількість домішок, фізико-механічні та гранулометричні параметри, нарешті, показники декоративності (для облицювального каміння) тощо. Всі вони також прямо впливають на рентабельність виробництва чи через технологічні витрати, чи через цінові показники, чи через те та інше.

Встановлення диференціації нормативів плати від кожного з цих двох груп параметрів є надзвичайно складним. Тому методика встановлення диференційованих нормативів плати за видобуток корисних копалин враховує лише основні параметри гірничо-геологічних умов розробки родовищ і якісних властивостей корисних копалин.

Ці групи параметрів безпосередньо впливають на рівень доходів і рентабельність їх видобутку, що дає підстави встановлення диференційованих нормативів плати за видобуті корисні копалини, виходячи тільки з рівня доходів і рентабельності з їх послідуєчим корегуванням на вплив організаційних та технічних факторів.

Тому, в першу чергу, для кожного виду корисних копалин визначались основні параметри, які найбільш характеризують особливості експлуатації родовищ тих чи інших корисних копалин.

Основними параметрами для всіх видів корисних копалин є: розмір родовищ за затвердженими запасами та складність геологічної будови родовищ. Ці параметри встановлюються Інструкцією із застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення перспективних ділянок та запасів і є параметрами першого та другого рівня диференціації.

Третій рівень диференціації проводиться за індивідуальними характеристиками, що є властивими для конкретних видів корисних копалин. Так, для вуглеводнів, вугілля та деяких інших видів корисних копалин це глибина залягання покладів, металів – середній вміст корисних компонентів, декоративного каміння – вихід товарних блоків, будівельного каменю – група гірських порід тощо.

Четвертий рівень диференціації проводиться за ступенем ліквідності корисних копалин.

На ефективність ведення гірничих робіт впливають такі основні гірничо-геологічні чинники:

– *Глибина розробки.* Зі збільшенням глибини розробки зростає шкідливий вплив гірського тиску; інтенсивніше проявляються

пластичні властивості гірських порід; збільшується температура гірських порід на глибині 1000 м до 36-40 °С; зростають число і інтенсивність гірських ударів раптових викидів вугілля, порід, газу та ін. При поглибленні гірничих робіт на кожні 30 м для вугленосних і 45-50 м для рудоносних відкладень температура підвищується на 1 °С.

- *Форма родовища.* Від форм родовища залежить схема його розтину, яка приймається, технологічні схеми ведення гірських робіт, водність та ін.
- *Фізичні і механічні властивості корисної копалини.* Фізичні властивості породи – це специфічна її поведінка при впливі певних зовнішніх фізичних полів або геологічних тіл. Фізична властивість породи оцінюється декількома показниками, які називаються параметрами, і є кількісною мірою властивості. Відповідно до класифікації, прийнятої в фізиці гірських порід, основними групами фізичних властивостей, в залежності від виду зовнішнього фізичного поля, вважаються: щільнісні, механічні, теплові, електричні, магнітні, хвильові, радіаційні, гідрогазодинамічні. Механічні властивості гірських порід характеризують зміни форми, розмірів і суцільності гірських порід під впливом механічних навантажень, які виникають в результаті дії природних або штучних факторів.
- *Склад і будова порід.* Гірські породи за складом і будовою дуже різноманітні. Налічується понад 4000 різних порід, властивості яких залежать від їх мінералогічного складу і структури. Властивості порід враховуються при виборі обладнання, типу вибухових речовин, схем розташування свердловин і шпурів, на методи підривання впливають тріщинуватість і пористість, в'язкість, пластичність, пружні показники, межі міцності гірських порід.
- *Водність родовищ.* Це насиченість масиву з гірських порід підземними водами, яка визначає величину очікуваного припливу води у виробки і ускладнює ведення гірничих робіт. Підземна розробка обводнених родовищ може супроводжуватися раптовими проривами води і пливунів, обводненням ґрунту, обваленням покрівлі; відкрита розробка – зсувами та ін. Критерієм оцінки ступеня обводнення родовища є тип родовища по обводненню. Для кожного з виділених типів родовищ за

цим фактором розроблені методи розрахунку водопритоків у вироблення, інженерні заходи щодо захисту їх від води та зниження негативного впливу підземних і поверхневих вод на умови ведення гірничих робіт. Вміст води в породах і її надходження в гірничі виробки визначається величиною коефіцієнта водності шахти (кількість води кубічні метри), що видається з шахти водовідливними установками на 1 т видобутку корисних копалин протягом року. Для різних шахт коефіцієнт водність змінюється від десятих часток до 35,0 і більше.

- *Екологічні умови.* При будівництві і експлуатації гірничих підприємств порушується рельєф місцевості, змінюються склад і режим поверхневих і підземних вод, забруднюється водний і повітряний басейни і змінюється продуктивність ґрунтів. В результаті цього первісна (природна) екологічна система навколишнього району зазнає значних змін. Порушуються її енергетика, природний круговорот речовин, біохімічні та інші процеси. Ці умови мають бути враховані при комплексному вирішенні питань взаємодії гірничих підприємств з навколишнім природним середовищем і створенні оптимального функціонування техно-геологічних систем різного рівня. Слід розробляти та практично здійснювати технічно можливі, економічно необхідні і доцільні заходи, щоб забезпечити раціональне використання та охорону природних ресурсів з урахуванням інтересів видобувачів і жителів району.
- *Газовиділення при розробці родовищ.* Під час ведення гірничих робіт відбувається виділення газів в атмосферу шахти або кар'єру. У вугільних шахтах джерела газовиділення створюються внаслідок того, що розробляються, суміжно підробляються або відробляються пласти вугілля і пропластки, що вміщують породи. Виділяються гази (в основному метан і вуглекислий газ) через вільну поверхню пласта і з відбитого вугілля. В умовах шахтної розробки рудних, соляних і нафтових родовищ відбувається виділення газів, що містять вибухонебезпечні вуглеводневі компоненти (метан і його гомологи, водень, пари бензину), а також шкідливих отруйних газів (вуглекислого, сірководневого, окису вуглецю, окислів азоту, акролеїну). Джерела виділення вуглеводневих газів (до 2000-3000 куб. м/добу) – осадові породи, шкідливих і отруйних – гірничі обладнання з двигунами внутрішнього згоряння, вибухові роботи. Основні джерела газовиділення в кар'єрах: вміщуючі породи і корисні копалини, гірничі обладнання та прове-

дення вибухових робіт. Газовиділення з корисних копалин і порід, що вміщують, пов'язано в основному з окисними процесами, особливо при розробці родовищ сульфідних руд і вугілля.

7.4.2. Технології розробки родовищ корисних копалин

Для розробки родовищ корисних копалин в залежності від гірничо-геологічних умов залягання і властивостей порід і корисних копалин застосовують різні технології: підземну, відкриту, свердловинну і підводну.

Під технологією розуміють сукупність виробничих процесів, які виконуються у взаємному зв'язку в часі і просторі. Замість терміна «технологія» застосовується також термін «спосіб розробки родовища корисних копалин». Відповідно розрізняють підземний спосіб розробки родовищ, відкритий спосіб і т. д.

Основні компоненти технології розробки родовищ корисних копалин:

1. Роботи, в результаті виконання яких забезпечується доступ до корисних копалин з поверхні землі. Ці роботи називають розкриттям родовища.

2. Поділ покладів корисних копалин на частини, зручні для вилучення корисних копалин з надр землі. Ці роботи називають підготовкою родовища до очисної виїмки.

3. Роботи по безпосередньому вилученню корисних копалин з надр. Ці роботи називають очисною виїмкою корисної копалини або очисними роботами.

При розтині і підготовці родовищ до очисної виїмки корисної копалини проводять супутні роботи, які забезпечують технічно, технологічно і економічно вигідне і безпечне виконання основних процесів. До супутніх робіт відносять зниження водотоку і газонадходження з гірських порід на робочі ділянки, завчасні при необхідності осушення, і дегазацію гірських порід на всьому родовищі або його частині. Паралельно з очисною виїмкою корисної копалини і транспортуванням її на земну поверхню здійснюють виїмку і переміщення для складування в спеціально відведені місця вміщуючих гірських порід, що перешкоджають доступу до корисних копалин, виконують доставку матеріалів, машин і механізмів, забезпечують електричною та пневматичною енергією, свіжим повітрям і проводяться багато інших робіт. Зазвичай підприємство, яке видобуває корисні копалини, здійснює їх первинну переробку і збагачення.

Після завершення видобувних робіт необхідна рекультивация, тобто відновлення земель, порушених гірничими роботами.

Підземною називається технологія, яка здійснюється за допомогою підземних гірничих виробок. Гірничі виробки – порожнини, що споруджуються в земній корі і облаштовуються відповідно до їх призначення. Підземні – розташовані на деякій глибині від поверхні землі і мають замкнутий контур поперечного розрізу.

Відкрита розробка родовищ корисних копалин здійснюється за допомогою відкритих гірничих виробок, до яких відносять вироблення, що примикають до поверхні землі і мають незамкнений контур поперечного розрізу.

Свердловинну технологію стосовно твердих корисних копалин називають також «Геотехнологія». Суть її полягає в бурінні свердловин до корисних копалин, зміні фізичного або хімічного стану корисних копалин і вилучення продукту на поверхню землі по свердловинах. Для переведення твердої корисної копалини в стан, придатний для транспортування по свердловинах, застосовують розмив високонапірним струменем води, плавлення, розчинення і хімічну обробку.

Підводна технологія застосовується для розробки континентальних розсипних родовищ, родовищ на дні озер, морів в межах континентального шельфу та Світового океану [138-139].

7.5. Техногенні мінеральні ресурси

Техногенні мінеральні ресурси включають в себе відходи гірничопромислового виробництва і техногенні мінеральні утворення. Відходи не можуть бути повторно залучені у виробництво при існуючому рівні розвитку технології переробки мінеральної сировини. Техногенні мінеральні утворення становлять інтерес для використання в даний час або в перспективі. Техногенні мінеральні утворення локалізовані в сховищах (відвалах). Частина техногенних утворень, які використовуються в промисловому виробництві, називається техногенними родовищами.

Техногенні родовища – це штучні скупчення відходів видобутку та переробки мінеральної сировини, використання яких в промисловості є рентабельним. Відмінною особливістю техногенних родовищ є їх ресурсна значущість. Техногенні родовища містять корисні компоненти або мінерали, отримання яких з готової продукції економічно доцільно [33, 39, 40].

Кількісне уявлення про обсяги техногенних мінеральних ресурсів дано в табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Обсяги техногенних мінеральних ресурсів, %

Галузь промисловості	Розкриті і відвальні породи на 1 т сировини, що видобувається, %	Вихід хвостів збагачення, %	Вихід відходів переробки, %
Металургія	3-8	30-80	10-20
Вугільна	1-5	10-20	5-20
Гірська хімія	2-3	20-30	10-20
Будівельні матеріали	до 0,6	20	-

У цілому в гірничодобувній промисловості України кількість твердих відходів становить від 50 до 90% гірської маси, що видобувається з надр. При стійкому зростанні обсягів світового видобутку твердих корисних копалин тільки 10% сировини, що витягується з надр, перетворюється в кінцеву продукцію.

Крім того, при видобутку корисних копалин втрачається: вугілля – 14%. калійної солі – 61%. кухонної солі – 46% і залізної руди – близько 4%. Витяг нафти з пластів-колекторів ледве сягає 35%. Великий обсяг накопичення відходів гірської маси і високі втрати мінеральної сировини в надрах обумовлюють необхідність освоєння техногенних мінеральних ресурсів.

Необхідність забезпечення економіки України власною мінеральною сировиною обумовлює прискорене залучення в промислове виробництво техногенних ресурсів. Вони є важливим сировинним резервом, джерелом ресурсозбереження, охорони природного середовища і, крім того, економічно рентабельними об'єктами розробки.

7.5.1. Попередні оцінки техногенних ресурсів

Геолого-економічна оцінка техногенних мінеральних ресурсів при комплексному освоєнні надр дозволяє частину їх віднести до техногенних родовищ. Техногенні родовища – це техногенні мінеральні утворення, які за кількістю і якістю вміщуваної мінеральної сировини придатні для їх рентабельного використання у сфері матеріального виробництва.

Гірничодобувна промисловість має найбільший вплив на природне середовище. Щорічно в світі видобувають близько 100 млрд м³ корисних копалин, при цьому з землекористування вилучається

близько 5-7 млн га родючих угідь Серед ресурсів земних надр самостійною частиною виступають відходи гірничопромислового і металургійного виробництва або техногенні мінеральні ресурси. Вони накопичуються у відвалах і хвостосховищах гірських, гірничо-збагачувальних підприємств, формуються в шламо-, шлако- і золонакопичувачах об'єктів паливно-енергетичного комплексу (див. табл. 7.2).

При всіх існуючих способах видобутку технологічної переробки обсяги відходів гірничого виробництва досить значні. Із загального обсягу світового видобутку твердих видів мінеральної сировини близько 10% перетворюється в готову продукцію, а решта 90% утворюють різні гірничопромислові відходи. В результаті цього в відвалах накопичено десятки мільярдів тонн різних гірських порід, мільярди тонн металургійних шлаків, сотні мільярдів тонн «хвостів» збагачених корисних копалин. З роботою підприємств з видобутку та переробки мінеральної сировини пов'язано близько 1/4 шкідливих викидів в атмосферу, більше 1/3 утворених стічних вод і 3/4 накопичених твердих відходів.

7.5.2. Джерела техногенних мінеральних ресурсів

Джерелами техногенних мінеральних ресурсів є техногенні мінеральні утворення і відходи гірничо-збагачувального, металургійного та інших виробництв. Ресурси поділяються на такі групи:

- 1. Техногенні мінеральні утворення (ТМУ). До цієї групи належать відходи видобутку, а також переробки корисних копалин. ТМУ -АЕС (накопичено 70 000 куб. м РАВ);
- урановидобувна і переробна промисловість (нагромаджено близько 65,5 млн тонн РАВ);
- медичні, наукові, промислові, інші підприємства та організації. Виконання робіт зі збирання, транспортування, переробки і тимчасового зберігання радіоактивних відходів та джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) від усіх цих підприємств і організацій, незалежно від їх відомчої підпорядкованості, здійснює Українське державне об'єднання «Радон» (накопичено 5 000 куб. м РАВ);
- зона відчуження Чорнобильської АЕС (понад 1,1 млрд куб. м РАВ).

Незалежно від відомчої приналежності всі організації та підприємства (крім АЕС) передають радіоактивні відходи на міжобласні спеціалізовані комбінати (МСК) державного об'єднання «Радон», яке має у своєму складі шість спецкомбінатів: Київський, Донецький,

Одеський, Харківський, Дніпропетровський, Львівський. Одеський, Харківський, Дніпропетровський і Львівський спецпідприємства приймають і заховують низько- та середньоактивні радіоактивні відходи. Київський МСК може приймати тільки для тимчасового зберігання радіоактивні відходи низької та середньої активності. З 15.07.1996 року дія ліцензії Київського МСК відносно цієї діяльності призупинена через невиконання ним особливих умов ліцензії. Донецький спецкомбінат не має вільних сховищ для зберігання та поховання РАВ.

Внаслідок недосконалих конструкцій старих сховищ для радіоактивних відходів на Київському та Харківському державних МСК виникло забруднення підземних вод радіонуклідами тритію поза межами сховищ. Проекти сховищ РАВ і ДІВ на спецкомбінатах були розроблені в кінці 50-х років. Основною причиною розповсюдження радіонуклідів поза межами сховища РАВ, у тому числі законсервованих, є недосконалість конструкції сховищ. У сховищах РАВ і ДІВ накопичується вода, яка проникає з атмосферними опадами та утворюється внаслідок конденсації. Розповсюдження радіонуклідів із сховищ відбувається внаслідок порушення гідроізоляції.

Підприємства з видобутку та переробки уранових руд знаходяться у Дніпропетровській, Кіровоградській та Миколаївській областях і належать до виробничого об'єднання «Східний гірничо-збагачувальний комбінат» (ВО СГЗК). Видобування уранової руди, головним чином, проводиться на Жовтоводському, Кіровоградському та Смолінському рудниках. У 1996 році передано для промислового використання Новоконстантинівське, Давлатівське та Братське родовища (Дніпропетровська та Миколаївська області), які кілька років не експлуатуються, і там тривають рекультивацийні роботи, після чого землі будуть передані у господарське використання.

Переробка уранових руд з метою отримання закису-окису урану виконується на гідрометалургійному заводі ВО СГЗК, що знаходиться у промзоні м. Жовті Води Дніпропетровської області. Характерним для урановидобування та уранопереробки є те, що майже всі їх відходи є джерелом радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

Перераховані вище техногенні мінеральні об'єкти за умови позитивної техніко-економічної оцінки і обґрунтуванні кондицій якості мінеральної маси можливо розглядати як техногенні родовища. Від-

вали рудників, ефелі збагачувальних фабрик також розглядаються в якості техногенних руд в зв'язку зі зменшенням кондиційних показників природних руд.

Особливу увагу слід приділити дослідженню відходів гірничодобувної промисловості, оскільки вони накопичені в значних кількостях і займають величезні площі. Ці техногенні мінеральні утворення не є поки що об'єктом масової переробки на базі існуючих технологій, хоча знаходяться в природному стані. Техногенні мінеральні утворення відповідають поняттю нетрадиційних мінеральних ресурсів.

Крім уже споруджених в районах діючих гірничодобувних підприємств техногенних утворень актуально дослідження проблеми цілеспрямовано сформованих техногенних мінеральних об'єктів. Значна їхня частина на підставі комплексного вивчення їх мінерально-сировинної цінності і можливості використання в промисловості може бути віднесена до техногенних родовищ. До них відносяться:

- Шламосховища -Шламосховища, які розмішають в пологих ярах і балках. Дамби обвалування і перегороджувані греблі зводять насипним способом з суглинних матеріалів. Шламову пульпу подають в шламосховища за такими ж схемами, що хвостову пульпу в хвостосховища.
- Шлаковідвали кольорової і чорної металургії.
- Шлаковідвали теплоелектростанцій (ТЕС).

На території України в результаті діяльності 500 промислових підприємств тільки твердих відходів накопичено близько 25 млрд тонн (2002р.). Ці відходи негативно впливають на природні ландшафти та екологічні умови, займаючи площу близько 150 тис га родючих земель і погіршуючи середовище проживання людини. Формування техногенних родовищ призводять до виключення з господарського обороту великих площ земель, зайнятих відходами виробництва. Наприклад, з 1 га відвалів залізородних кар'єрів щорічно зноситься до 500 тонн пилу. Йде забруднення навколишнього середовища (грунтів, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря) важкими металами і солями в концентраціях, що нерідко перевищують допустимі норми (табл. 7.3).

На 01.06.2000 р. була інформація про 1600 техногенних об'єктах України по 13 областях. За 200 років промислового видобутку кам'яного вугілля в Донбасі, його переробки накопичено величезну кількість відходів: на кожного жителя цього регіону доводиться їх близько 4000 т. З 1 257териконів і відвалів вугільних шахт до 35% схильні до процесів самозаймання вугілля.

Таблиця 7.3.

Відомості щодо розподілу техногенних родовищ та їх місткості

Розподіл техногенних родовищ та їх місткості											
№	Області	Кількість об'єктів техногенних накопичень	Розподіл відходів промислових виробництв (тисяч, м ³)								
			Шахтні породи	Розкриті породи	Відходи	Золотошлакові відходи	Металургійні шлаки	Кам'яний відсів	Карбонатний відсів	Фосфогіпс	Ртутні відходи
1	Волинська	24	20082	86,8	2030	1884 0	-	-	-	171 61	-
2	Дніпропетровська	86	43901	2310	20932 15	5481 3	3157 6	28	-	-	-
3	Донецька	96	89125 4	4397 01	41851 0	1410 12	4684 6	1010 14	9948 2	-	265 6
4	Луганська	50	53733 8	8972	37633 8	4666	9760	8519	7353	-	-
5	Львівська	56	24857	7337 8	44266	1498 5	-	-	-	180 0	-
6	По Україні в цілому	1307	15231 70	6537 19	30594 79	3058 22	1007 74	1108 87	1104 05	364 11	268 8

[Електронний ресурс <http://eco.com.ua/content/formuvannya-ekobezpechnogo-rivnya-protsesiv-rozrobki-tekhnogennikh-rodovishch-pri-stvorenni/>]

Гарячігази, щовиділяютьсяприцьомузвогнищгоріння, відкладають на поверхні самородну сірку, нашатир та інші техногенні мінерали. В радіусі до 3-х км кожен терикон є джерелом забруднення повітряного, водного і поверхневої природного середовища різними токсинами, в тому числі миш'яком, ртуттю та ін.

Хоча промисловість міст має, як правило, багатофункціональний характер, одна з галузей часто буває переважачою. В Україні досить багато міст, у яких переважно розвинута металургійна, хімічна або енергетична промисловість.

У м. Кривому Розі (Дніпропетровська область) переважно розвинута гірничодобувна промисловість і на її базі металургійна. Видобуток залізної руди в місті ведеться відкритим і шахтним способами. У місті, розчленованому численними балками, переважають техногенні форми рельєфу: кар'єри, відвали, хвостосховища. По дні та бортах хвостосховищ влаштовані протифільтраційні екрани з двох

шарів глини з прокладкою між ними надстійкої поліетиленової плівки. У зв'язку з порушенням цілісності екрана через просідання довкола хвостосховищ формується зона підтоплення, яка завдає шкоди будівлям, розташованим поблизу.

Тверді відходи теплових електростанцій, рудозбагачувальних фабрик та комбінату Криворіжсталь значною мірою використовують цементно-гірничим комбінатом, і тим не менш, накопичення промислових відходів продовжується і досягло 6,5 млрд т. Схожа екологічна ситуація склалася в містах Горлівка, Макіївка та ін.

Високе запилення повітряного середовища міста Кривий Ріг зумовлене викидами цементно-гірничого комбінату та здійснення пилу з відвалів і хвостосховищ. Залізна руда в кар'єрах видобувається з застосуванням підричних робіт, при яких викидається велика кількість пилу та азотних сполук. Близько 8 % об'єму викидів в атмосферу України доводиться на Кривий Ріг [39, 40].

Значними забруднювачами повітря міста є викиди Державних районних електростанцій (ДРЕС), теплових електростанцій (ТЕС). В атмосферному повітрі визначається вміст 39 забруднюючих речовин, включаючи важкі метали. Основний обсяг визначень (близько 60%) припадає на речовини, які мають найбільше розповсюдження: пил, двоокис сірки, окис вуглецю, двоокис азоту. Високий рівень забруднення обумовлений здебільшого підвищеним вмістом у повітрі специфічних шкідливих речовин, а також вмістом двоокису азоту і пилу. В складі шкідливих надходжень в атмосферу знаходяться майже всі хімічні забруднювачі повітря: сірковуглець, сірководень, сірчистий газ, фтор, хлор, фтористі сполуки, оксиди азоту тощо. Характерно, що ці сполуки під час хімічних реакцій можуть створювати високі концентрації високотоксичних сполук.

7.5.3. Можливість використання техногенних мінеральних ресурсів

У розвинених індустріальних країнах світу рівень використання промислових відходів досягає 70-80 %, тоді як в Україні та ближньому зарубіжжі він не перевищує 12-15 %. У США, наприклад, з промислових відходів отримують 20% всього алюмінію, 33% заліза, 50% свинцю і цинку, 44 % міді і т. д. Подібна тенденція використання вторинних ресурсів спостерігається в Канаді, Великобританії, ПАР, Іспанії та інших країнах, наприклад:

- у штаті Монтана (США) з відвалів рудника Мандіскі отримують щорічно 2 т золота (Au) і 4 т срібла (Ag) при утриманні у відвалах Au - 0,84 г/т і Ag - 2,8 г/т.
- у штаті Мічиган (США) з хвостів збагачення, що містять 0,3 % Cu, досягнуто через потяг 60% міді.
- у ПАР з відвалів золотозбагачувальних фабрик при утриманні Au - 0,53 г/т і U – 40 г/т отримують 3,5 т золота і 696 т урану на рік при продуктивності 50000 т/добу.

Для України, Росії та Казахстану як країн, що виробляють значну частку всієї мінеральної продукції світу і володіють потужним гірничопромисловим потенціалом, проблема утилізації промислових відходів має першорядне значення. Важливою обставиною є те, що собівартість товарної продукції з промислових відходів в 5–15 разів менше, ніж з руд РКК, що видобуваються традиційними способами. Активне використання промислових відходів мінеральної сировини дозволить отримати прибуток в мільярди доларів щорічно.

Наприклад, вторинна переробка 150 млн тонн відходів збагачення марганцевих руд Нікопольського району і 500 млн тонн відходів збагачення залізних руд Криворізького басейну можуть дати товарної продукції на 5–7 млрд доларів. Ці, а також інші дані показують нагальну необхідність вивчення та утилізації техногенних родовищ утилізації техногенних родовищ України і, особливо, Донбасу.

На території України в результаті діяльності 500 промислових підприємств тільки твердих відходів накопичено близько 25 млрд т. Ці відходи негативно впливають на природні ландшафти та екологічні умови, займаючи площу близько 150 тис га родючих земель і погіршуючи середовище проживання людини. Техногенні родовища призводять до виключення з господарського обороту великих площ земель, зайнятих відходами виробництва.

Тверді відходи теплових електростанцій, рудозбагачувальних фабрик та комбінату Криворіжсталь значною мірою використовуються цементно-гірничим комбінатом, і тим не менш, накопичення промислових відходів продовжується і досягло 6,5 млрд т.

7.6. Способи утворення і класифікація техногенних родовищ

Класифікація техногенних родовищ виходить з множинності показників, що їх характеризують, до яких відносяться: а) умови утво-

рення, б) обсяги, в) речовий склад, г) характер процесів, що перетворюють первинну речовину, г) неоднорідність впливу окремих показників на прийняття технологічних рішень і економічних оцінок та деякі інші, які зумовлюють складність їх класифікації та типізації.

За морфологічними ознаками техногенні родовища можна розділити на 2 типи:

1. Родовища насипні, що представляють собою пагорби і терикони. До цього типу належать:

- терикони вугільних шахт і розрізів;
- відвали рудників і кар'єрів руд кольорових, чорних і рідкісних металів, складені дезінтегрованими розкривними і вміщуючими породами, а так само некондиційними забалансовими рудами;
- техногенні розсипи, які утворюються при розробці розсипних родовищ і з відходів золоторудних фабрик;
- шлаковідвали кольорової металургії та чорної металургії.

2. Родовища наливні, які утворюються при заповненні западин земної поверхні. Представниками цього типу техногенних родовищ є:

- відходи збагачення руд (шламо- і хвостосховища гірничозбагачувальних фабрик);
- шламовідвали кольорової металургії та чорної металургії;
- золо- і шлаковідвали енергетичного комплексу, що виникають при гідравлічному видаленні золи і шлаків з теплоелектростанцій;
- шламовідвали хімічних виробництв.

За складом техногенні родовища підрозділяються на 4 типи:

1. Породні техногенні родовища, що складаються з природних гірських порід і представлені матеріалом глибово-щєбінем і шламо- і хвостосховищами збагачувальних фабрик.
2. Техногенні родовища пірометалургійних процесів кольорової металургії та чорної металургії, складені шлаками і шламами.
3. Техногенні родовища теплоелектростанцій, складені золою і шлаками ТЕС.
4. Техногенні родовища хімічного виробництва (шлами).

За можливим областям використання техногенні родовища підрозділяються на 3 типи:

1. Техногенні родовища будівельної сировини.
2. Техногенні родовища (по металу, що витягується)
3. Техногенні родовища змішаного типу, тобто придатні для отримання будматеріалів і металу.

Розробка родовищ першого типу забезпечує звільнення площ землі від техногенних відходів з подальшою їх рекультивацією, другого типу – дозволяє здійснити довилучення металу, але не вирішує проблеми звільнення території відвалів від відходів, оскільки вторинна переробка відвалів, враховуючи низький вміст в них корисних компонентів, практично дає ту ж саму кількість відходів. Третій тип техногенних родовищ дозволяє здійснювати рекультивацію земель та довилучення металу.

В даний час термінологія, класифікація техногенних родовищ, критерії належності їх до того чи іншого типу змінюються і доповнюються в міру поглиблення досліджень і практичних робіт в області розробки техногенних родовищ.

Гуменик І. Л., Матвєєв А. С., Панасенко А. І. розробили класифікацію техногенних формувань при відкритих гірничих роботах, яка містить ознаки утворення техногенних об'єктів і рекомендовані способи їх створення [33]. Крім того, в класифікації визначаються цілі, що досягаються при дотриманні запропонованих рекомендацій. У число виділених авторами цієї класифікації «характерних» типів техногенних формувань, входять наступні: 1 – відвали; 2 – хвостосховища; 3 – площі в межах гірничого відводу; 4 – вироблені простори; 5 – зони обвалень і осідань; 6 – природні ємності; 7 – підземні виробки; 8 – землі, які непридатні для використання. Тобто запропонована класифікація, головним чином, характеризує техногенні порушення земної поверхні, що виникають при відкритих гірничих роботах. Автори пропонують загальні рекомендації, спрямовані на зниження впливу «техногенних формувань» на навколишнє середовище. Недоліком цієї класифікації є те, що вона як раз практично не характеризує і не враховує «сутність» техногенних формувань, тобто не враховує характеристик ТМУ, крім способу їх утворення або місця розміщення [33].

Уманець В. М., Когут О. В. приводять угруповання техногенних родовищ за складністю їх розвідки, яка застосовується, на їхню думку, для рудної, нерудної та будівельної техногенної сировини. У класифікації родовища поділяються на три групи в залежності від складності їх розвідки. При цьому враховуються такі чинники і параметри: морфологія покладів родовищ; запаси; площа; питома місткість (для відвалів); гранулометричний склад, (за ступенем однорідності); ступінь вологості (для хвостосховищ); розподіл вмісту корисних компонентів по свердловинах [150–152].

У представленій класифікації для розвідки техногенних родовищ автори пропонують різні параметри розвідувальної мережі і різні типи розвідувальних виробок в залежності від зазначених вище показників, що характеризують техногенні родовища. Виходячи з цих же показників, визначається «група по складності розвідки». Всього їх три: прості, середньої складності, складні. Перевагою цього угруповання є те, що в ній наведені параметри розвідувальних мереж, застосовні для розвідки техногенних родовищ.

Техногенні родовища являють собою джерело мінеральної сировини, для видобутку якого немає необхідності руйнувати породи, знищувати родючий шар ґрунту. З іншого боку, вони є значними забруднювачами навколишнього середовища, що викликає питання про їх повну утилізацію для запобігання подальшого забруднення. Вирішення питання про підходи до класифікації техногенних родовищ мають більше теоретичний сенс, але для економічнодоцільного використання їх як джерела корисних компонентів дане питання може бути дуже впливовим. Тому необхідність в класифікації техногенних родовищ безсумнівна, і для цього необхідно знайти правильний підхід до оцінки даних родовищ.

Найбільш зручною є класифікація техногенних родовищ, в основу якої покладено умови їх формування, так як вони визначають, зазвичай, і морфологію, і речовий склад, і можливі галузі використання, і екологічний вплив на навколишнє середовище (рис. 7.1).

Користуючись класифікацією, представленою на рис. 7.1, можна оцінити основні характеристики будь-якого типу родовищ. Наприклад, техногенні родовища гірничодобувних підприємств, що виникають при збагаченні руд і які становлять хвостосховища, відносяться до родовищ:

- наливного типу (морфологічна ознака);
- за складом – породні;
- щодо можливих областей використання – змішаного типу, тобто придатні для довилучення металу і отримання будматеріалів;
- по екологічному впливу на навколишнє середовище – вражаючі атмосферу (пил) і гідросферу (фільтрація вод хвостосховищ через захисні дамби).

Використання техногенних породних масивів має впроваджуватись, не тільки як джерело забруднення навколишнього середовища, а й як додаткову, потенційно ефективну базу в районах з розвинутою виробничою і соціальною інфраструктурою. Це можливо за умови

створення системи паспортизації відходів і складання «Кадастру ...».

При залученні інвесторів представляється можливим для реалізації комплексний еколого-економічний підхід до вирішення масштабної і складної проблеми поетапного скорочення величезних обсягів техногенних скупчень на територіях колишніх і діючих гірничопромислових виробництв. В першу чергу слід оцінити еколого-економічний ефект від розробки техногенних родовищ, який може бути отриманий за рахунок ліквідації техногенних відходів, що утворюються від видобутку та переробки мінеральної сировини, а також за рахунок поступової відмови від підготовлених до розробки рудних родовищ, не порушених гірничовидобувними роботами. З урахуванням великих витрат на утримання хвостосховищ, а також на рекультивацию земель, особливо на природоохоронних територіях, ресурсних податків, штрафів за наднормативні викиди і скиди шкідливих речовин, такий ефект буде дуже істотний.

