

*С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук,
М.М. Курило, Є.О. Яковлев, М.Л. Миронцов,
Є.С. Анпілова, І.В. Віршило, С.К. Кошарна,
О.М. Сухіна, Я.О. Малькова*

ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ У МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ



**ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ
У МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ
В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

**PRINCIPLES OF ENVIRONMENTAL POLICY FORMATION
IN THE MINERAL COMPLEX OF UKRAINE
IN MODERN CONDITIONS**

**Institute of Telecommunications and Global Information Space of the
National Academy of Sciences of Ukraine**

**S.O. Dovgyi, M.N. Korzhnev, O.M. Trofymchuk, M.M. Kurylo,
Ye.O. Yakovliev, M.L. Myrontsov, Ye.S. Anpilova, I.V. Virshylo,
S.K. Kosharna, E.N. Sukhina, Ya.O. Malkova**

**PRINCIPLES OF ENVIRONMENTAL POLICY
FORMATION IN THE MINERAL COMPLEX
OF UKRAINE IN MODERN CONDITIONS**

Kyiv
Nika-Center
2022

**Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору НАН України**

**С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, М.М. Курило,
Є.О. Яковлев, М.Л. Миронцов, Є.С. Анпілова, І.В. Віршило,
С.К. Кошарна, О.М. Сухіна, Я.О. Малькова**

**ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ
ПОЛІТИКИ У МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОМУ
КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ
В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

Київ
Ніка-Центр
2022

УДК 55; 504; 574
3-36

Автори:

С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, М.М. Курило,
Є.О. Яковлев, М.Л. Миронцов, Є.С. Анпілова, І.В. Віршило,
С.К. Кошарна, О.М. Сухіна, Я.О. Малькова.

Рецензенти:

Д-р геол.-мін. наук, професор В.І. Павлишин
Д-р геол. наук, ст. наук. співр. В.В. Покалюк

Науковий редактор: д-р геол.-мін. наук, професор М.М. Коржнев

*Рекомендовано до друку вченою радою Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору НАН України
(протокол № 17 від 02 грудня 2021 року)*

Засади формування екологічної політики у мінерально-сировинному комплексі України в сучасних умовах / С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, М.М. Курило, Є.О. Яковлев, М.Л. Миронцов, Є.С. Анпілова, І.В. Віршило, С.К. Кошарна, О.М. Сухіна, Я.О. Малькова ; наук. ред. М.М. Коржнев ; НАН України ; Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – Київ : Ніка-Центр, 2022. – 200 с.

ISBN 978-966-7067-47-2

У монографії розглянуто планування розвитку мінерально-сировинного комплексу України в сучасних умовах, формування у ньому екологічної політики та визначені кроки з розробки концепції й стратегії екологічної безпеки в екологічній сфері. Визначені принципи, цілі й складові екологічної політики, а саме: ресурсну, екологізацію гірничодобувного виробництва, організацію моніторингу стану довкілля, планування розвитку територій пост-майнінгу, інноваційні підходи і технічні рішення у досягненні задовільного стану довкілля у старих гірничодобувних районах та інформаційне забезпечення екологічної сфери у МСК.

УДК 55; 504; 574

© С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук,
М.М. Курило, Є.О. Яковлев, М.Л. Миронцов,
Є.С. Анпілова, В. Віршило, С.К. Кошарна,
О.М. Сухіна, Я.О. Малькова, 2022

© Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України, 2022

ISBN 978-966-7067-47-2

Principles of Environmental Policy Formation in the Mineral Complex of Ukraine in Modern Conditions / S.O. Dovgyi, M.N. Korzhnev, O.M. Trofymchuk, M.M. Kurylo, Ye.O. Yakovliev, M.L. Myrontsov, Ye.S. Anpilova, I.V. Virshylo, S.K. Kosharna, E.N. Sukhina, Ya.O. Malkova ; scientific editor M.N. Korzhnev ; Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine. – Kyiv : Nika-Center, 2022. – 200 pp.

ISBN 978-966-7067-47-2

The monograph considers the planning of the development of the mineral complex of Ukraine in modern conditions, the formation of environmental policy and identifies steps to develop a concept and strategy for environmental safety in the environmental sphere. The principles, goals and components of environmental policy are defined, namely: resource, greening of mining production, organization of environmental monitoring, planning of post-mining areas, innovative approaches and technical solutions to achieve a satisfactory state of the environment in old mining areas and environmental information MSC.

© S.O. Dovgyi, M.N. Korzhnev, O.M. Trofymchuk,
M.M. Kurylo, Ye.O. Yakovliev, M.L. Myrontsov,
Ye.S. Anpilova, I.V. Virshylo, S.K. Kosharna,
E.N. Sukhina, Ya.O. Malkova, 2022
© Institute of Telecommunications and Global
Information Space of the National Academy of
Sciences of Ukraine, 2022

Зміст

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП (С.О. Довгий, О.М. Трофимчук, М.М. Коржнев).....	9
Глава 1. РОЗВИТОК УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	11
1.1. Підходи до розробки стратегії (М.М. Коржнев).....	11
1.2. Стратегічне планування розвитку енергетичної сфери (М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук).....	21
1.3. Планування розвитку МСК України (М.М. Коржнев, М.М. Курило, Є.О. Яковлев).....	32
Глава 2. ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ.....	37
2.1. Принципи і цілі (О.М. Трофимчук, М.М. Коржнев).....	37
2.2. Ресурсне забезпечення «зеленої» енергетики і високотехнологічних галузей (М.М. Курило, І.В. Віршило, С.К. Кошарна).....	41
2.3. Фінансово-економічний механізм екологізації гірничодобувного виробництва (О.М. Сухіна).....	90
2.4. Організація моніторингу стану довкілля (М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, Є.О. Яковлев).....	111
2.5. Планування розвитку територій пост-майнінгу (М.М. Коржнев, Є.О. Яковлев, М.М. Курило, Є.С. Аннілова, С.К. Кошарна, Я.О. Малькова).....	114
2.6. Інформаційне забезпечення екологічної сфери у МСК (Є.О. Яковлев, Є.С. Аннілова).....	143
2.7. Інформаційні технології геофізичного дослідження свердловин (М.Л. Миронцов).....	151
Глава 3. РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В МСК (О.М. Трофимчук, М.М. Коржнев, Є.О. Яковлев, Є.С. Аннілова).....	162
ВИСНОВКИ (усі співавтори).....	169
ЛІТЕРАТУРА.....	183

Content

LIST OF ABBREVIATIONS AND TERMS	8
INTRODUCTION (<i>S.O. Dovgyi, O.M. Trofymchuk, M.N. Korzhnev</i>)	9
Chapter 1. DEVELOPMENT OF UKRAINE IN MODERN CONDITIONS	11
1.1. Approaches to strategy development (<i>M.N. Korzhnev</i>)	11
1.2. Strategic planning of energy development (<i>M.N. Korzhnev, O.M. Trofymchuk</i>)	21
1.3. Mineral complex of Ukraine development planning (<i>M.N. Korzhnev, M.M. Kurylo, Ye.O. Yakovliev</i>)	32
Chapter 2. ENVIRONMENTAL POLICY FORMATION.....	37
2.1. Principles and goals (<i>O.M. Trofymchuk, M.N. Korzhnev</i>) ...	37
2.2. Resource supply of "green" energy and high-tech industries (<i>M.M. Kurylo, I.V. Virshylo, S.K. Kosharna</i>)	41
2.3. Financial and economic mechanism of mining production greening (<i>E.N. Sukhina</i>)	90
2.4. Organization of environmental monitoring (<i>M.N. Korzhnev, O.M. Trofymchuk, Ye.O. Yakovliev</i>)	111
2.5. Post-mining development planning (<i>M.N. Korzhnev,</i> <i>Ye.O. Yakovliev, M.M. Kurylo, Ye.S. Anpilova, S.K. Kosharna,</i> <i>Ya.O. Malkova</i>)	114
2.6. Information support of the mineral complex ecological sphere (<i>Ye.O. Yakovliev, Ye.S. Anpilova</i>)	143
2.7. Information technologies of geophysical research of wells (<i>M.L. Myrontsov</i>)	151
Chapter 3. DEVELOPMENT OF MINERAL COMPLEX ENVIRONMENTAL SAFETY STRATEGY (<i>O.M. Trofymchuk, M.N. Korzhnev, Ye.O. Yakovliev,</i> <i>Ye.S. Anpilova</i>)	162
CONCLUSIONS (<i>all co-authors</i>)	169
REFERENSEC	183

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

БЖД – безпека життєдіяльності
ВВП – валовий внутрішній продукт
ВДЕ – відновлювані джерела енергії
ГДР – гірничодобувний район
ГЕО – геолого-економічна оцінка
ГІС – геоінформаційні системи
ГРП – гідравлічний розрив пласта
ГРР – геологорозвідувальні роботи
ГС – геологічне середовище
ДЗЗ – дистанційне зондування Землі
ДДз – Дніпровсько-Донецька западина
ДНВП – державне науково-виробниче підприємство
ДСНС – Державна служба надзвичайних ситуацій
ЕГВ – екологізація гірничодобувного виробництва
ЗАВ – зона активного водообміну
ЗУВ – зона уповільнення водообміну
ІТГПІ – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
МСБ – мінерально-сировинна база
МСК – мінерально-сировинний комплекс
НЕГП – небезпечні екзогенні геологічні процеси
НС – навколишнє середовище
ОКІ – об'єкти критичної інфраструктури
ОПН – об'єктів підвищеної небезпеки
ПДМ – постійно діюча модель
ПНО – потенційно-небезпечні об'єкти
ПТГС – природно-техногенна геосистема
СЕС – сонячна електростанція
СПГ – скраплений природний газ
ТГС – техногенно-геологічна система
ТГФС – техногенна геофільтраційна система
ТКС – території критичного стану інженерної інфраструктури

ВСТУП

Ми живемо в епоху коли людська цивілізація почала досягати меж свого зростання. Продовжується інвазія біологічного виду *Homo Sapiens* з витисненням і знищенням інших біологічних видів і катастрофічним порушення балансу біосфери. Нас вже більше ніж 7 мільярдів, і на всіх не вистачає головних природних ресурсів, що забезпечують життя, таких як питна вода і придатні для сільськогосподарської діяльності землі. Використання викопного палива і забруднення повітря промисловістю парниковими газами порушують природні цикли кліматичних змін і вносять свій вклад у глобальне потеплення з таненням льодовикових полярних шапок і підвищенням рівня світового океану. Наслідком цього вже у недалекому майбутньому буде масова поява так званих «кліматичних біженців» із затоплених густо населених прибережних областей. За таких умов йде боротьба держав лідерів сучасного світу за території і ресурси, як основні ресурси забезпечуючи життя, так і ресурси необхідні для розвитку промисловості, військової і високотехнологічної сфер. Як спроба уповільнити негативні зміни клімату є плани більшості розвинутих країн відмови від використання викопного палива і переходу на відновлювані джерела енергії. Це являється загрозою занепаду для деяких сировинних країн таких як Росія, переважна більшість доходів до бюджету якої складають доходи від експорту газу в країни ЄС і яка використовує його поставки як політичну зброю.

Ситуація ускладнюється пандемією Covid-19, під час якої в країнах світу повсюди спостерігається падіння промислового виробництва. Після пандемії очікується різке його зростання, яке буде потребувати природних ресурсів, насамперед мінерально-сировинних, с видобутком і переробкою яких пов'язані основні екологічні проблеми.

Всі ці проблеми і боротьба США, Китаю і Росії за свої геополітичні інтереси утримують сучасний світ в умовах нестабільності й несуть загрози третьої світової війни (яка через локальні гарячі конфлікти й у гібридній формі вже ведеться) і обумовлюють початок встановлення нового світового порядку на заміну того, що склався після другої світової війни.

Як вижити Україні за таких умов у світі, що швидко і кардинально змінюється – складне питання. Треба прораховувати у який бік направлені ці зміни і бачити у ньому свої роль і місце, виходячи з географічного положення країни та наявних ресурсів і можливостей. Для цього потрібна власна стратегія розвитку держави, спрямована на підвищення рівня життя і безпеки її населення, у якій значна частина повинна бути приділена використанню і збереженню природно-ресурсного потенціалу і екологічній складовій розвитку та сформульовані принципи, цілі і задачі формування екологічної політики у мінерально-сировинному комплексі.

Глава 1. РОЗВИТОК УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

1.1. Підходи до розробки стратегії

Підходи до розробки стратегії розвитку України мають базуватись на закономірностях досягнення високого рівня добробуту успішних країн. Останнє дослідження у цьому напрямку проведено в США в інституті Катона [112]. Дослідники проаналізували останні доступні вичерпні дані за 2018 рік по 162 країнах і склали їх рейтинг, за результатами якого вони були поділені на чотири групи – квартали (рис. 1.1). Аналізувалися показники у таких сферах: 1 – розмір уряду, 2 – правова система та майнові права, 3 – надійні гроші, 4 – свобода міжнародної торгівлі, 5 – регулювання, 5А – регулювання кредитного ринку, 5В – регулювання ринку праці, 5С – регулювання бізнесу. Україна у цьому рейтингу опинилась на 131 місці у верхній частині квартиля країн з найменшою економічною свободою.

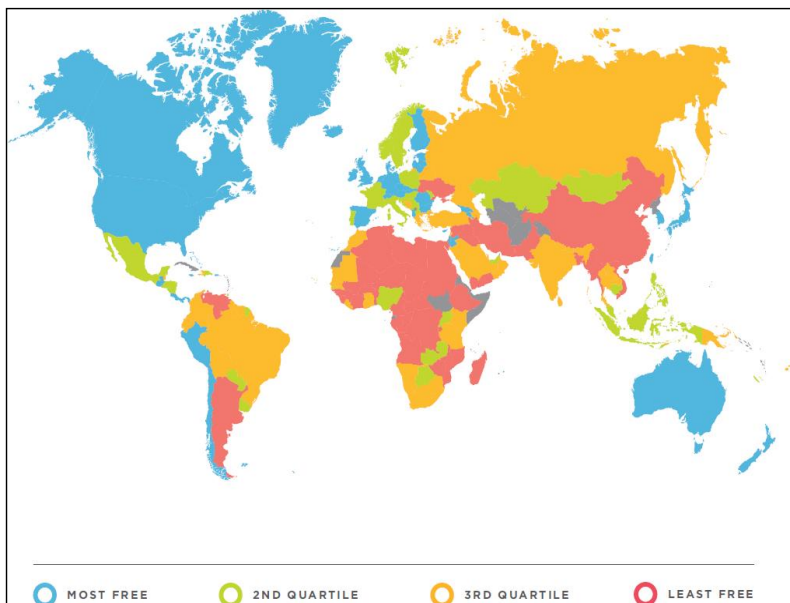


Рис. 1.1. Економічна свобода держав у 2018 році [112]

Країни з найвищим рейтингом. Гонконг залишається у верхньому положенні. Очевидна посилена незахищеність прав власності та ослаблення верховенства права, спричинене втручанням китайського уряду протягом 2019 та 2020 років. Сінгапур знову опинився на другому місці. Наступними країнами з найбільшим балом є Нова Зеландія, Швейцарія, США, Австралія, Маврикій, Грузія, Канада, та Ірландія.