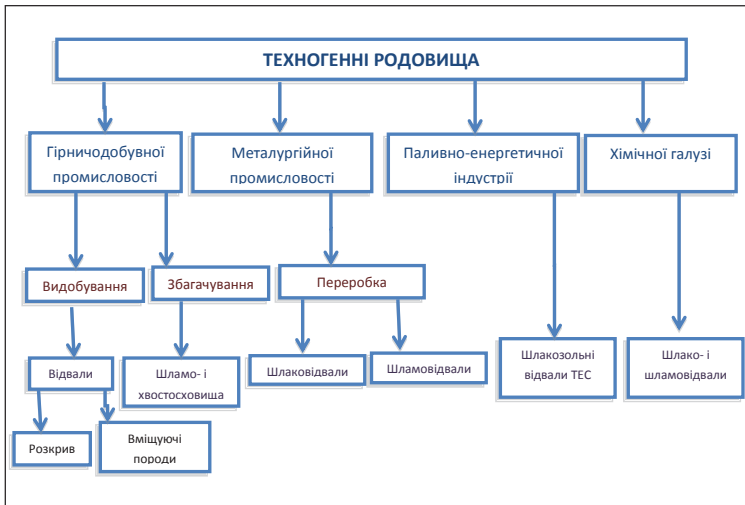


Рис. 7.1. Класифікація техногенних родовищ

Запитання для контролю

1. Мінерально-сировинна база України.
2. Родовища залізних руд України.
3. Родовища марганцю України і світові.
4. Неметалічні корисні копалини в Україні.
5. Нафта і природний газ в Україні.

6. Ресурси вугілля в Україні.
7. Ресурси і запаси кобальту і нікелю в Україні.
8. Родовища рідкісних металів в Україні.
9. Визначення гірничо-геологічних умов розробки родовищ корисних копалин.
10. Провідні гірничо-геологічні чинники ефективності ведення гірничих робіт.
11. Основні компоненти технології розробки родовищ корисних копалин.
12. Техногенні мінеральні ресурси – основні поняття, умови формування.
13. Попередня геолого-економічна оцінка техногенних мінеральних ресурсів.
14. Основні джерела техногенних мінеральних ресурсів в Україні.
15. Способи утворення і класифікація техногенних родовищ.

РОЗДІЛ 8. ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ В НАДРОКОРИСТУВАННІ: РЕАЛЬНІСТЬ І ПЕРСПЕКТИВИ

8.1. Створення моделей техногенно-геологічних систем (ТГС) різного рівня

Вирішення проблеми керування передбачено через створення моделей техногенно-геологічних систем (ТГС) різного рівня. Методологічна суть моделей визначає комплекс дій і процедур, за допомогою яких на певний момент часу можна досягти оптимального впливу на ТГС протягом заданого періоду. У цьому аспекті послідовність розв'язання проблеми керування характеризується в ідеальному варіанті поступальним цілеспрямованим впливом на геологічне середовище різними методами, що запобігає розвитку оборотних і безповоротних процесів, які дають змогу на заданий термін максимально забезпечити використання корисної дії ТГС у межах досліджуваного територіального комплексу.

Збір первинної інформації повною мірою визначається кінцевою метою або характером прогнозу, який має бути отримано внаслідок проведення досліджень. Водночас для того, щоб прогнозувати процес розвитку стану геологічного середовища і навколишнього середовища загалом, потрібно створити достовірну й представницьку базу даних за наявності інформації щодо визначених параметрів стану середовища. Для одержання первинної інформації варто насамперед розробити науково обґрунтовану системну концепцію моніторингу конкретного регіону або території ТГС.

Проблема національної безпеки на сучасному етапі розвитку держави великою мірою визначається економічними й технологічними чинниками, зокрема, і природними запасами мінеральної сировини, де домінують роль відіграють паливно-енергетичні ресурси та їх раціональне й комплексне використання. Україна виділяється потужною мінерально-сировинною базою, яка має достатній резерв розвіданих запасів з більшості видів корисних копалин, але вона перебуває вже на етапі виснаження надр, а це потребує реформування економічного механізму користування ними.

Окрім законодавчих положень, головними вимогами щодо раціонального використання та охорони надр є: а) проведення випереджувального геологічного вивчення надр; б) забезпечення найповнішого вилучення з надр основних і спільно залеглих з ними корисних копалин і супутніх компонентів; в) запобігання забрудненню геологічного середовища під час проведення робіт, пов'язаних з користуванням надрами; г) дотримання визначеного порядку консервації й ліквідації підприємств з видобутку корисних копалин і підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин.

Як відомо, мінеральні ресурси – це всі придатні для вживання речові складові літосфери, використовувані в народному господарстві як мінеральна сировина або джерела енергії (рудні й нерудні копалини, паливно-енергетичні, гідротермальні джерела та ін.). Раціональне використання природних ресурсів, зокрема мінеральних, відображає максимально повне вилучення з природного ресурсу всіх корисних продуктів. До того ж галузям господарства, що базуються на тому самому ресурсі, і стану природного середовища, потрібного для життя й підтримки здоров'я людини, буде завдано найменшої шкоди.

Охорона надр – сукупність заходів, що забезпечують найповніше вилучення корисних копалин, збереження геоморфологічних структур, властивостей та енергетичного стану верхніх шарів літосфери в процесі експлуатації родовищ. Охорона надр – це насамперед спостереження за належним виконанням надрокористувачами положень щодо відпрацювання родовищ, які складаються з технічних методів і способів використання надр, приписів, що стосуються технічної правильності й доцільності ведення гірничих робіт для повного використання родовищ копалин. Раціональне використання надр – це визначальний вибір системи технічних, економічних і організаційно-правових заходів, що забезпечують ефективне комплексне використання надр і ресурсів, яке передбачає з видобутком одного виду корисної копалини якомога повніше вилучення супутніх компонентів.

Забезпечують раціональне використання та охорону надр: а) ліцензування користування надрами; геолого-економічна й вартісна оцінка родовищ корисних копалин і ділянок надр; б) державний облік і державна реєстрація робіт з геологічного вивчення надр, наданих для видобутку корисних копалин; в) державна експертиза запасів корисних копалин; г) державний кадастр родовищ і проявів корисних копалин; г) державний контроль за раціональним використанням та

охороною надр; д) державний нагляд за безпечним веденням робіт, пов'язаних з використанням надр; е) економічний механізм користування надрами; є) відповідальність користувача за гірничі правопорушення.

Відносини з використання та охорони надр – гірничі відносини – регулюють Конституція України, Закон України «Про охорону на-вколишнього природного середовища», Кодекс України про надра та інші акти законодавства України [47–49, 63].

Конкурентоспроможність мінерально-сировинного комплексу України перебуває в базовому просторі таких чинників: а) якість і повнота оцінки надр; б) рівень технологій видобутку й переробки сировини (освоєння надр); в) досконалість законодавчої й нормативно-правової бази.

Ефективна взаємодія суб'єктів і об'єктів у цьому базовому просторі здійснюється через інформаційно-технологічне середовище управління, що визначається рівнем застосовуваних інформаційно-комунікаційних технологій, які використовують у своєму інструментарії кваліфіковані фахівці. Інтеграція цього базового простору сьогодні в Україні майже не здійснюється. Кожен з напрямів удосконалюється незалежно один від одного. Проте світова практика засвідчує, що досягти цієї інтеграції можна через проектне управління [43, 114, 131, 160–164].

З упровадженням стандартів управління проектами формується єдиний понятійний апарат, що забезпечує ефективну взаємодію геологів, гірників, управлінців; узгодження проектів; формування програм. Управління проектами – це безперервне управління змінами, розвитком; це діяльність, спрямована на виконання проекту. Поки що цей механізм розосереджений в окремих процесах і операціях над-рокористування і недостатньо формалізований, що породжує неузгодженість у загальній системі управління процесом, який розглядаємо.

Модель управління об'єктом відтворює причинні зв'язки між елементами ТГС, які формують декілька ієрархічних рівнів. Відбирають керовані чинники, а з-поміж них ті, регуляція яких може привести до найбільшого ефекту на виході. Функціонування моделі управління в такій системі може бути базоване на методології аналізу ризику. Створення моделі оптимальної ТГС (для забезпечення основи моделі управління об'єктом) є стратегічним завданням сучасної геології (екологічної та економічної) [114, 131, 160, 161, 163]. Водночас під

оптимальною розуміємо систему, що зберігає або поліпшує свої, принаймні, геодинамічну й геофізико-геохімічну функції за найменш потрібних витрат енергії, засобів і праці. Управління розглядаємо як особливу систему, до складу якої входять: а) суб'єкт і об'єкт управління; б) власне процес управління; в) зворотний зв'язок між об'єктом і суб'єктом (рис. 8.1). Завдання управління можна успішно вирішити методами технічного впливу на літосферу й безпосередньо на гірські породи, гідросферу, верхній пласт ґрунтів (геологічне середовище) і техносферу.

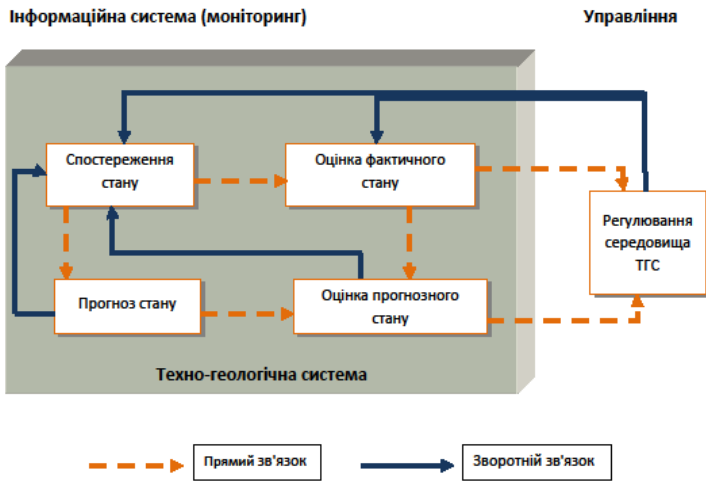


Рис. 8.1. Блок-схема системи управління

Геологічне середовище – термін довільного використання в літературі. Увійшов у широкий ужиток не тільки інженерної геології, а й геології взагалі, а також інших наук про Землю (географії, екології та екологічної геології), економіки і соціальних наук. Геологічне середовище змінюється, еволюціонує з часом. Ця еволюція і кількісна (поступове збільшення обсягу геологічного середовища у зв'язку зі зростанням масштабів техногенних впливів на літосферу), і якісна (зміна стану геологічного середовища) (рис. 8.2). Якісна еволюція геологічного середовища здійснюється в єдності й боротьбі двох протилежностей: з одного боку відбувається погіршення якості геологічного середовища через виснаження запасів корисних копалин,

забруднення ґрунтів і підземних вод, розвиток несприятливих природних, природно-антропогенних і техногенних процесів тощо, а з іншого – поліпшення її якості й стану завдяки цілеспрямованому регулюванню й управлінню властивостями масивів гірських порід, управлінню геологічного середовища, створенню систем інженерного захисту, моніторингу, очищення ґрунтів і підземних вод від забруднень і т. п. [1, 3, 13, 17, 31, 32, 43, 65, 96, 101, 122, 134–136, 148–151, 158–161, 165].

Техногенно-геологічні системи формуються з геологічного середовища, техногенних об'єктів (техносфери) і системи управління, які діляться ще на низку окремих компонентів. Це все можна розглядати як природно-антропогенний комплекс. Ефективне функціонування такого складного комплексу як ТГС забезпечується ступенем інформаційної наповненості та її достовірності в межах системи моніторингу, досконалою теорією й методологією управління [114, 131, 160, 161, 163].

Постійне збільшення масштабів техногенного навантаження, сумірного з розвитком геологічних процесів, визначає потребу детальних досліджень цього чинника задля прогнозування й корегування господарчої діяльності. У цьому й полягає розробка та розв'язання проблеми управління геологічного середовища і ТГС в аспекті обліку еколого-геологічних і економіко-геологічних умов певних територій. Оскільки існування людства визначає безперервне функціонування системи «людина – геологічне середовище», геологічні умови стійкості цієї системи відіграють провідну роль.

Специфіку родовищ корисних копалин як ТГС окреслено головними положеннями про родовища [7, 54, 123, 126, 140]. Кількість корисних копалин визначає запаси, які характеризуються ступенем вірогідності (категорії запасів); якість зумовлюють кондиції, що можуть бути геологічними й технологічними. Мінімальну кількість корисної копалини та найнижчу її якість, за яких, проте, можлива експлуатація, називають промисловими кондиціями. Оцінка родовища за результатами пошуково-розвідувальних робіт – це передбачення можливих запасів корисних копалин, їхньої якості та умов розробки. Передбачення або прогнозування має бути науково обґрунтованим [7, 123, 126, 140].

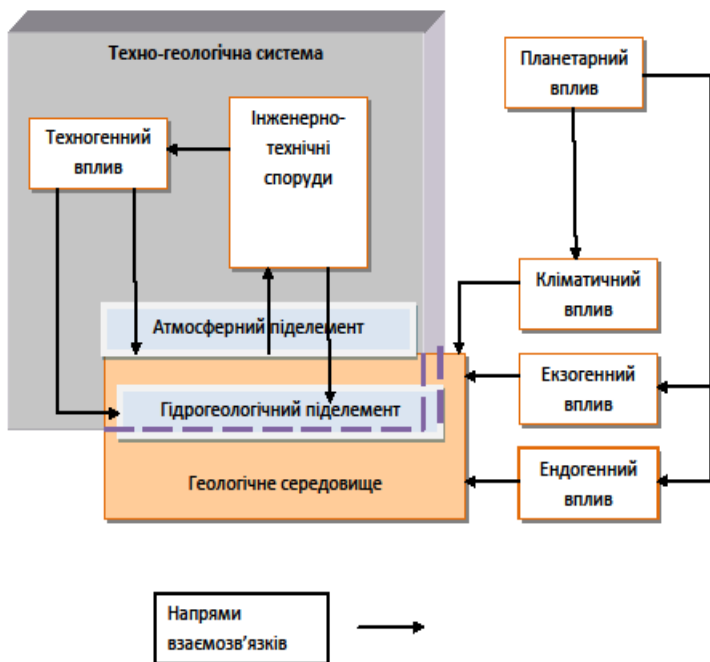


Рис. 8.2. Схема впливу природних і техногенних чинників на техно-геологічну систему

Головна мета використання надр – видобуток корисних копалин. Він об'єктивно призводить до виснаження надр. Тому вимогу законодавства стосовно охорони надр від виснаження потрібно розуміти як вимогу щодо їх раціонального використання [47, 49], тобто отримання корисних властивостей надр з найменшими втратами та з мінімальною шкодою для навколишнього середовища, які можливо забезпечити в умовах сучасної економіки й технологій.

Під надрокористуванням розуміємо діяльність користувачів надрами, що передбачена та захищена законом і здійснюється на території України або територіях, які потрапляють під її юрисдикцію, спрямовану, відповідно до цільового призначення виду надрокористування, на використання корисних якостей конкретної ділянки надр для вивчення, розвідки, видобутку або застосування іншим чином ресурсів, що в ній містяться, враховуючи корисні копалини [34, 96, 107, 108, 119, 151, 160, 161, 163, 164, 169, 181]. Надрокористування – це,

власне, виконання робіт, відповідних ліцензії на право геологічного вивчення надр, видобутку корисних копалин, використання та захранення відходів виробництва, будівництва й експлуатації підземних споруд, непов'язаних з видобуванням корисних копалин.

Характер техногенної діяльності відображає абсолютну величину цілеспрямованого або стихійного впливу людини на геологічне середовище. Їх систематизація базується на певних принципах масштабності й керованості чинником техногенного впливу в межах досліджуваної ТГС. До цілеспрямованих зараховують такі види техногенного впливу: а) різні типи будівництва; б) розробку родовищ корисних копалин; в) сільськогосподарське освоєння території; г) створення рекреаційних зон. З-поміж нецілеспрямованих техногенних впливів і їх наслідків є такі: 1) результати катастроф на атомних станціях; 2) аварії на хімічних підприємствах; 3) аварії на гідротехнічних спорудах; 4) транспортні аварії (катастрофи); 5) аварії на електроенергетичних системах [34, 96, 107, 108, 119, 151, 160, 161, 169].

Під час проектування та здійснення проектів техногенного впливу зміни геологічного середовища як об'єкта господарської діяльності відбуваються на таких стадіях: 1) підготовка території, 2) будівництво й інженерний захист технічних об'єктів, 3) використання території геологічного об'єкта в народно-господарських цілях. До складу ТГС зараховують технічні пристрої, які видобувають корисні копалини й виробляють енергію. Виділяють також технічний блок з перероблення отриманої сировини й продукування засобів виробництва. А відтак – техніку, технічні системи з передавання, використання й зберігання засобів інформації. Останнім часом з'являються також ТГС з перероблення й утилізації відходів, зараховані до безперервного циклу безвідходної технології. Зростає значення техногенних родовищ корисних копалин, що як відходи утворюються внаслідок видобування й переробки природних покладів корисних копалин.

8.1.1. Методи дослідження

Вивчення такої системи як родовище корисних копалин, до складу якої входять вельми різномірні об'єкти, припускає використання системного підходу як базового методологічного прийому. Застосовують три методи дослідження сучасних геологічних процесів і впливу техногенних процесів – метод спостережень, експериментальний метод

і теоретичний метод. Метод спостережень дає змогу вивчати техно-геологічні процеси методом безпосередніх спостережень і вимірювань у фіксовані моменти часу. Використання експериментального методу передбачає моделювання геологічного процесу в лабораторних умовах за визначених технічних параметрів ТГС на певний час. Побудовані моделі процесу за наслідками безпосереднього спостереження дають змогу судити про можливі причинно-наслідкові зв'язки між геологічними і техногенними процесами. За моделями процесу/системи може бути оцінено елементи, недосяжні для безпосереднього спостереження (глибинні процеси). Теоретичний метод передбачає проведення теоретичних досліджень техно-геологічних процесів і їх оцінення на підставі законів і методів фізики, механіки, математики й хімії. Розв'язується питання про вірогідність процесу або його прогнозування з позиції цих законів у ТГС [58, 160, 161, 173–175].

Системний підхід в управлінні означає всебічне опрацювання прийнятих рішень, аналіз усіх можливих варіантів їх виконання, координацію зусиль на різних напрямках. В управлінні складних систем цей принцип передбачає тісне поєднання рішень геологічних, економічних та інформаційних проблем у процесі розв'язання управлінських завдань. У цьому випадку аналізований об'єкт розглядають як певну сукупність елементів, взаємний зв'язок і взаємодію яких зумовлюють властивості й загальний характер цієї сукупності. Використання методологічних принципів теорії систем дає змогу сформулювати з реальних складних різнорідних об'єктів систему відповідно до цілей дослідження, визначити її головні елементи, частини або підсистеми, з'ясувати системоформувальні відносини й зв'язки між елементами, які характеризують її структуру [58, 96, 114, 160, 161, 173–175, 177].

Дослідження родовищ корисних копалин як техно-геологічних систем має три практичні аспекти: 1 – пов'язаний з вивченням геологічного середовища як середовища життєдіяльності людини; 2 – пов'язаний з вивченням геологічних тіл як природних ресурсів; 3 – пов'язаний з ретроспективними дослідженнями, заснованими на вивченні динамічних систем, а також використовується для прогнозування пошуків корисних копалин.

8.2. До потреби суспільства в управлінні надкористування

8.2.1. Фактори забезпечення раціонального використання надр

Науковий і практичний інтерес до визначення результативності сучасного економічного механізму економічного регулювання у справі вдосконалення управлінської системи забезпечення раціонального надкористування зумовлює потребу вибору критеріальної основи ефективності його діяння. З цілями державного регулювання потрібно пов'язати забезпечення раціонального використання надр, збільшення інвестицій у цій сфері діяльності задля максимально можливого забезпечення потреб суспільства в мінеральній сировині, захист інтересів громадян і надкористувачів. Якщо державного регулювання не буде, це може призвести до нераціонального використання надр, передчасного виведення з експлуатації РКК унаслідок вибіркового видобування багатих на корисних компонентів покладів, порушення чинних вимог і норм під час розробки цих родовищ [58, 96, 114, 160, 161, 173–175, 177].

Введення економічних підходів до управління надкористування в Україні означає наукову розробку й практичне впровадження надійних економіко-правових механізмів використання природних ресурсів на всіх рівнях господарювання [2, 30, 34, 46]. Причому впровадження економічного механізму регулювання надкористування має здійснюватися не через адміністративний тиск, а завдяки використанню економічних/ринкових відносин, тобто створенню таких умов для виробничої діяльності, за яких суб'єктам господарювання було б вигідно досягати визначених цілей з найменшими витратами. Водночас упровадження економічних підходів до управління надкористування й охороною навколишнього середовища можливе за умови дотримання адміністративно-правових методів управління, тобто має активно поєднуватися з ними.

Управління на основі системного підходу враховує три етапи:

1. Визначення сфери, уточнення ділянки та масштабів діяльності суб'єкта управління, орієнтовне визначення адекватних сфер, ділянок і масштабів діяльності, інформаційних потреб.
2. Здійснення потрібних досліджень (системний аналіз).
3. Розробка альтернативних варіантів розв'язання певних проблем

і вибір оптимального варіанта щодо кожного завдання із застосуванням експертних оцінок, зокрема і незалежних експертів.

В умовах постійних економічних змін підприємствам потрібно привертати неабияку увагу до розширення й поглиблення досліджень у галузі управління ТГС, насамперед її ресурсним потенціалом. Ефективне управління ресурсним потенціалом ТГС має становити гнучку систему, що змінюватиметься, пристосовуватиметься до ринкових умов, водночас забезпечуючи максимальне використання мінерального ресурсу зі збереженням довкілля. На базі цього запропоновано системний підхід до ефективного управління ресурсним потенціалом ТГС (рис. 8.3). Першочерговим етапом у побудові системи ефективного управління є з'ясування мети діяльності ТГС, яка відображає призначення певного суб'єкта господарювання, його роль у забезпеченні інтересів суспільства та отримання економічних вигод. З'ясувавши мету, потрібно визначити конкретні завдання діяльності ТГС. При цьому ефективне управління ресурсним потенціалом має бути спрямовано на виконання не тільки головної мети, але й окреслених завдань підприємства, зумовлених метою його функціонування. Невід'ємною складовою ефективного управління ТГС є проведення постійного моніторингу використання мінеральних ресурсів і аналіз можливих дій щодо підвищення ефективності та повноти використання.

Оцінювання ефективності використання ресурсів є важливим етапом формування системного підходу щодо ефективного управління ТГС. Така оцінка має містити певний набір показників і критеріїв для визначення оптимального напрямку управління, враховуючи користування ресурсами підприємства, що дасть змогу з'ясувати: як працює підприємство, чи досягаються поставлені цілі, як зміни й удосконалення в процесі управління впливають на потенціал підприємства.

Щоб оцінювати ефективність, потрібно визначити систему показників, яка враховувала б фактичну динаміку використання ресурсів підприємства.

Вагоме значення у формуванні ефективного управління ТГС, її ресурсним потенціалом має аналіз чинників зовнішнього й внутрішнього середовищ. Управління ефективністю ресурсного потенціалу – це визначальний етап, який має містити такі напрями, як якість управління й управління результатами. Якість управління передбачає передусім культуру управління, у межах якої підприємство прагне досягнути поставлених цілей, раціональну організацію управлінської пра-

ці. Управління є гармонійним поєднанням людських і матеріальних ресурсів з метою виконання завдань і досягнення цілей, що стоять перед організацією. Основна ідея управління за результатами полягає в тому, що жодна система не представляє ніякої цінності сама по собі, але вона є впорядкованою формою, яка об'єднує окремі об'єкти як елементи системи та їх групи для досягнення певних результатів.

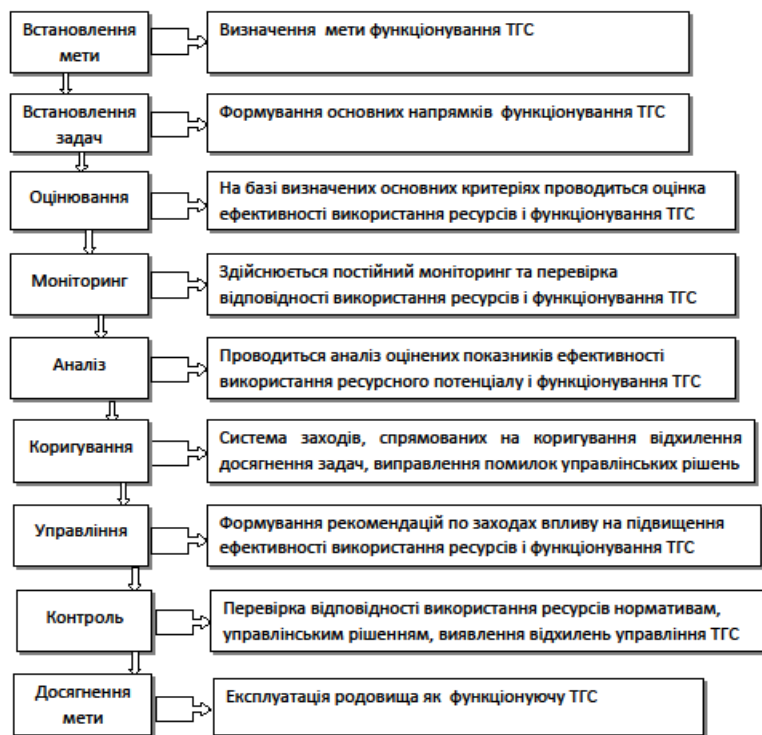


Рис. 8.3. Алгоритм системного підходу ефективного управління ТГС

Важливим етапом системного підходу щодо ефективного управління ТГС є контроль. Контроль має відстежувати застосування системи спостереження й перевіряти відповідність використання ресурсів підприємством визначеним стандартам та іншим нормативам, прийнятим планам, програмам і управлінським рішенням, а також виявляти допущені відхилення від прийнятих принципів організації та управління ТГС. Потреба контролю виконання рішення зумовлена тим, що в процесі його втілення можуть виникати нові проблеми, що

потребують відповідних рішень, а своєчасне їх виявлення можливе лише завдяки наявності ефективної системи контролю.

Сутність контролю полягає у визначенні фактичних значень контрольованих показників та їх порівнянні зі значеннями, передбаченими прийнятим рішенням. Метою контролю є з'ясування причин відхилень для коригування виконуваного рішення або прийняття інших рішень. Доцільно накопичувати результати контролю у вигляді інформаційної бази, що дає змогу враховувати виявлені хиби під час прийняття інших рішень.

Коригування проводять для виправлення деяких вад, неправильностей, що не потребує корінних змін корегованого процесу, або виправлення помилок управлінських рішень. Коригування виконуваного рішення або прийняття замість нього нового може мати як позитивні, так і негативні наслідки. Коригування, як і відмова від нього, пов'язане з аналізом стану ТГС і потребує оперативного втручання у функціонування системи. Уся система управління спрямована на досягнення поставленої мети раціонального використання надр.

Системний підхід у створюванні й проведенні ефективного управління ТГС потребує проектного забезпечення діяльності надрокористувача на кожному з етапів розробки родовищ корисних копалин. Управління проектами є ключовим інструментом у користуванні надрами в країнах з розвиненим виробництвом видобутку корисних копалин. Що стосується розвитку проектного підходу, то потрібно насамперед визначити систему незалежної експертизи проектів користування надрами. Все частіше використовується нова методологія комплексного аналізу функціонування ТГС родовища корисних копалин й оцінки впливу геологічних, технологічних та інформаційних чинників і процесів на експлуатацію родовищ корисних копалин у різних обставинах управління.

8.2.2. Ризики інвестування в системі управління надрокористування

Гірничодобувна промисловість у всьому світі вважається галуззю з високим ступенем ризику, підприємства сфери надрокористування об'єктивно повинні працювати в зоні ризику, що відбивається як на результатах їх виробничо-господарської діяльності, так і на ступені активності інвесторів. Аналіз інвестиційних проектів у гірничодобувній промисловості дозволив виявити ряд факторів ризику (табл. 8.1).

Фактори ризику у сфері надкористування

Блоки факторів ризику	Природа факторів ризику
Юридично-правовий	Неадекватне оформлення права на розробку родовища (ліцензії та ліцензійної угоди); відсутність рекомендаційного листа місцевої адміністрації
Геолого-економічний	Недостовірність і ненадійність інформації про геологічні параметри родовища; непідтвердження запасів, похибка розрахунку кондицій, недостатня інфраструктурна облаштованість території, негативні екологічні наслідки
Фінансово-економічний	Помилки при визначенні показників бізнес-плану, недостатньо стійке фінансове становище підприємства, погіршення ринкової кон'юнктури, негативні зміни в сфері оподаткування надкористувачів
Організаційно-виробничий	Низька кваліфікація і недостатній досвід роботи персоналу, низька дисципліна праці, недотримання техніки безпеки, неефективна технологія видобутку і переробки

Юридично-правовий блок факторів ризику вимагає детального вивчення повного комплексу установчих документів і прав на надкористування (ліцензії та додатка до неї, квот на видобуток і т. д.). У ліцензії та додатку до неї (ліцензійній угоді) чітко обумовлюється призначення цільових перевірок, терміни дії ліцензії та терміни виконання окремих етапів, обумовлених у додатку.

Для більш глибокого розуміння надкористувача інвестору слід запитати в нього рекомендаційний лист від місцевої адміністрації та провести з ними особисті переговори.

Одним з основних і в той же час найменше оцінюваним в інвестиційній практиці є геолого-економічний блок факторів ризику [176].

Дуже часто цілком покладаються на довідку територіальної комісії по запасах (ТКЗ) регіонального відділення про передані для видобутку запаси. При цьому абсолютно не береться до уваги, що всі показники ТЕО і технічних проектів визначаються з достовірністю і надійністю геологічних параметрів родовища.

Серйозний аналіз геолого-економічних факторів ризику сприяє додатковій оцінці можливостей отримання прибутку. За рахунок перерахунку і перезатвердження запасів, переданих надрокористувачу для освоєння, можливо зниження експлуатаційних витрат, збільшення обсягу випуску товарної продукції, зростання прибутку і рентабельності виробництва.

Фінансово-економічний блок факторів ризику включає в себе детальний аналіз бізнес-планів, ТЕО видобутку, бухгалтерських балансів, графіків отримання кредитів, розгляд можливих змін в системі оподаткування надрокористувачів, курсів валют, оцінку гарантійних зобов'язань, застави.

Сучасні реалії такі, що все більш заглиблюються протиріччя між вимогами підвищення результатів господарської діяльності від використання природних ресурсів, з одного боку, і стійкістю їх існування, з іншого. Тому, в рамках оцінки фінансово-економічного блоку чинників ризику, дуже важливо адекватне відображення екологічного аспекту діяльності підприємств.

Організаційно-виробничий блок факторів ризику включає кваліфікацію і досвід роботи, дисципліну праці, техніку безпеки, режим роботи, авторитет керівника, можливість контролю з боку інвестора за витрачанням коштів, технології видобутку і переробки корисних копалин.

Успішне інвестування в гірничодобувну промисловість пов'язане з вивченням проблеми ризику, оцінкою ризику і управлінням ним.

В умовах ринкових відносин інвестор направляє свої кошти в проекти, що забезпечують найбільшу віддачу за той ризик, якому піддається фінансування проекту. Стикаючись з проблемою вибору в умовах ризику і невизначеності, інвестор може і повинен проаналізувати ризик і невизначеність кількісно. Кількісний аналіз ризику ґрунтується на оцінці впливів, які ризик і невизначеність надають на інвестиційну ситуацію, з використанням логічної і послідовної стратегії прийняття рішення.

Світова практика інвестиційної діяльності виробила певні методологічні та методичні підходи до аналізу інвестиційних проектів в умовах ризику. Найбільш часто застосовуються такі підходи:

- імітаційне моделювання ризику;
- побудова безризикового грошового потоку;
- поправка на ризик коефіцієнта дисконтування.

Імітаційна модель обліку ризику передбачає коригування грошового потоку з подальшим розрахунком чистого грошового доходу (англ. *net present value*, *NPV*) по всіх варіантах і розрахунком розмаху варіації NPV. В основу методики побудови безризикового еквівалентного грошового потоку покладені концептуальні ідеї, розвинені в рамках теорії корисності і теорії ігор. Дж. Фон Нейман і О. Моргенштерн [92] доказали, що прийняття рішення, в тому числі і з інвестицій, за допомогою критеріїв, заснованих тільки на монетарних оцінках, не є безумовно оптимальним. Більш переважно використання спеціальних критеріїв, які враховують очікувану корисність тієї чи іншої події.

Поправка на ризик коефіцієнта дисконтування пов'язана з тим, що до безризикового коефіцієнту дисконтування або деякого його базисного значення додається поправка на ризик і при розрахунку критеріїв оцінки проекту використовується відкоректоване значення дисконтної ставки.

Цей метод отримав назву RADR (*Risk-Adjusted Discount Rate*) і з деякою часткою умовності можна вважати, що в теоретичному плані він більш виправданий, оскільки введення поправки на ризик автоматично приводить до прийняття, безумовно, обґрунтованої передумови про зростання ризику з плином часу.

Сьогодні важко уявити проект, який не вимагав би оцінки екологічного ризику. Однак питання термінології і способів оцінки екологічного ризику до цих пір не вирішено і багато в чому дискусійний. На сьогоднішній день в літературі зустрічається багато визначень терміну «екологічний ризик». З нашої точки зору, розглядаючи ризик взагалі, доцільніше відштовхуватися від розуміння його як імовірнісної міри небезпеки, яка встановлює для тих чи інших об'єктів можливі втрати за певний час, тобто ризик – функція ступеня небезпеки прояву процесів (природних і техногенних) і ступеня уразливості об'єктів, на які вони впливають. Ступінь небезпеки залежить від можливості (частоти) прояви процесу і його інтенсивності. Уразливість визначається, як властивість об'єкта необоротно втрачати свої функції в певному діапазоні негативних впливів, за кінцеве час. Переходячи до екологічного ризику, необхідно приймати техногенні

та природні процеси як джерело небезпеки, а екосистеми як об'єкт впливу. Отже, екологічний ризик – це імовірна міра негативних змін в екосистемі, обумовлена господарською діяльністю людини і (або) розвитком небезпечних природних процесів. В цьому випадку екологічний ризик слід розраховувати як функцію, якнайменше, двох змінних: ступеня небезпеки процесів, що діють на екосистему і уразливості даної екосистеми. Початкові умови при вирішенні завдання в зазначеній постановці припускають, що необхідно оцінити ступінь небезпеки природних і техногенних процесів, що діють на екосистему, в певних просторових межах і оцінити вразливість аналізованої техногенно-геологічної системи в полі цих процесів. Таким чином, рішення задачі вимагає аналізу двох незалежних ознак в двох незалежних системах координат: «простір-час».

Просторова система координат дає можливість оцінити масштаб техногенного впливу на еколого-геологічну систему на даний момент часу. Звідси, реалізацію максимальних зон впливу техногенних об'єктів на геологічне середовище можна розглядати як практично достовірну подію для найбільш тривало експлуатованих родовищ.

До оцінки зон впливу різних технічних споруд можна застосувати різні методичні підходи:

- геохімічний – аналіз закону просторового розподілу досліджуваної ознаки;
- біоіндикаційний – аналіз зміни гомеостазу розвитку, що оцінюється за порушенням морфогенетичних процесів, тобто за показниками флуктуючої асиметрії;
- візуально-дистанційний (найбільш часто реалізується в інженерній та екологічній геології для оцінки природних ризиків) – виявлення уражених територій з аеро-, космоматеріалів;

Беручи ураженість території найбільш тривало експлуатованого родовища (для конкретного природного ландшафту) за практично достовірну подію, з'являється можливість ситуацію на будь-якому іншому родовищі (зі схожим ландшафтом) представити як тимчасову вірогідну картину, що, у свою чергу, дозволяє використовувати апарат теорії ймовірностей і математичної статистики.

Реалізація даного підходу передбачає виявлення фактичної площі ураженості геологічного середовища, обумовленої конкретним техногенним об'єктом. Ставлення отриманої площі до площі виявленої на найбільш освоєному родовищі фактично являє собою ймовірність

ураження території за конкретний інтервал часу (стандартний підхід, що реалізується в методах Монте-Карло).

Аналіз ряду родовищ, що відрізняються за термінами експлуатації, дозволить отримати функцію зміни ймовірності в часі.

8.3. Застосування теорії систем управління

Застосування теорії систем до управління полегшить для керівників завдання раціонального надкористування в ТГС родовища корисних копалин (РКК), має вдосконалити організацію в єдності її складових частин, які нерозривно переплітаються з навколишнім середовищем. Використання поняття ТГС під час розробки проектів і подальшої експлуатації складних технічних систем РКК дає змогу ширше поглянути на проблему взаємодії елементів технічних систем та їх впливу на геологічне середовище. Розширюються як просторові межі сфери взаємодії технічних споруд з природним середовищем, так і часовий інтервал впливу. Це дозволяє детальніше зрозуміти проблеми створення нових складних ТГС РКК, знизити несприятливий вплив на геологічне середовище, підвищити надійність їх роботи й безпечної експлуатації.

Раціональне надкористування може бути забезпечене лише завдяки науковому підходу до впровадження теорії систем і системного аналізу. Рішення управління зменшують ризики порушення динамічної рівноваги ТГС із досягненням визначених економічних завдань під час розробки родовищ корисних копалин [34, 35, 149, 177, 179].

Економічну оцінку запасів і ресурсів корисних копалин потрібно проводити на кожному етапі розвитку мінерально-сировинного комплексу для підвищення обґрунтованості прийняття рішень і формування комплексної стратегії розвитку, базуючись на стандартах міжнародного рівня системи CRIRSCO (*Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards*). Упровадження CRIRSCO проводиться починаючи з оцінки ефективності функціонування галузі загалом і має бути основою вибору пріоритетних напрямів її розвитку на всіх етапах геологорозвідувальних робіт та експлуатації об'єктів надкористування.

Запитання для контролю

1. Положення формування моделей техногенно-геологічних систем (ТГС) різного рівня.
2. Головні вимоги щодо раціонального використання та охорони надр.
3. Сукупність заходів, що забезпечують охорону надр і раціональне використання.
4. Відтворювання причинних зв'язків між елементами ТГС в моделі управління об'єктом.
5. Основні складові, з яких формуються техногенно-геологічні системи.
6. Надрокористування – визначення і основні положення напрямку використання ресурсів природи.
7. Характер техногенної діяльності як відображення цілеспрямованого або стихійного впливу людини на геологічне середовище.
8. Використання системного підходу як базового методологічного прийому вивчення родовища корисних копалин.
9. Принципи моделювання геологічного процесу в лабораторних умовах за визначених технічних параметрів ТГС.
10. Практичні аспекти дослідження родовищ корисних копалин як ТГС.
11. Провідні фактори забезпечення раціонального використання надр.
12. Концепція введення економічних підходів до управління надрокористування в Україні.
13. Положення аналізу чинників зовнішнього й внутрішнього середовищ у формуванні ефективного управління ТГС.
14. Потреба контролю виконання рішення в організації та управлінні ТГС.
15. Ризики інвестування в системі управління надрокористування.

РОЗДІЛ 9. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНА НАДР

9.1. Ресурсозбереження і його роль у забезпеченні раціонального надрокористування

Реалізація на практиці екологічно стійкого, збалансованого розвитку економіки передбачає такий спосіб функціонування конкретних господарюючих суб'єктів, а також регіону, галузі, народного господарства в цілому, при якому раціонально використовуються всі компоненти сировини і енергії в циклі «первинні ресурси – видобуток – первинна сировина – виробництво – споживання – вторинні ресурси», що забезпечує зниження антропогенного впливу на навколишнє середовище. У наукових роботах воно визначається як «високоєфективне господарювання, яке не призводить до різких змін природно-ресурсного потенціалу та до глобальних змін в навколишньому середовищу», а в роботі [64] – як «господарська діяльність людини, що забезпечує економне використання природних ресурсів та умов, їх охорону і відтворення з урахуванням не тільки сучасних, а й майбутніх інтересів суспільства».

Використання природних ресурсів і заходи щодо їхнього збереження отримали назву природокористування. За раціонального природокористування природне середовище не зазнає катастрофічного впливу виробничої діяльності людини, перебуває в стані екологічної рівноваги, тобто забезпечується його повне відновлення, а природні ресурси використовуються комплексно, відходи – утилізуються. За нераціонального природокористування стан навколишнього середовища з кожним роком погіршується, що призводить до локальних, регіональних і загальносвітових екологічних проблем.

Орієнтуючись у своєму розвитку на перспективні інтереси розвитку господарства та збереження здоров'я населення, раціональне природокористування передбачає: економну експлуатацію природних ресурсів; дбайливе ставлення до якості навколишнього середовища; ефективний режим відтворення природних ресурсів і відновлення якості навколишнього середовища; охорону природних ресурсів і природних умов, що в кінцевому рахунку виключає різкі зміни в природно-ресурсному потенціалі і не допускає глибоких змін в навколишньому середовищі.

Узагальнення і аналіз матеріалів, пов'язаних з раціональним природокористуванням, дозволили систематизувати систему принципів, що лежать в основі цього процесу. До їх числа відносяться:

1. **Принцип соціально-економічного підходу**, який передбачає комплексну всебічну оцінку можливих впливів на навколишнє та соціальне середовище, пов'язаних з використанням того чи іншого ресурсу, і відповідних реакцій останніх. При цьому обліку підлягають не тільки прямі, але і непрямі і віддалені наслідки екологічного і соціального характеру [135].

2. **Принцип гармонізації взаємин природи і виробництва**, орієнтує процес природокористування на збалансованість темпів вилучення природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища з темпами самовідновлення природного середовища, жорстке дотримання встановлених екологічних обмежень в процесі виробничої діяльності, максимально можливе збереження екологічної рівноваги. Дотримання зазначеного принципу вимагає постійного спостереження за станом навколишнього середовища і його зміною, викликаною антропогенними причинами, що дозволяє здійснювати їх прогнозування і приймати відповідні рішення в частині коригування процесу виробництва або навіть необхідності його зупинки.

3. **Принцип оптимізації природокористування**, що полягає у виборі найкращого з можливих напрямків застосування природного ресурсу на основі визначення цінності даного напрямку використання, яка повинна бути не нижче альтернативних витрат. Обов'язковою при визначенні цінності в даному випадку є орієнтація на багатокритеріальність (соціальні, екологічні та економічні критерії).

4. **Принцип збалансованості відтворення і використання природних ресурсів**, що вимагає випередження темпів відтворення над темпами використання природних ресурсів, заповнення ніші ресурсів, що вилучаються з природного середовища, за рахунок природного процесу відтворення (лісопосадки, введення в господарський оберт нових земель сільськогосподарського призначення і т. д.) і економічного відтворення (геологорозвідувальні роботи, в результаті проведення яких здійснюється відкриття нових родовищ і постановка на баланс запасів корисних копалин).

5. **Принцип ресурсозбереження**, що враховує факт вичерпності природних ресурсів. До недавнього часу екстенсивна модель природокористування була цілком доцільною. У міру зростання масш-

табів господарської діяльності «гранично допустимі навантаження» на середовище були перевищені. Наслідки подібної моделі соціально-економічного розвитку були продемонстровані ще в кінці 1960-х – початку 1970-х років в роботах Форрестера, Мідоуза, Месаровича і Пестеля. Вони показали, що цей шлях приведе до кризи в силу: вичерпності невідновних ресурсів і обмеженості їх запасу; обмеженості земної поверхні; обмеженості самовідновлення навколишнього середовища, його здатності поглинати забруднювачі та вплив антропогенної діяльності.

У цей період увагу дослідників в першу чергу було зосереджено на проблемі збереження ресурсів для забезпечення майбутнього розвитку, тим більше що в 1973–74 рр. почалася глобальна енергетична криза. До середини 80-х років загострилися проблеми забруднення навколишнього середовища, вся увага переключилася на ліквідацію наслідків забруднення, зростали обсяги закупівлі природоохоронного устаткування, збільшувалися кошти на охорону природи в державному бюджеті. У ряді економічно розвинених країн були досягнуті успіхи і в ресурсозбереженні, але воно ще не набуло характеру світової проблеми. Лише через 10–15 років екологічна проблема актуалізувала рішення ресурсної проблеми, наклала обмеження на напрями і способи її вирішення, зробила пріоритетною стратегію ресурсозбереження.

У відповідності до ресурсів надр Законом «Про надра» пред'являється ряд вимог, що забезпечують раціональне надрокористування, які мають геологічну, гірничотехнічну, технологічну і економічну спрямованість.

Вимоги в геологічному напрямку:

- забезпечення повноти геологічного вивчення надр;
- проведення випереджаючого геологічного вивчення надр, що забезпечує достовірну оцінку запасів корисних копалин або властивостей ділянки надр, наданих у користування в цілях, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин;
- проведення державної експертизи та державного обліку запасів корисних копалин, а також ділянок надр, які використовуються в цілях, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин.

Вимоги в рамках гірничотехнічного напрямку включають:

- забезпечення найбільш повного вилучення з надр запасів основних і спільно з ними залягаючих корисних копалин і супутніх компонентів;

- достовірний облік видобутих і запасів, що залишаються в надрах, основних і спільно з ними залягаючих корисних копалин і супутніх компонентів при розробці родовищ корисних копалин.

Вимоги в технологічному напрямку:

- суворе дотримання технологічних схем переробки мінеральної сировини, що забезпечують раціональне, комплексне вилучення корисних компонентів, що містяться в ньому: облік і контроль розподілу корисних компонентів на різних стадіях переробки та ступенем їх вилучення з мінеральної сировини;
- подальше вивчення технологічних властивостей і складу мінеральної сировини, проведення дослідних технологічних випробувань з метою вдосконалення технологій переробки мінеральної сировини;
- найбільш повне використання продуктів і відходів переробки;
- складування, облік і збереження продуктів, що тимчасово не використовуються, і відходів виробництва, що містять корисні компоненти.

Вимоги в економічних відносинах припускають під час геологічного вивчення надр і постановці запасів на державний баланс виконання геолого-економічної оцінки родовищ на основі критеріїв і вимог, що встановлюються органом управління державним фондом надр.

Як показує аналіз, всі перераховані вище вимоги тією чи іншою мірою націлені на забезпечення повноти і комплексності використання первинних природних ресурсів надр і вторинно-сировинного потенціалу, тобто на реалізацію стратегії ресурсозаощадження. Стратегія ресурсозаощадження – принципи, фактори, методи, плани і заходи, що мають забезпечувати постійне зниження витрат сукупних ресурсів на одиницю валового національного продукту (у межах країни) або на одиницю корисного ефекту від певного виробництва або конкретного товару.

У межах України ця робота вибудовується на таких основних принципах:

1. Підвищення коефіцієнтів видобування з надр корисних копалин;
2. Розвиток та ефективне використання технологій заощадження ресурсів;
3. Ефективне використання технологій повного вилучення корисного компонента ресурсів;

4. Аналіз застосування ресурсів на всіх стадіях використання розвіданих і експлуатуємих об'єктів;
5. Удосконалення методів аналізу, прогнозування, оптимізації і заохочування ефективного використання ресурсів;
6. Вдосконалення структури використовуваних ресурсів шляхом зменшення частки експорту сировини, збільшення ефективності використання всіх видів ресурсів;
7. Застосування у вирішенні проблем надрокористування наукових методів менеджменту – конкретних технологічних, організаційних, економічних способів економії та раціонального використання ресурсів.

9.2. Еколого-економічні проблеми і перспективи раціонального використання мінеральних ресурсів

Майбутнє людства, на думку багатьох дослідників, характеризується як боротьба за ресурси. У цих умовах необхідне вдосконалення структури і підвищення ефективності національної економіки на основі випереджаючого розвитку обробних галузей не може бути здійснено за рахунок скорочення сировинного сектора і, як наслідок, втрати конкурентних позицій України на світових сировинних ринках. Навпаки, Україна повинна використовувати історичний шанс повернути собі гідне місце в глобальній економіці за рахунок реалізації наявних великих резервів підтримки і підвищення конкурентоспроможності продукції експортно-орієнтованого сировинного сектора економіки не використовуваних на даному етапі розвитку. Перш за все, за рахунок комплексного використання мінеральної сировини (особливо руд кольорових, рідкісних і рідкісноземельних металів), оскільки вітчизняна продукція обробних галузей або неконкурентоспроможна, або піддається жорстким обмеженням на світових ринках. Підвищення ефективності надрокористування на даний час є найбільш явним напрямком економічної реалізації конкурентних переваг країни. Він може бути здатним забезпечити необхідними матеріальними і фінансовими ресурсами масштабну модернізацію та інноваційний розвиток обробних галузей на основі досягнень науково-технічного прогресу. Це, на жаль, не було здійснено в найбільш сприятливий період високих світових цін на сировину, що передувє (попередньо) світовій фінансовій кризі.

Мінеральна сировина, що видобувається із надр Землі, забезпечує вихідні матеріали і енергетичну базу виробництва 70% всієї номенклатури кінцевої продукції суспільства, фактично є безальтернативною основою існування і розвитку сучасної цивілізації. Щорічний світовий обсяг видобутку становить близько 280 млрд т руди, горючих копалин і будівельних матеріалів, а також понад 600 млрд т вміщуючих порід, причому за другу половину XX століття видобуто більше корисних копалин, ніж за всю попередню історію людства.

У надрах Землі утворилося величезна кількість порожнин, пустот, на поверхні – глибоких кар’єрів, відвалів гірських порід, відходів збагачення, хімічної і металургійної переробки. В результаті змінюється геодинамічна рівновага середовища, збалансована за попередні епохи, напружений стан масивів, порушується режим підземних і поверхневих вод, деформується і сама земна поверхня. Наростаючий техногенний пресинг на природні екосистеми призводить до їх швидкого і часто незворотного руйнування, яке за своїми масштабами поступово приймає глобальний характер.

Від того, як в найближчі півстоліття буде організовано надрокористування, які обмеження і допуски будуть накладені на його розвиток, в широкому сенсі залежить збереження або необоротне руйнування рухомої рівноваги в природному середовищі, сформованого за попередній період.

На даний час вже відомо, що ніякі безвідходні технології та інші природоохоронні дії, при всій їх абсолютній і життєвій необхідності, самі по собі не зможуть вирішити проблему безконфліктної взаємодії людини і природи. При нинішній незбалансованості виробництва і споживання з природними циклами біосфери, подібні дії не вирішують проблем, що постали, але можуть допомогти виграти час для підготовки радикальної зміни самих принципів цієї взаємодії [151].

Зміни, що відбулися в суспільній свідомості, призводять до поступової екологізації системи взаємовідносин суспільства і природи. Очевидна і наростаюча небезпека безконтрольного споживання природних ресурсів і не менш очевидна безперспективність гасла «назад до природи», привели до ситуації, яка зближує позиції ідеї екологічного імперативу в природокористуванні. Одночасно з появою проблеми пошуку іншого шляху розвитку людства народилося і розуміння його неймовірної складності.

З першого закону термодинаміки (збереження речовини і енергії) з усією очевидністю випливає, що людство нічого не виробляє, а про-

сто що-небудь перетворює. З другого закону (зростання ентропії) випливає, що при цих перетвореннях відбувається постійне зменшення корисного потенціалу в системі як цілому.

Утворений потік ентропії (потік сировини) починається з вилучення ресурсів з природного середовища і закінчується викидами в середовище, він являє собою необхідні витрати по підтримці рівня матеріального виробництва і населення. І чим вище інтенсивність цього потоку, тобто чим більше великих руйнувань зазнає літосфера, тим більших збитків завдається геологічному середовищу і біосфері та зменшується їх здатність асимілювати відходи. Тому цілком очевидно, що кардинальним засобом збереження довкілля планети було б зниження інтенсивності потоку ентропії шляхом комплексного і повторного, а краще багаторазового використання здобутих з видобутої сировини цінних компонентів в рамках замкнутих циклів їх обертання.

Однак, існують реальні можливості зниження техногенного навантаження на природні екосистеми на всіх стадіях матеріального виробництва за рахунок комплексного використання всіх видів матеріальних ресурсів, відходів виробництва і споживання, організації повторного використання металів і багатьох неметалічних сполук (скло, вогнетриви, макулатура і т. п.), переважного виробництва будівельних матеріалів на основі використання гірничо-промислових відходів, підвищення ефективності споживання енергії, застосування енерго-, ресурсозберігаючих технологій, освоєння і збільшення частки виробництва матеріалів і енергії на основі відновлюваних видів ресурсів, обмеження неконтрольованого використання енергії, стимулювання застосування більш «чистих» ресурсів.

Переробка накопиченого за попередні часи металевого фонду і ряду неметалічних сполук дозволяє обмежити обсяги вилучення з надр невідновлюваних первинних мінеральних ресурсів при різкому скороченні витрат на виробництво, зменшенні шкідливих викидів.

Про масштаби і ефективності повторного використання металів можна судити за наступними даними. У 2000 р. частка вторинних ресурсів в задоволенні внутрішньої потреби США становила по міді приблизно 30%, нікелю – 30%, титану – 36%, свинцю – 37% [30]. Виробництво 1 т сталі з брухту обходиться в 20 разів дешевше, ніж з руди. При виробництві алюмінію з вторинної сировини потреба енергії скорочується в 20 разів у порівнянні з первинною сировиною, а міді в 5 разів. Використання комплексних підходів до використання

ресурсів надр, які враховують, насамперед, необхідність максимального використання сировини, що видобувається, забезпечує можливість зменшення відходів у середньому на стадії видобутку в 2 рази, на стадії збагачення – в 10 разів і на стадії глибокої хіміко-металургійної переробки – в 6 разів [55].

Вражаючі успіхи у використанні вторинної сировини досягнуті в останні роки у виробництві алюмінію. При загальному прирості обсягу світового виробництва первинного алюмінію за 1990–2000 рр. близько 25 %, приріст виробництва вторинного алюмінію складає майже 42 % [76]. Одного разу отриманий з руди алюміній при його подальшому багаторазовому застосуванні у вигляді виробів розглядається як свого роду «екологічні накопичувачі», що дозволяють істотно економити енергію, різко зменшити забруднення навколишнього середовища і зберегти невідновні ресурси надр.

Характерною рисою кінця ХХ століття стало усвідомлення, як виробниками, так і споживачами кінцевої алюмінієвої продукції вигоди і практичності збору і вторинної його переробки. Так, при зростанні споживання алюмінію у світі за 1990-і роки на 28,5 %, в США і Німеччині через зростання цін на енергію виробництво первинного алюмінію скоротилося приблизно на 10,0 % при одночасному збільшенні виробництва вторинного алюмінію на 44,1 і 23,9 % відповідно.

Подібна ситуація характерна не тільки для алюмінію, а й для інших кольорових металів і всіх видів вторинної сировини в країні в цілому. Для створення в країні ефективної системи збору та комплексної переробки різних видів вторинної сировини, техногенних родовищ, гірничопромислових і побутових відходів і т. п., необхідним є вдосконалення та посилення заходів державного регулювання ринкових відносин в цій специфічній сфері. У тому числі, надання податкових та інших пільг і переваг, хоча б на період освоєння випуску нових видів продукції, освоєння інноваційних ресурсозберігаючих технологій та проектних потужностей. Необхідно також підвищення освітнього і культурного рівня громадян, пропаганда, виховання і заохочення з дитинства дбайливого ставлення до природи, різноманітних природних і штучних ресурсів, національного надбання.

Реалізація перелічених напрямів дозволить істотно обмежити обсяги вилучення з природного середовища первинних ресурсів без зниження досягнутих обсягів виробництва і споживання і забезпечити, таким чином, перехід до еколого-збалансованого, ресурсозберіга-

ючого типу економіки, збереження і зміцнення конкурентних позицій України на світових сировинних ринках. Досягнення цього неможливо без державного регулювання надрокористування, вдосконалення економічного механізму на сучасних принципах, зокрема концепції оподаткування і платежів за забруднення, що стимулюють комплексну багато-продуктову і маловідходну переробку первинної рудної сировини і всіх видів гірничо-промислових відходів (всієї сукупності ресурсів).

9.3. Раціональне комплексне освоєння і використання мінеральних ресурсів

Сучасна парадигма, основоположний принцип комплексного використання мінеральних ресурсів, полягає у відмові від необґрунтованої ресурсовитратності і широкому застосуванні ресурсозберігаючих технологій, що забезпечують скорочення споживання всіх економічних ресурсів на одиницю готової продукції по всьому технологічному ланцюгу. Раціоналізація впроваджується, починаючи від геологорозвідки, економічно обґрунтованого оконтурювання промислових запасів багатоконпонентних руд, видобутку, рудопідготовки і рудосортування, попереднього збагачення (передконцентрації), основного збагачення з видачею комплексних і мономінеральних концентратів, комплексної їх хіміко-металургійної переробки, аж до отримання кінцевої продукції мінерально-сировинного комплексу. В основу комплексного використання сировини закладаються насамперед економічні та екологічні інтереси – прагнення виробляти максимум конкурентоспроможної продукції з більш високою споживчою вартістю при найменших витратах матеріально-речових, трудових, фінансових, нематеріальних ресурсів та мінімізації негативного впливу на природне середовище,

Раціональне комплексне освоєння і використання мінеральних ресурсів за визначенням передбачає максимально повне виявлення і облік всіх видів, різновидів, специфічних особливостей, можливих об'єктів і напрямків корисного використання у всьому їх різноманітті, включаючи нетрадиційні, у т. ч. різноманітні відходи гірничо-промислового комплексу – техногенні родовища. Обов'язковим елементом раціонального надрокористування є початкове обґрунтування стратегії розробки кожного родовища як керівної ідеї та плану здійснення

в межах гірничого відводу в часі і просторі відкритих, підземних, фізико-технічних, фізико-хімічних, мікробіологічних і комбінованих способів вилучення усєї сукупності георесурсів. Стратегія, що розробляється, повинна відповідати і новому поняттю гірничого підприємства яке розвивається, що створюється не тільки для видобутку корисних копалин, а так, що відповідає багатoproфільному господарюючому суб'єкту, який комплексно використовує всю сукупність ресурсів земних надр на економічно раціональній основі, призначеній для перетворення і охорони надр з обов'язковими екологічними, ресурсозберігаючими і ресурсовідтворюючими, а також соціально-економічними функціями і обмеженнями [140].

Раціональне надпрокористування обумовлено не тільки пошуком, розробкою та реалізацією інноваційних технічних і технологічних рішень, а й методологічною обґрунтованістю оцінки економічної ефективності безлічі альтернативних варіантів. Зокрема, ефективності освоєння кожного з геологічного ресурсу (кожної з його цінних складових) окремо і комплексного використання усєї сукупності ресурсів конкретної ділянки надр у даних соціально-економічних умовах [72]. Тільки на цьому шляху можна виявити економічно оптимальні напрямки і варіанти освоєння окремих ділянок надр і відповідних їм ресурсів в конкретний період розвитку національної економіки, забезпечити нормальне функціонування і розвиток територій сировинної спеціалізації.

Теоретично переваги комплексного використання ресурсів, природа позитивного синергетичного ефекту можуть бути виявлені і наочно представлені при розгляді принципово можливих моделей індивідуального (монопродуктового), інтегрованого (конгломератного типу) і комбінованого (комплексного) виробництв, організованих на базі багатокомпонентного родовища мінеральної сировини. Дослідження специфічних особливостей і закономірностей комплексних виробництв на основі зазначених моделей [6], дозволяє по-новому обґрунтувати принципи диференційованої вартісної оцінки кожного з цінних компонентів у вихідному багатокомпонентному продукті його комплексної переробки. Може бути проведене виокремлення прямих витрат на виробництво кожного компонента, що вилучається, визначення граничних вмістів цінних компонентів для обґрунтованого обмежування і підрахунку промислових запасів комплексних родовища. На основі запропонованих моделей розроблено та апробовано на конкретних підприємствах принципово нові методичні рішення з

ключових проблем економіки комплексного використання мінеральної сировини і гірничо-промислових відходів.

Особливості формування сукупних витрат і доходів виробництв, відповідних перерахованим моделям, при вилученні з сировини хоча б двох, а тим більше більшості або всіх цінних компонентів у відокремлені готові продукти, обумовлені наступними обставинами. Розширення номенклатури видобутих корисних компонентів при переробці багатокомпонентної сировини супроводжується перетворенням тільки частини переробних потужностей на стадії збагачення або, найчастіше, лише на заключних хіміко-металургійних операціях переробки концентратів, напівфабрикатів, проміжних продуктів. При цьому не потрібно збільшення обсягу видобутку сировини, відповідно додаткових інвестицій і поточних витрат, пов'язаних з підготовкою сировинної бази, гірничими роботами і початковими стадіями підготовки сировини до переробки (процесами дроблення, подрібнення [2], класифікації та т. п.). У структурі вартості готових продуктів, отримуваних з мінеральної сировини, найбільш дорогими, енергоємними, капіталомісткими і трудомісткими є процеси видобутку (особливо в сукупності з підготовкою сировинної бази, транспортуванням, дробленням і подрібненням руди), не змінюються при зміні кількості видобутих цінних компонентів і рівня їх вилучення. Одночасне підвищення рівня комплексного використання сировини, як правило, забезпечує відносне (в розрахунку на рівний кінцевий результат) і абсолютне скорочення негативного впливу гірничо-промислового підприємства на навколишнє середовище, тобто може мати екологічний та соціальний ефекти.

Одночасно необхідно істотне нормативне (законодавче) обмеження техногенних навантажень на природне середовище. Проблема нормування навантажень на екосистеми обговорюється вже більше трьох десятиліть. Накопичено воістину величезний фактологічний і методичний матеріал, який практично ніяк не використовується для вирішення технічних і технологічних проблем при пошуках підходів до екологічної безпеки господарської діяльності людини. Загальноприйнятого універсального методу оцінки впливу на середовище поки немає. У США і Європі, наприклад, застосовуються в різних випадках і регіонах 50 методик такої оцінки.

Сучасний рівень розвитку гірничих технологій характеризується наявністю найширшого діапазону технологічних процесів, операцій і прийомів, що дозволяють активно впливати на величину практично всіх техногенних факторів надрокористування.

Генеральна ідея створення подібних технологій в найзагальнішому вигляді була визначена В. І. Вернадським як «ноосферна», тобто вбудовування виробничих процесів в природні цикли біохімічного кругообігу речовин. Розвиваючи ці ідеї стосовно проблем освоєння надр планети, можна перейти до поняття екотехнології освоєння земних надр [151] – як технології видобутку мінеральних ресурсів, побудованої за типом процесів, характерних для природи. Це поняття є новий науковий напрям в геотехнології, що забезпечує кардинальне вирішення екологічних проблем освоєння надр за рахунок створення технологій, організованих за тими ж принципами, які забезпечують екологічну чистоту функціонування природних біологічних систем.

9.3.1. Ресурсозбереження при переробці мінеральної сировини

Головною метою інновацій в сучасних технологіях переробки мінеральної сировини є ресурсозбереження в широкому сенсі цього слова: зниження енерго-, водоспоживання і збільшення повноти вилучення.

Обидва ресурсозберігаючих напрямки – гірський переділ і рудопідготовки – мають єдиний базис інновацій: або не добувати чи не дробити і не збагачувати нічого зайвого. Крім того, щоб знизити обсяг відходів, необхідно також комплексно використовувати все, що вилучено з надр. Для скорочення енерговитрат і водоспоживання потрібно дотримуватися принципу «не дробити нічого зайвого», а це значить, необхідно широко використовувати наскрізну предконцентрацію, суть якої – дотримуватися принцип необхідності та достатності, враховуючи безперервно мінливі параметри сировини, що розділяється.

Інноваційними слід вважати тільки ті технології, які здатні забезпечити зниження енерговитрат і водоспоживання нема на одиниці, а на десятки і сотні відсотків. Для реалізації цих завдань необхідний єдиний підхід до організації видобутку корисних копалин і рудопідготовки. Наскільки складно відмовитися від традиційної парадигми: подрібнити все здобуте до декількох десятків мікрон, витративши силу-силенну енергії, а потім витратити ще більше енергії і ресурсів на зневоднення, сушіння концентрату і складування хвостів, настільки ж важливо використовувати всі сучасні технології (в тому числі й інформаційні) для вирішення завдань ресурсозбереження.

Основні ідеї інноваційних підходів в технологічних процесах видобутку та переробки мінеральної сировини полягають у наступному: поєднати геоінформаційні технології (ГІТ), побудовані на базі

цифрових моделей гірських робіт, з моделями подальшої переробки сировини і отримання кінцевих товарних продуктів (створити об'єднану модель «гірничі роботи – переробка сировини»); розробити селективні буропідривні технології на базі даних геолого-технологічного картування родовища і параметрів буріння свердловин.

Базисом інноваційних рішень може стати єдина математична модель вилучення всіх компонентів мінерально-сировинних ресурсів родовища, яка включає в себе:

- моделі гірничо-видобувних робіт;
- моделі процесів переробки мінеральної сировини;
- кон'юнктурно-маркетингові моделі за типом бенчмаркінгу¹⁹ з «прив'язкою» кінцевого товарного продукту до галузей споживання.

Передбачається, що зазначені моделі, крім прогностичних функцій, будуть використані в оперативному управлінні процесами. На стадії видобутку – це планування буропідривних робіт (зміна параметрів підривання); на стадії рудопідготовки – зміна умов дезінтеграції і поділу при зміні фізико-механічних і розділових характеристик сировини.

Поява високоефективних інструментальних засобів і методів дослідження властивостей, структури і складу руд, високопродуктивної обчислювальної техніки відкриває великі можливості для створення комплексних цифрових моделей, що описують процеси видобутку і переробки мінеральної сировини на основі сумарної енергоефективності всього циклу. Для створення наскрізних моделей потрібна інша інформаційна база вихідних і моніторингових даних.