Рейтинг інших великих країн: Японія (20), Німеччина (21), Італія (51 місце), Франція (58 місце), Мексика (68 місце), Росія (89 місце), Індія (105 місце), Бразилія (105 місце) та Китай (124-й).

Десять країн з найнижчим рейтингом: Центральньоафриканська Республіка, Демократична Республіка Конго, Зімбабве, Республіка Конго, Алжир, Іран, Ангола, Лівія, Судан і, нарешті, Венесуела.

Нації, які є економічно вільними, переважають невольні нації в показниках добробуту:

- Нації у верхньому квартилі економічної свободи мали середній показник доходу ВВП на душу населення в 2018 році 44 198 доларів США порівняно з 5 754 доларами для країн, що знаходяться на дні квартиля (рис. 1.2).
- У верхньому квартилі середній дохід найбідніших 10% становив \$ 12 293, порівняно з 1558 доларами в нижньому квартилі. Цікаво, що середній дохід найбідніших 10% у найбільш економічно вільних країнах вдвічі перевищує середній показник на душу населення дохід у найменш вільних країнах.
- У верхньому квартилі 1,8% населення переживає крайню бідність (1,90 дол. США на день) порівняно з 27,2% у найнижчому квартилі (показник 1,11).
- Очікувана тривалість життя у верхньому квартилі становить 80,3 року порівняно з 65,6 року в нижньому квартилі.

Економічна свобода держав продовжує зростати. У період з 2000 по 2018 рік середній рейтинг економічної свободи у 123 країнах перших 3-х квартилів зріс від 6,63 до 6,98.

Дослідники на основі аналізу статистичних даних також дійшли до таких висновків:

- Країни з більшою економічною свободою мають значно вищий показник доходу на душу населення.

- Очікувана тривалість життя в країнах з найбільшою економічною свободою більше ніж на 14 років, ніж у країнах з найменшою економікою.
- Рівень дитячої смертності майже у вісім разів вищий у країнах із найнижчого квартиля економічної свободи порівняно з країнами із найвищого квартиля.
- Частка доходу, заробленого найбіднішими 10% населення, не пов'язана з рівнем економічної свободи.
- Сума доходу, на відміну від частки, заробленої найбіднішими 10% населення, набагато вищий у країнах з вищою економічною свободою.
- Рівень бідності нижчий у країнах з більшою економічною свободою.
- Чоловіки та жінки, як правило, мають однакові тарифи оплати праці в країнах з більшою економічною свободою

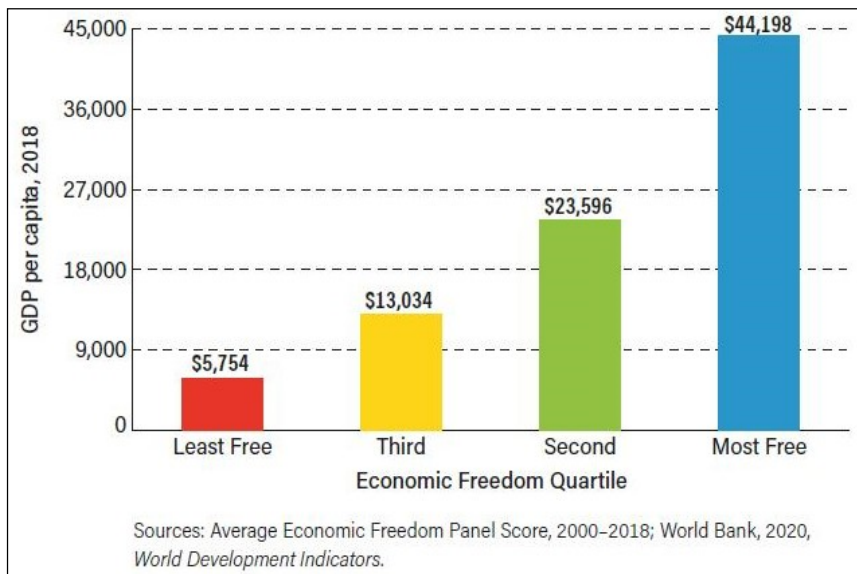


Рис. 1.2. Середній дохід ВВП на душу населення в 2018 році за квартилями економічної свободи [112]

Можна зробити загальний висновок із вищенаведеного дослідження, що *недемократичні держави з низькими ступенем економічної і політичної свободи, у яких немає верховенства права, не можуть у своєму розвитку досягти рівня добробуту розвинених країн.*

Важливо відмітити, що існує ще важливі фактори, які суттєво стримують розвиток держави. Перший – це «розмір держави» (відсоток ВВП, що йде на утримання апарату чиновників) [29]. Зі слів А. Ілларіонова, наприклад, у сучасний період він складає а Україні 46%. Другий – це непропорціональне великий розмір податків, який при відсутності верховенства права і корумпованій судової системи не може забезпечити залучення інвестицій в економіку внаслідок зростання ризиків для інвесторів.

Не все так добре з відкритою ліберальною економікою розвинених країн, що забезпечує їх добробут [88]. Нещодавно, у зв'язку з величезною емісією долара і євро на фінансових ринках США і Євросоюзу – близько 10 трильйонів нових цих грошей випущено тільки в 2020 році. Все більш запеклими стає сутичка так званих «виробничників» з так званими «фінансистами» – представників двох найпотужніших груп світового капіталу. «Фінансисти» почали отримувати більше 50% всіх доходів тільки на фінансових спекулятивних операціях. Створилася система, де «гроші роблять гроші», а будь-яке виробництво набагато менш прибуткове, ніж спекуляції на біржах. Якщо неміряні вільні кошти від шаленій емісії долара і євро, акумульовані у банківському секторі, направити в потрібний момент на скупку акцій виробничих компаній, «фінансисти» в один момент стають господарями контрольних пакетів у тих самих фірм «виробничників». Вже створюються концепції «Чудового нового світу», де людина, що працює, буде зайвою, оскільки виробництва стануть наповнені роботами, і продуктивність їх праці в автоматизованому цеху підніметься вище, ніж у працівників, які стануть не потрібні і будуть отримувати тільки «безумовний базовий дохід», щоб не вмерти з голоду і підтримувати продажу товарів від виробничих підприємств. Тут уже не йде мова про високий рівень добробуту значної частини населення.

Почалося відкрите зближення фінансистів-глобалістів на платформі Давоського форуму, де збираються рік від року

найбагатші люди світу, щоб вирішувати свої проблеми. Засновника цього Форуму Клауса Шваба керівництво Міжнародного валютного фонду (МВФ) запросило для вироблення ідеології нових економічних і соціально-політичних взаємовідносин у зв'язку з пандемією. Внаслідок чого з'явилася книга під назвою «Covid-19: The Great Reset» – «Covid-19: Велике перезавантаження» [142], яку можна назвати маніфестом глобалістів. Наведемо цитати із неї, підібрані С. Филатовим [88]:

- «Багато хто запитує: "Коли ми, нарешті, зможемо повернутися до нормального життя?" Якщо коротко: "Ніколи!"».

- «Формується "нова нормальність", радикально відмінна від тієї, яку ми потроху залишимо позаду. Багато наших переконань і припущень, як може або повинен виглядати світ, зруйнуються».

- «Проблема десинхронізації між двома групами (тими, хто приймає рішення, і громадськістю), чий горизонт сильно різняться, стоїть гостро, і впоратися з нею в розрізі пандемії буде непросто. Стрімкість шоку і глибина заподіяного болю непорівнянна з політичною стороною питання».

- «На мікрорівні, в окремих галузях і компаніях, "Велике перезавантаження" спричинить за собою складну систему змін і коригувань. Зіткнувшись з цим, деякі лідери галузей і керівники будуть намагатися зупинити це перезавантаження, розраховуючи повернутися до старих норм і відновити те, що колись працювало: традиції, усталені процедури і звичні способи ведення справ. Коротше кажучи, до звичайної реальності. Цього не станеться, тому що цього вже не може бути».

- «Ми повинні негайно запустити "Велике перезавантаження". Це – нагальна потреба. Нездатність поборотися з глибоко вкоріненими хворобами наших суспільств і економік зміцнить ризик того, що рецидив хвороби спричинить за собою сильні потрясіння, конфлікти і навіть революції. Наш обов'язок – почати діяти. Пандемія дає нам цей шанс: це – вузьке "вікно можливостей" для роздумів, рішень і перезавантаження нашого світу».

- «Якщо демократія і глобалізація будуть розширюватися, то національній державі місця не залишиться».

Останній висновок з книги Шваба – головна теза в цьому «Маніфесті глобалістів». С. Филатов вважає, що це, фактично, проголо-

шення ідеї створення світового уряду і розуміння «демократії» як засобу глобалізації під єдиним керівництвом глобалістів.

На нашу думку, єдине, що буде перепоною реалізації цих ідей, це наявність у сучасному світі не тільки західної, а і східної цивілізації, найбільш успішним представником якої є Китай з другою в світі економікою, що в недалекому майбутньому обіцяє стати першою, і технологіями, що швидко розвиваються. Саме Китай заважає лідеру західного світу реалізувати свої геополітичні амбіції. Скоріше за все, деякий час після пандемії світ буде багатополярним, а у перспективі стане двохполярним з об'єднанням навколо двох найбільш впливових держав західної і східної цивілізації. Що буде з великою за площею багатою на природні ресурси агресивною з ядерною зброєю і сировинною економікою Росією, розвиток якої суттєво стримується недемократичним тоталітарним управлінням і технологічним відставанням від країн заходу, невідомо. У не такій далекій перспективі вона, під зовнішнім тиском і тиском власного збіднюючого населення, може перетворитися на нормальну більш менш демократичну державу, стати «сировинним придатком» Китаю або розпастися на декілька держав з різною орієнтацією (західною, чи східною). У сучасний період йде перетягування Росії «колективним заходом» і Китаєм на свій бік і боротьба за ринки збуту, від чого залежить геополітична конфігурація майбутнього світу.

Як вижити Україні та яку стратегію розвитку їй вибрати у цьому світі, що буде кардинальне змінюватися після пандемії Covid-19? Країни заходу, які добре знають про родючі сільськогосподарські землі України, бачать її як велику аграрну країну, у якій працюють переважно великі холдинги і забезпечують їх зерном, біопаливом, соняшниковою олією і так далі. У такому варіанті розвитку більша частина населення країни стає зайвою, а потрібна у виробництві його частина не обов'язкове має бути освіченою. Зайві дешеві людські ресурси використовуються і поступове асимілюються країнами заходу. Фактично такий варіант вже реалізовується – українці масове йдуть працювати до західних країн, де нерідко залишаються, а відновлення високотехнологічних галузей виробництва не схвалюється заходом.

За тридцятиріччя незалежності України і тривалий попередній історичний період у частини її населення в умовах суттєвих

обмежень прав і свобод сформувалось поняття, що дійсно успішним і багатим можна стати тільки потрапивши до державних владних структур, у яких поступово сформувався прошарок чиновників, що використовують своє положення себе на користь і власне збагачення. Це в кінцевому рахунку визначало якісний склад, корумпованість і низьку ефективність таких структур. У результаті наша країна «...пожинає гіркі плоди попереднього розвитку, який призвів до формування олігархічної суспільної системи, що паразитувала на радянському спадку, імітувала ринкові й демократичні процедури та інститути, поляризувала українське суспільство, гальмувала розвиток середнього класу, деформувала політичну культуру, створила залежну й безініціативну зовнішню політику, підірвала потенціал збройних сил...» [46]. В державі досить не була сформована стратегія розвитку – не зрозуміло, які цілі ми ставимо, куди рухаймося і що будуємо.

Майже усі роки незалежності Україна знаходилася на роздоріжжі стратегічних рішень. Серед програм і заяв політичних сил можна було знайти весь спектр варіантів розвитку: від повністю незалежного до орієнтованих на вступ в ЄС або приєднання до Росії. Така ситуація невизначеності і постійної збудженості суспільства в нашій державі була вигідна окремим кланове-олігархічним угрупованням, які ще не завершили переділ колишньої народної власності і не отримали для цього певних важелів влади. Ще у 2006 році нами оцінювалися три крайніх варіанта розвитку України та їх позитивні й негативні наслідки [35]: 1 – з орієнтацією на Росію, 2 – з орієнтацією на ЄС, 3 – незалежний.

Перевага віддавалася незалежному розвитку. Цей шлях розвитку фактично мала на увазі Декларація про незалежність України, де мова йшла про самостійну незалежну позаблокову державу. Умови для нього були на початку 90-х років після отримання незалежності. Але майже неконтрольована стихійна приватизація, переважання приватних і кланових інтересів над державними на всіх рівнях і гілках влади, інерція розвитку промислових та аграрних секторів економіки внаслідок аномального високого використання ресурсів, корупція, великі масштаби тіньової економіки, відсутність твердої, цілеспрямованої політичної влади, політичної структуризації суспільства, його консолідації навколо певної ідеї чи стратегії розвитку та багато інших причин такого роду різко зменшували

шанси на реалізацію цього варіанту. Тому основні політичні сили в Україні віддавали перевагу двом протилежної направленості варіантам розвитку – орієнтації на Росію та орієнтації на ЄС.

Загрозу незалежному шляху розвитку несли внутрішньополітична нестабільність та кардинальні розбіжності між основними політичними силами країни. Ці сили намагалися отримати зовнішню підтримку великих держав (США або Росії), між якими велася напружена боротьба за геополітичний простір й інтереси яких дуже різнилися. В цій боротьбі вставати на один бік було небезпечно. Це могло спровокувати іншу державу на більш агресивні дії. Завжди треба було пам'ятати, що навіть якщо війська однієї великої держави під тим чи іншим приводом будуть введені на територію України, інша велика держава не почне третю світову війну тому, що зараз всім зрозуміло, що це шлях самознищення людства. Скоріше після цього між великими державами буде домовленість про перерозподіл зон впливу. Але такий перерозподіл зон впливу був можливий і після закінчення світової економічної кризи 2008 року.