Наприклад, для ведення гірських робіт такими даними є показники геолого-технологічного картування, пов'язані з моделлю зв'язку фізичних і мінералогічних характеристик з параметрами буримості (буримість визначається сукупністю геологічних і техніко-технологічних факторів і характеризує витрати часу і коштів на руйнування порід при бурінні свердловин), вибуховості і параметрами вибуху. Для рудопідготовки – це набір параметрів, що характеризують структурний елемент розкриття і структурний елемент поділу на кожній стадії переробки.

Для моделювання геотехнологічних процесів використовуються різні програмно-технічні комплекси: MINEFRAME, Geomix, BlastMaker, Micromine і ін.

¹⁹ Бенчмаркінг (англ. Benchmarking) – це процес пошуку стандартного чи еталонного економічно ефективнішого підприємства-конкурента з метою порівняння із власним та переймання його найкращих методів роботи.

Основна проблема застосування цих систем для економіко-математичного моделювання полягає в значній варіації структурних і мінералогічних характеристик сировинних комплексів родовища, що не піддається опису в рамках простих аналітичних функцій, тому в таких системах застосовується апарат математичної статистики та ймовірні моделі.

Проте, подібні інформаційні технології дають можливість побудови моделей геометризації і окреслення контуру родовища, дозволяють виділяти зони (блоки) з найменшою дисперсією геолого-мінералогічних параметрів сировини, що видобувається, і зони з високим контрастом властивостей [100]. Характерно, що програмно-технічний комплекс BlastMaker дозволяє використовувати в якості вихідної інформації дані, отримані безпосередньо з бурового верстата для оптимізації ведення буропідричних робіт в режимі реального часу і в режимі накопичення даних. Таким чином, з'являється можливість картування родовища не тільки в ході розвідувального, а й технологічного буріння, свого роду динамічний моніторинг властивостей гірських порід за показником буримості і вибуховості. З огляду на те, що даний параметр безпосередньо пов'язаний з енергоємністю буріння [101] і з технологічними параметрами рудопідготовки [3, 4], подібний програмний комплекс може бути легко ув'язано з цифровими моделями наступних переділів переробки сировини, використовуючи їх, наприклад, як функціональні модулі розширення при побудові геолого-технологічної моделі відпрацювання родовища в цілому. Таким чином, інновації в гірському виробництві за допомогою нових технологій можуть охопити обидва напрямки: комплексне освоєння надр і рудопідготовки.

Сучасне розуміння комплексного освоєння надр передбачає розгляд його з двох позицій – економічної і технологічної. Економічний аспект спирається на принцип «не видобуває нічого зайвого» і, по суті, відображає комплексну переробку мінеральної сировини, спрямовану на мінімізацію обсягів техногенних новоутворень (відходи, відвали, хвости і т. п.) При максимумі – витяг кілька товарних продуктів. Визначальна модель цього принципу є економічна модель, що спирається на фундаментальній вартості родовища, виконана з урахуванням можливостей сучасної технологій переробка, прогнозу ціни, визначення потреби в сировині, окреслення екологічних витрат та інших чинників.

Дослідження енергоємності буріння показали, що дана характеристика є інтегральним показником міцності порід і безпосередньо співвідноситься з прийнятими класифікаціями порід за категоріями буримості [101]. Для розширення області застосування існуючих інформаційних систем необхідно вбудувати в них моделі, що описують зв'язок між категоріями буримості, енергоємністю буріння і технологічними показниками наступних етапів рудопідготовки (подрібнення і збагачення). Як показали результати досліджень зв'язку збагачувальних характеристик руд з показниками буримості і вибуховості гірських порід, рудопідготовку доцільно розпочинати з початкових стадій механічного впливу, тобто зі стадій підготовки вибухової відбійки. За різними оцінками енерговитрати на вибухове дроблення становлять 1,5-3% всіх витрат на рудопідготовки, інші 98,5-97% – витрати на дроблення і подрібнення в процесах збагачення [3, 7, 62].

Зниження енерговитрат на процеси подальшої дезінтеграції руд при збільшенні витрати вибухових речовин не викликає сумніву [6], питання лише в економічному обґрунтуванні доцільності таких рішень, оскільки енерговитрати на дроблення і без того мають найнижчі значення (на рівнях, близьких до теоретичного значенням). Відстежити і однозначно підтвердити значимість впливу витрат вибухових речовин на більш енергоємні процеси подрібнення досить складно [3, 72].

Сучасні геотехнології вже володіють великим арсеналом засобів для регулювання вибухового впливу: зміна конструкції заряду (гірляндові, шлангові і суцільні), застосування комбінованих зарядів по довжині свердловини з мінливими енергетичними властивостями порід, варіація маси заряду, варіювання сітки свердловин, зміна інтервалу уповільнення та ін. Можливість появи хвильових ефектів на неоднорідностях структури гірського масиву теоретично показана в роботах [9, 10], де наведені розрахунки власних коливань при руйнації блоку.

Адаптація теорії для структурних елементів неоднорідності іншого розміру (відмінна від розмірів блоку) не складає обчислювальні труднощі, питання лише в розмірі дискретизації. Тісний зв'язок показників геологічної і фізичної неоднорідності масиву гірських порід родовища відкриває можливості для адекватного поєднання моделей ТГС і технологічної моделі рудопідготовки, наприклад, через параметри енергоємності буріння.

Основна проблема рудопідготовки полягає у високому рівні витрат ресурсів. Головним чином це вода і електроенергія. У змінений

схемі рудопідготовки пропонується модифікувати принцип декомпозиції, який заснований на тому, що енерговитрати на сепарацію на порядок нижче витрат на розкриття (що досягається інтенсивним подібненням) [115]. Виходячи з принципу «не дробити нічого зайвого», доцільніше збільшити стадії поділу-дезінтеграції в процес рудопідготовки, ніж не виправдано витрачати енергію на перетворення в пил цінних компонентів. Такий підхід дозволяє використовувати гнучку і керовану багатопотокову схему переробки сировини, здатну адекватно враховувати зміни властивостей збагачуваної сировини на всіх етапах її переробки. На кожній стадії режими технологічної схеми «селективне руйнування – сепарація» повинні бути самоузгоджені з мінливими текстурно-структурними параметрами, властивостями міцності порід, що руйнуються. Принцип «не переробляти нічого зайвого», по суті, відображає традиційну технологію стадіального збагачення, проте в сучасному трактуванні її необхідно доповнити методами вибіркової рудопідготовки на всіх етапах переробки, включаючи і видобуток. Основу модифікації становить уявлення про структурні елементи розподілу, які формуються з гірської маси в продуктових потоках, починаючи з першої стадії передконцентрації (з використанням радіометричної, магнітної та ін. методів сухої сепарації). Після кожної стадії руйнування утворюються нові структурні елементи поділу, з яких формуються нові потоки для подальшої дезінтеграції. Дана технологічна послідовність формування структурних елементів розкриття і поділу (в зв'язці «дезінтеграція-сепарація») здійснюється аж до отримання кінцевих продуктів з вихідної мінеральної сировини.

Незважаючи на те, що через зменшення кратності руйнування, з'являється потреба збільшувати число стадій «селективне руйнування – сепарація» даний підхід дозволить застосовувати сухі методи збагачення аж до розмірів, при яких фізичні методи поділу (гравітаційні, магнітні, електричні та ін.) ще здатні забезпечувати концентрування видобутих елементів. Такий підхід – можливість зберегти головний мінеральний ресурс – воду і знизити енерговитрати на подальше зневоднення продуктів мокрого збагачення.

Межа дезінтеграції сухими методами визначається економічною доцільністю застосування механічного руйнування для структурних елементів розкриття зі складною структурою зрощення мінералів, що розділяються. До них відносяться різного роду евтектичні структури

з мікронними розмірами мінералів, що виділяються або аналогічні їм за будовою (так звані важкозбагачувані руди). У тих випадках, коли нестача контрасту фізичних властивостей мінералів стає обмежувачем для використання сухих методів сепарації (гравітаційних, магнітних, електричних та ін., доцільно застосовувати методи модифікації властивостей або використовувати фізико-хімічні, мокрі методи сепарації. Слід відразу обмовитися, що модифікація властивостей за величиною енерговитрат може бути істотно вище енерговитрат на розкриття, тому основне слово за економічною доцільністю, яка визначається, по суті, ціною металу, видобувається. До методів модифікації властивостей можливо віднести, наприклад, мало вивчені (універсальні з точки зору матеріалів) плазмо-хімічні технології для спрямованої зміни поверхні або хімічні методи як самостійні технології вилучення.

Серед механічних методів поділу новий етап розвитку повинні пройти і методи радіометричної сепарації (які включають весь спектр і діапазон засобів збудження і аналізу відгуку: рентгенорадіометричні, фотометричні, рентгенолюмінісцентні, гамма-радіометричні й т. п.), головним чином, в частині зниження нижньої межі крупності мінеральної речовини, яка розділяється, і підвищення продуктивності. Поєднання радіометричних методів і методів вібраційного зважування частинок в просторі дозволило б підійти до вирішення завдання зниження крупності розділення даними методами.

Вібромеханічні і хвильові технології є ще одним напрямком інновацій, які повинні зайняти своє місце не тільки в частині розподілу мінеральної сировини, але і в області активації технологічних процесів і процесів дезінтеграції. Велика наукова база для розробки таких технологій і наявні наукові доробки в цих напрямках свідчать про плідність даного напрямку.

Вище вже зазначалося, що з точки зору ресурсозбереження найбільш оптимальним є застосування сухих методів сепарації на всіх стадіях дезінтеграції. Мокрі методи (наприклад, флотація) доцільно включати в схему тільки при неможливості сухих методів забезпечити поділ в силу недостатнього контрасту фізичних властивостей. Однак, з огляду на високий рівень передконцентрації на стадіях сухої сепарації і багатопотокові схеми, масову частку переробки в мокрому вигляді можна звести до мінімуму і знизити обсяги водоспоживання.

Запитання для контролю

1. Основні положення і поняття напрямку раціонального природокористування.
2. Роль ресурсозбереження в забезпеченні раціонального надрокористування.
3. Комплекс принципів, що лежать в основі процесу раціонального природокористування.
4. Вимоги забезпечення раціонального надрокористування, що пред'являються у відповідності до ресурсів надр Законом України «Про надра».
5. Стратегія ресурсозаощадження – принципи, фактори і методи забезпечення.
6. Еколого-економічні проблеми раціонального використання мінеральних ресурсів в Україні.
7. Перспективи раціонального використання мінеральних ресурсів в Україні.
8. Принципи ресурсозбереження при переробці мінеральної сировини.
9. Використання програмно-технічного комплексу BlastMaker для моделювання геотехнологічних процесів.
10. Основні положення сучасного розуміння комплексного освоєння надр.
11. Новітні методи вибіркової рудопідготовки на всіх етапах переробки, включаючи і видобуток мінеральних ресурсів.
12. Економічний аспект сучасного розуміння комплексного освоєння надр.

РОЗДІЛ 10. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ В ЕКОНОМІЧНІЙ ГЕОЛОГІЇ

10.1. Основні поняття про економічну геологію як науку

Сучасний стан розвитку геології в Україні пов'язаний з тим, що країна поступово і в усіх галузях переходить до світових процесів та трендів. Геологічна галузь не є виключенням. Приходить нова конструкція та взаємовідносини геологічної спільноти, де замовник геологічних робіт та виконавець геолог починають розмовляти один з одним на мові ринкових відносин. Тобто, планування, реалізація та звітність по геологічним проектам знаходяться під впливом значних економічних чинників. Насамперед це стосується того, що вибір території для геологічного вивчення та ділянки надр для пошуків та розвідки корисних копалин продиктовано питаннями економічної привабливості.

Економічна геологія стосується мінеральних ресурсів, які можуть бути використані для економічних та / або промислових цілей [170]. Ці ресурси включають дорогоцінні і недорогоцінні метали, неметалеві мінерали, будівельний камінь, нафтові мінерали, вугілля та воду. Економічна геологія є субдисципліною геотехнічних наук; на думку Вальдемара Ліндгрена (1933), це «застосування геології» [176]. Сьогодні ми можемо назвати це науковим дослідженням джерел мінеральної сировини Землі та практичного застосування отриманих знань [178]. Термін звичайно відноситься до металевих родовищ корисних копалин та горючих корисних копалин. Методи, використані іншими дисциплінами наук про Землю (таких як геохімія, мінералогія, геофізика, петрологія та структурна геологія та ін.) можуть бути використані і для розуміння, опису та експлуатації рудного родовища.

Економічна геологія намагається зрозуміти хід процесу формування родовищ, визначити їх характеристики та як ця інформація може використовуватися при експлуатації рудного родовища. Економічна геологія вивчається і практикується геологами. Економічна геологія може представляти інтерес для інших професій, таких як спеціалісти екологічної геології та природоохоронці, через далекосяжні наслідки видобувних галузей для суспільства, економіки та навколишнього середовища.

Отже, основною метою економічної геології є економічна оцінка родовищ та проектів їх освоєння, що приводиться з позицій ринкових відносин, виявлення рентабельних для освоєння родовищ корисних копалин та ділянок надр.

Така встановлена мета дає змогу сформулювати розуміння того, що об'єктом вивчення економічної геології є родовища корисних копалин та геологічне середовище взагалі. Тобто об'єкт дослідження типово геологічний. Але предметом економічної геології є диференціація вивчених геологічних об'єктів за їх економічною привабливістю.

Зі встановлених визначень мети, об'єкту та предмету економічної геології можна установити деякі основні завдання як для народу України, як основного власника надр згідно з Кодексом України про надра, так і для приватного надрокористувача.

По-перше, це стратегічне планування розвитку надрокористування в країні. Це пов'язано з основними напрямками розвитку промисловості, потреб як власного, так і світового ринку в деяких видах сировини.

По-друге, це реакція на зміни світової кон'юнктури та на сучасні тренди в розвитку наукоємних та енергозберігаючих технологій. У зв'язку з цим перелік потреб у видах сировини змінюється дуже швидко.

По-третьє, це економічний, технологічний та екологічний моніторинг за використанням надр на території України.

Отже, в економічній геології до природно геологічних об'єктів застосовується низка методів та підходів, яка дозволяє оцінити їх з точки зору інвестиційної привабливості на сьогоднішній день та на найближче майбутнє. Основна проблема на теперішній час полягає в тому, що фахівець у цієї галузі повинен володіти інформацією з геології родовищ корисних копалин з одного боку, основами технології методики видобутку корисних копалин з різних типів родовищ, з другого боку, та принципами економічної теорії оцінки інвестиційної привабливості проектів з третього боку. До того ж, з точки зору класичної геологічної науки розвідана та вивчена ділянка надр є об'єктом, який виник у геологічній історії та існує в такому стані тривалий час, і такий стан може довго не змінюватись. З економічної точки зору цінність чи привабливість об'єкта може змінюватись дуже швидко і та ж сама ділянка надр може бути дуже привабливою зараз, але з часом

вона може втратити будь-яку привабливість через зміну попиту чи технологію видобутку, хоча геологічно це буде все та ж геологічна структура.

Передусім, оцінка інвестиційної привабливості геологічного об'єкту має декілька складнощів. В першу чергу це пов'язано з тим, що будь-який геологічний проект є довгостроковим. Тобто, при проведенні оцінки інвестиційної привабливості проекту треба враховувати досить великий розмір горизонту розрахунків. До того ж, немає двох абсолютно ідентичних геологічних об'єктів. Тому навіть наведені схеми та моделі основних типів родовищ корисних копалин можуть бути застосовані лише як узагальнені підходи при оцінці конкретного родовища. Отже, для кожного окремого родовища повинна бути проведена окрема оцінка його інвестиційної привабливості. Ще однією особливістю економічної оцінки родовищ корисних копалин є можливість зміни умов експлуатації протягом терміну існування проекту. Це може бути пов'язано як з геолого-технологічним циклом роботи по розробці родовища, так і зі зміною економічних умов на ринку під час функціонування проекту – зміна податкових умов, зміна цін на продукцію і на затратну складову та інше.

Саме по собі завдання вартісної оцінки корисних копалин, що знаходяться в надрах, є неоднозначним, складним і багатоплановим і в багатьох випадках вимагає нестандартних рішень. Фактично це процес, який охоплює оцінку видобутих ресурсів або запасів корисних копалин, розрахунок планованих показників видобутку та розрахунок ефективності освоєння оцінюваного об'єкта. Отже, під вартісною оцінкою родовища корисних копалин можна вважати очікувану величину чистого дисконтованого доходу, який може бути отриманий внаслідок розробки оцінюваних запасів і ресурсів.

Існує стандартна та логічно прийнятна схема геолого-економічного аналізу ділянки надр [2] (рис. 10.1). Її перевага полягає в її простоті і зрозумілості. Вона включає три основні етапи для підготовки родовища до експлуатації – це геологічний, геолого-технологічний та економічний. Кожен з цих етапів є самостійною складовою геологічних робіт та вартісної оцінки ділянки надр. У межах кожного з етапів знаходиться багата кількість підетапів та кроків, але ж результат реалізації кожного з них дає можливість перейти до наступного з достатньою долею достовірності в отриманих результатах.

Однак наведена схема має декілька проблем. Це пов'язано з тим, що це, по-перше, узагальнена схема, тому для реалізації її на реальному оберті виникає ціла низка специфічних локальних моментів, які повинні бути враховані. До того ж кожен етап – це дуже складна та багатокомпонентна система реалізації. Так, наприклад, весь комплекс геологічних робіт від геологічної зйомки до пошукових та розвідувальних робіт розташовано у межах першого етапу геологічного моделювання. Кожен етап, завдяки своїй багатокомпонентній основі, має імовірнісний характер. Тобто, результат реалізації кожного етапу дає модель яка має свій рівень ймовірності [128].

Наприклад, підрахунок запасів по певній категорії має свою достовірність. Тому проведення доповнюючих та дорозвідних робіт дає можливість підвищити ймовірність існування підрахованих запасів, але ж не робить їх стовідсотковими. Перехід на етап технологічного моделювання успадковує від геологічного етапу ймовірність при підрахунку запасів та передбачає створення технологічного циклу видобутку, первинного збагачення та отримання товарної продукції. При цьому, як будь-яке моделювання, цей етап також має свою ймовірність реалізації, пов'язану з особливостями застосування стандартних технологій для специфічних геологічних об'єктів. Тому вихідні показники створеної технологічної моделі також будуть мати свою міру ймовірності.

Третій етап, який включає в себе оцінку економічної ефективності проекту, також базується на ймовірнісних оцінках двох попередніх етапів. До того ж ці економічні розрахунки вартісної оцінки родовища чи ділянки надр також мають свій рівень ймовірності, пов'язаний з коливанням цін на продукцію, чи на енергетичні ресурси, необхідні для функціонування підприємства або зі зміною у законодавстві та податкової системі.

Отже, отримані результати економічної ефективності та інвестиційної привабливості геологічного проекту у будь-якому стані буде мати ймовірнісний характер. Тому, одне з основних завдань спеціаліста в галузі економічної геології полягає в тому, щоб проведені економічні підрахунки та створені ймовірнісні моделі охоплювали як можна більшу частину повної ймовірності – тобто була б врахована та оцінена найбільша кількість сценаріїв розвитку геологічного проекту.



Рис.10.1. Стандартна схема геолого-економічного аналізу

10.1.1. Поняття про вартісну оцінку об'єкта

Одним з ключових понять для економічної геології та по суті одним з головних результуючих параметрів є величина вартісної оцінки геологічного об'єкта. Фактично вартісна оцінка об'єкта (родовища, покладів, ліцензійної ділянки і т. д.) являє собою виручку, яку отримав би інвестор, продавши за сьогоднішньою ціною ту кількість корисних копалин, яка може бути вилучена з надр наявними на даний момент технічними засобами, за відрахуванням всіх капітальних і експлуатаційних витрат, які він при цьому понесе.

Таке визначення вартісної оцінки має свої переваги та недоліки. До переваг слід віднести те, що результатом такої оцінки буде вартість об'єкта в тій чи іншій валюті, яка буде позначена конкретним числом. Також можуть бути розраховані та представлені значення по

терміну окупності проекту та його рентабельності. Для інвестора, який є, як правило, представником економічної спільноти, такі параметри зрозумілі та прийнятні. До недоліків слід віднести те, що при реалізації такої оцінки існує достатньо висока доля суб'єктивізму. Вона пов'язана з тим, що, по-перше, оцінку робить експерт, який повинен мати усю необхідну та вичерпну інформацію по геологічному об'єкту, знати усі технологічні схеми для цього типу корисних копалин та орієнтуватися в сучасному стані ринку на передбачену сировину. По-друге, оцінка робиться для об'єкта, який тільки буде освоюватися, тому існує доля невизначеності, починаючи з геологічної будови території та можливих ресурсів і запасів. Тому визначити значення вартісної оцінки можна шляхом імітаційного моделювання усього процесу від розвідки родовища, підрахунку запасів, вибору технології видобутку, облаштування родовища, безпосередньо видобутку і реалізації корисної копалини. При такому моделюванні треба враховувати основні показники по геологічним, технологічним, екологічним, ринковим параметрам, які закладаються у модель як вхідні. Також ще одним основним показником для моделювання є строк рентабельності – це періоду часу до того моменту, починаючи з якого чистий недисконтований дохід приймає тільки негативні значення. Тобто це термін, до якого доходи від реалізації видобутої корисної копалини перевищують витрати на її видобування.

Оскільки вартісна оцінка може бути проведена для різних цілей та різними експертами, виділяють наступні види вартості ділянки надр:

- ринкова вартість об'єкта – найбільш ймовірна ціна, за якою об'єкт оцінки може бути відчужений на відкритому ринку в умовах конкуренції, коли сторони угоди діють розумно, маючи всю необхідну інформацію, а на величину ціни угоди не впливають які-небудь надзвичайні обставини;
- інвестиційна вартість передбачає оцінку об'єкта тільки на основі поінформованості та ділових можливостей конкретного інвестора. Інвестиційна вартість об'єкта з точки зору зовнішнього інвестора-покупця називається зовнішньою вартістю об'єкта. Інвестиційна вартість об'єкта з точки зору його власників і з урахуванням їхніх планів називається вартістю об'єкта;
- внутрішня (фундаментальна) вартість передбачає оцінку об'єкта стороннім незалежним оцінювачем на основі його власної інформованості і уявленні про ділові можливості інвестора (що не ви-

ключає надання оцінювачу на його вимогу необхідної для оцінки інформації, яку він буде корегувати);

- нормативна (інвентаризаційна) вартість може розраховуватися спеціально обумовленим і затвердженим відповідними галузевими документами способом. Вона може використовуватися для цілей обліку об'єктів надкористування, в т. ч. для цілей оподаткування.

Найбільш часто використовується ринкова вартість об'єктів, яка складається на відкритому ринку під впливом кількості пропозицій та рівня попиту. Для визначення ринкової вартості об'єкту існує декілька методів:

1. Витратний підхід заснований на визначенні витрат, необхідних для відновлення або заміщення об'єкта оцінки, з урахуванням його зносу. На справді, цей метод дуже рідко використовується для корисних копалин тому, що вони частіше за все є не відновлювальними. Тому не можуть бути визначені витрати на те, щоб відновити вже розроблене РКК. Але для декількох видів сировини, наприклад, для осаджування кам'яної солі чи для деяких типів мулів, які формуються у сучасних водоймах, цей метод може бути застосовано.
2. Порівняльний підхід представляє собою сукупність методів вартісної оцінки, заснованих на порівнянні об'єкта оцінки з об'єктами-аналогами, щодо яких є інформація про їх вартість. Головним принципом визначення вартості об'єкта є аналіз цін недавніх угод купівлі-продажу схожих за своїми характеристиками (порівняних) об'єктів і внесення поправок у ці ціни, що компенсують відмінності між оцінюваним і порівняним об'єктом. Перевага цього методу полягає в тому, що він базується на реальних ринкових цінах, однак, з другого боку, це є і одним з основних недоліків. Як правило, дуже складно знайти аналогічне родовище чи ділянку надр, яка була б продана у недавній час, і вся інформація, як геологічна, так і економічна, була б доступна для аналізу та порівняння.
3. Прибутковий підхід є сукупністю методів оцінки вартості об'єкта, заснованих на визначенні очікуваних доходів від використання об'єкта оцінки. При цьому майбутні доходи оцінюються і підсумовуються з урахуванням часу їх появи. Тобто, діючий принцип полягає в тому, що за об'єкт заплатять по максимуму стільки,

скільки він зможе принести доходу. Інвестиції, які здійснені раніше в об'єкт колишнім власником, не мають, отже, відносини до ціни об'єкту. Перевага цього методу в тому, що він враховує умови ринку на теперішній час та на майбутнє функціонування проекту, тому цей метод є найбільш поширеним.

Метод опціонів став використовуватися для оцінки родовищ відносно недавно. Він базується на понятті опціону в спекулятивних угодах з цінними паперами. Під опціоном розуміється контракт, що дає його власнику право (але не зобов'язує) купити або продати певну кількість товару в майбутньому за ціною, зафіксованою в день покупки опціону. Покупець опціону в обмін на право його використання платить його продавцеві певну суму грошей – премію. Опціон має силу до заздалегідь встановленої дати, званою датою завершення (виконання) або датою експірації (від лат. *expiratio*). Власник опціону може їм і не скористатися, якщо це буде йому невигідно в сформованій ринковій ситуації до настання дати експірації. При цьому він понесе збитки в розмірі не більше сплаченої премії. Продавець же опціону зобов'язаний виконати опціон, тобто продати (у разі опціону *call* (англ. *Call option*)) або купити (у разі опціону *put* (англ. *Put option*)) реальний товар, якщо цього зажадає власник опціону. Інвестор придбає опціон *call*, якщо очікує підвищення курсу цінних паперів (підвищення вартості товару) або опціон *put*, якщо розраховує на їх зниження. На цей час даний метод не дуже розповсюджений, однак у деяких випадках він також може використовуватися.

Отже, встановлення вартості родовища чи ділянки надр дає можливість охарактеризувати геологічний об'єкт з економічної точки зору та встановити можливість і ефективність його розробки. У виконанні оцінки вартості присутня достатня ймовірнісна складова, але запропоновані методи визначення вартості та методики розрахунку направлені на те, щоб мінімізувати можливу похибку розрахунків.

10.2. Положення фінансової математики які застосовуються для оцінки економічної привабливості ділянки надр

Сучасна економіка встановлює правило, що все має свою ціну. Навіть гроші на теперішній час є товаром та мають свою ціну, а вона може змінюватися в дуже великих розмірах. Наприклад, під час висо-

кої інфляції гроші дуже швидко втрачають свою ціну. Однак інфляція – це не єдиний та не головний чинник зміни ціни грошей. Уся сучасна економіка базується на кредитних взаємовідношеннях. Це означає, що боржник позичає деяку суму та протягом встановленого часу повинен повернути більшу суму. Отже, для постійного обслуговування усіх боргових зобов'язань потрібно постійне нарощування об'єму грошової маси. Тому ціна грошей у відношенні до їх купівельної спроможності та до інших грошей буде змінюватися.

Відповідно, кількісні закономірності і співвідношення, які виникають в короткострокових і довгострокових фінансових операціях, і є предметом вивчення та аналізу в фінансовій математиці. Тобто будь-яка фінансова операція може бути розглянута як акт того, що боржник бере в борг суму яка на сьогоднішній день представляє собою деяку дисконтовану вартість PV (англ. *present value*). Ця сума позичена на термін t , та наприкінці цього терміну боржник має повернути позичальнику вже іншу суму майбутньої вартості FV (англ. *future value*). Різниця між позиченою та поверненою сумами мало що вказує. Більш важливими є значення відносин між цими характеристиками. Наприклад, важливим значенням є параметр:

$$r_t = (FV - PV)/PV, \quad (10.1)$$

r_t – це темп приросту чи відсоткова ставка чи доходність кредитних грошей.

Ще один параметр, який вказує на співвідношення між позиченими та поверненими сумами, формується з необхідності повернення грошей. Він розраховується як:

$$d_t = (FV - PV)/FV, \quad (10.2)$$

де d_t – це темп зниження чи дисконт, чи облікова ставка.

Ці два параметри дозволяють оцінити розвиток у часі будь-якого фінансового процесу. Тобто, коли ми розглядаємо будь-який процес, у тому числі фінансовий, ми говоримо, що він відбувається в часі, і суми, які приймають участь у цьому процесі, повинні бути інвестовані (позичені) на одному чи декількох етапах розвитку процесу, та мо-

жуть бути повернені протягом певного часу на інших етапах. Термін часу між позичанням та поверненням може бути різним. До того ж, оскільки гроші мають свою ціну та ця ціна змінюється у часі, суми, які були позичені, можуть мати зовсім іншу цінність, коли будуть повернені. Тому значення відсоткової ставки та дисконту дозволяють оцінити як буде змінюватися ціна певних сум з часом. Так, значення відсоткової ставки дозволяє розрахувати ціну певної суми протягом часу, якщо ми маємо її зараз. Дисконт, навпаки, дає можливість оцінити майбутні суми з теперішньої точки зору – скільки зараз можуть коштувати суми, які можливо отримати в майбутньому.

Якщо мова йде про реалізацію геологічного проекту, то він може бути розглянутий саме як фінансовий процес зі значним інвестуванням на початкових стадіях розвитку при геологорозвідувальних роботах та при облаштуванні родовища або з поточним інвестуванням при функціонуванні проекту та з поверненням вкладених сум тільки на стадії експлуатації родовища, тобто через деякий час після початку проекту. Отже, ринкова вартість геологічного об'єкту, яка визначається за допомогою прибуткового методу оцінки повинна базуватися на методах дисконтування очікуваних у майбутньому надходжень.

Будь-який багатокomпонентний проект має, як правило, декілька етапів розвитку, тому необхідні трати (інвестування) та можливі надходження (доходи) від реалізації кожного з етапів складуються в єдиний комплекс, розтягнутий у часі. Отже, можна говорити про формування так званого грошового потоку. Під грошовим потоком будемо розуміти послідовність грошових сум C_1, C_2, \dots, C_n , які генеруються протягом певних інтервалів часу внаслідок реалізації проекту або функціонування активу. Елементи грошового потоку можуть бути незалежними від реалізації попередніх етапів, чи, навпаки, можуть успадковувати деякі тенденції. Надходження грошей можуть відбуватися: 1) потоки з надходженнями на початку обраного інтервалу часу – пренумерандо; 2) потоки з надходженнями в кінці обраного інтервалу часу – постнумерандо.

Також, сумарне співвідношення витрат та надходжень у часовому періоді чи етапі реалізації потоку може бути як негативним – тоді говорять про відтік грошей, так і позитивним – тоді це надходження (приток) грошей. Сумарний грошовий потік багатокomпонентного процесу представляє собою просте алгебраїчне підсумування грошових потоків окремих складових частин. Будь-який грошовий потік

може бути розглянутий з точки зору майбутнього – коли розглядається, яка загальна сума може бути отримана наприкінці року функціонування проекту. Такий варіант розраховується, виходячи зі значення відсоткової ставки та моделі нарощування. Тобто елементи цього грошового потоку складаються з позиції, що наглядач знаходиться в році n за який проект надав суму C_n . За попередній рік проект приніс суму C_{n-1} , але враховуючи значення дисконтування та зміни ціни грошей з попереднього року на сьогоднішній, треба вказати, що сьогодні у році n надходження за етап $(n-1)$ дорівнюють вже $C_{n-1}(1+r)$, де r – це ставка дисконтування. Грошові надходження, які були отримані за два роки до n вже будуть оцінені як значення $C_{n-2}(1+r)(1+r)$ чи $C_{n-1}(1+r)^2$, якщо ставка дисконтування за ці два роки не змінювалася. Отже, майбутня вартість проекту в році n може бути розрахована як:

$$FV = C_1(1+r)^{n-1} + C_2(1+r)^{n-2} + \dots = \sum_{k=1}^n C_k(1+r)^{n-k} \quad (10.3)$$

Інший приклад цієї ж задачі розглядає це питання не з року n у майбутньому, а з сьогоднішнього дня. Тобто, наглядач знаходиться на початку проекту та при старті грошового потоку. З цієї точки зору мова йде не про нарощування, а про дисконтування та встановлення сьогоднішньої ціни на можливі значення грошового потоку у майбутньому. Так, у перший рік реалізації проекту результуючий грошовий потік планується у розмірі C_1 . При цьому ставка дисконтування також приймається за r . У такому випадку загальне теперішнє значення грошового потоку за майбутній рік може бути оцінено як $C_1/(1+r)$.

За другий рік розвитку проекту значення очікуваного грошового потоку призведені на сьогоднішній день будуть дорівнювати $C_2/(1+r)^2$. І так далі. Отже, теперішня вартість проекту, який формує певний грошовий потік на n років, може бути розрахований за формулою:

$$PV = \sum_{k=1}^n \frac{C_k}{(1+r)^k} \quad (10.4)$$

Цей вираз дозволяє розрахувати сьогоднішню (приведену) вартість проекту, який буде реалізований у майбутньому протягом n років та буде створювати грошовий потік C_1, C_2, \dots, C_n .

Існує специфічний тип грошового потоку, коли значення потоку на кожному часовому інтервалі однакові: $C_1 = C_2 = \dots = C_n = A$. Такий грошовий потік має назву ануїтет. Ануїтет (англ. *annuity* – щорічний платіж) – фінансова рента, послідовність грошових платежів

(виплат або надходжень) через однакові проміжки часу (періоди ренти). Найчастіше розглядаються ануїтети з постійними платежами. Це може бути варіант депозитного вкладу на початку кожного місяця для накопичення на рахунку необхідної суми чи обов'язкова плата за постійно надані послуги – квартплата чи оплата комунальних платежів.

Використання наведених методик розрахунку для геологічних проектів дозволяє охарактеризувати їх з економічної точки зору. Тобто, для будь-якого геологічного проекту, який складається в узагальненому варіанті з декількох періодів: а) геологорозвідувального етапу; б) підрахунку запасів; в) підготовці родовища для експлуатації; г) безпосередньої експлуатації; г) дорозвідки флангів та експлуатації; д) консервації та рекультивації відпрацьованого родовища – може бути розглянутий як багатокomпонентний, багаторічний грошовий потік. До речі, на початкових етапах розвитку проекту – геологорозвідувальному, підрахунку запасів та підготовці до експлуатації – грошовий потік матиме негативні значення. Позитивні значення грошового потоку можуть бути отримані під час безпосередньої експлуатації та нарощування запасів при дорозвідці під час продовження роботи на родовищі. Водночас будуть існувати поточні затрати на функціонування проекту і на дорозвідку, однак, отримані доходи від видобутку корисної копалини можуть перевищувати необхідні поточні затрати, а також з часом компенсувати і понесені затрати на початковій стадії. Етап консервації чи рекультивації проекту також має затратне значення, і ці затрати слід враховувати при розрахунку моделі грошового потоку ще функціонуючого родовища. Отже, для можливого інвестора, який бажає зробити інвестицію у реалізацію геологічного проекту, будь-яка ділянка надр – це об'єкт, який потребує вкладення деякої суми грошей зараз та в декілька найближчих років. Проте після цього, протягом наступного десятиріччя чи навіть довше (залежно від типу та розміру родовища) ця ділянка буде створювати позитивний грошовий потік. Привабливим та перспективним для інвестування проектом буде такий, який зможе в майбутньому сформулювати такі позитивні значення грошового потоку, які зможуть компенсувати усі витрати, понесені на початкових етапах з урахуванням дисконту грошей у часі. Все це має бути розраховано до того, як проект буде запущений до реалізації. Тобто, ще перед початком робіт інвестор повинен розуміти, нехай навіть в узагальненому вигляді, як буде формуватися грошовий потік проекту в залежності від стадій

його реалізації, скільки весь цей проект коштує та коли і скільки він зможе принести прибутку. Для цього у світовій практиці використовують декілька основних економічних параметрів, за якими можна порівняти різні геологічні проекти не за типами корисних копалин, чи строкам реалізації, а за показниками економічної привабливості та розмірами можливого прибутку.

10.3. Основні показники ефективності інвестиційних проектів

Основна задача інвестора при вкладанні грошей це отримання прибутку. Зрозуміло, що інвестор бажає вибрати такий проект, який би був найбільш прибутковим, з одного боку, та надійним, з другого боку. Наприклад, можна направити інвестиції в розробку новітніх технологій у будь-якій галузі, але тут виникає великий ризик, що результати досліджень можуть бути негативними та інвестиції не повернуться. З іншої сторони, якщо буде винайдена якась нова технологія чи новий пристрій або матеріал, це дозволить отримати дуже великі прибутки, які багаторазово перевищать надані інвестиції. Тобто, інвестування у новітні розробки та дослідження є дуже ризикованим, але має високу прибутковість. Інвестування в державні проекти чи в цінні папери великих підприємств стратегічного значення забезпечує велику надійність – зроблені інвестиції повернуться з високою долею ймовірності. Але, як правило, ці проекти мають достатньо низький рівень прибутковості. Тому інвестор, головна мета якого отримання як можна більш високий прибуток, має вибір та повинен прийняти рішення – куди він хоче вкладати свої гроші. Геологічні проекти – це ще одна можливість для інвестування, але повинен бути сформований апарат економічних ознак, дозволяючи порівняти геологічні проекти з іншими проектами, як геологічної, так і не геологічної галузі за інвестиційною привабливістю.

Отже, треба встановити основні поняття та критерії порівняння інвестиційних проектів. В основі усіх розрахунків полягає прибутковий метод – тобто значення майбутніх затрат та прибутків порівнюється з точки зору приведення їх на сьогоднішній день. Існує декілька термінів:

- Інвестиційні кошти – початкові капітальні вкладення C_0 , які необхідно здійснити для того щоб проект стартував. До цих сум мо-

жуть бути віднесені витрати на придбання чи отримання ліцензії, чи геологічної інформації попередніх років.

- Інвестиційні витрати – всі витрати, що виникають в процесі здійснення проекту. Позначаються C_k , де k – номер інвестиційного циклу, в якому понесені витрати (як правило, один цикл – один рік). Ці кошти потрібно вкласти в проект під час його фінансування, починаючи з геологорозвідувальних робіт і далі.
- Доходи від інвестицій – всі грошові надходження від інвестицій. Позначаються R_k , де k – номер інвестиційного циклу, в якому отримані доходи.

Статичний та динамічний підхід методу оцінки різняться урахуванням часової зміни вартості коштів. Так, статичний підхід базується на тому, що гроші мають одну і ту ж ціну за весь період, тому важливим показником при цьому підході є значення строку окупності проекту – коли загальні доходи перевищать загальні витрати $\sum R > \sum C$.

Основна проблема цього методу полягає у тому, що між витратами та доходами є деякий часовий інтервал за який багатьох чого може змінитися. Тому динамічний підхід дозволяє встановити значення доходів та витрат розрахувавши їх на час початку проекту. Ключовими показниками при цьому є наступні:

- Чиста сучасна вартість NPV (англ. *Net Present Value*);
- Індекс рентабельності PI (англ. *Profitability Index*);
- Внутрішня норма прибутку IRR (англ. *Internal Rate of Return*);
- Строк окупності PP (англ. *Payback Period*).

Чиста поточна/приведена вартість (англ. *net present value, NPV*) визначається як сума приведених вартостей (PV) вхідних і вихідних платежів (витрат та доходів), пов'язаних з інвестицією чи проектом протягом усього часу тривання. Зміна вартості грошей у часі означає, що чиста поточна вартість залежить не тільки від величини витрат та доходів, але й від часу в який ці платежі відбуваються та процентної ставки за допомогою якої платежі дисконтуються. Чиста сучасна вартість ще може бути означена як чистий дисконтований дохід (ЧДД) або чистий приведений ефект. Цей показник вказує значення сьогоденної вартості проекту з точки зору майбутніх доходів та витрат. Вона розраховується по формулі:

$$NPV = -C_0 + \frac{R_1 - C_1}{1+r} + \frac{R_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots +, \quad (10.5)$$

де r – ставка дисконтування, яка вказана в долях одиниці;
 n – кількість років реалізації проекту

Якщо значення NPV буде менше 0, це буде значати, що затрати перевищують доходи в часі і проект у випадку такої моделі його реалізації буде збитковим.

Якщо значення NPV буде більше 0, то це буде значати, що сумарні доходи перевищують затрати з урахуванням часу і проект буде прибутковим.

З формули розрахунку значення чистої сучасної вартості можна бачити, що з часом значення різниці між доходами та затратами стає меншою. Отже, найбільш важливими є затрати та прибутки, які будуть отримані в найближчий час. Однак, як правило, для реалізації геологічних проектів перші роки зазвичай збиткові. Хоча весь проект зможе стати прибутковим у випадку, якщо протягом декількох років доходи будуть значно перевищувати затрати. Це дозволить компенсувати втрати перших років навіть з урахуванням дисконту за час.

Індекс рентабельності інвестицій (англ. *PI* від англ. *Profitability Index*) розраховується як відношення суми дисконтованих грошових потоків до початкових інвестицій. Індекс рентабельності вказує на скільки разів приведені (дисконтовані) доходи перевищують приведені затрати:

$$PI = \frac{\sum_{m=1}^k \frac{R_m}{(1+r)^m}}{\sum_{m=1}^n \frac{C_m}{(1+r)^m}} \quad (10.6)$$

де: n – кількість років інвестування,
 k – це кількість років отримання доходу

Індекс рентабельності вказує величину отриманого доходу на одиницю вкладених коштів. Також цей показник дозволяє порівнювати різні проекти між собою по значенню рентабельності. Якщо значення індексу рентабельності більше ніж 1, то проект є рентабельним, а доходи перевищують затрати. Якщо індекс менше 1, то проект нерентабельний і затрати не будуть компенсовані.

Внутрішня норма прибутку також може бути вказана як внутрішній рівень доходності чи внутрішня норма доходності. Внутрішня норма прибутку (англ. *Internal Rate of Return, IRR*) – процентна став-

ка, яка описує рентабельність інвестиції. Термін «внутрішня» підкреслює факт, що ця процентна ставка є характеристикою інвестиції і не залежить від оточення, від ринкових процентних ставок, вартості капіталу, інфляції. Цей показник встановлює значення ставки дисконтування, при якій сумарні затрати дорівнюють сумарним доходам. Тобто це значення ставки дисконтування, коли проект збігається у 0 і також $NPV=0$.

$$\sum_{m=1}^k \frac{R_m}{(1+r)^m} = \sum_{m=1}^n \frac{C_m}{(1+r)^m} \quad (10.7)$$

З цього рівняння треба розрахувати значення ставки дисконтування r при якому воно може існувати. Однак, частіше за все це значення внутрішньої норми прибутку розраховується методом підбору значень. Цей показник вказує рівень можливих зовнішніх впливів та ризиків, які може прийняти проект для того, щоб залишитися прибутковим.

Період/строк окупності (англ. *Payback Period (PP)*, *Pay-Back Period (PBP)*) – кількість часу, необхідна для покриття витрат на той чи інший проект або для повернення коштів, вкладених підприємством за рахунок коштів, одержаних в результаті основної діяльності по даному проекту. Строк окупності – це час, який потрібно для того щоб доходи досягли рівня затрат та перевищували його. Це значення вказується в роках и визначає момент коли сумарні приведені (дисконтовані) затрати будуть однакові з сумарними приведеними (дисконтованими) доходами.

Недоліки даного методу полягають в тому, що, по-перше, вибір нормативного строку окупності може бути суб'єктивний. По-друге, метод не враховує прибутковість проекту за межами строку окупності і, виходить, не може застосовуватися при порівнянні варіантів з однаковими періодами окупності, але різними термінами життя. Крім того, він не годиться для оцінки проектів, пов'язаних з принципово новими продуктами. Точність розрахунків за таким методом більшою мірою залежить від частоти розбивки терміну життя проекту на інтервали планування. Ризик також оцінюється дуже грубо.

10.3.1. Значення та механізм розрахунку економічних параметрів. Як це працює?

Для того щоб зрозуміти смисл, значення та механізм розрахунку представлених економічних параметрів краще за все розглянути їх застосування до конкретного прикладу. У вигляді такого прикладу розглянемо родовище пильного вапняку в межах Іванівського району Одеської області. Цей район відомий власними родовищами вапняку ще з 19-го сторіччя. Там розташовано багато відомих та великих родовищ неподалік таких сел як Северинівка, Іванівка, Олександрівка та інших. Навколо великих родовищ існує велика кількість малих та середніх, які можуть бути привабливими для приватного інвестування. Розробка цих родовищ має декілька переваг: по-перше, усі вони розташовані неподалік від Одеси – основного місця збуту готової продукції, до того ж попит на будівельні матеріали залишається досить високим. По-друге, район має добре розвинену інфраструктуру – дороги, електрифікація, людські ресурси та інше. По-третє, шари пильного вапняку розташовані на невеликій глибині, на схилах ярів та великих балок вони виходять на денну поверхню. На водорозділах недалеко від ярів товщина перекриваючих порід не перевищує 10 метрів. Тільки у центральних частинах водороздільних плато товщина пліоцен-четвертинних відкладів може сягати 20 – 25 м. Товщина пильного вапняку змінюється у межах 3 ÷ 3.5 м та витримана по площі. Фізико-механічні властивості та хімічний склад також витриманий на дуже великій території. Отже, є можливість розпочинати видобуток вапняку відкритим засобом.

Взятий як приклад геологічний об'єкт розташований на периферії великого Олександрівського родовища пильного вапняку. За результатами раніше проведених робіт об'єкт має 100 тис м³ пильного вапняку за категорією А, 579 тис м³ за категорією В та 2645 тис м³ за категорією С1. Потужність пласта пильних вапняків має середнє значення 3,2 м з варіацією 3,1 ÷ 3,4 м. Товщина шару розкритих порід від 1 м до 4,5 м.

Затратна частина проекту включає певні статті, до яких відносяться:

1. Геологічна дорозвідка – це комплекс робіт, який включає в себе необхідність точного позиціонування шару пильних вапняків, планування місця розташування майбутньої гірничої виробки та нарошування запасів для переведення їх з категорії С1 та В у категорію А при необхідності. Такі роботи по сучасному законодавству можуть

бути виконані спеціалізованими підприємствами, серед яких у межах Одеської області є Державне регіональне геологічне підприємство «ПричорноморДРГП». Для виконання таких до розвідувальних робіт підприємство потребує 250 000 ₴.

2. Капітальні витрати – це витрати, які виконавець повинен понести для підготовки об'єкту до експлуатації. Сюди входять налагодження інфраструктури – будова дороги, встановлення електричної мережі та трансформатора, водопостачання та водовідведення, підготовка місця для складання розкритих порід та інше. Також сюди входять витрати на придбання необхідної техніки – автотранспорт, бульдозер, пиляльна машина типу КМАЗ-188 (для прикладу). До капітальних входять також витрати на проведення робіт та будівництво на об'єкті – виймання та переміщення розкритих порід, врізання до шару вапняків, будівництво необхідних допоміжних споруд та інше. Загальна сума капітальних витрат на зразковому об'єкті станом за цінами на середину 2017 р. складає 4 252 000 ₴.

3. Експлуатаційні витрати – сюди входять усі витрати, які надкористувач повинен понести для проведення видобутку корисної копалини та підготовці її для реалізації на ринку. Ці витрати розраховуються на певний термін, який прийнятий як базовий цикл формування грошового потоку проекту, частіше за все це один рік. Для прикладу, який розглядається, це також 1 рік. За цей термін для ефективного та безперебійного функціонування проекту потрібні витрати на електроенергію, паливно-мастильні матеріали, витратні матеріали, оплату праці робітників, амортизацію обладнання, засоби охорони праці та інше. Загальна сума експлуатаційних витрат за 1 рік по цінам на середину 2017 р. для прикладу, що розглядається, становить 859 616 ₴.

4. Податки та збори – ці витрати є обов'язковими при реалізації будь-якої економічної діяльності, у тому числі і видобування корисних копалин. До того ж, законодавством встановлено, що крім основних податків, які сплачуються при виконанні економічної діяльності, таких як ПДВ чи податок на прибуток для видобування корисних копалин, встановлена додаткова плата за користування надрами – рентна плата. Принцип нарахування рентної плати визначено Кодексом України про надра, а також Податковим Кодексом України (стаття 252). Також існує декілька додатків та інструкцій до Податкового Кодексу України, які встановлюють методику розрахунку рент-

ної плати. У самому Податковому Кодексі (стаття 252, пункт 252.20) установлені основні категорії корисних копалин та розмір рентної плати, яка стягується за них. Отже, виходячи з того, що для прийнятого прикладу зрозумілими є обсяги можливого видобування та категорія корисної копалини, що буде видобуватися, можна, застосовуючи методики статті 252 Податкового Кодексу України та відповідних додатків і інструкцій, розрахувати значення рентної плати для цього об'єкту – це буде 286125₴ на рік. Податки на економічну діяльність з реалізації готової продукції прийняті нами на рівні 20% від обсягів доходів.

Доходна частина проекту складається з реалізації на ринку видобутої та підготовленої корисної копалини. Для прийнятого прикладу ця продукція може складатися з трьох найменувань – штучний стіновий пиляний камінь, бутовий камінь та вапнякова мука. Кожна з цих позицій потребує певних зусиль для виготовлення, а також може розглядатися як окреме джерело доходу. Так, для виготовлення штучного стінового каменю потрібна робота обладнання в кар'єрі – це пиляльна машина, вантажний автотранспорт, бульдозер. Стандартний стіновий камінь має розміри 380 x 180 x 180 мм. Та за день роботи усього циклу обладнання на базі пиляльної машини типу КМАЗ-188 можна добути до 1500 каменів. Це буде камінь, який на ринку може відповідати типу М-25 та коштувати 10 ₴ за камінь (у цінах на середину 2017 р.).

Можливий видобуток супутнього бутового каменя нижчої якості (за умови використання того ж обладнання) – за той же час буде видобуто ще 1500 каменів. Цей камінь не буде задовольняти нормативні фізико-механічні властивості, необхідні для стінового каменя, але він може бути застосований для невеликого будівництва чи формування доріг та інше. Перевага бутового каменя в тому, що він видобувається супутньо з основною продукцією. Його вартість у цінах на середину 2017 р. може бути прийнята у розмірі 5 ₴ за камінь.

Ще один вид продукції – це вапнякова мука, яка має дуже широкий спектр застосування – від сільського господарства як добавка в корми для худоби і добрива, до будівництва та хімічної промисловості. Тому ця продукція затребувана і широко використовується не тільки в Україні, а вже зараз є бажаною в інших країнах та може бути легко реалізована. Однак, для її виготовлення потрібно додаткове обладнання.

Одним з основних критеріїв якості цієї товарної продукції є її щільність, яка обумовлена розміром частинок муки. Визначена щільність мінерального порошку – вапнякової муки, дорівнює $\rho_{\text{вм}} = 2,71 \text{ г/см}^3$. Тому та первинна вапнякова мука, яка буде отримана під час роботи пиляльної машини, ще не є готовою продукцією. Цю первинну муку потрібно відправляти на спеціальну дробарку, яка приведе частинки до кам'яної муки необхідного розміру. Ціна цієї дробарки вже закладена в суму капітальних затрат, як і будівництво спеціального приміщення, де все це обладнання буде розташоване. Отже, під час роботи кар'єру та видобутку каменя, як штучного стінового, так і побутового також буде формуватися достатня кількість вапнякового порошку, який може бути перероблений у вапнякову муку. Обсяги виробництва вапнякової муки, враховуючи можливості кар'єру та дробарки, складають 80 тонн на добу. Ціна однієї тонни вапнякової муки станом на середину 2017 р. складає 300 ₴.

Отже, підсумовуючи усі можливі доходи за рік слід враховувати, що видобуток у кар'єрі може вестися тільки протягом 150 днів. Це пов'язано з кліматичними особливостями та з кількістю вихідних днів. Робота з виробництва вапнякової муки може бути більш тривалою, оскільки це обладнання знаходиться у будівлі, та поряд з цією будівлею може бути розташований склад сировини. Тобто для розрахунку операційної діяльності для виробництва вапнякової муки можна приймати можливість працювати 200 днів упродовж року. Враховуючи можливість працювати певну кількість днів на родовищі, передбачений обсяг продукції, що видобувається, та ціни на цю продукцію можна очікувати наступні доходи (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Доходи реалізації на ринку видобутої та підготовленої корисної копалини за рік

№	Видобута та підготовлена корисна копалина	Гривень, млн
1	для видобутку штучного стінового каменю та побутового каменю	3,375
2	для виробництва вапняної муки	4,8
	Всього	8,175

10.3.2. Визначення ставки дисконтування для проекту

Будь-який геологічний проект розрахований на реалізацію протягом певної кількості років. У зв'язку з цим на прийнятий термін реалізації проекту має бути сформована модель грошового потоку. Так, для прикладу, який розглядається, термін реалізації може становити п'ять років. Такий термін обрано по декільком причинам.

По-перше, це пов'язано зі швидкістю змін у законодавстві України, тому робити довгострокові прогнозування дуже складно – може бути змінено ставки податків та зборів, принципи оподаткування, ціни на основні витратні матеріали та на продукцію. Відповідно, надто складно передбачити яким буде стан економіки України та сектор надрокористування у майбутньому більше ніж через 5 років. По-друге, розглянутий об'єкт невеликий, тому в наданому прикладі розглядається модель виведення проекту на активне функціонування до моменту необхідності активної дорозвідки та нарошування запасів.

Але ж навіть 5 років у сучасному стані економіки потребують враховувати значення можливої зміни ціни інвестицій, а також існуючих ризиків. До того ж, для прийнятого прикладу не буде надходження доходів з першого року. Загальна модель функціонування проекту передбачає, що вже на першому році на об'єкті почнеться проведення геологічної дорозвідки, а також будуть провадитися основні капітальні витрати на підготовку родовища до експлуатації. Тільки з другого року можуть бути розпочаті видобуток корисної копалини та виробництво товарної продукції. Тобто отримання доходів буде відставати від початку витрат як мінімум на рік у часі. Отже, повинна бути врахована ставка дисконтування можливих доходів та витрат на час початку реалізації проекту.

На даний час в Україні існує декілька засобів визначення розміру дисконтної ставки. Один з них – це експертний засіб, що базується на думці окремих фахівців у цій галузі. Зрозуміло, що найбільші дискусії відбуваються при обговоренні питань видобутку горючих корисних копалин – вугілля, нафти та газу. Проте і по визначенню розміру дисконтної ставки для всіх інших типів корисних копалин немає єдиної думки. Це пов'язано з мінливістю та змінами економічного стану країни, неможливістю передбачити основні макроекономічні показники у майбутньому на декілька років. Однак є декілька досліджень з приводу встановлення узагальненого значення ставки дисконтування для нерудних та негорючих корисних копалин. На 2016 р. було запропоновано значення ставки дисконтування 20,4 %.

Ще один механізм встановлення ставки дисконтування – це розрахунковий засіб. В його основі лежить представлення, що ставка дисконтування складається з двох частин – це безризикова ставка, яку інвестор може отримати, вклавши свої кошти у стабільні цінні папери чи на депозит у великий та надійний банк, та ставка за ризик, яка пов'язана з початком нового проекту. Для безризикової складової ставки дисконтування можна прийняти значення відсоткових ставок по гривневим депозитам, які надають у 2017 р. найбільш великі банки країни. Це значення дорівнює 18–20% в залежності від банку. Тобто це суми, які інвестор може отримати, якщо він не захоче вкладати в геологічний проект, а просто захоче спокійно зачекати рік зі своїми грошима. У такому випадку інвестор розміщує свої кошти на депозит у банк і гарантовано отримає до 20% доходів на ці суми. Отже, щоб бути інвестиційно привабливими, геологічні проекти повинні запропонувати інвестору більш високі відсотки можливого доходу за цей же термін часу та бути спроможними дійсно реалізувати ці пропозиції.

Надбавка за ризик передбачає, що існує деяка доля вірогідності збитковості проекту у зв'язку з тим, що під час його реалізації відбудуться певні з можливих геологічних, технологічних чи ринкових негараздів. Наприклад, під час геологічного довивчення буде встановлено, що запаси корисної копалини значно менші ніж очікувалось, властивості сировини не відповідають потребам, передбачена технологія вилучення не дає необхідного результату, ціни на продукцію змінилися і т. д. Для оцінки можливих ризиків існує спеціальна методика. Вона буде реалізована в наступних розділах для прикладу, що розглядається нами. Але ж для ставки дисконтування є додатковий відсоток, який включає в себе можливий ризик проекту. Так, існує прийнята шкала надбавок за ризик для реалізації проектів (табл. 10.2). Вона була сформована у США та активно використовувалась у 80-х роках 20-го сторіччя.

Ризик інвестицій на фінансовому ринку оцінюють фінансові менеджери. І на основі такої оцінки при прийнятті рішень і щодо фінансування інноваційного проекту інвестор закладає рівень ризику як надбавку до норми прибутку.

Рівень ризику визначається в залежності від групи інвестицій, можливі варіанти наведені в табл. 10.3.

Таблиця 10.2

Типові надбавки за ризик при розрахунку ставки дисконтування

№	Тип інвестицій	Надбавка за ризик, %
1	<i>Заміщаючі інвестиції 1-ї категорії.</i> Невелика модернізація без зміни технологічного процесу	3
2	<i>Заміщаючі інвестиції 2-ї категорії.</i> Удосконалення технологічного процесу із заміною морально застарілого обладнання без зміни асортименту	5
3	<i>Заміщаючі інвестиції 3-ї категорії.</i> Істотна модернізація діючого виробництва і можливі зміни в асортименті продукції, що випускається без зміни загальної спрямованості виробництва	6 – 9
4	<i>Нові інвестиції 1-ї категорії.</i> Нові методи виробництва з можливою зміною виду бізнесу або випуском невідомого раніше товару	9 – 11
5	<i>Нові інвестиції 2-ї категорії.</i> Прикладні наукові дослідження і пошук нових технологій виробництва	11 – 14
6	<i>Нові інвестиції 3-ї категорії.</i> Фундаментальні наукові дослідження, результат яких заздалегідь невідомий	15 – 20

Таблиця 10.3

Визначення рівню ризику до норми прибутку

№	Група інвестицій	Необхідна норма прибутку
1	Заміщаючі інвестиції – категорія 1 (нові машини або устаткування, транспортні засоби тощо, що будуть виконувати функції, аналогічні устаткуванню, яке замінюється).	Ціна капіталу

2	Заміщаючі інвестиції – категорія 2 (нові машини і устаткування, транспортні засоби тощо, що будуть виконувати функції, аналогічні устаткуванню, яке замінюється, однак є технологічно досконалішими, для їх обслуговування потрібні спеціалісти вищої кваліфікації, організація виробництва потребує інших рішень.	Ціна капіталу + 3%
3	Заміщаючі інвестиції – категорія 3 (нові потужності допоміжного виробництва: склади, будівлі, що замінюють старі аналоги, а також заводи, що розміщуються на новому майданчику)	Ціна капіталу + 6%
4	Нові інвестиції – категорія 1 (нові потужності або послання устаткування за допомогою якого будуть вироблятися продукти, що вироблялися раніше)	Ціна капіталу + 5%
5	Нові інвестиції – категорія 2 (нові потужності або машини, котрі тісно пов'язані з діючим устаткуванням)	Ціна капіталу + 8%
6	Нові інвестиції – категорія 3 (нові потужності або машини, поглинання або придбання інших фірм, котрі не пов'язані з діючим технологічним процесом)	Ціна капіталу + 15%
7	Інвестиції в науково-дослідницькі роботи категорія 1 (прикладні НДР, направлені на визначені специфічні цілі)	Ціна капіталу +10%
8	Інвестиції в науково-дослідницькі роботи категорія 2 (фундаментальні НДР, цілі котрих точно не визначені і результати попередньо невідомі)	Ціна капіталу + 20%

[Електронне джерело <http://mydocx.ru/6-86822.html>]

Як можна бачити з таблиці найбільші значення ризику у ставки дисконтування приймаються для виконання фундаментальних досліджень та впровадження нових технологій, коли кінцевий результат ще не визначено повною мірою. Але ж коли проходить невелика модернізація технологічного процесу в уже існуючому виробництві, ризик мінімальний. Застосування цієї схеми для геологічних робіт включає в себе можливість встановити надбавки за ризик для ставки дисконтування в залежності від ступеня вивченості родовища (табл. 10.4).

Надбавки за ризик при розрахунку ставки дисконтування в геологічних проектах

Категорія ресурсів і запасів	Надбавка за ризик, %
A, B	5
C1	10
C2	15
P1	20
P2	25
P3	30

Отже, для обраного як приклад родовища можна казати, що є блоки для яких запаси підраховані по категоріям А та В; також великий обсяг запасів пильного вапняку підраховано по категорії С1. Тобто, надбавка за ризик для ставки дисконтування може бути між 5 та 10%. Остаточне значення ставки дисконтування для обраного приклада яке встановлено методом розрахунків може бути представлено як сума безризикової складової 20% та надбавки за ризик на рівні 5%, тобто на загал 25%.

10.4. Розрахунок основних економічних показників економічної привабливості геологічного проекту

Для обраного як приклад родовища пильних вапняків на цей час встановлено типи та розмір основних витрат, джерела та очікуваний розмір можливих доходів, строк функціонування проекту та визначено розмір ставки дисконтування. Отже, можна розрахувати основні економічні показники застосовуючи динамічні методи, і оцінити, чи

буде проект рентабельним та інвестиційно привабливим за встановлений термін функціонування.

Розрахунок чистого дисконтованого доходу (ЧДД) починається з формування моделі грошового потоку по роках. Так, на першому році функціонування проекту повинні бути проведені усі капітальні витрати у розмірі 4,252 млн грн. Також повинні бути профінансовані роботи з геологічного довивчення загальною сумою 250 000 ₴ на 5 років проекту – тобто по 50 000 ₴ на рік. Також є разовий платіж за проект на розробку який коштує 30 000 ₴. Отже на початковому першому прийнятому році загальні витрати складуть 4,332 млн грн. Надходжень чи доходів у цей рік не передбачається. На другий рік, коли родовище почне функціонувати та надавати товарну продукцію, матимуть місце поточні витрати обсягом 859616 ₴, буде подовжено фінансування до розвідних робіт у обсязі 50 000 ₴ на рік, та з видобутого обсягу корисних копалин буде стягуватися рентна плата у розмірі 286 125 ₴ та податки у розмірі 20% з доходів від реалізації в розмірі 1,635 млн грн. на рік. Отже, загальні витрати за другий рік складуть 2,830741 млн грн. Загальні доходи від реалізації запланованої продукції очікувано складуть 8,175 млн гривень. Як можна бачити із наведених цифр, на другий рік сумарні доходи перевищують сумарні витрати, але це буде тільки в другому році функціонування проекту. Тому виникає питання, чи зможуть ці надходження у другому році компенсувати витрати, які були понесені у першому році, враховуючи прийняті значення ставки дисконтування? Для цього пропонується розрахувати значення ЧДД спочатку для перших двох років роботи проекту:

$$\text{ЧДД} = -4332000 + \frac{8175000 - 2830741}{1 + 0,25} = -56592,80 \text{ грн.} \quad (10.8)$$

Наведені розрахунки вказують, що, по-перше, наприкінці другого року функціонування проекту він не вийде на прибуток – про те свідчить негативне значення ЧДД. По-друге, після двох років роботи проекту отримані доходи у розмірі більш ніж 8,0 млн ₴ не зможуть компенсувати початкових інвестицій у 4,33 млн ₴ та поточних витрат у розмірі 0,909 млн ₴. Це пов'язано з достатньо великим значенням ставки дисконтування – 25%. Тобто, якщо планувати цей проект тільки на 2 роки ціна такого проекту, приведена на сьогоднішній день,

буде складати -56 592,80 ₴. Все це означає, що проект потрібно розвивати на більший термін. Якщо розрахувати значення ЧДД на три роки, то отримусмо:

$$\text{ЧДД} = -4332000 + \frac{8175000 - 2830741}{1 + 0,25} + \frac{8175000 - 2830741}{(1 + 0,25)^2} = 3363732,96 \text{ грн.} \quad (10.9)$$

Отже, наприкінці третього року функціонування проекту він може принести чистого прибутку, перерахованого на сьогодні, в розмірі більш ніж 3,3 млн грн. Тобто це ціна цього проекту сьогодні, якщо він буде функціонувати наступні 3 роки.

Таким же чином можна розрахувати значення ЧДД для проекту на 4 роки та 5 років. Так, ЧДД₄ = 6099993,57 ₴; ЧДД₅ = 8289002,05 ₴. Отримані цифри означають, що якщо проект буде функціонувати 5 років, то він зможе принести більш ніж 8,2 млн грн. чистого прибутку в перерахунку на сьогоднішній день. Це також означає, що це є розмір вартісної оцінки цього проекту, розрахований прибутковим методом.

Розрахунок індексу рентабельності базований на порівнянні величин дисконтованих доходів та витрат. Для прийнятого прикладу для другого року функціонування проекту маємо, що дисконтовані витрати перевищують дисконтовані доходи:

$$PI = \frac{6540000}{6596592,8} = 0,99 \quad (10.10)$$

Це означає, що проект є збитковим протягом двох років роботи, але значення рентабельності на рівні 0,99 свідчить, що на справді проект знаходиться на межі рентабельності – загальні дисконтовані витрати не на багато перевищують загальні дисконтовані доходи. Наприкінці третього року значення індексу рентабельності перевищує рівень одиниці і проект є рентабельним та може приносити прибуток.

Так PI₃ = 1,40; PI₄ = 1,62; PI₅ = 1,75. Це означає, що проект може бути високо рентабельним протягом 5 років роботи в прийнятих цінах та правилах гри. Також цей показник має ще одне практичне значення – він вказує скільки проект зможе принести на кожну вкладену в нього гривню. Так, наприклад, при збереженні всіх умов протягом 5 років роботи проекту він зможе принести інвестору 1,75₴ на кожну

вкладену їм гривню. За цим показником дуже зручно проводити порівняння між будь-якими інвестиційними проектами навіть у негеологічній галузі.