В дійсності, крім накреслених варіантів могли бути реалізовані й проміжні, що представляли собою різновиди відносно незалежного розвитку, але з більшою чи меншою орієнтацією на Росію або ЄС.

Орієнтуватись на Росію, намагаючись зберегти самостійність в економічному і політичному відношенні, було важко. Була велика ймовірність того, що раніше чи пізніше ми будемо у повній економічній (й, як наслідок, політичній) залежності від РФ.

Варіант західної орієнтації України без намагання терміново вступити до ЄС, але з попереднім вступом в геополітичний блок НАТО, давав більше можливостей для самостійного розвитку країни. Орієнтація на ЄС зовсім не означала втрати незалежності, а «дах» НАТО міг гарантувати безпеку і послабити економічний і політичний тиск Росії. Але, треба було враховувати при цьому велику протидію Росії, від якої країни ЄС находилися у енергетичній залежності.

Враховуючи те, що вибір варіанту розвитку з орієнтацією тільки на ЄС або тільки на Росію реально міг різко загострити внутріполітичну ситуацію в країні. Тому, на наш погляд, був більш доцільним розвиток України як незалежної позаблокової держави

без постійних декларацій приєднатися до якогось військово-політичного блоку.

Минуло 15 років. У сучасний період ми вже маємо анексований Крим, збройний конфлікт на сході України з агресією Росії і тисячами загиблих, глибокі економічну й екологічну кризи з порушенням балансу біосфери та найбільш у Європі країну. «Вікно можливостей» у виборі моделі розвитку різко звузилося. У ЄС нас, як і раніше, ніхто не бачить, до вступу в НАТО воюючій країні теж далеко. Залишається тільки бути об'єктом (інструментом) у геополітичній боротьбі великих держав заходу і сходу. Але вибір руху до західної цивілізації вже зроблений. У цьому русі ми розраховуємо на допомогу США, які не будуть воювати на нашому боці, хоча і розуміють, що поразка України зруйнує систему колективної безпеки західних країн в Європі. Але, і за таких умов, треба мати власну стратегію розвитку і цілі, до яких наполегливо рухатись.

Система колективної безпеки заходу зараз змінюється. США, Великобританія і Австралія утворили військово-політичний блок щоб вирівняти військово-політичний баланс у південно-східній Азії, у зв'язку з чим виникли проблеми у взаємовідносинах між США і Францією. Були проблеми між США і Німеччиною із-за «Північного потоку – 2». Країни ЄС більше хочуть не враждувати, а торгувати з Росією. За таких умов, якщо США і ЄС у протистоянні з Китаєм вдасться перетягнути Росію на свій бік, може виникнути ситуація, коли Україні треба буде пристосовуватися до нових реалій.

Україна має досить добру Конституцію [31], у якій закріплені основні положення Декларації про державний суверенітет [17]. На її основі має бути розроблений «каркас» стратегії розвитку держави. Попередньо, якщо Україна є правовою державою (ст. 1), її конституція має найвищу юридичну силу, норми якої є нормами прямої дії (ст. 8), а чинні міжнародні договори частиною національного законодавства (ст. 9), треба закони та інші нормативно-правові акти привести у відповідність до цих положень. Потім взяти й прописати шляхи і заходи реалізації кожної із основних статей Конституції не змінюючи їх сутності. Безумовно, і сама Конституція може змінюватися и удосконалюватися, але ці зміни мають бути спрямовані на укріплення державних інституцій, досягнення балансу гілок влади і унеможливлення узурпації влади

окремими інституціями, угрупованнями чи особистостями та проходить у конституційний спосіб.

На нашу думку, основними положеннями, покладеними в основу стратегії розвитку України, мають бути такі:

1. Формування єдиної політичної нації з рівними правами і свободами всіх етнічних груп, засудженням ідеологій нацизму, расизму, сталінізму та проявів радикалізму в політичній боротьбі.
2. Пріоритетний розвиток культури, науки, систем освіти і охорони здоров'я, спрямованих на людину.
3. Орієнтація на цінності західних демократичних держав з високим ступенем економічної і політичної свободи, у яких панує верховенство права.
4. Створення системи з максимальною відкритістю і прозорістю влади з орієнтацією на цифрові технології й «штучний інтелект» у державному управлінні, контролі та підборі кадрів у владні структури за критеріями професійної придатності, доброчесності та персональної успішності.
5. Побудова несировинно спрямованої ринкової «зеленої» економіки, що спеціалізується, в основному, на розвитку трьох напрямків: 1 – інноваціях в інтелектуальній і високотехнологічній сферах та промисловості; 2 – сільгоспвиробництві зерна з його переважною переробкою в Україні та вирощуванні органічної продукції; 3 – отриманні й експорті дефіцитних на світовому ринку продуктів переробки мінеральної сировини.
6. Укріплення обороноздатності країни і створення сильної сучасної армії.

У своєму розвитку Україна має орієнтуватися на досягнення значно більшого рівня суб'єктності, хоча у повній мірі в сучасний період це практично неможливо із-за географічного положення країни і ментального перебування суспільства на межі західної і східної цивілізацій. Великі держави як заходу, так і сходу будуть активно використовувати її як інструмент у досягненні своїх геополітичних амбіцій, а слабка держава буде знаходитись під тиском тієї чи іншої сторони. Не виключено, що у кінці кінців її доля буде вирішена шляхом домовленостей цих держав у період гострої необхідності стабілізації геополітичної обстановки. Кращим варіантом для України буде коли вона мине участь бути розібраної

частинами по сусіднім країнам, а за нею буде закріплений статус нейтральної суверенної позаблокової держави.

1.2. Стратегічне планування розвитку енергетичної сфери

Перетворення України на «Велику аграрну державу», якою її бачать західні країни, на нашу думку, це хибний шлях при наявності високоосвічених кадрів, високотехнологічних галузей виробництва (літакобудування, космічної і деяких інших) та багатстві на широкий спектр мінеральних ресурсів. У такому варіанті вона, навіть у віддаленій перспективі, не буде в змозі досягти рівня розвинутих країн із-за неминуче зростаючого технологічного відставання від них. За таких умов для нашої країни найбільш підходить несировинне спрямований інноваційний «зелений» шлях розвитку економіки з пріоритетним спрямуванням продукції МСК на задоволення внутрішніх потреб держави. Основою такого розвитку має бути «зелена» енергетика, яка включає проекти та інноваційні рішення (прориви) останнього часу, що мають значення для енергетичної сфери України. Таких проектів і проривів за останні роки відбулося декілька, характеристику яких ми наводимо, в основному, з використанням матеріалів електронних ЗМІ.

Початок водневої енергетики в Україні. 25 лютого 2021 року в рамках відкритого онлайн-заходу відбулася перша щорічна міжнародна конференція на тему «Розвиток водневих технологій в Україні та у світі». Ми наводимо стислий витяг із огляду дискусії, що була на цій конференції [63], на основі висловлювань її учасників, у тому числі президента енергетичної асоціації «Українська воднева рада» Олександра Репкіна.

Зараз в ЄС активно обговорюється важливість переходу від блакитного до зеленого водню. Блакитний (або синій) водень виробляється з природного газу, який розщеплюється на водень і CO₂. Зелений водень отримують з поновлюваних джерел енергії, які розщеплюють воду шляхом електролізу, отримуючи водень і кисень. Блакитний водень дешевше, ніж зелений в 5-7 разів.

Справа тільки в грошах. Існують всі технології, необхідні для виробництва зеленого водню. Сировина дається природою, будь то сонце чи вітер. Останні роки показали, що технології створення сонячних панелей і вітряних турбін швидко розвиваються, а витрати

падають. Відомо також, як побудувати електролізер. Але, є проблема низьких масштабів виробництва. Найбільший використовуваний зараз електролізер має потужність всього 20 мегават (МВт), а нам потрібно досягти приблизно 80 гігават (ГВт). Можна подумати про можливість одночасного використання більшої кількості електролізерів. Тоді питання буде в тому, де взяти стільки водних ресурсів. В Україні проводяться дослідження поновлюваного потенціалу і визначаються місця, де багато водних ресурсів і де можна побудувати електролізер, не завдаючи шкоди навколишньому середовищу і сільському господарству.

Нафтопереробні заводи – найбільші споживачі і виробники водню, але для його перетворення в зелений водень будуть потрібні електролізери. Наприклад, для нафтопереробного заводу MOL Dunai Finomító в Угорщині потрібен такий електролізер потужністю приблизно один ГВт.

Величезна кількість електролізерів – одна з найбільших проблем, яка також впливає на промислову політику на національному рівні. Синій водень все ще може грати роль, в той час як зелений водень буде набирати обертів пізніше і / або з'явиться поступово.

Робити це поступово означає знайти рішення про те, як поступово інтегрувати водень в різних секторах. Ранній перехід на екологічно чистий водень може бути застосований в транспортному секторі шляхом установки невеликих електролізерів на традиційних заправних станціях.

З цим воднем можна було б стабілізувати мережу (запропонувати послуги з балансування мережі) і мати накопичувачі електроенергії. Крім того, це допоможе транспортному сектору досягти своєї обов'язкової частки ВДЕ (14%) до 2030 року: водень можна буде враховувати в цьому зобов'язанні, як і поновлювані види палива (наприклад, біоетанол, біодизель або біометан).

Пізніші рішення стосуються накопичення енергії, точніше, електрики. Нова концепція бере надлишки енергії з мережі, перетворює їх і не повертає їх виключно в мережу, але також може відправляти їх в транспортний або промисловий сектори для перетворення їх в інші форми енергії або матеріалів.

З прийняттям водневої стратегії в липні 2020 року, до 2030 року ЄС хоче розгорнути потужності з виробництва водню потужністю 40 ГВт і отримати ще 40 ГВт з сусідніх регіонів (рис. 1.3).

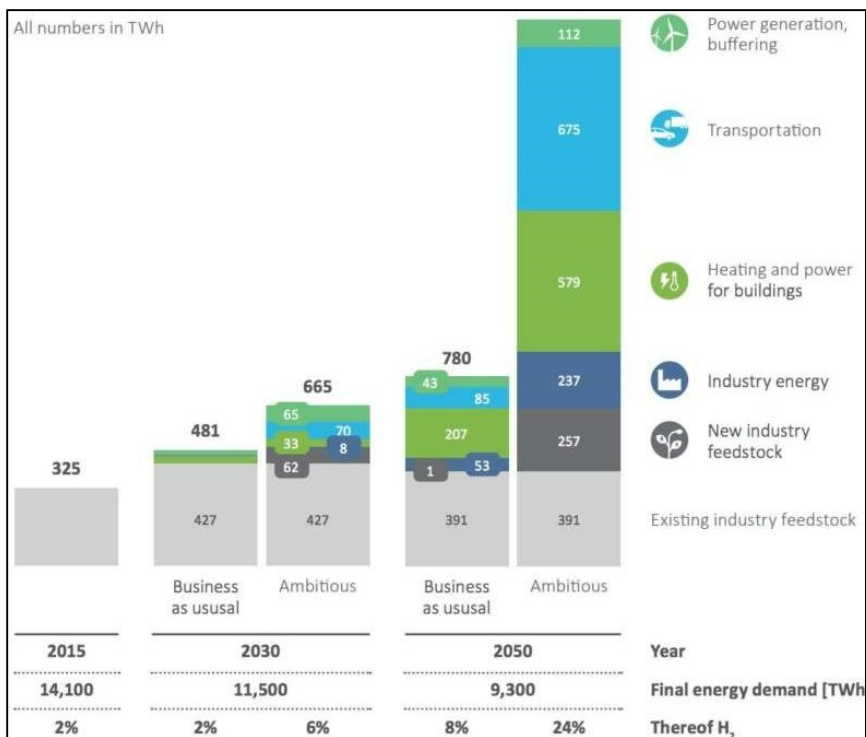


Рис. 1.3. Дорожня карта щодо впровадження водню в Європейському союзі, викладена у «Дорожній карті водню в Європі, стійкому шляху для переходу до європейської енергетики» (FCH JU, 2019) / Зелений водень для європейської зеленої компанії

ЄС вважає Україну пріоритетним партнером в реалізації Європейської водневої стратегії, оскільки вона виділяється своїми можливостями з виробництва і транспорту водню. У нас вже є трубопроводи, які в майбутньому можуть бути використані для транспортування водню з Європи і до Європи. Крім того, Україна має великий потенціал для офшорної вітроенергетики, яка дешевше і може бути побудована швидше. В цілому, за оцінками, щорічно в Україні може вироблятися близько 505133 млн м³ зеленого водню. Крім того, в Україні 50 відсотків електроенергії виробляється атомними станціями, що змушує деяких задуматися про можливості

використання рожевого водню. Більше немає тенденції будувати великі реактори, настав час малих модульних реакторів, і фінансові установи скоро перестануть фінансувати атомну енергетику. В Україні є додаткова електроенергія в нічний час (вироблена на атомних електростанціях), і ми могли б використовувати її для електролізерів, але було б більш ефективно використовувати поновлювані джерела енергії.

Синій водень – це газ, призначений для кінцевого споживання на транспорті, в промисловості, теплопостачання, але непридатний для виконання зазначеної важливої ролі – зберігання енергії і підтримки інтеграції різних поновлюваних джерел енергії.

У синього водню є могутні прихильники. Це сировинні компанії, які бажають і далі видобувати вуглеводні, перетворювати їх в «сірий» водень, маючи на увазі подальше його очищення до стану «синього», а також інфраструктурні компанії, які хочуть модернізувати і розширювати мережі трубопроводів [74]. Ці підприємства володіють колосальним політико-економічною вагою. У зв'язку з цим, прогнози майбутніх потреб у водні, складно оцінити.

Видання Recharge опублікувало цікаве інтерв'ю з Гремом Кулі (Graham Cooley), главою британського виробника електролізерів ITM Power, який називає ідею виробляти водень із вичерпаного палива «повною нісенітницею» [74]. Він не тільки дорожче, ніж зелений водень (в середньостроковій перспективі), він не допомагає зберігати енергію і інтегрувати більше поновлюваних джерел енергії в мережі, а також не є технологією з «нульовими викидами», так як неможливо вловити все викиди CO₂ при створенні H₂ з метану або вугілля. Система з нульовими викидами буде просто неможлива з використанням синього водню.