Розрахунок внутрішньої норми прибутку. Вказує значення ставки дисконтування на обраний строк, коли проект може бути безприбутковим, але і не збитковим – тобто, коли ЧДД буде дорівнювати 0. Так, для обраного прикладу для строку 2 роки бачимо, що проект збитковий при ставці дисконтування 25%. Однак, якщо ставка дисконтування буде дорівнювати 23,36% значення ЧДД буде дорівнювати 0. Це означає, що якщо складеться така ситуація на фінансовому ринку України, що ставка дисконтування для геологічних проектів зможе знизитися до рівня хоча б 23%, то такі проекти зможуть показати прибуток, нехай і невеликий, навіть у другому році функціонування. Зниження ставки дисконтування в такому разі може бути викликано не зниженням ризикової складової – вона і так обрана за мінімальним значенням, оскільки маємо добре розвідане родовище, а завдяки зниженню значень без ризикової складової. Високі значення відсоткових ставок у банках підіймають і значення ставки дисконтування. Якщо банки будуть приймати гроші на депозити наприклад під 15% річних у середньому, то це дасть можливість знизити і значення ставки дисконтування і забезпечити для розглянутих проектів можливість отримувати прибуток скоріше. Якщо розрахувати значення внутрішньої норми прибутку для проекту на 3 роки, то отримуємо що він дорівнює 88,75%. Це дуже високе значення, яке означає, що проект який функціонує 3 роки та більше, має дуже високу надійність і навіть значні коливання на ринку зможуть буди прийняти та скореговані. Такі високі показники внутрішньої норми прибутку характерні для геологічних проектів, оскільки, якщо вони почали функціонувати та вийшли на розрахункову потужність, вони зможуть приносити значні та стабільні прибутки протягом тривалого часу. Для геологічних проектів, зазвичай є найбільш ризикованими перші роки становлення.

Розрахунок строку окупності – це значення у роках, коли значення ЧДД починає бути позитивним, тобто проект починає приносити прибуток. Для обраного прикладу бачимо, що поточний рік початку інвестування, прийнятий як нульовий, був пов'язаний з підготовкою проекту. Потім перший рік роботи приніс перші доходи, але і мав свої поточні витрати. Отримані доходи за цей перший рік не повніс-

ттю компенсують сумарні витрати нульового та першого років. І тільки у наступному другому році функціонування проекту з видобутку корисної копалини буде отримано прибуток. Отже, окупність проекту відбудеться після нульового та першого року – десь на початку другого року експлуатації родовища. Також цей момент залежить від сезону та погодних умов роботи. Тому це значення може бути встановлено тільки приблизно.

Отже, вартісна оцінка, яка проведена для обраного прикладу з видобутку пильного вапняку у Одеській області, вказує, що цей проект у п'ятирічному вимірі може бути прибутковим. Вартість проекту, приведена на сьогоднішній день, складає більш ніж 8,2 млн \$, індекс рентабельності дорівнює 1,75. Після третього року функціонування проект стає надійним настільки, що зможе встояти та зберегти прибутковість навіть при значних підвищеннях ставки дисконтування. Окупність проекту відбудеться на межі першого та другого року отримання доходів.

Виконана вартісна оцінка родовища свідчить про те, що такий проект може бути інвестиційно привабливим, але ж його реалізація потребує якнайменше 5 років. Тому будь-який інвестор буде мати ще декілька важливих питань щодо надійності отриманих результатів. Насамперед, це виходить з того, що усі розрахунки, зроблені на основі положення, що ціни на продукцію чи паливо та електрику не змінюватимуться протягом цих 5 років. Також не буде значним чином змінюватися податкова система та ставки ренти, податків та зборів; повинно не змінюватися законодавство у галузі надрокористування. Тобто, виникає ціла низка можливих ризиків, які можуть впливати на результуючі економічні показники. Деякі з цих ризиків чи зовнішніх факторів впливу можуть мати критичне значення для інвестиційної привабливості, інші можуть бути знівельовані підвищенням ефективності роботи; одні більш вірогідні в сучасному економічному стані, другі менш вірогідні. Тому після розрахунку базових економічних показників вартості проекту для точного встановлення його інвестиційної привабливості треба провести аналіз вірогідних ризиків та інтенсивності їх впливу на проект.

Запитання для контролю

1. Основні поняття про економічну геологію як науку.
2. Визначення основної мети, об'єкта та предмету вивчення економічної геології.
3. Положення економічного моніторингу за використанням надр на

- території України.
4. Положення технологічного моніторингу за використанням надр на території України.
 5. Положення екологічного моніторингу за використанням надр на території України.
 6. Методика оцінки інвестиційної привабливості геологічного об'єкта.
 7. Прийнятні схеми геолого-економічного аналізу ділянки надр – підходи і методи.
 8. Поняття про вартісну оцінку об'єкта.
 9. Основні види вартості ділянки надр в економічній геології.
 10. Положення фінансової математики, які застосовуються для оцінки економічної привабливості ділянки надр.
 11. Основні показники ефективності інвестиційних проектів надрокористування.
 12. Основні поняття та критерії порівняння інвестиційних проектів надрокористування.
 13. Розрахунки економічних параметрів із застосуванням до конкретного прикладу геологічного об'єкта.
 14. Складові статті затратної і доходної частин інвестиційного проекту.
 15. Розрахунок основних економічних показників економічної привабливості геологічного проекту.

РОЗДІЛ 11. ЕКОНОМІЧНІ РИЗИКИ ПРИ ІНВЕСТУВАННІ В ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЕКТИ, ЇХ ПЕРЕДБАЧЕННЯ

Під ризиками при реалізації будь-якого проекту можна розуміти вірогідність виникнення ситуації, яка призводить до прийняття помилкового рішення при виконанні робіт. Помилки можуть бути двох типів:

1. Помилка першого типу – це відмова від правильного рішення. У цьому випадку залишається можливість при подальшому детальному аналізі ситуації та обставин повернутися до правильного рішення. Такий тип помилки може враховуватися як зворотний, тобто після аналізу всіх інших можливостей розвитку проекту буде встановлено, що вони точно дадуть негативне рішення, і інвестор чи дослідник змушений повернутися до детального розгляду відхиленого початкового рішення. Негативна дія такого типу помилки полягає у втраті часу на прийняття правильного рішення.

2. Помилки другого типу пов'язані з прийняттям неправильного рішення – в такому випадку на основі невірної рішення робиться ряд кроків та дій, які призводять до матеріальних і часових втратам. Повернути та виправити результати такого типу помилок буває дуже складно, а іноді і неможливо. Тому оцінка ризиків, пов'язаних з виникнення помилок при прийнятті рішень у реалізації геологічних проектів, є одним із найбільш важливих складових частин.

Впровадження будь-якого геологічного проекту потребує, як правило, багато часу. До того ж, у геологічному проекті має місце послідовна реалізація різних етапів – від пошуково-розвідувальних робіт, підрахунку запасів, планування експлуатації, будівництва гірничого підприємства, експлуатації родовища і до консервації чи ліквідації виробничого комплексу з рекультивацією території. Весь механізм роботи створений так, що результати попереднього етапу мають рішуче значення для планування та розвитку наступного етапу. Так, пошуково-розвідувальний етап дозволить встановити ділянку надр, де накопичена певна кількість корисної копалини. Тільки на базі результатів геологорозвідувальних робіт можна буде перейти до стадії калькуляції ресурсів та запасів корисної копалини. Наступне планування можливостей розробки родовища стане можливим тільки після того, як це родовище буде знайдене та проаналізоване – будуть встановлені кондиції, запаси корисної копалини, на основі цього запропонована технологія видобутку та проведена точна границя ро-

довища. Будівництво гірничого підприємства по видобутку корисної копалини та її збагачення буде повністю базуватися на попередніх планах та пропозиціях. Також і початок видобутку буде проводитись на встановленому обладнанні та по запропонованій схемі відпрацювання родовища. Плани по розвиненню родовища, нарощуванню запасів чи консервації та закриття також приймаються за результатами безпосередньої експлуатації [34, 35, 72, 165, 170, 178].

При цьому кожний з розглянутих етапів передбачає свою послідовність виконання та формує певний результат, який має ключове значення для початку роботи на наступному етапі. Але ж результуючі дані можуть мати певний рівень вірогідності. Так, наприклад, результатом проведення геологорозвідувальних робіт буде формування геологічного звіту з побудованими у запланованому масштабі картами та розрізами, які дозволять оконтурити певну ділянку надр та встановити спочатку на рівні ресурсних підрахунків певну кількість корисних копалин. Але ж на цій стадії усі підрахунки будуть виконані на досить приблизному рівні. Форма передбаченого рудного тіла чи шару буде встановлена по результатам геофізичних робіт і по доволі широкій сітці буріння. Тобто і форма, і властивості корисної копалини можуть бути визначені на цьому етапі не досить чітко. Тому, якщо приймається рішення продовжити роботу на цьому проєкті, то наступна стадія підрахунку запасів вже сфокусована на те, щоб мінімізувати можливість помилки при встановлених характеристиках родовища корисних копалин. Тому пропонуються детальні роботи для точного встановлення контурів геологічного тіла, його властивостей, можливих домішок та інше. Але навіть при такому детальному вивченні можуть залишитися деякий рівень вірогідності помилок у підрахунках та моделюванні.

Етап планування експлуатації родовища, який включає в себе підбір технології видобутку та первинної переробки корисної копалини, проектування виробничих споруд та гірничої виробки, проектування інфраструктури та інше, успадковує від попереднього етапу вірогідність помилки при підрахунку запасів та може додати власні можливості помилок, пов'язаних з технологічним ритмом видобутку.

Початок експлуатації родовища викриє весь рівень накопичених помилок, починаючи з геологічних робіт та закінчуючи будівництвом підприємства. До того ж, додасть свої власні ризики та помилки в попередніх підрахунках на предмет якості та кількості виготовленої товарної продукції чи її рівня попиту та цін на ринку.

Крім цього, існує ще один напрямок виникнення можливих ризиків при реалізації геологічних проектів. Він пов'язаний з тим, що будь-який геологічний проект розвивається в часі та термін його розвитку може бути досить довгим. Тому оцінка інвестиційної привабливості проекту, яка виконується на початковій стадії не може передбачити весь комплекс змін, що можуть статися протягом терміну існування проекту.

Отже, весь комплекс ризиків при реалізації геологічних проектів представлений у таблиці 11.1.

Таблиця 11.1

Комплекс ризиків при реалізації геологічних проектів

		Інвестиційні ризики		
		Геологічні ризики	Технологічні ризики	Економічні ризики
Часові ризики	Безстрокові ризики	Невизначеність при оцінці запасів	Невизначеність у схемі розробки	
		Невизначеність при оцінці форми геологічного тіла	Невизначеність у проектній продуктивності	
		Невизначеність при оцінці продуктивності	Невизначеність у об'ємах продукції	
	Ризики, пов'язані з часом		Невизначеність у обранні оптимальної технології	Невизначеність у об'ємах витрат на розвідку
			Невизначеність при оподаткуванні	
			Невизначеність у цінах на продукцію	

Все це дозволяє говорити, що будь-який геологічний проект має цілу низку об'єктивних ризиків, які витікають з самої природи геологічного процесу. Повністю позбутися їх неможливо, але можна

передбачати та оцінювати можливість виникнення ризиків та інтенсивність їх впливу на проект. Отже, аналіз ризиків геологічного проекту полягає у тому, щоб: 1) встановити весь комплекс геологічних, технологічних та економічних ризиків як безстрокової дії, так і в часі; 2) проаналізувати можливість їх виникнення для кожного родовища, а також інтенсивність впливу на ключові економічні показники вартісної оцінки проекту.

Одним з ключових моментів при аналізі ризиків є вірогідність їх виникнення. Тобто природа будь-яких ризиків має імовірнісний характер. Отже, для кожної ризикової ситуації окрім її впливу на економічні показники можна надати оцінку ймовірності її наступу. Це дає можливість розраховувати на імовірнісній основі моделі розвитку проекту з урахуванням реалізації різних комплексів ризиків та сформувати умовно «оптимістичну» та умовно «песимістичну» моделі.

11.1. Аналітичні засоби ймовірнісної оцінки ризиків та привабливості геологічного проекту

Існує декілька методик, заснованих на ймовірнісному підході, які дозволяють дати аналітичну оцінку ризиків при реалізації геологічних проектів. Серед них є такі, що базуються на експертному оцінюванні, а також ті, що засновані на базових поняттях теорії ймовірності.

11.1.1. Метод експертних ймовірностей

Заснований на тому, що експерт у галузі пошуку та розвідки родовищ корисних копалин та їх економічної оцінки дає свій висновок про стан та можливі запаси майбутнього родовища і ризики, які пов'язані з тим, що виконані роботи дадуть негативний результат. Цей метод був запропонований В. В. Щербаковим [2, 165]. Оскільки метод дає швидкі результати та не потребує великих розрахунків, він може вважатися експресним. З іншого боку, для проведення таких підрахунків потрібно мати рішення експерту щодо стану родовища – він оцінює рівень ризиків, пов'язаних зі збитками на проведення геологорозвідувальних робіт на родовищі, які дадуть негативний результат у вигляді недостатньої кількості чи якості корисної копалини. Ці ризики експерт повинен порівняти з рівнем та ймовірністю отримання можливих прибутків, якщо після геологорозвідувальних робіт буде встановлено, що родовище задовольняє усім потребам по

кількості та якості корисної копалини. Отже, метод заснований на встановленні мінімальних запасів корисної копалини, з яких економічно привабливо починати освоєння родовища. Для проведення такого експертного експрес-аналізу потрібно встановити наступні характеристики родовища:

- r_n – ймовірність успіху (виявлення в межах локального об'єкту пошуково-розвідувальних робіт промислового родовища);
- r_p – ймовірність негативного результату проведення пошуково-розвідувальних робіт на об'єкті $r_p = 1 - r_n$;
- C_p – сума обов'язкових витрат, пов'язаних з придбанням прав на ведення геологорозвідувальних робіт в межах об'єкта, проведенням мінімального обсягу геолого-розвідувальних робіт (ГРР) і придбанням пакету геолого-геофізичної інформації;
- q – приведений прибуток від освоєння перспективних ресурсів.

В результаті ризик збитків від проведення геологорозвідувальних робіт визначається добутком суми обов'язкових витрат C_p на ймовірність негативного результату ГРР: $P = C_p * r_p$. А надійність проекту являє собою добуток наведеного прибутку від освоєння очікуваних запасів на ймовірність успіху: $H = q * r_n$. Отже, мінімальні запаси родовища корисних копалин, для якого має сенс розпочинати весь комплекс робіт по його освоєнню, є рівняння $P = H$. Якщо значення ймовірності успіху H перевищує ймовірність негативного результату P , то родовище вважається привабливим для освоєння. Та навпаки, коли $H < P$, то таке родовище не може бути привабливим з економічної точки зору.

Ця методика має декілька переваг, але й має багато складнощів. Переваги пов'язані зі швидкістю та простотою розрахунків, а також з логічністю і розумінням отриманих результатів. Складнощі методу пов'язані у першу чергу з тим, що в його основі покладені суб'єктивні експертні висновки і для встановлення значень, наприклад, ймовірності успіху проекту (r_n) потрібно застосувати чималий досвід та знання не тільки геологічної будови родовища, що вивчається, але і економічної ситуації району родовища, ситуації з можливістю проведення ГРР на цієї території та інше. Також існує можлива об'єктивна ймовірність значень у підрахунку приведенного прибутку (q). Тому наступні розрахунки надійності проекту та мінімально привабливих запасів родовища також мають перший рівень ймовірності. Отже, основною проблемою цього методу є суб'єктивізм та неточність у визначенні основних входних характеристик родовища.

11.1.2. Оцінка стійкості та чутливості до вхідних параметрів

Вивчення і планування геологічних та експлуатаційних робіт на ділянки надр, які в початковому етапі ще не проаналізовані на достатньо високому рівні, викликає певну невизначеність багатьох характеристик майбутнього родовища. Отже, при плануванні геологічного проекту основні обрані характеристики можуть мати певний інтервал коливань. Тому розраховані економічні показники при вартісній оцінці родовища можуть змінюватися під впливом змін вхідних характеристик. Весь комплекс послідовних робіт по детальному геологічному вивченню та підрахунку запасів, підбору технології вилучення корисного компонента спрямовані на те, щоб звужити інтервал можливих коливань вхідних характеристик родовища та надати більш вузькі межі коливань для основних економічних показників.

До внутрішніх факторів, які характеризують безпосередньо об'єкт оцінки, можна віднести:

- ступінь вивченості і залучення в промислове освоєння запасів і ресурсів, що значною мірою визначає величину ризику при їх освоєнні;
- обсяг запасів і ресурсів;
- якість корисної копалини;
- глибина залягання продуктивних горизонтів;
- віддаленість від існуючої інфраструктури;
- рівень витрат на підготовку запасів і видобуток.

До зовнішніх факторів, що визначають умови освоєння запасів і ресурсів, до основних можна віднести ціни реалізації продукції та рівень податкового навантаження.

Один з найбільш поширених методів є метод стійкості побудованої економічної моделі під впливом змін вхідних факторів. Так, наприклад, може бути проаналізовано, як будуть змінюватися основні економічні показники за умови, що пройде зміна у внутрішніх та зовнішніх факторах впливу на родовище.

Як приклад, повернемося до родовища пильних вапняків у Іванівському районі Одеської області, що було розглянуто в пунктах 10.3.1 та 10.3.2. Йшла мова про те, що ведеться видобуток пильного вапняку, бутового каміння та вапняної муки в обсягах 225 000 штучного стінового каменю, 225 000 бутового каменю та 16 000 тонн вапняної муки на рік. Все це очікувано дає 8,175 млн грн. доходу на рік. При цьому надходження від проекту починаються тільки на другий рік

роботи проекту, оскільки перший рік пов'язаний з витратами на геологічну до розвідку, планування експлуатації та капітальні витрати загальним обсягом у 4,332 млн грн. Кожний рік експлуатації, починаючи з другого року, також має свій рівень витрат, пов'язаних з поточними витратами на роботу підприємства та на видобуток корисної копалини, подовження геологорозвідувальних робіт, сплату ренти, податків та зборів. Щорічна сума витрат, починаючи з другого року функціонування проекту, складає 2 830 741 грн.

Це були основні вхідні значення, що дозволили створити динамічну економічну модель функціонування родовища і розрахувати ключові показники вартісної оцінки. Однак, для аналізу можливих ризиків при реалізації проекту та для встановлення надійності запропонованої моделі пропонується провести її випробування при коливанні вхідних значень.

Наприклад, як поведуть себе ключові економічні показники, якщо видобуток корисної копалини скоротиться удвічі? При тому, що витрати на видобуток залишаються на колишньому рівні.

Така ситуація може виникнути при зменшенні потужності продуктивного шару, чи за наявності у вапняку деяких домішок, що знижують його міцність, чи при розвитку у шарі вапняку карстових процесів та інше. У будь-якому разі, все це може бути встановлено в результаті геологічного дослідження та при підрахунку запасів корисної копалини. Отже, виникне питання – чи буде цей проект економічно привабливим при такому скороченні видобутку? При розвитку такого сценарію зменшується доходна складова до 4087500 грн., але також зменшується і податкове навантаження та рентна плата, оскільки кількість видобутої корисної копалини також скорочується.

Вірогідне значення ЧДД для п'яти років функціонування проекту приведене в табл. 11.2.

Таблиця 11.2

Значення ЧДД проекту при скороченні видобутку корисної копалини удвічі від запланованого обсягу

Роки	ЧДД, грн.
1	-4 332 000,00
2	-2 558 142,80
3	-1 139 057,04
4	-3 788,43
5	904 426,45

Як можна бачити з таблиці, проект ледве стає прибутковим на п'ятому році роботи. Тобто, зниження обсягів видобутку корисної копалини є дуже важливим та впливовим для економічної привабливості проекту. Для більш детального аналізу впливу змін у видобутку на значення чистого дисконтованого доходу може бути побудований графік (рис. 11.1).

Як можна побачити з графіка, при скороченні видобутку в 2,25 разів від запланованого в моделі, проект має майже нульове значення чистого дисконтованого доходу наприкінці п'ятого року функціонування. При подальшому скороченні видобутку проект стає повністю збитковим протягом п'яти років.

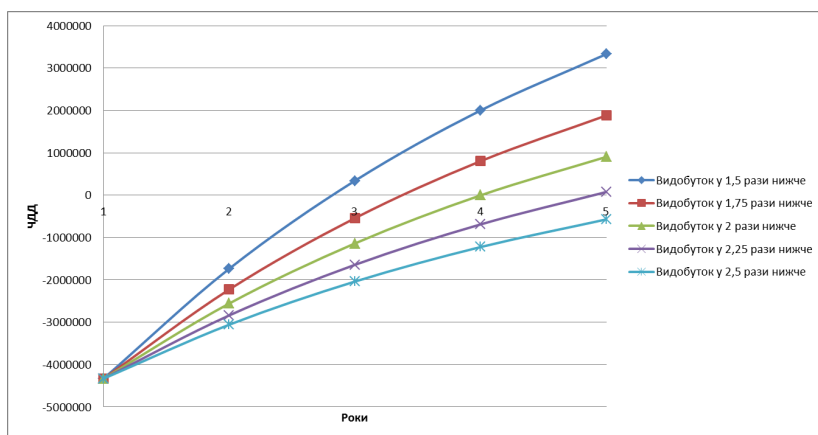


Рис. 11.1. Залежність значень ЧДД по роках від зниження об'ємів видобування (за умови скорочення удвічі видобутку корисної копалини).

Розглянемо інший сценарій – видобуток зберігається на запланованому рівні, проте зростають витрати на геологічні до розвідувальні роботи. На цей час вони складають 250 000 ₴ на 5 років, тобто по 50 000 ₴ на 1 рік. Як зміняться значення ЧДД у першу чергу якщо ціни на геологорозвідувальні роботи зростуть у 5 разів – з 50 000 ₴ до 250 000 ₴ на рік? Це може статися, якщо виникне необхідність заново перезатверджувати запаси корисної копалини, або виникне необхідність більш детального вивчення для того, щоб передбачити можливість змін якості вапняку чи розвитку карстових процесів у вапняку (табл. 11.3).

Значення ЧДД проекту при зростанні цін на ГРР у п'ять разів.

Роки	ЧДД, грн.
1	-4 532 000,00
2	-416 592,80
3	2 875 732,96
4	5 509 593,57
5	7 616 682,05

Як можна бачити з таблиці, навіть таке стрімке зростання вартості супроводжувальних геологорозвідувальних робіт не вказує значного впливу на економічні параметри. Тобто, такий функціонуючий проєкт може компенсувати постійні підвищені витрати на ГРР, якщо вони будуть відбуватися протягом усіх 5 років.

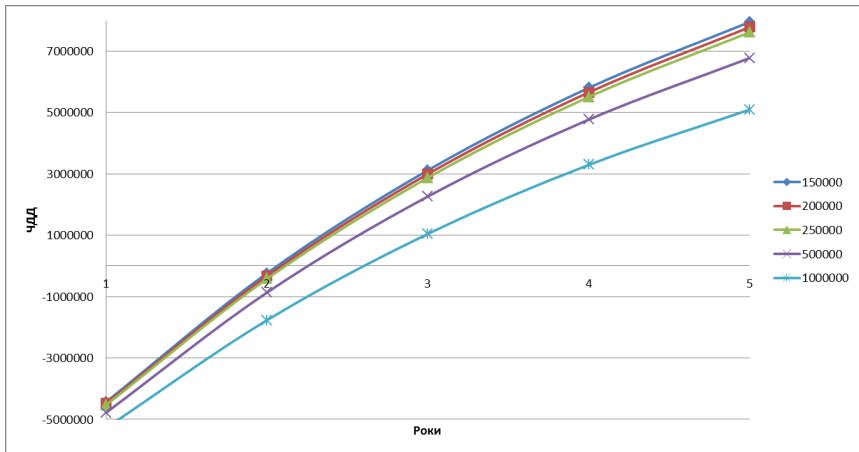


Рис. 11.2. Залежність значень ЧДД по роках від витрат на ГРР (при зростанні цін на ГРР у п'ять разів)

Як можна бачити з рис. 11.2, зміни, навіть достатньо значні, мають свій вплив на економічні показники, але їх вплив може бути компенсований функціонуванням проєкту. Це в першу чергу може бути пояснено тим, що проєкт, коли він постійно функціонує, генерує достатньо високий рівень доходів, який може покривати такі поточні витрати.

Наступний важливий вхідний показник будь-якого проекту – це розмір капітальних витрат на початковій стадії реалізації проекту. Основні питання у цьому випадку пов’язані з тим, що витрати проводяться на самому початку, як правило, у перший рік на основі сучасного економічного стану, а компенсуватися вони почнуть тільки з наступних років, коли економічна ситуація може змінитися. Тому запропонована модель і побудована на принципах динамічної зміни економічних показників з часом. Тобто, з самого початку проекту важливо розуміти – як зроблені вкладення в проект на початковій стадії будуть повертатися під час роботи проекту. Підвищення суми капітальних вкладень може відбуватися у зв’язку із запланованим здороженням оформлення дозвільної документації на будівництво та початок експлуатації родовища, чи зміні ціни на техніку та обладнання. Тому для аналізу стійкості розрахованої моделі пропонується оцінити значення чистого дисконтованого доходу при підвищенні капітальних витрат удвічі (табл. 11.4).

Таблиця 11.4

Значення ЧДД проекту при зростанні капітальних витрат удвічі

Роки	ЧДД, грн.
1	-8 584 000,00
2	-4 308 592,80
3	-888 267,04
4	1 847 993,57
5	4 037 002,05

Різні значення зміни розміру капітальних витрат дозволяють побачити що один з ключових економічних показників проекту ЧДД змінюється у доволі значних межах (рис. 11.3).

Тобто, зміна значення капітальних витрат задає рівень старту для розрахунку економічних показників проекту. Значне підвищення цього вхідного параметру робить проект все більш непривабливим з роками.

Ще одна важлива складова реалізації проекту – це розмір поточних експлуатаційних витрат. Ця важлива та багатокomпонентна характеристика включає в себе і розмір заробітної платні робітників, і плату за споживання електроенергії та палива, ремонт обладнання та витратні матеріали. До того ж, оскільки ця категорія витрат буде

відбуватися у майбутньому, коли проект буде функціонувати, а оцінка робиться на початковій стадії, то безпосередньо тут можуть бути присутні значні коливання, значення та рівень яких передбачити буде дуже складно. Тому передбачається для аналізу стійкості проекту проаналізувати можливе зростання експлуатаційних витрат удвічі у вигляді таблиці (табл. 11.5), з тим, щоб проводити зміну значень ЧДД при різних рівнях зростання за графіком (рис. 11.4).

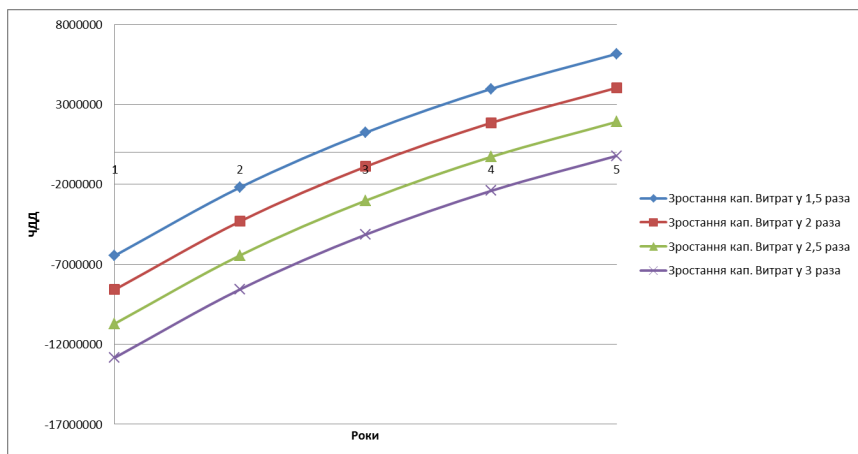


Рис. 11.3. Залежність значень ЧДД по роках від змін рівня капітальних витрат

Таблиця 11.5.

Значення ЧДД проекту при зростанні експлуатаційних витрат удвічі

Роки	ЧДД, грн.
1	-4 332 000,00
2	-744 285,60
3	2 125 885,92
4	4 422 023,14
5	6 258 932,91

Як можна бачити з наведених результатів розрахунку, навіть значне зростання усього розміру експлуатаційних витрат не може зробити проект збитковим упродовж п'яти років функціонування. Кри-

тичним у цьому випадку є інтервал часу між другим та третім роками роботи проекту. Якщо в цей час не відбудеться будь-яких значних негативних змін, то проект вийде на високий рівень продуктивності і навіть значні, але рознесені по часу витрати можуть бути компенсовані працюючим проектом.

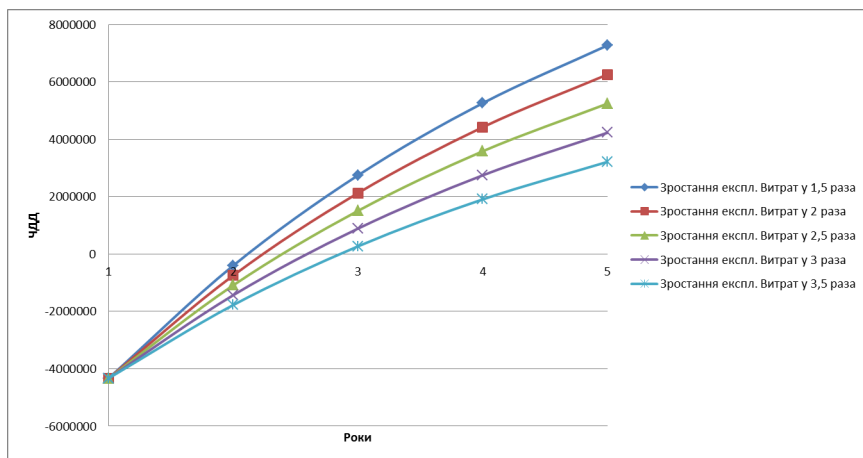


Рис. 11.4. Залежність значень ЧДД по роках від змін рівня експлуатаційних витрат

Оцінка дії на проект зовнішніх факторів пов'язана з оцінкою можливих змін у оподаткуванні та в змінах цін на товарну продукцію. Питання оподаткування проекту є дуже важливим – тут окрім основного податкового навантаження, яке існує в будь-якому проекті, додається ще необхідність сплачувати рентний збір. У законодавстві (стаття 252 ПКУ, пункт 20) вказані ставки рентної плати у відсотках для груп корисних копалин, що видобуваються в межах України. Також у цієї ж статті в пункті 22 вказані значення корегуючих коефіцієнтів, які враховуються при визначенні рентної плати у спеціальних випадках. Наприклад, коли попередня геологічна розвідка родовища була виконана за кошти приватної компанії, яка бажає видобувати корисну копалину, або якщо видобуток планується у дотаційному районі та інше. Такі позиції, а також принцип нарахування рентної плати може змінюватися з часом під впливом зовнішніх обставин та кон'юнктури ринку корисних копалин. До того ж реалізація видобутої продукції

також має свою систему оподаткування, до якої входять комплекс податків на заробітну платню робітників підприємства, податок на додану вартість та податок на прибуток. Розмір цих податків та навіть їх кількість можуть змінюватися, іноді дуже стрімко. Тому для аналізу стійкості моделі з точки зору оподаткування пропонується розглянути ситуацію, коли прийнята рентна ставка для неенергетичних нерудних корисних копалин крім бурштину, тобто для пильних вапняків зросте зі встановлених на даний час 5 % до 10 % (табл. 11.6).

Таблиця 11.6.

Значення ЧДД проекту при зростанні рентної плати за використання неенергетичних нерудних корисних копалин (пильних вапняків) до 10%

Роки	ЧДД грн.
1	-4 332 000,00
2	-481 692,80
3	2 598 552,96
4	5 062 749,57
5	7 034 106,85

Сплата рентної ставки виконується вперед на наступний етап робіт, до того ж ця плата може змінюватися дуже швидко як своєрідний механізм корегування гірничо-видобувної галузі країни. Тому на графіку представлені значення ЧДД для більш значних підвищень рентної плати за видобування пильного вапняку (рис. 11.5).