«Проблема з синім воднем полягає в тому, що вам потрібен не тільки водневий трубопровід, але вам знадобиться і метановий трубопровід, а потім вам знадобиться трубопровід CO₂», – каже Кулі. «І єдине комерційне застосування уловленого CO₂ – це підвищення ефективності нафтових свердловин, тобто виробництво ще більшої кількості CO₂».

«Я не розумію, як нафтогазова галузь змогла переконати уряди в цінності синього водню», – каже Кулі. «Я маю на увазі, вони зробили одну хорошу річ, вони продемонстрували, що єдиний

спосіб отримання поновлюваного тепла – це мати газову мережу, заповнену воднем. У той час як насправді вам потрібен надлишок поновлюваних джерел енергії».

Кулі згадує недавній звіт Водневого ради, в якому підраховано, що виробництво зеленого водню буде конкурентоспроможним за вартістю з сірим H_2 – і, отже, дешевше, ніж синій – до кінця цього десятиліття, а потім стане ще дешевше.

Електролізери необхідні для декарбонізації енергетичного сектора, оскільки вони дозволяють додавати в мережу все більше і більше сонячної і вітрової енергії від проєктів, які в іншому випадку могли б бути збитковими. Оскільки в систему інтегрується все більше вітрових і сонячних установок, це збільшує періоди часу, протягом яких пропозицію зеленої електроенергії перевищує попит (в вітряні і / або сонячні дні), що призводить до зниження оптових цін до нуля або нижче і, відповідно, до вимушених втрат електроенергії і збитків. Але, якщо надлишкова відновлювальна енергія може бути продана виробникам екологічно чистого водню, це збільшить дохід власників вітряних і сонячних проєктів.

За словами Кулі, рішення проблеми декарбонізації енергетичного сектора і газового господарства полягає в простому і гармонійному додаванні в систему все більшої кількості поновлюваних джерел енергії і електролізерів.

«Наскільки мені відомо», – каже Кулі, «зелений водень – це рішення для нульових викидів, а синій водень – ні».

До зазначеного вище слід додати, що вироблення водню є реальним шляхом вирішення енергетичних проблем країни. Більш ефективно це можна зробити, коли це буде розосереджене, будуть розроблені побутові електролізери, а його отримання опуститься на рівень пересічного споживача.

Розробка и удосконалення малих ядерних реакторів. Влада США дозволила використовувати конструкцію першого малого модульного реактора. Вона розрахована на 50 мегават енергії, але вже через два роки її потужність збільшать до 60 мегават [91].

Компанія NuScale, провідний інноваційний розробник компактних модульних реакторів (SMR) отримала сертифікат відповідності вимогам безпеки від NRC (Комісія з ядерного врегулювання), – ключового американського держоргану, який відповідає за загальний контроль, ліцензування та інспектування

діяльності в галузі атомної енергетики. Далі ми наводимо витяг із статті [59], що містить більш детальну інформацію про цю компанію і малі модульні реактори.

Отриманий NuScale сертифікат буде діяти протягом 15 років з моменту його видачі, і компанія зможе налагодити випуск своїх модульних реакторів для різних замовників як всередині США, так і за їх межами. Офіційне схвалення NRC проекту NuScale стало поворотним моментом для всієї атомної галузі США і найважливішим стимулом для прискореного просування американських технологічних інновацій у всьому світі. За заявами NuScale, крім чималого внутрішнього попиту, їй вже укладено попередні угоди з зацікавленими клієнтами з Канади, Чехії, Румунії та Йорданії.

За оцінками самої компанії NuScale, до 2035 р від 55 до 75 ГВт світової електроенергії буде вироблятися різними SMR-енергоблоками, що приблизно відповідає потужності 1000 «стандартних» модулів NuScale Power Modules в їх поточної робочій конфігурації (60 МВт електроенергії від кожного).

В даний час в США ведеться активна дискусія навколо можливої зміни правила, що передбачає обов'язкову наявність 10-мильної зони безпеки навколо будь-якого ядерного об'єкта (АЕС). Підсумкове рішення з даного питання (яке, цілком ймовірно, буде полягати в істотному скороченні цього мінімального відстані) може бути прийнято вже в наступному році.

У США сьогодні налічується в цілому 99 АЕС (по їх числу американці набагато випереджають всі інші країни світу) і на частку атомної енергетики припадає 20% від сукупної вироблення електроенергії в країні.

Малі модульні реактори (SMR), що розробляються фахівцями NuScale, а також і багатьма іншими конкуруючими компаніями як в США, так і за їх межами, в тому числі світовими лідерами в області технологій атомної енергетики, – Росією і Китаєм, є наступним еволюційним етапом у розвитку ядерної енергетики, і на них в галузі в даний час покладаються дуже великі надії.

Ці компактні (у порівнянні зі звичайними атомними станціями), швидкобудуюємі, практично не виробляють шкідливих викидів, а в деяких випадках і транспортабельні модулі забезпечують гнучку інтеграцію з різними поновлюваними джерелами енергії і зможуть генерувати електроенергію базисного навантаження за

конкурентними цінами. Їх модульна конструкція помітно полегшує серійне виробництво і дозволяє масштабувати такі установки відповідно до індивідуальних потреб замовників.

Згідно з оцінками експертів, за станом на 2018 р середня собівартість будівництва нової традиційної АЕС в світі складала близько 11 млрд. дол. У той же час, як стверджують розробники технологій SMR, середні витрати на будівництво міні-АЕС нового типу становитимуть від 800 млн. до 3 млрд. дол., а ідеологи флагманського проекту NuScale називають в якості цінового орієнтуру для своїх модульних станцій 1 млрд. дол.

Багато сумнівів щодо частини ймовірної економічної ефективності цього нового покоління АЕС висловлюється аналітиками по частині їх конкурентоспроможності в порівнянні з швидко дешевшають альтернативними джерелами електроенергії (перш за все – сонячними та вітровими станціями). Так, за заявами NuScale, оціночна продажна вартість електроенергії для майбутніх споживачів її модульних станцій складе близько 55 дол. за МВт * год. Для порівняння, собівартість електроенергії, виробленої «вітряками» у багатьох країнах світу вже зараз складає близько 44 доларів за мегават-годину, а сонячних станцій – близько 50 дол. І, як зазначається в нещодавній доповіді BloombergNEF, «в деяких регіонах до кінця цього десятиліття відновлювальна енергія буде коштувати нижче 20 дол. за мегават-годину». Але, необхідно враховувати, що сонячні і вітрові станції не в змозі забезпечувати цілодобову генерацію електроенергії, що є потужним аргументом на користь подальшого активного розвитку технологій SMR.

Міні-реактори, що розробляються NuScale (розмір циліндрів – 23 метри у висоту і 5 метрів по діаметру), базуються на стандартній технології водо-водяних реакторів, які використовують як сповільнювач і теплоносії звичайну (легку) воду. До категорії SMR відносяться конструкції легководних реакторів (light water reactors, LWR), що генерують 300 МВт або менше.

Першим офіційним замовником модульних енергоблоків компанії значиться Utah Associated Municipal Power Systems (UAMPS, «Асоційовані муніципальні енергосистеми штату Юта»), – державний адміністративно-територіальний орган, що надає різні послуги в енергетичній сфері для муніципальних утворень шести

західних штатів США (крім самої Юти, це – Каліфорнія, Айдахо, Невада, Нью-Мексико і Вайомінг).

Група вчених, що працює в штаті Нью-Мексико, змогла розробити невеликий ядерний реактор, головним призначенням якого є виготовлення електричної енергії в малих масштабах [30]. Як самим виготовленням, так і варіантами комерційного впровадження даного проекту вирішила зайнятися фірма NuRegion Power Generation. Подібним чином фірма бажає за допомогою якісної інтеграції даного проекту значно знизити собівартість одержуваної електричної енергії на рівень, який буде нижче десяти центів і забезпечити при цьому електричною енергією місця, які в минулому вважалися недоступними для проведення електрифікації.

Малі габарити даної АЕС (приблизно 1,5 метра у висоту) дозволяють транспортувати раніше вже змонтовані установки на вантажному автомобільному транспорті, а також за допомогою Ж/Д шляхів. Від початку установки подібної силової установки до її безпосереднього введення в експлуатацію потрібно в значній мірі менше часу, ніж потрібно для введення в експлуатацію інших джерел електричної енергії. Дослідний зразок здатний забезпечити електричною енергією близько 20 тисяч житлових будинків, що вважається цілком достатнім для міста чи мікрорайону, в яких проживає невелика (щодо мегаполісів) кількість людей.

Конструкція даного реактора, яка була розроблена вченими, здатна задовольняти умовам збільшеною надійності і безпеки. Система управління і незначна кількість палива, що знаходиться всередині реактора, за словами вчених, виключає можливість виникнення певних критичних ситуацій, які можуть сприяти виведенню реактора з ладу і забруднювати навколишнє середовище. У конструкції відсутні рухомі частини, сам реактор не можна розкрити в звичайних умовах – це забезпечує певну безпеку в плані експлуатації. Однак, все одно, можуть знадобитися деякі додаткові заходи, спрямовані на охорону реактора і повне виключення доступу до нього щодо сторонніх осіб.

Всього лише однієї зарядки реактора активною речовиною вистачає, згідно з попередньою інформацією, на час від 7 до 10 років – в цей час, реактор може виробляти трохи відходів, які, в загальному, можна порівняти з розміром тенісного м'ячика. Обслуговування, очищення та перезарядка реактора здійснюється на

спеціальних підприємствах з повністю підготовленими працівниками.

За словами виробників даних реакторів, вони вже встигли отримати величезну кількість замовлень, які розраховані на десятиліття – в зв'язку з цим, почалася споруда 3-х великих підприємств, які будуть випускати дані невеликі атомні електростанції.

Компактні атомні електростанції починають знаходити попит на світовому енергетичному ринку [10]. Це пов'язано з рядом переваг, серед яких на перше місце виходить можливість забезпечувати електроенергією і теплом віддалені регіони. Так, британська компанія Rolls-Royce в кінці січня 2020 року нагадала про свій намір спроектувати, побудувати і експлуатувати до 15 міні-АЕС. Станції, які Rolls-Royce планує побудувати, значно відрізняються від традиційних потужних АЕС. Розробляються компанією реактори на 95% будуть серійно виготовляється на одному заводі, а потім в попередньо зібраному вигляді доставлятися вантажним транспортом до місця призначення. Стандартизація процесу будівництва значно знизить їх собівартість, що, в свою чергу, вплине і на вартість виробленої енергії.

Гібридні енергосистеми. Одночасне використання різних виробництв енергії, включаючи атомну, для забезпечення електроенергією, теплом, мобільністю та іншими енергетичними послугами може привести до зсуву парадигми у виробництві чистої енергії [13]. Тим часом, американська компанія NuScale Power провела оцінку збільшення виробництва чистого водню, яке відбудеться в результаті збільшення на 25% вихідної потужності її проекту малого модульного реактора.

Нещодавно була опублікована спеціалізована дослідницька стаття, підготовлена Національною лабораторією Айдахо (INL), Національною лабораторією поновлюваних джерел енергії (NREL) і Національною лабораторією енергетичних технологій (NETL). Дані лабораторії спільно описують нові гібридні енергетичні системи, які синергетичне включають в себе різні джерела енергії, включаючи поновлювані джерела енергії, атомну енергетику і викопне паливо з уловлюванням вуглецю. Такі системи можуть використовувати кілька джерел енергії для максимального збільшення цінності кожного за рахунок створення більш цінних продуктів, доставки

енергії з меншими викидами в промисловість і кращої координації попиту з виробництвом енергії.

Як приклад у статті описується гіпотетичний, тісно інтегрований промисловий енергетичний парк, який використовує тепло і електрику від «дуже гнучких» вдосконалених ядерних реакторів, малої викопної генерації та альтернативної енергетики для виробництва електрики і водню шляхом електролізу. У цьому сценарії, в залежності від ринкових цін, електроенергія і / або тепло можуть продаватися в мережу, використовуватися на місці або зберігатися для подальшого розподілу і використання. Крім того, вихідні потоки можуть також використовуватися для виробництва водню або інших цінних хімікатів і продуктів.

Гібридні системи «з безліччю входів і виходів» можуть забезпечити поставку чистої енергії для більшої енергетичної системи з нульовими викидами для підтримки секторів економіки, які на даний момент важче декарбонізувати, таких як промисловість і транспорт. Впровадження цієї нової парадигми потребує міждисциплінарних досліджень, розробок і демонстрацій, які забезпечуються міжгалузевими дослідними програмами, з розширенням співпраці між державним і приватним секторами, а також між виробниками і користувачами енергії з метою прискорення інновацій.

Окремо компанія NuScale Power з Портленда, штат Орегон, оновила свої оцінки технічної здійсненності та економіки виробництва водню з використанням тепла і електроенергії зі свого модуля NuScale Power Module (NPM) після недавно оголошеного збільшення потужності на 25% до 250 МВт на модуль. Аналіз показав, що один NPM потужністю 250 МВт здатний виробляти 2053 кг на рік водню, або майже 50 тонн на добу, в порівнянні з 1667 кг на рік водню або 40 тоннами на добу для модуля 200 МВт.

Більш того, в результаті більш низькою наведеної вартості електроенергії за рахунок збільшення вихідної потужності, водень, вироблений системою високотемпературного парового електролізу NuScale, за прогнозами, буде конкурентоспроможним за вартістю з оцінками витрат на «поновлюваний» водень з високим коефіцієнтом потужності, а також буде забезпечувати безперервне і регульоване виробництво водню, йдеться в повідомленні компанії.

За заявою компанії, її багатомодульна конструкція означає, що установка NuScale може виробляти чисту електроенергію для мережі, виділяючи один або кілька модулів для економічного виробництва водню при низькому попиту на електроенергію.