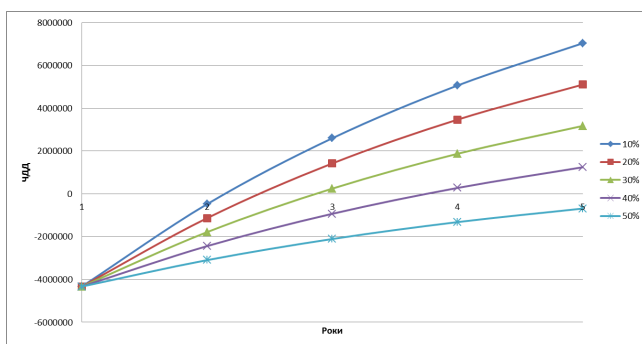


Рис. 11.5. Залежність значень ЧДД по роках від змін рентної ставки для видобування пильного вапняку

Як можна бачити з наведеного графіку, зростання рентної ставки є критичним параметром для ефективності проекту. Компенсування високих значень рентної плати може відбуватися тільки завдяки підвищенню прибутковості видобутої корисної копалини. У свою чергу, підвищення прибутковості можливо або за рахунок зниження витрат, або за рахунок підвищення цін на товарну продукцію. Але для видобутку вапняків значне підвищення цін на продукцію навряд чи можливе також як і значне зниження витрат, оскільки технологія видобутку та обладнання для видобутку добре відомі та вже оптимізовані під технічні можливості сьогодення. Отже, встановлена рентна ставка у 5 % на видобуток пильного вапняку може враховуватися справедливою та оптимальною для цього виду корисних копалин.

Але, крім рентної ставки, ще є загальне оподаткування проекту. Для створення економічної моделі загальне оподаткування без поділу на типи податків було прийнято на рівні 20%. Для встановлення стійкості проекту розглянемо як буде змінюватися значення ЧДД при зростанні загального податкового навантаження з початку до 30% від доходів та більше (табл. 11.7).

Як можна бачити з рис. 11.6 підвищення рівня оподаткування до 55–60 % від загальних доходів проекту робить його низкоефективним та непривабливим з економічної точки зору.

Таблиця 11.7

Значення ЧДД проекту при зростанні загального оподаткування до 30% від загальних доходів

Роки	ЧДД, грн.
1	-4 332 000,00
2	-710 592,80
3	2 186 532,96
4	4 504 233,57
5	6 358 394,05

Крім рівня оподаткування проекту до зовнішніх чинників, які мають вплив на проект, можна віднести загальний стан ринку та попит на виготовлену продукцію. Стан ринку, його купівельна спроможність та економічна активність може бути в узагальненому рівні охарактеризована значенням ставки дисконтування. Як вже згадувалось,

ця характеристика проекту складається з двох складових. Одна з них вказує на безризикову можливість повернути вкладені гроші у будь-який другий інвестиційний проект на ринку країни. Друга складова, ризикова, передбачає можливість досягти успіху в проекті, що розглядається. Тобто ця характеристика може бути сумісним відображенням економічного становища загалом та положення проекту, що розглядається, у цьому економічному становищі. На цей час ставка дисконтування була прийнята на рівні 25 %.

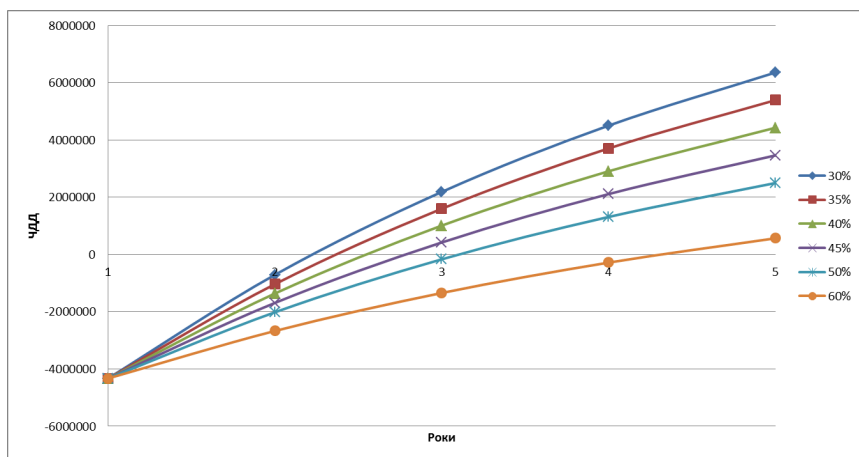


Рис. 11.6. Залежність значень ЧДД по роках від змін рівня загального оподаткування від загальних доходів

Розглянемо як поведе себе проект якщо ставка дисконтування за будь-якими причинами зросте до 50 % (табл. 11.8).

Як можна бачити з рис. 11.7, зміна ставки дисконтування, навіть дуже значна, призводить до різкого зниження швидкості розвитку проекту. Однак, оскільки проект є достатньо прибутковим з точки зору співвідношення необхідних витрат та можливих доходів, то навіть таке високе зростання ставки дисконтування не зможе в довгостроковій перспективі зробити проект збитковим. Однак тут виникає інше питання, пов'язане з тим, що при таких високих значеннях ставки дисконтування дуже складно планувати будь-яку економічну діяльність протягом декількох років.

Значення ЧДД проекту при зростанні ставки дисконтування до 50%

Роки	ЧДД грн.
1	-4 332 000,00
2	-769 160,67
3	1 606 065,56
4	3 189 549,70
5	4 245 205,80

Отже, аналізуючи весь комплекс вхідних характеристик проекту, – як внутрішніх, так і зовнішніх, можна вказати, що деякі з них є критичними для економічної привабливості проекту, а дія деяких може бути частково компенсована завдяки підвищенню ефективності праці чи модернізації та оптимізації роботи на об'єкті. До того ж, весь комплекс різноманітних діючих вхідних характеристик може бути оцінений по вірогідності його наступу.

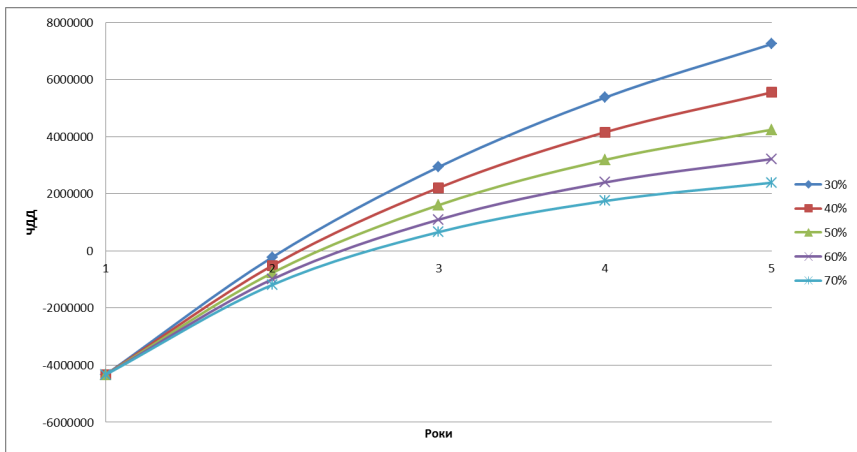


Рис. 11.7. Залежність значень ЧДД по роках від змін рівня ставки дисконтування

Так, наприклад, підвищення витрат на капітальне будівництво та на початкові дії в 3 рази робить проект збитковим та є дуже важливою характеристикою економічної привабливості проекту, проте таке

стрімке зростання капітальних витрат навряд чи має високу ймовірність. Це пов'язано з тим, що основний комплекс значних капітальних витрат треба буде робити на першому році функціонування проекту, базуючись на цінах сьогодення. А ціни на основні позиції – техніку, будматеріали, працю будівельників добре відомі. Тому підвищення капітальних витрат у три рази для проекту критично, але мало вірогідно. Та навпаки, зміна витрат на геологорозвідувальні роботи не є дуже впливовою на проект, але зростання цих витрат дуже можливе у зв'язку з тим, що буде потрібно розвивати виробництво та встановлювати значно детальніше площі з найбільш високоякісною сировиною.

Тому для кожного вхідного фактора дії на проект, який розглядається як можливий ризик, треба ще встановити міру можливості його реалізації – ймовірність наступу тієї чи іншої ситуації. До того ж, комбінація деяких найбільш ймовірних вхідних факторів впливу може дозволити розрахувати сценарій економічного розвитку проекту. Розглядають, як правило, песимістичний сценарій – коли сукупно реалізуються найбільш впливові негативні фактори дії, а сукупна дія позитивних факторів мінімальна. При цьому розглядають і оптимістичний сценарій – коли сукупно реалізуються усі позитивні фактори, а сукупний вплив негативних факторів незведений до мінімуму.

Для оцінки ймовірності дії факторів та принципів її розрахунку треба застосовувати базові поняття теорії ймовірності.

11.2. Аналітичні засоби ймовірнісної оцінки ризиків та привабливості геологічного проекту

11.2.1. Основні поняття теорії ймовірності

Під ймовірністю можна розуміти вірогідність наступу того чи іншого випадку. Следством цього визначення є те, що якщо наступає чи реалізується один випадок, то усі інші вже не можуть наступити. Основне завдання спостерігача чи вченого в тому, щоб розрахувати та передбачити значення можливих ймовірностей розвитку подій до того, як вони вже реалізувалися. Отже, одним з основних завдань теорії ймовірності є спроба спрогнозувати наступний розвиток подій та ймовірність наступу тих чи інших результатів цих подій. Тобто теорія ймовірності базується на аналізі дії певних процесів та передбаченні результатів цих процесів [170, 178].

Може бути так, особливо в природних процесах, що врахувати та передбачити усі вхідні характеристики та елементи процесу неможливо чи дуже складно. Через те в теорії ймовірності дуже широко використовуються методи моделювання процесів та явищ. Тому, наприклад, у теорії ймовірності існує таке поняття як *повна ймовірність* – вона приймає значення 1 та означає суму значень окремих ймовірностей реалізації процесу, який прийнятий до моделі. До того ж, ще є такий параметр як *вичерпна ймовірність* – це сума значень усіх окремих ймовірностей реалізації проекту без виключень. Наприклад, найбільш простий зразок теорії ймовірності, та може і найбільш поширений, це кидання монети. У теорії ймовірності використовується модель, що в процесі кидання монета може випасти чи аверсом (O) чи реверсом (P). Отже, повна ймовірність кидання монети становить 1, та вона дорівнює сумі окремих ймовірностей випадіння «аверс» та «реверс»:

$$P_o + P_p = 1, \quad (11.1)$$

де P_o – ймовірність випадіння аверсу; P_p – ймовірність випадіння реверсу.

Але, якщо мова йде про вичерпну ймовірність, то треба ще враховувати декілька можливостей, що монета може впасти на ребро, чи почати котитися по поверхні. Розрахувати ці можливості дуже складно, навіть неможливо, до речі, вони мало вірогідні. Тому при математичному моделюванні кидання монети ці мало вірогідні випадки не враховуються, і модель процесу кидання монети має тільки два можливих результати реалізації – «аверс» та «реверс».

Кидання монети – це ще один приклад взаємовиключних результатів. Тобто реалізація випадіння аверсу повністю виключає можливість випадіння реверсу. До того ж, якщо монета однорідна, то окремі ймовірності реалізації того чи іншого результату рівні та мають значення $\frac{1}{2}$.

Аналогічним, але більш складним прикладом такого ж процесу є кидання гральної кістки. Там є шість граней і якщо кістка однорідна, то ймовірність випадіння кожної грані така ж, як і у інших:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 1, \quad (11.2)$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 1/6, \quad (11.3)$$

Отже, якщо розрахувати ймовірність випадіння грані «б» то вона становить 1/6. Також це означає, що ймовірність невипадіння граней «1», «2», «3», «4» та «5» буде складати 5/6. Це дуже простий висновок, але він дозволяє розраховувати ймовірності наступу деяких випадків у складних на багатокомпонентних системах по принципу того, що встановлюється ймовірність ненаступу інших випадків, якщо усі можливі випадки є взаємовиключні.

Ще одним розповсюдженим завданням є варіант, коли треба встановити ймовірність наступу одного з переліку взаємовиключних випадків. Наприклад, треба встановити ймовірність випадіння граней «5» чи «б» на гральній кістці. Тобто випадіння грані «б» буде враховуватися як позитивний результат та випадіння грані «5» також буде позитивним результатом. Для встановлення ймовірності цього варіанту треба скласти ймовірності окремих випадків:

$$1/6 + 1/6 = 2/6 = 1/3. \quad (11.4)$$

Отже, правило складання ймовірностей свідчить: «якщо a, b, \dots, k » є кількість взаємовиключних подій, то ймовірність що відбудеться будь яке з них дорівнює: « $p_a + p_b + \dots + p_k$ ».

Інший поширений приклад – це варіант, коли оцінюється ймовірність сумісного чи послідовного наступу того чи іншого випадку. Наприклад, треба розрахувати ймовірність випадіння на двох гральних кістках значення «б» одночасно. До того ж враховується, що кістки не впливають одна на одну – не стикаються та не вадять випадінню одна одній. Також результати випадіння однієї кістки ніяк не впливають на результати випадіння іншої. Щоб встановити ймовірність сумісного випадіння двох граней «б» треба знайти добуток окремих ймовірностей – $1/6 * 1/6 = 1/36$.

Отже, правило множення ймовірностей свідчить: для будь-якого числа подій a, b, \dots, k , якщо вони незалежні, ймовірність їх одночасного або послідовного наступу дорівнює добутку їх ймовірностей $p_a * p_b * \dots * p_k$.

До цього моменту усі випадки, що розглядалися, були взаємовиключними – якщо наступав один варіант випадку, це значило, що інші варіанти неможливі. Однак можуть бути розглянуті випадки, коли реалізуються декілька випадків, які мають вплив один на од-

ного та вони не виключають вірогідність наступу один одного. Для прикладу з теорії ігор розглянемо варіант, коли треба кидати гральну кістку два рази послідовно та отримати хоча б один раз випадіння грані «б». Отже, результат першого кидання має безпосередній вплив на наступне кидання – якщо з першого разу буде отримано «б», то ціль буде досягнута та друге кидання буде непотрібне. Якщо випаде будь-яка інша грань, то буде потрібно друге кидання. Тобто, розраховуючи значення ймовірності випадіння грані «б» хоча б один раз при двох послідовних кидань слід використовувати таку логічну послідовність дій – ймовірність отримати «б» при першому киданні $1/6$; ймовірність отримати «б» при другому киданні також $1/6$, але треба враховувати варіант, коли обидва рази при двох киданнях буде отримано «б». Тобто з суми ймовірностей двох послідовних позитивних результатів кидань треба відняти ймовірність випадіння двох «б»:

$$1/6 + 1/6 - (1/6 * 1/6) = 1/3 - 1/36 = 11/36. \quad (11.5)$$

Отже, правило розрахунку ймовірностей для не взаємовиключних випадків таке: «якщо а та b не взаємовиключні випадки, то ймовірність послідовного чи одночасного наступу хоча б одного з них дорівнює $p_a + p_b - (p_a * p_b)$ ».

Такий розрахунок ймовірностей дозволяє встановити їх значення для будь-яких випадків. Однак, розвиток складних та багатоступеневих процесів, таких як експлуатація родовища корисних копалин передбачає оцінку ймовірностей ризиків на кожному кроку реалізації проекту. Тому виникає необхідність оцінити сумарне значення ризиків на кожному етапі проекту, а потім у повному обсязі проекту. Для цього використовується метод оцінки ймовірностей кожного етапу для того, щоб вони як можна повніше характеризували повну ймовірність. Потім, коли враховані всі основні варіанти реалізації проекту на першому етапі та оцінені їх окремі ймовірності, то розглядаються випадки як може бути реалізований другий етап з урахуванням результатів попереднього. Тобто, методом перебору розраховуються усі можливі траєкторії розвитку процесу з одного етапу на наступний і так далі. Цей метод створює велику кількість можливих напрямів розвитку процесу чи сценаріїв і потребує значних апаратних та програмних ресурсів, але він дозволяє точно оцінити ймовірності кожного сценарію. Такий метод має назву побудови дерева ймовірностей.

11.2.2. Побудова дерева ймовірностей

Дерево ймовірностей чи дерево рішень являє собою статистичний підбір та розрахунок ймовірності настання всіх можливих комбінацій подій. Тобто дерево ймовірностей може бути створено у випадку, коли модель чи процес, що розглядається, знаходиться під одночасним чи послідовним впливом декількох подій. При цьому кожна подія має свій ймовірнісний вплив на результат реалізації процесу. Отже, для створення дерева ймовірностей треба виконання наступних положень:

- результат залежить від n вихідних параметрів;
- ці параметри є незалежними;
- кожен з параметрів може приймати m взаємовиключних значень;
- ймовірність появи кожного із значень вважається відомою;
- ймовірність будь-якої комбінації значень n параметрів дорівнює добутку ймовірностей появи цих значень;
- сума ймовірностей в кожному проміжному ланку дорівнює 1 (100 %).

Розглянемо варіант спрощеного процесу кидання гральної кістки послідовно 3 рази і оцінку ймовірності випадіння грані «б» при кожному киданні. Це спрощений варіант, оскільки ми оцінюємо ймовірність випадіння тільки грані «б», усі інші грані для цього прикладу мають сумарну ймовірність та позначення «не б». Тобто, кидання кістки з шістьма гранями для нас у прикладі є бінарним об'єктом зі значеннями «б» – ймовірність настання $1/6$ та «не б» – ймовірність настання $5/6$ (табл. 11.9).

Побудова такого варіанту дерева ймовірностей дозволяє отримати усі прийнятні для розгляду варіанти реалізації багатоступеневого випадку, тобто дозволяє розрахувати усі можливі сценарії розвитку процесу та оцінити ймовірність їх виникнення.

Економічна оцінка ризиків при реалізації геологічного проекту також може бути розглянута як багатоступеневий, багатофакторний процес. На значення економічних параметрів привабливості проекту мають вплив багато зовнішніх факторів, та їх дія може бути як одночасною, так і послідовною. Раніше були розглянуті варіанти окремого впливу кожного з найбільш вірогідних зовнішніх факторів на значення чистого дисконтованого доходу проекту. Але, частіше за все реалізується цілий комплекс ризиків, які мають вплив на проект. Застосування методу побудови дерева ймовірності дозволяє оцінити можливість та рівень впливу комплексу прийнятих зовнішніх факторів впливу на ключові економічні показники.

**Оцінка ймовірності випадіння грані «б» при кожному киданні
гральної кістки послідовно 3 рази**

Перше кидання	Друге кидання	Третє кидання	Ймовірність
«б» - 1/6	«б» - 1/6	«б» - 1/6	«б»«б»«б» - $1/6 * 1/6 * 1/6 = 1/216$
		«не б» - 5/6	«б»«б»«не б» - $1/6 * 1/6 * 5/6 = 5/216$
	«не б» - 5/6	«б» - 1/6	«б»«не б»«б» - $1/6 * 5/6 * 1/6 = 5/216$
		«не б» - 5/6	«б»«не б»«не б» - $1/6 * 5/6 * 5/6 = 25/216$
«не б» - 5/6	«б» - 1/6	«б» - 1/6	«не б»«б»«б» - $5/6 * 1/6 * 1/6 = 5/216$
		«не б» - 5/6	«не б»«б»«не б» - $5/6 * 1/6 * 5/6 = 25/216$
	«не б» - 5/6	«б» - 1/6	«не б»«не б»«б» - $5/6 * 5/6 * 1/6 = 25/216$
		«не б» - 5/6	«не б»«не б»«не б» - $5/6 * 5/6 * 5/6 = 125/216$

Для прийнятого прикладу по підготовці до розробки та видобуванню пильного вапняку в межах Іванівського району Одеської області було встановлено, що найбільш значними факторами, які мають вплив на зміну ЧДД проекту, є зниження обсягів видобування та підготовки товарної продукції, зростання ставок оподаткування та збільшення розмірів капітальних початкових витрат на підготовку проекту. Зміна цих вхідних характеристик має значний вплив на показник чистого дисконтованого доходу проекту в п'ятирічній перспективі. Застосування методики побудови дерева ймовірностей дозволяє розглянути і оцінити рівень впливу та вірогідність наступу усіх трьох факторів сумісно. До того ж, цей метод дозволяє сформулювати та оцінити найбільш песимістичний сценарій, коли кожен з факторів реалізується у найбільш негативному варіанті, а також оптимістичний сценарій, коли кожен з факторів має найбільш прийнятні значення. Окрім оптимістичного та песимістичного сценаріїв існує можливість

змодельовати весь спектр реалізацій при різних комбінаціях вхідних факторів.

Наприклад, як було встановлено, підвищення рівня загального оподаткування проекту видобутку пильного вапняку до 50 % від доходів може значною мірою знизити значення ЧДД у п'ятирічному вимірі. Однак, слід оцінити наскільки можливо чи вірогідно таке значне підняття рівня оподаткування в перспективі на наступні п'ять років. Питання рівня оподаткування, особливо для виробничих підприємств, є одним з найбільш гострим. Розвиток економіки країни в цілому, в першу чергу залежить від розвитку власного виробництва, тому існує ряд пропозицій щодо зниження рівня оподаткування виробничого сектору. З другого боку, податки від виробництва та видобутку корисних копалин є одним з найбільш потужних джерел наповнення державного бюджету. Для збереження рівня соціальних гарантій та для подальшого розвитку економіки зниження рівня оподаткування неможливе. До того ж, нові виклики, що постають перед країною, потребують додаткових витрат, які можуть бути компенсовані тільки за рахунок власних коштів. Тому процес визначення ймовірності та рівень можливої зміни оподаткування дуже складний та дискусійний. Для прийнятого прикладу можемо встановити, що ймовірність підняття ставки оподаткування до 50% від доходної частини у п'ятирічний термін складе 30 %.

Ще одним значним діючим фактором є рівень початкових капітальних витрат на проект. Вони пов'язані з необхідністю придбання попередньої інформації, оформленні усіх необхідних документів на початок робіт, підготовку інфраструктури родовища, придбання обладнання для видобутку корисної копалини та її переробки, будівництво кар'єру та споруд на родовищі. Все це потребує значних коштів, які повинні бути вкладені на початкової стадії проекту. Зрозуміло, що детальна дорозвідка та планування робіт, а також професійна підготовка техніко-економічного обґрунтування при переданні родовища до будівництва та експлуатації дозволить розрахувати рівень початкових витрат більш ретельно. Але на початковій стадії оцінки проекту значення початкових витрат визначені приблизно та можуть змінюватися в певних межах. Для прийнятого прикладу змодельуємо ситуацію, що початкові витрати на проект можуть зрости у 1,5 рази порівняно з запланованими та таке зростання початкових витрат можливо з ймовірністю 25 %.

Серед усіх факторів впливу на економічну привабливість проекту найбільш важливим є рівень видобування та переробки сировини. Власне рівень видобутку дозволяє сформувати доходну частину проекту. Без неї чи при її скороченні проект втрачає сенс. Зміна рівня видобутку може відбуватися з різних причин – це може бути не точне встановлення якості сировини, починаючи з наявності карстових порожнинчи зміни механічних та хімічних властивостей вапняку. Також зміна обсягів видобутку може бути пов'язана зі зміною технологічного циклу або з виходом з ладу обладнання. Все це комплекс ризиків як геологічного, так і технологічного змісту, які можуть впливати на продуктивність роботи підприємства. На початковій стадії оцінки проекту передбачити точні значення обсягів видобутку може бути досить важко. Тільки після детального геологічного вивчення та оцінки якості сировини можна буде підібрана необхідна технологія видобутку та точно прораховані обсяги видобутку. Прийняті обсяги видобутку для початкової оцінки економічної привабливості проекту зроблені на основі методів аналогій та великого досвіду по видобутку пильного вапняку у Одеському регіоні. Але ж можливість скорочення обсягів видобутку все рівно може бути присутньою. Тому для оцінки ризиків при скороченні видобутку в два рази можна прийняти ймовірність такого варіанту у 20 %.

Таким чином, для побудови дерева ймовірностей розглядається сумарна дія трьох основних факторів: зміна рівня оподаткування, зміна розміру початкових витрат та зміна обсягів видобутку. Песимістичним сценарієм може вважатися варіант, коли проект опиниться в ситуації, що рівень оподаткування складе більш ніж 50 % від доходної частини, початкові витрати на запуск проекту зростуть у 1,5 рази від запланованих та обсяг видобутку вапняку скоротиться у 2 рази. Оптимістичним сценарієм може вважатися варіант, коли усі основні вхідні параметри залишаться на тому рівні, на якому вони були прийняті спочатку. Дерево ймовірностей для прийнятого прикладу може бути представлено у вигляді таблиці (табл. 11.10).

Оцінка ймовірності сумісного наступу декількох випадків підпадає під правило множення ймовірностей оскільки приймається правило, що результат реалізації одного випадку не має прямого впливу на результат реалізації іншого випадку. Як можна бачити з таблиці, ймовірність найбільш песимістичного сценарію дорівнює 1,5 %. При цьому ЧДД приймає негативне значення. Також негативні значення

ЧДД можуть бути у випадку зниження видобутку та зростання податків при незмінному рівні початкових витрат. Ймовірність реалізації такого сценарію становить 4,5 %. Та при зниженні видобутку і зростанні початкових витрат при збереженні рівня оподаткування цей сценарій може бути ймовірним при 3,5% випадків. Скоріш за все, може бути реалізований сценарій, при якому усі значення вхідних параметрів залишаться на запланованому рівні – ймовірність такого сценарію дорівнює 42 %. Така ситуація зрозуміла, тому що планування та предикція ((англ. *prediction*) передбачення, прогноз) майбутніх значень вхідних параметрів зроблені на основі попереднього досвіду та аналізу ситуації на ринку корисних копалин. Отже, повна ймовірність усіх можливих сценаріїв дорівнює одиниці. Це означає, що розглянуті сценарії повністю характеризують весь можливий перелік випадків, які можуть бути представлені при прийнятому поєднанні вхідних параметрів.

Таблиця 11.10

Дерево ймовірностей для прийнятого прикладуно видобутку пильного вапняку у Одеському регіоні

Рівень оподаткування	Початкові витрати	Обсяг видобування	Ймовірність	ЧДД, грн.
Зросте до 50% від доходів (р – 30%)	Зростуть у 1,5 рази (р – 25%)	Знизиться у двічі (р – 20%)	$0,3 \cdot 0,25 \cdot 0,2 = 0,015$	-4 117 485,55
		Не знизиться у двічі (р – 80%)	$0,3 \cdot 0,25 \cdot 0,8 = 0,06$	371 178,05
	Не зростуть у 1,5 рази (р – 75%)	Знизиться у двічі (р – 20%)	$0,3 \cdot 0,75 \cdot 0,2 = 0,045$	-1 991 485,55
		Не знизиться у двічі (р – 80%)	$0,3 \cdot 0,75 \cdot 0,8 = 0,18$	2 497 178,05
Не зросте до 50% від доходів (р – 70%)	Зростуть у 1,5 рази (р – 25%)	Знизиться у двічі (р – 20%)	$0,7 \cdot 0,25 \cdot 0,2 = 0,035$	-1 221 573,55
		Не знизиться у двічі (р – 80%)	$0,7 \cdot 0,25 \cdot 0,8 = 0,14$	6 163 002,05
	Не зростуть у 1,5 рази (р – 75%)	Знизиться у двічі (р – 20%)	$0,7 \cdot 0,75 \cdot 0,2 = 0,105$	904 426,45
		Не знизиться у двічі (р – 80%)	$0,7 \cdot 0,75 \cdot 0,8 = 0,42$	8 289 002,05

Результати проведеного аналізу можливих ризиків та зміни значення розміру чистого дисконтованого доходу (ЧДД) проекту при змінах ключових вхідних параметрів можна також представити у вигляді кумулятивної кривої. Цей метод наглядної демонстрації результатів базується на побудові кривої накопиченої ймовірності. На графіку по осі X може бути відзначені показники сумарної накопиченої ймовірності для різних значень ЧДД, які розташовані у порядку збільшення від самого низького до самого великого значення. Значення ЧДД, у свою чергу, розташовуються на осі Y. Отже, крива на графіку вказує значення ймовірності самого негативного сценарію з самими низькими значеннями ЧДД, а також підвищення значень ЧДД проекту з ймовірністю кожного з можливих випадків до самого оптимістичного сценарію (рис. 11.8).

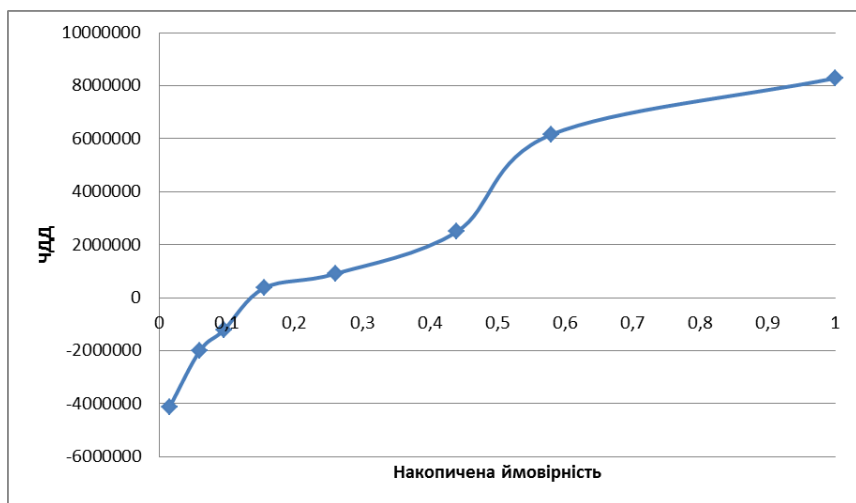


Рис. 11.8. Графік накопиченої ймовірності по розрахованому дереву ймовірностей

По графіку також можна встановити декілька важливих характеристик проекту. Так, можна встановити значення ЧДД для ймовірностей в 10, 50 та 90 відсотків. Прийняті граничні значення ймовірностей дозволяють оцінити рівень ризиків у побудованій моделі економічного розвитку проекту. Так, для розглянутого прикладу можна казати, що в прийнятих варіаціях вхідних параметрів з ймовірністю 10 % проект призведе до збитків на рівні приблизно 1 млн

грн. строком роботи у 5 років. Тобто, можливість збитковості проекту при прийнятих ризиках можлива, і також, виходячи з графіку, ймовірність збитковості проекту дорівнює 13,8 % – це значення при якому крива ЧДД на графіку перетинає ось накопиченої ймовірності і значення ЧДД приймає позитивні значення. З ймовірністю у 50% проект зможе принести чистого дисконтованого доходу у п'ятирічній перспективі на рівні 4,5 млн. ₴. Скоріш за все, з урахуванням рівня та можливості реалізації прийнятих ризиків з ймовірністю 90 % проект принесе у п'ятирічній перспективі чистого дисконтованого доходу не менш ніж 7,82 млн грн.

Отже, ймовірнісний аналіз ризиків дозволяє вибрати перелік найбільш впливових та найбільш можливих діючих факторів, які можуть бути прийняті як вхідні параметри. На цієї основі може бути побудована модель поведінки проекту під впливом параметрів, що змінюються. Сумарна дія такого впливу і поведінка моделі дозволяє спрогнозувати можливі сценарії розвитку та передбачити значення та ймовірність песимістичного, оптимістичного сценаріїв та усього горизонту можливих випадків.

Використання аналізу ризиків у плані реалізації проектів надрокористування, в першу чергу при розробці мінеральних ресурсів дає можливість провести оцінювання інвестиційної привабливості того чи іншого родовища та використання техногенно-геологічних систем в управлінні надрокористування протягом експлуатації підприємства.

Запитання для контролю

1. Основні ризики при інвестуванні в геологічні проекти.
2. Передбачення економічних ризиків при інвестуванні в геологічні проекти.
3. Послідовність реалізації різних встановлених етапів у геологічному проекті.
4. Комплексне визначення ризиків при реалізації геологічних проектів.
5. Аналітичні засоби ймовірнісної оцінки ризиків геологічного проекту.
6. Аналітичні засоби ймовірнісної оцінки привабливості геологічного проекту.
7. Положення методу експертних ймовірностей у галузі пошуку та розвідки родовищ корисних копалин.

8. Оцінка стійкості та чутливості до вхідних параметрів у галузі пошуку та розвідки родовищ корисних копалин.
9. Положення методу стійкості побудованої економічної моделі під впливом змін вхідних факторів.
10. Визначення розміру капітальних витрат на початкової стадії реалізації проекту.
11. Визначення розміру поточних експлуатаційних витрат реалізації проекту.
12. Встановлення рівня оподаткування проекту через охарактеризування значенням ставки дисконтування.