Різке здешевлення збагачення титанових руд и отримання металевого титану. В останні роки відбувся інноваційний технологічний прорив у збагаченні ільменітових руд, що може корінним чином змінити структуру споживання металів у світі [86]. ТОВ ВКФ «Велта» – гірничодобувна компанія, яка володіє двома ресурсними активами – Бирзулівським та Лікарівським родовищами ільменіту в Новомиргородському районі Кіровоградської області України, в 2017 році заснувала науково-дослідницький центр Velta RD Titan, метою якого була розробка нового методу переробки титанової сировини [62]. У 2019 році Velta RD Titan подала свої перші патентні заявки з революційним методом отримання титану в патентні бюро США та України. Виробництво титану безвідходне і, за рахунок побічних продуктів з високою доданою вартістю і новітній технології, разів у 10 дешевше існуючих технологій. Це у недалекому майбутньому обіцяє замінити у промисловості титаном коштовні алюміній і нержавіючу сталь. «Велта» займає 2 % світового ринку поставок ільменіту та 35 % видобутку на українському ринку, є постачальником близько 10 % об'єму найбільшого в світі американського споживача титанової сировини – компанії Chemours (DuPont). В розрізі горизонтального розвитку компанія планує запуск Лікарівського родовища-супутника. Вертикальну інтеграцію «Велта» здійснює через інновації.

Для енергетичної сфери отримання дешевого титану буде стимулювати прогрес у створенні більш дешевих, надійних і ефективних турбін для вітрової енергетики різних розмірів і потужності.

Все вищезазначене може скластися у розуміння стратегічного планування розвитку енергетичної сфери України, оснований на сучасному політико-економічному положенні країни і науково-технологічному прогресу в цій сфері.

Майбутнє «зеленої енергетики» за органічним поєднанням виробництва електроенергії відновленими джерелами енергії (ВДЕ) й малими ядерними реакторами з паралельним отриманням водню

як палива для транспортної сфери і промисловості. Це означає, що, не зважаючи на супротив вугільних і нафтогазових компаній, видобуток і використання вугілля і вуглеводнів неминуче буде скорочуватись. У недалекій перспективі майже повністю відмовляться від вугілля, потім буде доволі тривалий період використання газу зі стрімким падінням видобутку нафти, коли транспорт перейде на використання водню (все це можна віднести до перехідного періоду до дійсно «зеленої» енергетики). Відповідно до цього і треба планувати розвиток енергетичної галузі з постійним моделюванням змін в енергетичній сфері й передбаченням ситуації на декілька кроків наперед. Українським вченим фізикам-ядерникам, хімікам, інженерам треба об'єднати зусилля у конструкторських розробках малих ядерних реакторів, ефективних електролізерів і вітрових турбін різною потужності, а також гібридних систем отримання «зеленої енергії».

1.3. Планування розвитку МСК України

Умови життя в країнах, залежних від гірничорудної промисловості, останні десятиліття рік від року неухильно погіршуються [57]. У країнах, що розвиваються, тобто експортерах природних корисних копалин, доля населення, що живе на менш ніж 1 долар в день, виросла з 61% в 1981-1983 рр. до 82% в 1997-1999 рр. Економічна залежність від розробки родовищ мінеральної сировини уповільнила і навіть понизила економічне зростання в країнах, що розвиваються. Цей феномен економісти охрестили «ресурсним прокляттям». Гарвардські економісти Джеффри Сэчс (Jeffrey Sachs) і Ендрю Уарнер (Andrew Warner), які досліджували 95 країн, що розвиваються, ще у 90-х роках минулого століття дійшли висновку, що чим вище коефіцієнт ресурсної залежності (відношення експорту природних ресурсів до ВВП), тим нижче рівень росту ВВП на душу населення. Така зворотна залежність між природним багатством і економічним достатком справедлива навіть для багатих видобувних країн.

Україна за рівнем бідності основної частини населення у останні роки не набагато відрізняється від країн, що розвиваються. Перспективи її розвитку як сировинної держави обмежені в силу довготривалого видобутку і використання мінеральної сировини та

початку фізичного і економічного виснаження деяких головних видів корисних копалин.

Для держав, що інтенсивно використовують мінерально-сировинні ресурси, умовно можна виділити три етапи освоєння надр (геологічного вивчення, інтенсивного використання та виснаження), які відображають зміни певних економічних показників і показників стану геологічного середовища (рис.1.4).

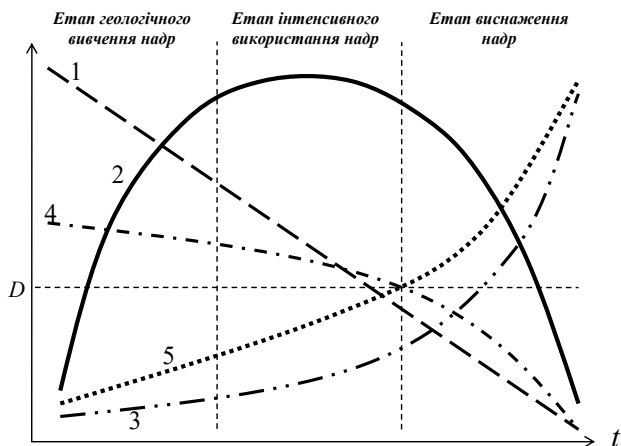


Рис. 1.4. Етапи освоєння надр і характерні зміни показників стану мінерально-сировинних ресурсів і геологічного середовища за М.М. Коржневим [34]

1 - відношення прогнозних ресурсів до розвіданих запасів; 2 – загальна віддача капіталовкладень у розвідку та експлуатацію; 3 – ступінь залучення вторинних ресурсів і заміників сировини; 4 – стійкість геологічного середовища; 5 – витрати на охорону довкілля та екологічну реабілітацію території; D – асиміляційний потенціал геологічного середовища.

Україна вже знаходиться на початку етапу виснаження надр. Висока ступень геологічного вивчення території, виснаження якісних запасів основних видів мінеральної сировини, невелика вірогідність відкриття нових великих і навіть середніх за запасами родовищ обумовлює великі ризики і недоцільність вкладення державою занадто великих коштів у пошукові і геологорозвідувальні роботи. Більш пріоритетним становиться технологічне переоснащення гірничодобувної і переробної галузей.

На економічний розвиток України, як і на розвиток будь-якої держави, оснований на інтенсивному довготривалому використанні мінерально-сировинних ресурсів впливали наступні головні фактори: 1 – поступове виснаження надр; 2 – формування структури економіки, зміщеної у бік важких галузей виробництва; 3 – накопичення негативних екологічних наслідків.

Структурні характеристики економіки України сучасного періоду показують її явно виражену сировинну спрямованість, а з урахуванням стану матеріально-технічної бази виробництва – серйозну екологічну загрозу. Більш того, є наявними загрози технологічній і економічній безпеці країни. Україна все активніше стає сировинним придатком, спеціалізуючись на розвитку добувних галузей, причому в структурі експорту переважає не готова, а проміжна продукція і сировина – більше 30 %. Сировинна орієнтація країни тільки усугубилася в останні роки. Згідно даних Інституту економіки промисловості НАН України, порівняння обсягів доданої вартості промисловості України і деяких країн світу в розрахунку на 1 зайнятого у промисловості вказує на значне, більше ніж десятикратне, відставання України за цим показником від США й економічно розвинутих країн ЄС (Німеччини, Великобританії та Франції). За цим показником вона перебуває на рівні Китаю, а такі країни, як Російська Федерація, Казахстан, Білорусь, випереджають її. Проблема економіки України полягає в її низькій ефективності в цілому при низькій продуктивності праці. Рівень її економічної безпеки перебуває на межі або нижче нижнього порогу, за яким може наступити руйнування економічної системи [2].

Процеси фізичного та економічного виснаження надр України, вимагають значного коригування стратегії розвитку вітчизняного МСК. Він має в значному ступеню забезпечувати внутрішній ринок і власне виробництво, особливо власної високотехнологічної продукції. Саме така продукція, а не мінеральна сировина і продукти її переробки, у довготерміновому плані повинна стати предметом експорту, якій дає валютні надходження до державного бюджету. Реструктуризація вітчизняного МСК в світлі глобалізаційних процесів в економіці в цілому має відбуватись з огляду на: забезпеченість запасами власних родовищ, залежність від імпортних постачань стратегічних видів мінеральної сировини, навантаження видобутку і переробки мінеральної сировини на довкілля, рівень

розвитку міжнародних економічних відносин у сфері використання надр із застосуванням раціонального комплексу інструментів регулювання зовнішньої торгівлі та залучення іноземних інвестицій. Необхідною є геолого-економічна переоцінка наявних родовищ багатьох видів корисних копалин, яка стала передумовою визначення тактичних та стратегічних заходів щодо розвитку і відтворення мінерально-сировинної бази в умовах відкритих ринків та жорсткої конкуренції.

На сучасному етапі для України в стратегічному плані дуже важливо визначитись в який бік треба рухатись в сфері геологічного вивчення і використання надр. Чи треба прикладати такі значні зусилля з нарощування запасів мінеральної сировини, при великих взятих на баланс запасах, по значній кількості видів корисних копалин? Чи треба нарощувати видобуток окремих видів корисних копалин, запасів яких вистачає, але складні гірничо-геологічні умови і екологічні наслідки розробки родовищ призводять тільки до економічних збитків? Чи треба вкладати занадто великі державні кошти у пошуки і розвідку родовищ видів мінеральної сировини таких як нафта і газ, запаси яких в Україні у значній мірі виснажені, ймовірність відкриття великих і середніх родовищ на невеликих і середніх глибинах є низькою, перевірка перспективних структур на великих глибинах є занадто дорогою, а розробка дрібних родовищ у Закарпатті чи на шельфі Чорного і Азовського морів несе велику загрозу для існування унікальних рекреаційних зон? Хоча нарощувати видобуток власного газу в сучасних умовах з залученням західних компаній і технологій, безумовно, необхідно поки не реформована енергетична сфера. В основу сучасної енергетичної стратегії України повинен бути покладений досвід розвинутих країн, які рухаються шляхом відмови від викопного палива і переходять на відновлювані джерела енергії. Разом з паралельними заходами з енергозбереження й енергоефективності це забезпечить енергонезалежність держави [57].

За даними Інститутом економіки промисловості НАН України в Україні найбільш відстає соціальна складова промисловості, яка характеризується занадто низькою часткою оплати праці у випуску продукції, що знижує номінальну заробітну плату у промисловості у 6,3 рази від нижнього рівня країн ЄС [2]. Економічна складова характеризується найвищим рівнем тінізації промисловості – 126%

від офіційної ВДВ промисловості (добувна – 35%, обробна – 139%, виробництво електроенергії, газу та води – 62%). За результатами розрахунків найбільш впливовими загрозами економічної безпеки промисловості є такі: (розташовані за пріоритетом впливу на рівень сталого розвитку промисловості): рівень тіньової заробітної плати відносно офіційної (соціальна складова), рівень тінізації промисловості (економічна складова) та рівень використання свіжої води на 1 особу (екологічна складова).

Ще на початок 2000-х років нами пропонувалось зробити наступні першочергові заходи реформування МСК України [32]:

- змінити систему моніторингу мінеральних ресурсів, спрямувавши її в бік економічних і екологічних оцінок, та зробити на цій основі переоцінку існуючого фонду родовищ, зробити більш гнучкою і оперативною систему перегляду кондицій;
- значну частину прибутків від продажу мінеральної сировини і продуктів її переробки спрямувати не на пошуки і розвідку нових родовищ, а на більш пріоритетне технологічне оновлення гірничодобувної і переробної галузей та чорної металургії;
- роботи перших етапів комерційного освоєння родовищ (пошуки та розвідку) віддати гірничодобувним компаніям, а Державній геологічній службі зосередити зусилля на регіональних геологічних і екологічних дослідженнях та моніторингу мінеральних ресурсів і стану геологічного середовища.

Не зважаючи на те, що певні кроки в Україні в цих напрямках вже зроблені, треба рухатись далі, удосконалюючи систему управління у МСК, збільшуючи видобуток власної вуглеводневої сировини з використанням сучасних технологій та провести екологізацією гірничодобувного виробництва і реабілітацією пост-майнінгових територій [22]. Крім того, необхідно реально оцінити можливості України у забезпеченні «зеленої енергетики» і високотехнологічних галузей потрібними для них металами і мінералами. Видобуток, отримання і продаж найбільш важливих з них для формування державного бюджету і розвитку економіки України (таких як титан, уран, РЗЕ, мідь, графіт та деяких інших) в сучасних умовах має бути покладений переважно на державні компанії та контролюватися державою.

Глава 2. ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ

2.1. Принципи і цілі

Проблеми природокористування як у світі, так і в Україні, пов'язані з «зовнішніми обмеженнями», які вимагають відтворення біофізичних меж присутності людини в навколишньому середовищі і гармонізацію стосунків людини і природи. Ці проблеми завжди взаємопов'язані із «внутрішніми обмеженнями» фізичних і психологічних можливостей людини. В решті решт, будь які зміни середовища проживання та принципів природокористування неможливі без реорганізації виробничої системи на світовому рівні, рівні держави та її регіонів [36]. Більшість розвинених держав намагається її підтримувати, щоб зберегти природно-ресурсні основи свого існування в умовах обмеженості природних ресурсів. Зростаючі темпи використання цих ресурсів роблять свій внесок у наближення глобальної екологічної катастрофи. Особливий внесок у це наближення робить використання викопного палива, яке обумовлює величезну кількість викидів парникових газів в атмосферу і впливає на кліматичні зміни. Людство втрачає найбільш цінний природний ресурс – середовище свого існування.

Наміри України інтегруватись в ЄС і НАТО означають тисне співробітництво з європейськими країнами у різних сферах, в тому числі в енергетичній і екологічній, та досягнення в них певних стандартів. Плани і дії країн Європи в енергетичній сфері мають бути активно підтримані нашою державою. Енергетична сфера абсолютної більшості країн світу в сучасний період пов'язана з викопним паливом, переважно вугіллям, нафтою та газом. Прогнозується, що їх ресурси при існуючих темпах використання будуть виснажені вже у цьому столітті. Крім того, видобуток і використання викопного палива катастрофічно змінює і забруднює сучасних глобальної екосистеми нашої планети. Найбільшими забруднювачами довкілля є теплові електростанції, що працюють на вугіллі, від використання якого відмовляється більшість розвинутих країн і переходить на відновлювані джерела енергії. Таку ціль має ставити перед собою й Україна [77].

Які переваги для України дає відмова від вугілля і перехід на відновлювані джерела енергії з паралельними заходами з енергозбереження й енергоефективності? Вони зводяться до наступного [77]:

1. Будуть зменшені викиди парникових газів, що дозволить країні зробити свій вклад у уповільнення процесів глобального потеплення клімату відповідно до «Парижських угод».

2. Поліпшиться екологічна обстановка у державі, здоров'я й умови життєдіяльності населення.

3. Зменшиться, а може і зникне, потреба в імпорті енергоресурсів, і країна стане енергетично незалежною.

4. Будуть знищені монополії в енергетичній сфері внаслідок того, що установки з вироблення енергії з відновлюваних джерел енергії мають розосереджений характер і різних власників априорі. Монополією можуть опинитися тільки «Єдині державні електромережі», підключення до яких має регулюватись законодавством, а тарифи на це незалежним органом.

Білл Гейтс – співзасновник компанії Microsoft і співголова фонду Breakthrough Energy розглядає сучасні зміни клімату через проблему енергетичної бідності [110]. На початку 2000-х, коли фонд тільки починав свою діяльність, біля мільярда людей не мало надійного доступу до електроенергії, і половина з них проживала в Африці на південь від Сахари. Професор Кембриджського університету Девід Мак Кей, звернув його увагу на взаємозв'язок між доходом на душу населення у країні й кількістю спожитої енергії (рис. 2.1). За останніми наявними даними п'ятдесят один мільярд тонн парникових газів світ зазвичай додає в атмосферу щороку. Глобальні викиди трохи знизилися в 2020 році, тому що пандемія COVID-19 різко сповільнила економіку. Людству необхідно забезпечити більше енергії, щоб найбільш вразливі могли процвітати, але це робити потрібно, не виділяючи більше парникових газів. Світ також повинен бути чистим. Тому вважається за необхідне [110]:

1. Звести до нуля викиди парникових газів.

2. Швидше і ефективніше впроваджувати інструменти, які у нас вже є, такі як сонячна та вітрова енергія.

3. Створювати і впроваджувати проривні технології, які допоможуть нам завершити решту шляху.

До цього, на нашу думку, слід додати ще один інструмент боротьби з викидами CO₂ в атмосферу – це відновлення лісів на нашій планеті, які його поглинають, внаслідок фотосинтезу продукують кисень та слугують «каркасом біорізноманіття». У розрізі цього для України важливо побудувати екологічну мережу, складену із територій заповідного фонду і екологічних коридорів, та з'єднати її з паневропейською екологічною мережею [36].

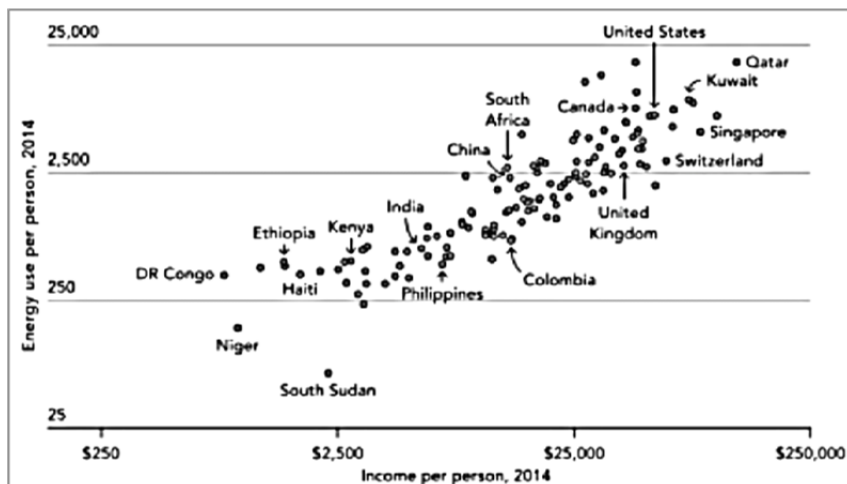


Рис. 2.1. Доходи і споживання енергії на душу населення у 2014 році у різних країнах (IEA; World Bank) [110]

Книга Білла Гейтса пропонує шлях вперед, ряд кроків, які потрібно зробити, щоб дати людству кращий шанс уникнути кліматичної катастрофи. За ним необхідно розробити і поширити безліч інновацій по всьому світу в найближчі кілька десятиліть, і потрібен конкретний план досягнення намічених цілей. Україні треба активно залучитися до розробки такого плану.

Принципи і цілі формування екологічної політики визначені статтями Конституції України [31]. Наша країна є соціальною державою (ст. 1), у якій людина, її життя і здоров'я визнаються найвищою соціальною цінністю (ст. 3). Її земля, надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси є об'єктами права власності

Українського народу (ст. 13). Забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України є обов'язком держави (ст. 16). Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди, кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля, така інформація ніким не може бути засекречена (ст. 50).

Світ навколо швидко змінюється. Нема чіткого уявлення які геополітичні умови будуть складатися через деякий час. Незважаючи на зовнішні фактори, країна повинна мати свою стратегію розвитку (мінімум на 20-30 наперед) і ціль, до якої наполегливе рухатись, набуваючи все більшої суб'єктності. Такою ціллю, на наш погляд, має бути побудова демократичної унітарної держави на європейських цінностях зі збалансованою структурою управління, не сировино спрямованою інноваційною «зеленою» економікою і сильною армією. В рамках цієї стратегії має бути присутня і стратегія кардинальних трансформацій в екологічній та енергетичній сферах України. В її основу повинен бути покладений досвід розвинутих країн, які рухаються шляхом відмови від викопного палива і переходять на відновлювані джерела енергії. Така стратегія чітко прописана для країн ЄС [Енергетичний Атлас Європи]. З нею треба ретельно ознайомитись і пристосувати її до умов нашої держави. Перехід на «зелену енергетику» вже присутній у планах і кроках діючої влади, заявах багатьох політиків і програмах політичних партій.

Цілями у формуванні екологічної політики у мінерально-сировинному комплексі мають бути:

- Удосконалення нормативно-правової бази відповідно до вибраної стратегії екологічних перетворень у мінерально-сировинному комплексі.
- Реструктуризація вугільної промисловості з поступовим скороченням виробництва вугілля і відмовою від його використання та екологічна реабілітація територій його видобутку.
- Екологізація гірничодобувного виробництва і чорної металургії інноваційним шляхом удосконалення технологій видобутку і переробки корисних копалин та використання технологій

замкнутого циклу з мінімальними скидами, викидами, кількістю твердих відходів та їх рециклінгом.

- Реабілітація територій пост-майнінгу зі стабілізацією їх гідрогеологічного режиму, переробкою накопичених величезних мас твердих відходів і створенням комфортних екологічних умов для життєдіяльності населення.

2.2. Ресурсне забезпечення «зеленої» енергетики і високотехнологічних галузей

Доступність для критично важливих металів, що використовуються в енергетичному секторі й високотехнологічних сферах. Традиційні показники оцінки видобувних проєктів, сформовані у минулому столітті включали: ліквідність, попит, ціну, кількість та якість ресурсів і запасів, і як наслідок економічні показники NPV, IRR, EBITDA. Для розвитку видобувних проєктів у 2020-2021 роках на перший план вийшли інші фактори оцінки, які можна ігнорувати, але неможливо уникнути їхнього впливу:

- ESG (екологія, соціальна ліцензія та державна лояльність).
- Перехід на зелену енергетику для нульового рівня емісії CO₂ (Carbon Footprint).
- Виснаження якісних та доступних запасів корисних копалин
- Безпека ланцюжка постачання сировини для стратегічних виробництв.
- Сталий розвиток.
- Сучасні технології Smart Mining.

При цьому попередні фактори оцінки залишилися необхідними для вибору не просто життєздатних та екологічних, а й рентабельних проєктів.

Поява нових технологій та розвиток зеленої енергетики зумовило зростання попиту на мінеральні ресурси та появу критичних видів сировини. Обмеженість доступу до цих ресурсів призвела до порушення постачання концентратів та металів для стратегічних виробництв у глобальному масштабі. Все це створило умови формування списків критичної мінеральної сировини.

«Критичні» корисні копалини – перелік металів та неметалів, які важливі для стратегічних галузей: енергетики, високотехнологічних виробництв, сфери безпеки, постачання яких можуть бути порушені

або припинені. Країни визначають індивідуальні списки критичної сировини залежно від структури промисловості та ступеня залежності від імпорتنих поставок.

Усі «критичні» види ресурсів характеризуються:

- високими темпами зростання попиту (від 50 до 500% у найближчі десятиліття) та цін на сировину (на 50-200%);
- обмежений доступ до якісних ресурсів;
- високі ризики порушення ланцюгів постачання ресурсу на всіх етапах від видобутку до виробництва готової продукції.

На рис. 2.2 проілюстровано історичний розвиток критичних видів мінеральної сировини, який почався в країнах ЄС з другої половини минулого століття.

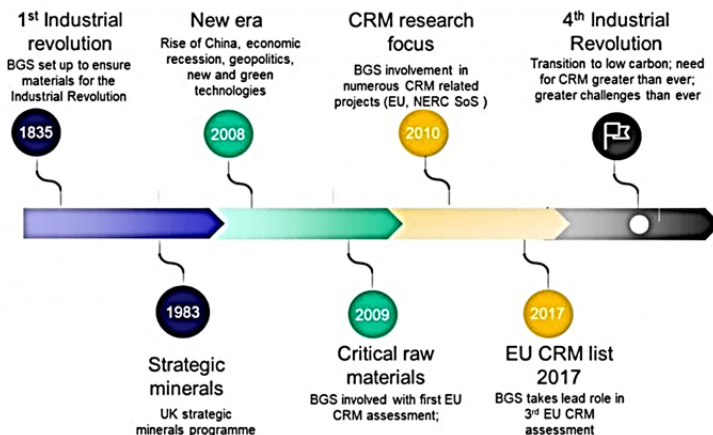


Рис. 2.2. Історичний розвиток критичних видів мінеральної сировини за даними Британської геологічної служби [www.bgs.ac.uk]

Останній період пов'язаний із найбільшими викликами у забезпеченості мінеральними ресурсами у глобальному масштабі, що зумовлено значним зростанням виробництва енергії із відновлювальних джерел та електромобілів, що в свою чергу зумовило масштабний зростання виробництва акумуляторів. Ці напрями є надзвичайно металоемними, при чому це стосується як традиційних базових металів, так і групи «акумуляторних металів».

Перехід до зеленої енергетики пов'язаний із використанням широкого спектру металів та корисних копалин, обсяги яких є обмеженими. Доступ до більшості з цих корисних копалин є лімітованим через їх невеликі ресурси, концентрацію в декількох регіонах, широкий обсяг промислових напрямків використання, що включає не лише енергетичну сферу, та ряд екологічних обмежень.

Відновлювані джерела енергії мають необмежені, в людському вимірі, ресурси. Головним фактором, що стримував масштабний відхід від використання викопних нафти та газу, була відсутність ефективного та недорогого способу акумуляування енергії. Але глобальний перехід до зеленої енергетики вже розпочався й триває. Прогнозованим терміном завершення даного процесу є 2050 рік. Обмеженими та найбільш цінними ресурсами стали «акумуляторні метали», тобто ті, що необхідні для виробництва накопичувачів енергії (акумуляторів), незалежно від самого джерела.

За прогнозами Світового банку [118], з метою задоволення зростаючого попиту на чисті енергетичні технології, виробництво таких "металів-акумуляторів", як графіт, літій та кобальт, зросте майже на 500% до 2050 року. Збільшення попиту на Li складе 965%, на Co – 585%, Ni – 108%, графіт – 383%. Перелік критичних корисних копалин, необхідних для переходу на зелену енергетику, включає алюміній, хром, кобальт, мідь, графіт, індій, залізо, свинець, літій, марганець, молібден, неодим, нікель, срібло, титан, ванадій та цинк. Більшість з цих металів є критичною мінеральною сировиною для розвинених країн. Ці корисні копалини вважаються життєво важливими для найбільших економік світу, але в той же час їх пропозиція на ринку є постійним об'єктом для ряду ризиків, наприклад, безпосереднього дефіциту геологічних ресурсів, геополітичних проблем, торгової політики чи інших зовнішніх факторів.

Обмежений доступ до ресурсів, суттєве розширення сфер їх можливого використання та геополітичні ризики їх постачання обумовлюють прагнення виробників мати власну ресурсну базу. Враховуючи, що ця первинна ланка вже визначає виробничі ризики, в майбутньому власна ресурсна база розглядається найбільш дефіцитною та стратегічною складовою виробництва енергії.

Уся згадана мінеральна сировина та метали є обмеженими та невідновлюваними ресурсами. І найкращі з них швидко

вичерпуються на фоні інтенсивності їх споживання. Цей процес починається з погіршення умов видобутку на існуючих родовищах та дефіциту високоякісної сировини. Саме так відбувається відпрацювання комплексних родовищ і менш збагачених руд, що призводить до значного зростання вартості металів. Металічні ресурси фізично неможливо збільшити, і це безповоротно призводить до збільшення їх вартості. Кожного року фіксується все дедалі більше зростання споживання та зменшення ресурсів, що спричиняє зростання ціни на метали в геометричній прогресії.

Основні ризики реального виробництва в більшості розвинених країн пов'язані з особливостями розповсюдження запасів і гірничодобувних підприємств. Наразі, Азіатсько-Тихоокеанський регіон займає домінуючі позиції на ринку «акумуляторних металів». Очікується, що ця регіональна тенденція збережеться протягом декількох десятиліть. І на сьогоднішній день це дозволяє країнам-виробникам, зокрема Китаю, використовувати доступність цих ресурсів, як потужний геополітичний інструмент. В той же час, слід зазначити, що видобуток корисних копалин та виробництво металів Китаєм зробило його лідером й відносно викидів парникових газів, значна частина яких залежить саме від згаданої діяльності. Цей фактор може не лише посилити ризики виробництва зеленої енергетики, але затримують досягнення цілей цього переходу.

За останнє десятиліття Китай двічі припиняв постачання таких критично важливих корисних копалин, як рідкісні землі та їх концентрати до Японії та США, що призвело до загострення тривалих сировинних війн. Такі конфлікти не можуть бути вирішені в короткостроковій перспективі, оскільки розробка родовищ є дуже складним капіталомістким процесом, що водночас потребує не одного року роботи.

Щоб здійснити перехід до зеленої енергії, країнам необхідно розробити кілька варіантів постачання критично важливих металів. Для подібного моделювання «доступність» металу можна охарактеризувати з урахуванням таких факторів:

1. абсолютна кількість металів, що використовується в поточному періоді для енергетики;
2. прогнозований річний попит на енергетичні технології до 2050 року у відсотках від поточної норми;
3. кількість технологій, де є потреба в окремому металі;

4. сукупні викиди CO₂, які пов'язані з виробництвом металу;
5. період наявності резервів;
6. кількість країн, які виробляють понад 1% світового виробництва;
7. країни з максимальною річною продуктивністю металу.