Список використаної літератури

1. Адаменко О. М. Екологічна геологія. / О. М. Адаменко, Г. І. Рудько. – Київ: Манускрипт, 1997. – 348 с..
2. Ампилов Ю. П. Экономическая геология. / Ю. П. Ампилов, А. А. Герт. – М.: Геоинформмарк, 2006. – 400 с.
3. Аношков М. И. Разработка рудных и нерудных месторождений. Изд. 2 / Аношков М. И., Борисов С. С., Боярский В. А. – М.: Недра, 1970. – 455 с.
4. Атлас “Геологія і корисні копалини України” / Під ред. Л. С. Галецького. – К.: ДП “Такі справи”, 2001. – 168 с.
5. Башкин В. Н. Биогеохимия / В. Н. Башкин, Н. С. Касимов. – М.: Научный мир, 2004. – 648 с.
6. Бертран, Марсель // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). – СПб.: С. 1890–1907.
7. Білецький В. С. Переробка і якість корисних копалин./ В. С. Білецький, В. А. Смирнов // Донецьк : Східний видавничий дім, 2005. – 324 с.
8. Богданов А. А. Тектология. Всеобщая организационная наука / А. А. Богданов / под ред. акад. Л. И. Абалкина. – М.: 1989. – Т. 1. – 131 с.
9. Булах А. Г. Общая минералогия. / А. Г. Булах – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. – 389 с.
10. Бызов В. Ф. Потенциал недр Украины / В. Ф. Бызов, И. С. Паранько, В.Д. Евтехов // Горный журнал. – 2000. – № 6. – С. 138–140.
11. Василенко А. П. Мінерально-сировинна база України. Стаття 2. Стан мінерально-сировинної бази металічних корисних копалин України та основні напрями геологорозвідувальних робіт / А. П. Василенко // Мінеральні ресурси України. – 2014. – № 3. – С. 3–7.
12. Вассоевич Н. Б. Осадочные и вулканогенные формации / Н. Б. Вассоевич // История представлений о геологических формациях (геогенерациях) / Н. Б. Вассоевич. – Л.: (Тр. ВНИИГ. Новая серия). – (128). – 1966. – С. 123–234.
13. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский–М.: Айрис-пресс, 2012. – 576 с.
14. Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление / Вернадский В. И. – Отв. ред. А. Л. Яншин. – М.: Наука, 1991. – 268 с.
15. 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.

16. Волкова В. Н. Из истории теории систем и системного анализа / В. Н. Волкова. – СПб.: Изд-Во СПбГПУ. – 2001. – 212 с.

17. Гавриленко Ю. Н. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / Гавриленко Ю. Н., Ермолаев Ю. Н., Улицкий О. А. и др. // Донецк: Норд-Пресс. – 2014. – 631 с.

18. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер. – 2000. – 383 с.

19. Галецкий Л. С. Железные и марганцевые руды Украины и проблемы их рационального использования / Л. С. Галецкий, А. Я. Хмара // – К.: – 1995. – 116 с.

20. Галецкий Л. С. Нові уявлення про геологічну структуру та металогенію території України / Л. С. Галецький, Т. П. Шевченко, Н. М. Чернієнко // Геологічний журнал – 2008. – № 3. – С. 74–83.

21. Географія мінеральних ресурсів України. Монографія. / М. Сивий, І. Паранько, Є. Іванов. – Львів, Простір. М, 2013. – 684 с.

22. Геологія з основами геоморфології : підручник для вузів / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко, О. В. Чепіжко, М. Д. Крочак // . – Чернівці: Букрек, 2010 . – 398 с.

23. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. // М.: Недра, 1990. – 335 с.

24. Гірничий енциклопедичний словник : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Д. : Східний видавничий дім, 2004. – Т. 2. – 632 с.

25. Гірничий енциклопедичний словник : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Д. : Східний видавничий дім, 2004. – Т. 3. – 752 с.

26. Гірничий енциклопедичний словник. у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Д.: Східний видавничий дім, 2001. – Т. 1.– 514 с.

27. Гірські породи / Українська радянська енциклопедія : у 12-ти т. / гол. ред. М. П. Бажан ; редкол.: О. К. Антонов та ін. – 2-ге вид. – К. : Головна редакція УРЕ, 1974–1985.

28. Глазовская М. А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу / М. А. Глазовская // Биогеохимические циклы в биосфере. – М.: Наука, 1976. – С. 99-118.

29. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. / М. А. Глазовская – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с

30. Глобализация и рынки минерального сырья / А. Е. Воробьев, Г. А. Балыхин, С. Ф. Усманов, Т. Ф. Чекушина // под ред. д-ра техн.

наук, проф. А. Е. Воробьева. – Бишкек: Изд. КРСУ, 2003. – 294 с.

31. Голодковская Г.А. Геологическая среда промышленных регионов / Г. А. Голодковская, Ю. Б. Елисеев. – М.: Недра, 1989. – 220 с.

32. Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень / М. Д. Гродзинський– К.: Ліцей, 1995. – 233 с.

33. Гуменик И. Л. Классификация техногенных формирований при открытых горных работах / И.Л. Гуменик, А. С. Матвеев, А. И. Панасенко // Горный журнал. – 1988.– № 12. – С. 53–56.

34. Данилишин Б. М. Економіка природокористування / Б. М. Данилишин, М. А. Хвестик, В. А. Голян – К.: Кондор. – 2010. – 465 с.

35. Данилишин Б. М. Эколого-экономические проблемы обеспечения устойчивого развития производительных сил Украины / Б. М. Данилишин. – К.: ОПС НАН Украины, 1996. – 260 с.

36. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. ДСН 239-96. – 01.08.1996/30.10.2007. № 239.

37. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. ДСНіП 3.3.6.096-2002. – 18.12.2002. – № 476.

38. Добрецов Н. Л. Принципы выделения и классификации регионально метаморфизованных формаций / Н. Л. Добрецов, В. С. Соболев, В. В. Хлестов // Фации регионального метаморфизма высоких давлений. М.: Недра, 1974. С. 278–289.

39. Евтехов В. Д. Техногенные месторождения: от использования имеющихся – к созданию более совершенных / В. Д. Евтехов //Геолого-мінерал. вісник. – 2003. – № 1 (9). – С. 19–26.

40. Евтехов В. Д. Технологическая минералогия повышения качества богатых железных руд Криворожского бассейна / В. Д. Евтехов, О. С. Демченко, Е. В. Евтехов, В. В. Филенко, А. Я. Смирнов, С. В. Тихливец, Д. Н. Прилепа, Д. В. Береза, Е. П. Георгиева // Геолого-мінерал. вісник. – 2016. – № 1. – С. 95-110.

41. Екологічна геологія: підручник. / За ред.д.г. М. М. Коржнева – Київ: ВПЦ „Київський університет”.– 2005. – 257 с.

42. Емлин Э. Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала / Э. Ф. Емлин – Свердловск: Изд. УрГУ, 1991. – 255 с.

43. Епишин В. К. Литомониторинг – система контроля и управления геологической средой / В. К. Епишин, В. Т. Трофимов // Теорет. основы инж. геол. Социально-экономические аспекты. – М.: Недра, 1985. – С. 243–250.

44. Ерофеев Б. В. Экологическое право Украины. Учебник. Издание

второе, переработанное и дополненное. – М.: Юрист. – 1996. – 480 с.

Заварицкий А. Н. Изверженные горные породы / Предисл. акад. А. Г. Бетехтина; АН СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 480 с.

Закон України “Про запобігання фінансовій катастрофі та створення передумов для економічного зростання в Україні” // Відомості Верховної Ради України, 2014. – № 20–21. – Стаття 745.

Закон України №3458–IV Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року (<http://www.president.gov.ua/documents/3458iv-4042>).

Закон України Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 44, ст. 457).

Закон України Про охорону навколишнього природного середовища (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991. – № 41. – ст. 546).

Таусон Л. В. Закономерности размещения геохимических полей концентрирования в кольцевых структурах с латитовым магматизмом / Л. В. Таусон, С. Г. Петровская, А. М. Спиридонов та ін. // Доклады АН СССР. – 1985. – С. 697–701.

Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 376 с.

Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ вугілля. – К.: ДКЗ України, 2004. – 34 с.

Інструкція про зміст, оформлення і порядок подання в ДКЗ України матеріалів з геолого-економічної оцінки запасів вугілля і горючих сланців. – К.: ДКЗ України, 1997. – 30 с.

Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки / А. Б. Каждан – М.: Недра, 1984. – 286 с.

Каплан Е. Л. Социально-экономические аспекты рационального природопользования в регионе / Е. Л. Каплан, О. П. Литовка, Э. А. Новиков // Л.: Наука, 1989. – 126 с.

Карташев В. А. Система систем. Очерки общей теории и методологии. / В. А. Карташев – М.: Прогресс-Академия. – 1995. – 416 с.

Кириллов Н. П. Признаки класса и определение понятия технические системы / Н. П. Кириллов // Авиакосмическое приборостроение/ – № 8. – 2009. – С. 5–11.

Кириллов Н. П. Концепция разработки методологического обес-

печения процессов формирования структурированных моделей поведения технических систем / Н. П. Кириллов // Труды СПИИРАН. – 2009. – Вып. 9. – С. 102-115.

Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр – [Електронний ресурс] – Режим доступу :<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF>.

Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр // Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 р. № 432. // Офіційний вісник України. – 1997. – №19. – С. 104.

Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу, затвердженою наказом ДКЗ від 10.07.98 №46, зареєстрованою у Міністерстві юстиції України 24.07.1998 за №475/2915.

Классен В. И. Обогащение руд . – М.: Недра, 1979. – 240 с.

Кодекс України про надра / Відомості Верховної Ради України. Кодекс від 27.07.1994. – 1994. – № 36. – С. 340.

Колесников С. И. Экологические основы природопользования / С. И. Колесников. – М.: ИКЦ Март, 2005. – 36 с.

Королев В. А. Мониторинг геологической среды: учебник // Под ред. В. Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.

Костенко М. М. Мінерально-сировинна база України Стаття 3. Стан мінерально-сировинної бази неметалічних корисних копалин України та основні напрями геологорозвідувальних робіт / М. М. Костенко // Мінеральні ресурси України. – 2014. – № 4. – С. 6–13.

Косыгин Ю. А. Тектоника / Ю. А. Косыгин. – М.: Изд. «Недра». – 1969. – 616с.

Котарбинский Т. Трактат о хорошей работе / Под ред. проф. Г. Х. Попова; пер. с польск. Л. В. Васильева и В. И. Соколовского. – М.: Экономика, 1975. – 271 с.

Красножон М. Д. Мінерально-сировинна база України. Стаття 4. Паливно-енергетичні ресурси й перспективи їх нарощування / М. Д. Красножон // Мінеральні ресурси України. – 2015. – № 4. – С. 3–6.

Лазаренко Є. К. Мінералогічний словник. Українсько-російсько-англійський. / Є. К. Лазаренко, О. М. Винар – К.: Наукова думка, 1975. – 776 с.

Лазаренко Є. К. Курс мінералогії / Лазаренко Є. К. – Київ, Вища школа, 1970. – 600 с.

Ларичкин Ф. Д. Научные основы оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья / Ф. Д. Ларичкин – Апатиты: КНЦ РАН, 2004. – 252 с.

Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Введение в историю петрографии / Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. – Л.; М.: ОНТИ, 1936. – 138 с.

Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Петрография / Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. –Л.: Научхимтехиздат, 1925. – 395 с.

Лисенко О. А. Геолого-економічна оцінка корисних копалин (актуальні питання й методичні аспекти) / О. А. Лисенко // Мінеральні ресурси України. – 2017. – №3. – С. 22-26.

Макаров Г. С. Развитие производства вторичного алюминия в России / Г. С. Макаров // Цветные металлы. – 2004. – № 1. – С. 62-66.

Медведева С. А. Физико-химические процессы в техносфере: учебное пособие. / С. А. Медведева, С. С. Тимофеева – М.: Инфра-Инженерия, 2017. – 224 с.

Металічні і неметалічні корисні копалини України / Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. та ін. // К.-Л.: Центр Європи. – Т. II – 2006. – 551 с.

Металічні і неметалічні корисні копалини України. Металічні корисні копалини. Том 1. / Д. С. Гурський, К. Ю. Єсипчук, В. І. Калінін та ін. – Київ. – Львів: Вид-во “Центр Європи”, 2006. – 739 с.

Металічні корисні копалини України / О. В. Грінченко, М. В. Курило, В. А. Михайлов, Л. С. Михайлова та ін. // Київ: ВЦ «Київський університет». – Т. II – 2006. – 218 с.

Металічні корисні копалини України. Підручник / В. А. Михайлов, В. І. Шевченко, В. В. Огар та ін. – К.: ВПЦ “Київ. ун-т”, 2007. – 463 с.

Метаморфизм Украинского щита / И. С. Усенко, И. Б. Щербаков, Р. И. Сироштан и др. – Киев: Наук. думка, 1982. – 308 с.

Методичні рекомендації щодо змісту, оформлення й порядку подання на розгляд Державної комісії по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічних оцінок родовищ металічних і неметалічних корисних копалин // Наказ ДКЗ України № 293 від 21.07.2015 р. – 15 с.

Мильнер Б. З. Теория организации: Учебник, 2-е изд. / Мильнер Б. З. – М.: ИНФРА-М. – 1999. – 480 с.

Минеральные ресурсы Украины. Современные проблемы и факторы развития минерально-сырьевого комплекса Украины / Н. М. Гавриленко, Е. А. Кулиш, А. И. Зарицкий, В. С. Мищенко // Киев: Изд. Госкомгеологии Украины. – 1993. – 122 с.

Мінеральні ресурси України / Київ: ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України», – 2017. – 268 с.

Мінеральні ресурси України та світу / Ю. І. Третьяков, А. Г. Субботін, Г. В. Полуніна, Н. В. Корпан та ін. // ДНВП “Геоінформ України”. – Київ. – 2009. – 602 с.

Мінеральні ресурси України / ДНВП «Геоінформ України». – Київ. – 2012. – С.127-130.

Мінерально-сировинна база України. Стаття 1. Щодо необхідності внесення змін до Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року / С. В. Гошовський, М. Д. Красножон, Н. Г. Люта, А. П. Василенко, М. М. Костенко // Мінеральні ресурси України. – 2014. – № 2. – С. 4–7.

Наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин 07.12.2005 № 300. «Про затвердження Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах» – Електронний ресурс [<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0065-06>].

Національні та міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин: стан та перспективи гармонізації : монографія / Г. І. Рудько, О. В. Нецький, М. В. Назаренко, С. А. Хоменко. – К. ; Чернівці : Букрек, 2012. – 240 с.

Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение / Дж. Нейман, О. Ф. Моргенштерн. – М.: Наука, 1970. – 707 с.

Неметалічні корисні копалини України / Г. Ф. Виноградов, О. Л. Гелета, О. В. Грінченко, М. В. Курило та ін. // Київ: ВЦ «Київський університет». – 2003. – 220 с.

Неметалічні корисні копалини України. Підручник / В. А. Михайлов, Г. Ф. Виноградов, М. В. Курило та ін. – К.: ВПЦ “Київ. ун-т”, 2008. – 494 с.

Одинец О. К. Экономические механизмы управления рисками чрезвычайных ситуаций / О. К. Одинец // Экономика Украины. – 2001. – № 10. – С. 80–83.

Основні положення методології створення системи моніторингу навколишнього середовища гірничодобувних регіонів / П. І. Копач, Н. В. Горобець, Т. Т. Данько, Л. В. Бондаренко. // Екологія і природокористування. – 2009. – №12. – С. 181–187.

Основные идеи геохимии: Вып. 1. Работы по геохимии и кристаллохимии В. М. Гольдшмидта 1911-1930 гг. / Под ред. акад. А. Е. Ферс-

мана. Л.: Госхимтехиздат, 1933. –277 с.

Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман – М.: Высш. школа, 1989. – 168 с.

Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман – М.: Знание, 1975. – 68 с.

Петин А. Н., Васильев П. В. Геоинформатика в рациональном недропользовании. / А. Н. Петин, П. В. Васильев. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2011. – 268 с.

Плотников Н. И. Техногенные изменения гидрогеологических условий / Н. И. Плотников – М.: Недра, 1989. – 268 с.

Податковий кодекс України // Відомості Верховної Ради України, 2011. – № 13–14; № 15–16. – № 17 (зі змінами і доповненнями за 2011–2016 рр.).

Полканов А. А. Генетическая систематика интрузий платформы – кратогена / А. А. Полканов – Изв. Академии наук СССР. 1946. – Серия геолог. – № 6. – С. 5–28.

Полканов А. А. Плутон габбро-лабрадоритов Вольни УССР / А. А. Полканов –Л., 1948. – 80 с.

Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин // Постанова КМ України від 22.12.1994 р. № 865 (зі змінами й доповненнями, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 27.08.2008. – 3 с.

Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах. – К.: ДКЗ України, 2005. – 21 с.

Порядок проведення у 2008 році аукціонів з продажу спеціальних дозволів на користування надрами: Постанова Кабінету Міністрів України від 4 червня 2008 р. № 525. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.

Постанова Верховної Ради України від 5 березня 1998 року № 188/98-ВР «Про основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки». [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://zakon2.rada.gov.ua>;

Постанова Кабінету Міністрів України «Про державний моніторинг навколишнього природного середовища» №785 від 23.09.1993 р. [//www.rada.gov.ua](http://www.rada.gov.ua);

Постанова Кабінету Міністрів України «Про Державну систему

моніторингу довкілля» №391 від 30.03.1998 р. // www.rada.gov.ua;

Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього середовища» №1376 від 05.12.2007 р. // www.rada.gov.ua.

Постанова Кабінету Міністрів України від 09 січня 2014 року № 11 (Київ) «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту» // <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/11-2014>.

Постанови Кабінету Міністрів України №391 від 30.03.1998 р., №785 від 23.09.1993 р., №1376 від 05.12.2007 р. та Розпорядженням Кабінету Міністрів України №992-р від 31.12.2004р.).

Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности // Системы и проблемы управления – М.: СИНТЕГ. – 2000. – 528 с.

Хорольский В. П. Проблемы оптимального управления технологией и снижение энергетических затрат при переработке руд / В. П. Хорольский Базуткин В. В., Рыбалко Б. И. и др. // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1982. – С. 131–135.

Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 р.: Закон України (Відомості Верховної Ради України, 2006, № 28, ст. 241). – ЗУ від 22 лютого 2006 р. – № 3458-IV.

Про затвердження Порядку та загальних умов проведення конкурсів на отримання спеціального дозволу на користування нафтогазоносними надрами : Постанова Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2003 р. № 1475. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.

Про нафту і газ: Закон України // Відомості Верховної Ради України. – 2001. – № 50. – С. 262. – ЗУ від 12 липня 2001 р. – № 2665 –III.

Проскурко А. Ч. Минеральные ресурсы Украины (охрана и рациональное использование) / А. Ч. Проскурко. – Львів: Вища школа, 1989. – 180 с.

Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення / С.О. Довгий, В. М. Шестопапов, М. М. Коржнев та ін. – К.: Наукова думка, 2007. – 347 с.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища» № 992-р від 31.12.2004 р. // www.rada.gov.ua)

Рудько Г. И. Молодых И. И. Теоретические и методические основы мониторинга геологической среды Украины / Г. И. Рудько. – К.: Знание, 1990. – 32 с.

Рудько Г. І. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин / Г. І. Рудько, М. М. Курило, С. В. Радованов // Київ: АДЕФ-Україна, 2011. – 364 с.

Рудько Г. І. Економічна геологія родовищ залізистих кварцитів / Г. І. Рудько, М. М. Курило, С. В. Радованов. – 2010. – 272 с.

Рудько Г. І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко // Київ: Академпрес, 2009. – 511 с.

Рудько Г. І. РКООН запасів і ресурсів корисних копалин як інструмент гармонізації світових класифікацій / Мінеральні ресурси України. – 2017. – № 4. – С. 7–10.

Рудько Г. І. Співставлення критеріїв визначення та ознак класифікації запасів і ресурсів у вітчизняній та міжнародній практиці геолого-економічної оцінки на прикладі родовищ вугілля / Г. І. Рудько, М. М. Курило, В. О. Бала // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Геологія. – 1(72). – 2016. – С. 76–80.

Рудько Г. І. Структура та головні складники геолого-економічної оцінки нафтогазоносних ділянок надр / Г. І. Рудько, І. Р. Михайлів // Мінеральні ресурси України. – 2017. – № 4. – С. 29–38.

Саєт Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саєт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

Санітарні норми та правила в Україні / Упоряд. О. М. Роїн А. А. – 4-те вид., змін. – К.: КНТ, 2010. – 528 с.

45. Сафаров Г. Ш. Организация, управление, менеджмент / Г. Ш. Сафаров // Альманах Центра общественных наук и экономического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. – 2001, № 2. – С. 33–39.

46. Сафранов Т. А. Оцінка техногенного впливу на геологічне середовище / Т. А. Сафранов, Є. Г. Коніков, М. А. Белінський, О. В. Чепіжко та ін. // Одеса: Екологія, 2012. – 272 с.

47. Сергеев Е. М. Инженерная геология – наука о геологической беде / Г. Ш. Сафаров // Инж. геология. – 1979. – № 1. – С. 3–19.

48. Сергеев Е. М. Проблемы инженерной геологии в связи с охраной и рациональным использованием геологической среды // Вестн. МГУ. – Сер. 4, Геология. – 1987. – № 5. – С. 77–86.

49. Сидоренко В. Д. Інформаційно-аналітичний центр – опера-

тивне вирішення екологічних, економічних і соціальних проблем гірничодобувних регіонів / В. Д. Сидоренко, І. С. Паранько, О. Є. Куліковська // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – Вип.11(161). – 2010. – С. 120–126.

50. Славиковский О. В., Славиковская Ю. О. Эколого-экономическая оценка очистки выемки при подземной технологии / О. В. Славиковский, Ю. О. Славиковская // Известия вузов. Горный журнал. – 2007. – № 1. – С. 8–13.

51. Смирнов В. О., Білецький В. С., Шолда Р. О. Переробка корисних копалин: [Монографія] / В. О. Смирнов, В. С. Білецький, Р. О. Шолда. Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. – 600 с.

52. Смирнов Э. А. Основы теории организации. Уч. пособие для вузов / Э. А. Смирнов. – М.: Аудит, ЮНИТИ. – 1998. – 375 с.

53. Смирнов Э. А. Теория организации. Уч. пособие. / Э. А. Смирнов. – М.: ИНФРА. – 2003. – 248 с.

54. Собко Б. Ю. Оцінка технологічних і організаційних рішень з ревіталізації техногенних ландшафтів / Б. Ю. Собко // Розробка родовищ корисних копалин. – 2017. – № 3. – С. 111–116.

55. Солнцева Н. М. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н. М. Солнцева, Н. П. Солнцева – М.: Изд-во МТУ, 1998. – 405 с.

56. Солнцева Н. П. Методика ландшафтно-геохимических исследований влияния техногенных потоков на среду / Н. П. Солнцева / Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. – М.: Наука. – 1981. – С. 41–77.

57. Стегенко Д. М. Державне регулювання економіки: навчальний посібник / Д. М. Стегенко. – К.: Знання, 2006. – 262 с.

58. Таусон Л. В. Геохимические поля Быстринского рудного узла / Л. В. Таусон, В. И. Баумштейн, Л. Д. Зорина // Геология рудных месторождений. – 1985. – № 5. – С. 34–44.

59. Таусон Л. В. Геохимические поля рудно-магматических систем / Л. В. Таусон, Г. М. Гундобин, Л. Д. Зорина. – Новосибирск: Наука, 1987. – 202 с.

60. Таусон Л. В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов / Л. В. Таусон. – М.: Наука, 1977. – 280 с.

61. Таусон Л. В. Теория геохимических полей концентрирования и геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / Л. В. Таусон // Проблемы прикладной геохимии. – Но-

восток: Наука. – 1983. – С. 5–18.

62. Технологии обеспечения экологической и техногенной безопасности горнодобывающих регионов при ликвидации угледобывающих предприятий Украины: монография / В. И. Бузило, С. С. Гребенкин, В. Н. Ермаков и др. // Под общ. ред. В. И. Бузило и С. С. Гребенкина. – Д.: Литограф, 2013. – 348 с.

63. Трофимов В. Т. Геологическая среда. Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии. 280 основных терминов / В. Т. Трофимов, В. А. Королёв, М. А. Харьковина и др. // под ред. В. Т. Трофимова. – М.: ОАО “Геомаркетинг”, 2012. – 320 с.

64. Трофимов В. Т., Королев В.А., Герасимова А. С. Классификация техногенных воздействий на геологическую среду / В. Т. Трофимов, В. А. Королев, А. С. Герасимова // Геоэкология. – 1995. – № 6. – С. 28–46.

65. Трубецкой К. Н. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества / К. Н. Трубецкой, Ю. П. Галченко, Л. И. Бурцев – М.: Научтехлитиздат, 2003. – 261 с.

66. Уманец В. Н. Группировка техногенных месторождений по сложности их разведки / В. Н. Уманец, А. В. Когут // Разведка и охрана недр. – 1990. – № 10. – С. 34–38.

67. Ферсман А. Е. Геохимия, Изд. 2-е. / А. Е. Ферсман. – Л.: Госхимтехиздат, 1934. – 324 с.

68. Хаин В. Е. Цикличность геодинамических процессов: её возможная природа / В. Е. Хаин, Э. Н. Халилов / Москва, Научный мир. – 2009. – 520 с.

69. Чернобыльская катастрофа / НАН Украины; Гл. ред. Барьяхтар В. Г. – К.: Наук. думка, 1995. – 197 с.

70. Чепижко А. В. Исследование причин активизации карстовых процессов в мело-мергельных породах маастрихта северо-западного Донбасса / А. В. Чепижко, В. И. Мохонько, А. В. Суворин // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – № 2 (32). – 2006. – С. 17–22.

71. Чепижко А. В. Эколого-геологические проблемы техногенных карстовых процессов в северо-западном Донбассе / А. В. Чепижко, В. И. Мохонько // 36-к наукових праць Національного гірничого університету, Дніпропетровськ: РВК Нац. гірнич. універ. – 2005. – № 23. – С. 196–203.

72. Чепіжко О. В. Методологічні основи розвитку еколого-геологічних напрямків у геології / О. В. Чепіжко // Мінерал. збірник.

– 2005. – № 55. – Вип. 1–2. – С. 194–200.

73. Чепижко А. В. Мониторинг геологического объекта как инструмент решения экологических проблем Украинского побережья Черного моря // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. – К., 2001. – № 2-3. – С. 3–8.

74. Чепіжко О. В. Формування ефективного управління техно-геологічних систем у надрокористуванні: реальність і перспективи / О. В. Чепіжко, В. М. Кадурін, С. В. Кадурін // *Мінеральні ресурси України*, 2017. – № 1-2. – С. 11–16.

75. Чепіжко О. В. Становлення техно-геологічних систем в управлінні раціонального природокористування / О. В. Чепіжко, В. М. Кадурін, Л. М. Шатохіна // *Вісник Одеського нац. ун-ту – Географія і геологія*, 2010. – т. 15, вип. 10. – С. 193–202.

76. Шатский Н. С. О геологических формациях / Н. С. Шатский // *Избр. труды*. – М.: Наука, 1965. – Т. 3. – С. 7–12.

77. Шафоростова М. М. Підвищення ефективності державного управління надрокористуванням у вугільній галузі / М. М. Шафоростова // *Проблеми екології*. – Донецьк: ДонНТУ, Вип. 1–2. – 2008. – С. 31–35.

78. Шафоростова М. М. Підвищення ефективності державного управління надрокористуванням у вугільній галузі / М. М. Шафоростова // *Проблеми екології* / Донецьк: ДонНТУ, 2008. – вип. 1–2, – С. 31–35.

79. Щербаков В. В. Экспресс-метод расчета минимально допустимых запасов месторождений, целесообразных к освоению. // *Мінеральні ресурси Росії*. – 1996. – № 1. – С.30-35.

80. Эколого-геологические последствия массового затопления ликвидированных угольных шахт Восточного Донбасса / М. В. Кочетков, Г. Н. Кашковский, И. И. Логвинов, Б. И. Журбицкий // *Разведка и охрана недр*. – 2001. – № 5. – С. 33–38.

81. Юшкин Н. П. Теория и методы минералогии (избранные проблемы) / Н. П. Юшкин – Л.: Наука, 1977. – 291 с.

82. Яковлев Є. О. Критичні зміни екологічного стану надр Донбасу / Є. О. Яковлев // *Мінеральні ресурси України*. –2017. – № 3 – С. 34–39.

169. David I. Cleland Global project management handbook / I. Cleland David, Gareis Roland // *McGraw-Hill Professional*. – 2006. – P. 1–4.

170. Emmons W. H. The principles of economic geology. Issue 2 // W. H. Emmons / McGraw-Hill Book Company, New York – London, 1940. - 529 crp.

171. Goldschmidt V. M. Geologisch-petrographische Studien im Hochgebirge des südlichen Norwegens // Skrift. Norsk. Vid. Akad. Math.-Naturvid. Kl., 1916. – № 2. – S. 1–140 p.

172. Gorova A. Ecological problems of post-industrial mining areas / A. Gorova, A. Pavlychenko, S. Kulyna // Geomechanical processes during underground mining. Leiden, The Netherlands: CRC Press / Balkema, 2012. – P. 35–40.

173. Korolev V. A. Noogenez i usloviya deystviya zakonov inzhenernoy geologii [Noogenesis and Action Conditions of the Engineering Geology Laws]. *Teoreticheskie problemy inzhenernoy geologii: Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Theoretical Problems of Engineering Geology: Proceedings of the International Scientific Conference]. Moscow, MGU Publ., 1999, pp. 147–148.

174. Korolev V. A. Ob osnovnykh polozheniyakh teorii noogeneza i zadachakh geologii noosfery (noogeologii) [On the Fundamentals of Noogenesis Theory and Objectives of the Geology of Noosphere (Noogeology)]. *Teoreticheskie problemy inzhenernoy geologii: trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Theoretical Problems of Engineering Geology. Proceedings of the International Scientific Conference]. Moscow, MGU Publ., 1999, pp. 145–146.

175. Korolev V. A. Perspektivy razvitiya inzhenernoy geologii i ee transformatsii v geologiyu noosfery [Prospects for the Development of Engineering Geology and its Transformation into the Geology of the Noosphere]. *Inzhenernaya geologiya segodnya i zavtra: Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Engineering Geology Today and Tomorrow. Proceedings of the International Scientific Conference]. Moscow, MGU Publ., 1996, pp. 60–71.

176. Lindgren, W. Mineral Deposits / W. Lindgren // McGraw-Hill, New York. – 1933. – P. 930.

177. 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.

178. Pohl, W.L. Economic Geology, Principles and Practice: Metals, Minerals, Coal and Hydrocarbons – an Introduction to Formation and

Sustainable Exploitation of Mineral Deposits. / Wiley-Blackwell, Oxford. 2011. – 663 p.

179. Ted Munn. Global Environmental Monitoring Systems (GEMS): Action Plan for Phase I – SCOPE (Chichester) (Vol. 3) / Munn Robert Edward // ICSU-SCOPE. –1973. – P. 130.

180. Trofimov V. T. Geologicheskaya sreda / Geological Environment / Trofimov V. T., Korolev V. A., Khar'kina M. A. etc. / Editor Trofimov V.T. Bazovye ponyatiya inzhenernoy geologii i ekologicheskoy geologii. 280 osnovnykh terminov // Basic Concepts of Engineering Geology and Ecological Geology. 280 Key Terms. – Moscow, Geomarketing Publ. – 2012. – 320 p.

181. Winston W. Royce «Managing the Development of Large Software Systems» in: In: Technical Papers of Western Electronic Show and Convention (WesCon) – August 25-28, 1970, Los Angeles, USA. – P. 44–52.

182. Winston W. Royce Managing the Development of Large Software Systems/W. Royce Winston / Winston W. // Technical Papers of Western Electronic Show and Convention (WesCon). – August 25–28, 1970. – Los Angeles, USA. – P. 33–40.

Список умовних скорочень

- АЕС – атомні електростанції
АІС – автоматизовані інформаційні системи
ВЧР – верхньої частини геологічного розрізу
ГС – геологічне середовище
ГІТ – геоінформаційні технології
ДДТ – дихлордифенілтрихлорметилметан – інсектицид
ДІВ – джерела іонізуючого випромінювання
ГЕО – геолого-економічна оцінка
ГХП – геохімічне поле
ГПР – геохімічні поля розсіювання
ГПК – геохімічні поля концентрування
ГПВ – геохімічні поля виносу
ГРР – геолого-розвідувальні роботи
ДЕСТ – Державні стандарти
ДКЗ – Державна комісія по запасах корисних копалин України
ДСТУ – Державні стандарти України
КК – коефіцієнт концентрації
МСК – міжобласні спеціалізовані комбінати
РАВ – радіоактивні відходи
РКК – родовищ корисних копалин
ТЕД – техніко-економічна доповідь
ТЕМ – техніко-економічне міркування
ТЕО – техніко-економічне обґрунтування
ТЕС – теплоелектростанція
ТГС – техногенно-геологічна система
ТКЗ – територіальна комісія по запасах
ТМУ – техногенні мінеральні утворення
ТПВ – тверді промислові відходи
ТПБВ – тверді побутові відходи
ТУ – технічні умови
ЧДД – чистий дисконтований дохід
ЧПВ – чиста приведена вартість

Навчальне видання

Чепіжко Олександр Валентинович
Кадурін Володимир Миколайович
Кадурін Сергій Володимирович

ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ І УПРАВЛІННЯ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

ПІДРУЧНИК

Комп'ютерне верстання – О. І. Карлічук

Підп. до друку 05.08.2019. Формат 60×84/16.
Умовн. друк. арк. 18,83. Тираж 100. Зам. № 1950.

Видавець і виготовлювач

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.
Україна, 65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12
Тел. (048) 723-28-39. E-mail: druk@onu.edu.ua