Рейтинг металів відповідно до цих характеристик, і індекс доступності кожного з них визначено для 17 корисних копалин, які є критично важливими для зеленої енергії. До аналізу були залучені дані щодо 10 головних технологій – вітру, сонячної фотоелектрики, концентрованої сонячної енергетики, гідроенергії, геотермальної енергетики, накопичення енергії, атомної енергії, вугілля, газу, уловлювання та зберігання вуглецю. Окрім власне заліза, в дослідження були включені чорні і кольорові метали, другорядні метали, рідкісноземельні метали (неодим) та графіт. А Окремий показник враховує використання металу в перерахованих технологіях «зеленої енергетики». Вплив різних металів є нерівнозначним. Деякі метали мають вирішальне значення, але лише для однієї технології (графіт у акумуляторах і неодим у вітрогенераторах), але мідь і залізо, які використовуються для всіх перерахованих технологій та галузей, є найважливішим елементом для реалізації низьковуглецевого майбутнього.

Визначення та оцінка показників доступності для критичних металів, що використовуються в енергетичному секторі впливатиме на можливість здійснення зеленого енергетичного переходу в цілому та впровадження індивідуальних технологій. Для країн ЄС, США та Канади ці інструменти відомі і традиційні, але для багатьох країн ці методи не були розроблені, тому існує потреба в нормативному визначенні критичних металів. На приклад, в Україні поняття "стратегічні", "критичні" корисні копалини були введені нормативно, але методологія їх розрахунку ще не визначена. Для кожного регіону і країни, цей підхід може бути доповнений регіональними критеріями важливості.

Існуючі методології оцінки вичерпання ресурсів базуються на кількісних порівняння запасів корисних копалин та існуючих темпів їх видобутку. Дуже часто, існуючі моделі виснаження ресурсів не враховують політичні, організаційні та інші ризики доступності. Визначення важливих мінералів найчастіше передбачає використання показників інтенсивності у вітчизняному виробництві, наявність власних ресурсів і показник залежності від імпорту. Таким

чином, ці підходи враховують лише минулу або поточну ситуацію, і не припускають майбутнє зростання споживання корисних копалин та стратегії пом'якшення можливих шкідливих впливів. Наведені в цьому розділі розрахунки, стосуються не лише сьогоденного, а й майбутнього показники споживання металу. Багато зовнішніх ризиків також включено в розгляд.

Моделі оцінки доступності металів базується на динамічному балансі «попит-пропозиція», який передбачає різні інструменти балансування – не тільки збільшення постачання (пошуків, розвідки та видобутку), але і його диверсифікацію, пошук альтернативних технологій (заміна окремих металів іншими металами або матеріалами), вторинну переробку, враховує екологічні аспекти, пов'язані з видобутком та політичні ризики.

Базовий сценарій базується на гіпотезі статистично незалежних факторів оцінки доступності металу в категоріях імовірності «шансів успіху», аналогічно до підходів у нафтовій геології. У додатковому сценарії розроблено компромісний підхід між керованим даними та експертними оцінками. Вплив різних індексів було згруповано за типами ризику – ризик пропозиції, ризик попиту та ризик геополітики. Для оцінки інтегральної імовірності успіху такої системи попит-пропозиція, була використана модель нечіткої логіки [134].

Основними джерелами даних для визначення індексів були: статистика USGS [National Minerals Information Center <http://minerals.usgs.gov>] щодо обсягу запасів та ресурсів металів станом на 2019 рік та їх споживання та додаткові джерела, дані Британської Геологічної Служби [www.bgs.ac.uk] та звіту Світового банку [118], який стосувався використання металів у зелених енергетичних технологіях та прогноз їх споживання на 2050 рік. У звіті [118], проведено класифікацію корисних копалин, і виділено такі групи:

I) Перша група металів не широко використовується у всіх технологіях відновлюваної енергетики, але є ключовими компонентами специфічних технологій, таких як неодим для енергії вітру і титан для геотермальної енергії.

II) Другу групу становлять корисні копалини, попит на які зростатиме в кілька разів, що буде супроводжуватися високими ризиками у постачанні. Це графіт, кобальт і літій, запаси та

видобуток яких монополюють сконцентровані у деяких регіонах, а споживання в інших. Будь-які потенційні проблеми у забезпеченні цього попиту спричинять зміни у виробництві акумуляторів та може вплинути на хімічний тип батареї або навіть тип акумуляторів.

III) Третя група металів, така як алюміній та залізо, є критично важливою саме через них широке використання; їх попит не залежить від однієї конкретної технології, вони потрібні у величезних кількостях у широкому діапазоні енергетичних технологій. Ці метали менш схильні до нестабільності та ризику, оскільки існуватиме високий рівень попиту на них, незалежно від того, який тип енергетичних технологій буде переважає до 2050 року.

IV) Четверта група металів (нікель, мідь, хром, марганець та ін.), виробництво яких, навіть без значного збільшення попиту на корисні копалини, буде сильно впливати на перехід до зеленої енергетики. Постачання цих металів буде ризикованими через їх широке використання в інших традиційних галузях.

Обґрунтування індексів доступності залізрудної сировини в умовах переходу до зеленої енергетики. Моделювання доступності металів проведено на основі наступних характеристик (табл. 2.1).

Проведено ранжування металів за вказаними характеристиками, а також визначався індекс доступності кожного мінералу. Разом було класифіковано 17 металів, які мають вирішальне значення у переході до зеленої енергії з 10 основними наявними технологіями, включно з аналізом їх споживання традиційними технологіями (вугілля, газ, ядерна енергія).

Для оцінки ризиків обмежень був використаний підхід, подібний до оцінки ймовірності успіху, яка часто використовується в геології нафти [113]. Усі перераховані фактори розглядаються, як важливі частини системи попиту та пропозиції. Для опису цієї системи були розроблені декілька сценаріїв.

Основні бальні індекси

Параметр	Назва індексу	Абревіатура індексу
Абсолютний річний обсяг металів, що споживатиме енергетика у 2050	Demand IA	IA1
Прогнозований річний попит 2050 від енергетичних технологій у відсотках до поточного рівня	Relative Demand IA	IA2
Кількість відповідних технологій, де існує потреба в кожному металі	Technology IA	IA3
Кумулятивні викиди CO ₂ , які пов'язані з виробництвом металу	Emission IA	IA4
Період наявності резервів металу	Reserves IA	IA5
Кількість країн, які виробляли більше 1% світового виробництва металу	Diverse Country IA	IA6
Країни з максимальної річної часткою світового виробництва металу	Dominant Country IA	IA7
Розповсюдженість металу в земній корі	Abundancy AI	IA8
Рівень вторинної переробки металу	Recycling AI	IA9
Наявність заміників сировини	Sustainable AI	IA10

Для розробки першого і наступних сценаріїв були зроблені деякі припущення:

1. Усі параметри є безперервними функціями, і можна застосовувати лінійне або нелінійне перетворення цих функцій.
2. Запропоновані індекси не мають функціональних взаємозалежностей і можуть бути повністю або частково незалежними змінними.
3. Немає металів, які мали б непереборних ризиків у виробництві протягом прогнозованого періоду (наступні 30 років). Отже, ймовірність успіху можна оцінити в межах 0,5–1,0 які показують значення, інвертовані до ризику.
4. Усі оцінки є відносними і можуть бути використані для порівняння різних металів, але не демонструють жодного абсолютного рівня успіху використання металу.
5. Не враховуються зв'язки між металами, видобутими із родовищ комплексного типу (такі як Fe-Cu-Au, Ni-Cu-Co та Pb-Zn-Ag) через велику різноманітність їх генетичних типів. Крім того, не розглядаються можливості для спільного виробництва металів, що властиво особливо кольоровим металам.
6. Частина металу оцінюється за більш детальним товарним типом (алюміній через боксити, титан через ільменіт та рутил) або більш інтегральним (неодим у складі групи рідкоземельних елементів (РЗЕ)).

Для оцінки запропонованого індексу був використаний наступний двоступеневий підхід:

- 1) Ранжування корисних копалин за найбільш значущими факторами та визначення індексу доступності окремих металів за кожним із індексів;
- 2) Моделювання інтегрального індексу доступності за різними сценаріями в системі попиту-постачання.

Ранжування корисних копалин та визначення їх індексів доступності. На етапі I визначили та зібрали дані найбільш значущих атрибутів, пов'язаних з вибраним параметром. Наприклад, для Reserves IA існують запаси (в тис. т), річний видобуток шахт у 2019 році та прогноз видобутку на 2050 р., а також фактор виснаження за оцінкою USGS [*National Minerals Information Center. <http://minerals.usgs.gov>*]. На основі цих даних розраховано період наявності резервів (у роках) і той самий період з корекцією зростання попиту на 2050 рік. Як показано на рисунку 2.3, є два кластери металів, де більшість із них демонструють лінійну тенденцію низьких змін у доступності, але три з них (літій, графіт та ванадій) мають значно скорочену доступність порівняно до сьогодні.

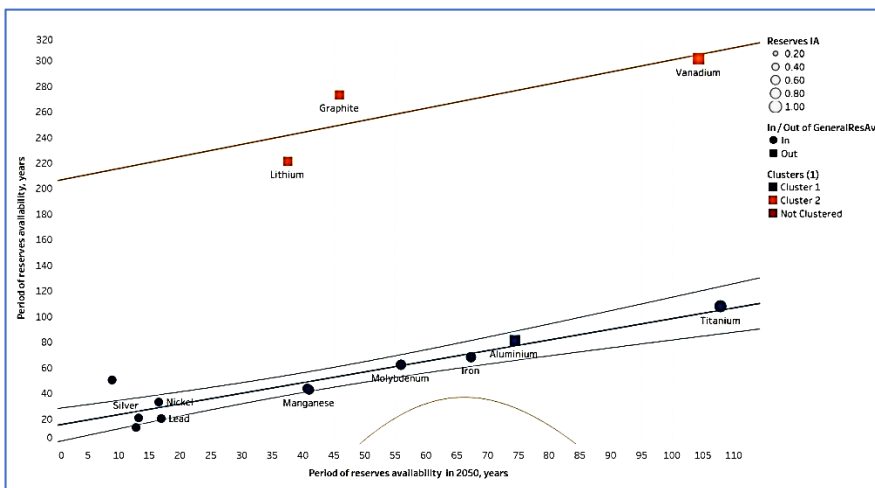


Рис. 2.3. Діаграма розсіювання періодів наявності запасів металу з і без корекції для прогнозованого зростання попиту у період до 2050 р. Кольори показують два виявлені кластери. Індекс наявності резервів Reserves IA (див. пояснення нижче), визначає розмір символів. Лінійні трендові лінії та межі 95% довірчого інтервалу відображаються відповідно жирними та простими лініями з кольорами, що відповідають кластерам

Це абсолютне значення періоду доступності було перетворено на індекс доступності за допомогою лінійного перетворення, що діє як нормалізація в пояснених вище межах 0,5–1,0. Для індексів №№1-4 (Demand IA, Relative Demand IA, Technology IA, Emission IA) та №7 (Dominant Country IA) було використано перетворення (2.1):

$$I_{availability}^k = \frac{1 - (x_k - x_{min})}{2 \cdot (x_{max} - x_{min})} \quad (2.1)$$

де x – вибраний атрибут для опису параметра; індекси k , min , max відповідають поточному, мініимальному та максимальному значенням обраного параметру серед усіх металів.

Для визначення індексів доступності №№5–6 (Reserves IA та Diverse Country IA) та №8 (Abundancy IA) передбачалося, що чим нижче розрахований показник, тим більші ризики в доступності ресурсу. Тут використано рівняння лінійного перетворення:

$$I_{availability}^k = \frac{0.5 + (x_k - x_{min})}{2 \cdot (x_{max} - x_{min})} \quad (2.2)$$

де позначення у формулі такі самі, як у (2.1).

Для показника №9 (Recycling IA) та №10 (Sustainability IA) попередньо було проведено перетворення із дискретного типу в неперервний та застосовані формули (2.2) та (2.1) відповідно.

Незважаючи на відсутність статистично значущої вибірки, атрибути запасів і продуктивності шахт можна вважати логнормальними, а їх співвідношення, показане на рисунку 2.4, показує лінійну залежність, що розподілена відносно рівномірно вздовж обох атрибутів. Залізо має найвищий рівень як виробництва, так і забезпеченості запасами серед усіх металів (табл.2.2).

Таблиця 2.2

Ранжування корисних копалин за обсягом прогнозованого попиту

Ступінь важливості (ранжування)	Корисна копалина	Прогнозований річний попит на енергетичні технології у 2050, тис. тонн (за даними [118])	Індекс доступності, ІА 1
(1) прогнозована річна потреба в енергетичних технологіях більше 1000 тис. тонн	Залізо	7584	0.50
	Алюміній	5583	0.63
	Графіт	4590	0.70
	Нікель	2268	0.85
	Мідь	1378	0.91
(2) прогнозована річна потреба в енергетичних технологіях більше 100 тис. тонн	Свинець	781	0.95
	Марганець	694	0.95
	Кобальт	644	0.96
	Літій	415	0.97
	Хром	366	0.98
	Ванадій	138	0.99
(3) прогнозована річна потреба в енергетичних технологіях більше 1 тис. тонн	Молібден	33	1.00
	Срібло	15	1.00
	Неодим	8.4	1.00
	Титан	3.44	1.00
	Індій	1.73	1.00

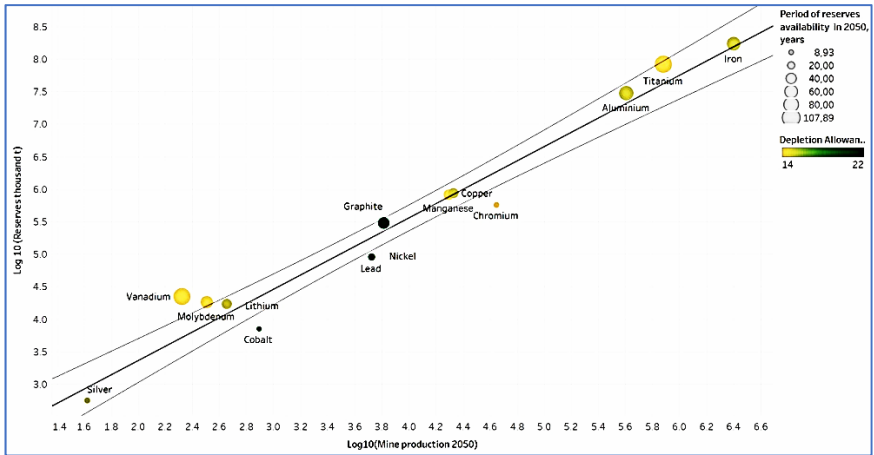


Рис. 2.4. Білогарифмічна діаграма розсіювання запасів металів та видобутку шахт (прогнозується з корекцією на зростання попиту у 2050 р.). Розмір кола пропорційний періоду наявності запасів у роках (з поправкою на прогнозоване виробництво шахт у 2050 р.). Кольори відображають фактор виснаження, розрахований USGS [National Minerals Information Center. <http://minerals.usgs.gov>]

Ранжування корисних копалин за обсягом попиту у відсотках до поточного рівня. Крім того, ранжування проводилось за співвідношенням зростання попиту на метал у порівнянні з поточним періодом. Чим воно вище, тим більші ризики дефіциту корисних копалин. Було визначено 3 групи з різним порядком чисел: 1 – відповідає прогнозованому річному попиту на енергетичні технології більше 100% від поточної ставки, 2 – відповідає прогнозованому річному попиту на енергетичні технології більше 10% від поточного значення, 3 – до 10% від поточного значення. Результати ранжування наведені в таблиці 2.3.

Варто звернути увагу, що показаний розподіл не має суттєвої кореляції. Якщо проєкція змін в структурі світового виробництва металів є правильною, суттєве зростання очікується для графіту, літію, кобальту, індію та ванадію (рис.2.5). Попит на залізо для застосування в енергетиці залишиться на тому ж самому рівні.

Таблиця 2.3

Ранжування корисних копалин за показниками попиту у відсотках до поточного рівня

Ступінь важливості (ранжування)	Корисна копалина	Прогнозований річний попит на енергетичні технології у 2050, у відсотках до поточного (згідно з даними [118])	Індекс доступності, ІА 2
(1) прогнозований річний попит на енергетичні технології перевищує 100% від поточної ставки	Графіт	494	0.50
	Літій	488	0.51
	Кобальт	460	0.53
	Індій	231	0.77
	Ванадій	189	0.81
(2) прогнозований річний попит на енергетичні технології перевищує 10% від поточної ставки	Нікель	99	0.90
	Срібло	56	0.94
	Неодим	37	0.96
	Свинець	18	0.98
	Молібден	11	0.99
(3) прогнозований річний попит на енергетичні технології до 10% від поточної ставки	Алюміній	9	0.99
	Мідь	7	0.99
	Марганець	4	1.00
	Хром	1	1.00
	Залізо	1	1.00
	Титан	0	1.00

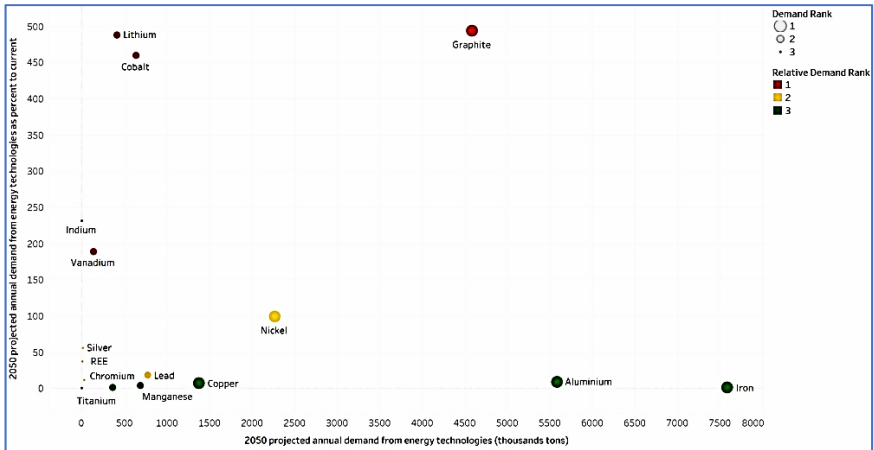


Рис. 2.5. Точковий графік прогнозованого річного попиту на 2050 рік (тис.т.) порівняно із зростанням у відсотках від поточного рівня. Розмір символу відповідає рангам попиту з таблиці 2.2; кольори показують відносний ранг попиту з таблиці 2.3

Ранжування корисних копалин за відповідними низьковуглецевими технологіями. Ще одне ранжування проводилося за кількістю технологій, де існує потреба в окремо взятому металі. Перелік технологій включає наступне: вітрова енергетика, сонячна фотоелектрика, концентрована сонячна енергетика, гідроенергетика, геотермальна енергія, акумулявання енергії, ядерна енергетика, вугілля, газ, захоплення/уловлювання та зберігання вуглецю. Загалом було враховано 17 металів, що були зіставлені із десятьма основними технологіями (рис.2.6). Результати ранжування наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Ранжування корисних копалин за показниками попиту

Корисна копалина	Кількість технологій (за даними [118])	Відповідні низьковуглецеві технології	Індекс доступності, ІА 3
Мідь	10.00	Вітрові технології, сонячна фотоелектрика, концентрована сонячна енергетика, гідроенергетика, геотермальна енергетика, технології акумулювання енергії, ядерна енергетика, вугілля, газ, уловлювання та зберігання вуглецю	0.50
Нікель	9.00	Вітрові технології, сонячна фотоелектрика, гідроенергетика, геотермальна енергетика, технології акумулювання енергії, ядерна енергетика, вугілля, газ, уловлювання та зберігання вуглецю	0.56
Молибден	8.00	Вітрові технології, сонячна фотоелектрика, гідроенергетика, геотермальна енергетика, ядерна енергетика, вугілля, газ, уловлювання та зберігання вуглецю	0.61
Хром	8.00	Вітрові технології, гідроенергетика, геотермальна енергетика, технології акумулювання енергії, ядерна енергетика, вугілля, газ, уловлювання та зберігання вуглецю	0.61
Марганець	7.00	Вітрові технології, гідроенергетика, геотермальна енергетика, технології акумулювання енергії, вугілля, газ, уловлювання та зберігання вуглецю	0.67

Продовження таблиці 2.4

Корисна копалина	Кількість технологій (за даними [118])	Відповідні низьковуглецеві технології	Індекс доступності, ІА 3
Алюміній	6.00	Вітрові технології, сонячна фотоелектрика, технології акумулювання енергії, ядерна енергетика, вугілля, газ	0.72
Титан	6.00	Гідроенергетика, геотермальна енергетика, ядерна енергетика, вугілля, газ	0.72
Свинець	5.00	Вітрові технології, сонячна фотоелектрика, гідроенергетика, технології акумулювання енергії, ядерна енергетика	0.78
Цинк	5.00	Вітрові технології, сонячна фотоелектрика, гідроенергетика, технології акумулювання енергії, ядерна енергетика	0.78
Кобальт	4.00	технології акумулювання енергії, вугілля, газ, уловлювання та зберігання вуглецю	0.83
Срібло	3.00	сонячна фотоелектрика, концентрована сонячна енергетика, ядерна енергетика	0.89
Ванадій	3.00	технології акумулювання енергії, ядерна енергетика, вугілля	0.89
Індій	2.00	сонячна фотоелектрика, ядерна енергетика	0.94
Залізо	2.00	Вітрові технології та технології акумулювання енергії	0.94
Графіт	1.00	Технології акумулювання енергії	1.00
Літій	1.00	Технології акумулювання енергії	1.00
Неодим	1.00	Вітрові технології	1.00

Minerals	Techname									
	CCS	Coal	CSP	ES	Gas	Geothermal	Hydro	Nuclear	SP	Wind
Aluminium
Chromium	■	■	.	■	■	■	■	■	■	■
Cobalt	.	.	.	■
Copper	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Graphite	.	.	.	■
Indium	■	■	.
Iron	.	.	.	■	■
Lead	.	.	■	■	.	.	.	■	■	■
Lithium	.	.	.	■
Manganese	■	■	.	■	■	■	■	.	.	■
Molybdenum	■	■	.	■	■	■	■	■	■	■
Nickel	■	■	.	■	■	■	■	■	■	■
Silver	.	.	■	■	■	.
Titanium	.	■	.	.	■	■	■	■	■	.
Vanadium	.	■	.	■	.	.	.	■	.	.
Zinc	.	.	■	■	.	.	.	■	■	■

Рис. 2.6. Використання різних металів у відповідних енергетичних технологіях. Введені наступні скорочення: CCS – Уловлювання та зберігання вуглецю (*carbon capture and storage*); SP – сонячна фотоелектрика (*solar photovoltaic*); CSP – концентрована сонячна енергія (*concentrated solar power*); ES – зберігання енергії (*energy storage*)

Ранжування корисних копалин за кумулятивними викидами CO₂, що пов’язані з виробництвом металу. З метою врахування основних впливів на довкілля, в наступному ранжуванні були використані загальні викиди CO₂, що супроводжують виробництво металу. Результати наведені в таблиці 2.5.

Щоб врахувати основний вплив на навколишнє середовище, було використано показник загальних викидів CO₂ у виробництво металу. На рис. 2.7 показано білогарифмічний графік розсіювання викидів проти запасів. Основним забруднювачем є виробництво заліза / сталі, на другому місці алюмінію. Решта металів не мають істотного впливу. Саме цей чинник буде спричиняти значний тиск на промисловість щодо впровадження нових технологій виробництва, збільшення рівня вторинної переробки і використання більш високоякісної сировини для зменшення викидів.

Таблиця 2.5

Ранжування корисних копалин за сукупними викидами CO₂,
що пов'язані з виробництвом металу

Корисна копалина	Загальні сукупні викиди CO ₂ MtCO ₂ e (за [118])	Ln MtCO ₂ e	Індекс доступності ІА 4
Залізо / сталь	3655.4	8.20	0.50
Алюміній	842.7	6.74	0.89
Графіт	363.5	5.90	0.95
Нікель	211.6	5.35	0.97
Цинк	93.7	4.54	0.99
Мідь	73.7	4.30	0.99
Кобальт	66.5	4.20	0.99
Ванадій	63	4.14	0.99
Срібло	60.7	4.11	0.99
Літій	36.4	3.59	1.00
Свинець	22.3	3.10	1.00
Хром	20.4	3.02	1.00
Марганець	10.6	2.36	1.00
Молібден	4.7	1.55	1.00
Індій	3.4	1.22	1.00
Неодим	2.9	1.06	1.00
Титан	0.7	-0.36	1.00

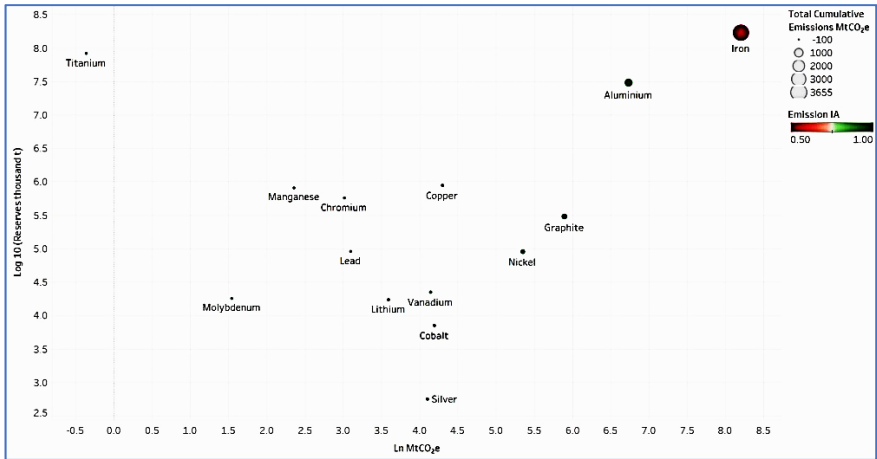


Рис.2.7. Білогарифмічна діаграма розсіювання викидів CO₂ та запасів металів. Індекс Emission IA відображається кольором; розмір символу відповідає загальному кумулятивному викиду вуглекислого газу (використане логарифмічне перетворення)

Ранжування корисних копалин за терміном забезпеченості запасами. Для цього ранжування було використано показники запасів та продуктивності по видобутку корисних копалин за даними USGS [National Minerals Information Center. <http://minerals.usgs.gov>]. Процес ранжування супроводжувався використанням даних виключно по запасам, оскільки отримання даних щодо ресурсів потребує додаткового часу на розвідку та розробку, що може зайняти від 1-2 до 10 років. Розрахунок базується на запасах, як найбільш надійній частині ресурсів, підготовлених для видобутку корисних копалин. Результати наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Ранжування корисних копалин за періодом доступності їх запасів

Корисна копалина	Запаси, відповідно до даних USGS	Видобуток 2019 відповідно до даних, USGS*	Видобуток із прогнозованим зростанням до 2050 року	Період доступності запасів із прогнозованим зростанням у 2050 р	Індекс доступності, ІА 5
Титан	820000	7600	7600	108	1.00
Ванадій	22000000	73000	210970	104	0.98
Видобуток алюмінію / бокситів	30000000	370000	403300	74	0.83
Залізо	170000000	2500000	2525000	67	0.80
Молібден	18000000	290000	321900	56	0.74
Графіт	300000000	1100000	6534000	46	0.69
Марганець	810000	19000	19760	41	0.66
Мідь	870000	20000	21400	41	0.66
літій	17000000	77000	452760	38	0.64
Цинк	250000	13000	13003	19	0.55
Свинець	90000	4500	5310	17	0.54
Нікель	89000000	2700000	5373000	17	0.54
Срібло	560000	27000	42120	13	0.52
Хром	570000	44000	44440	13	0.52
Кобальт	7000000	140000	784000	9	0.50

*[National Minerals Information Center. <http://minerals.usgs.gov>]

Видобуток металів із прогнозованим зростанням у 2050 році розраховувалось як видобуток у 2019 році та відповідної величини зростаючого попиту (стовпчик 3 таблиці 2.3).

$$P_{2050} = P_{2019} + P_{2019} \times R_{2050} \% \quad (2.3)$$

де:

P_{2050} – видобуток корисних копалин із прогнозованим зростанням у 2050 році;

P_{2019} – видобуток корисних копалин у 2019 році;

R_{2050} – збільшення рівня попиту до 2050% (стовпець 3, таблиця 2.6).

Період наявності запасів розраховувався шляхом ділення запасів корисних копалин (стовпчик 2 таблиці 2.6) на видобуток шахт із прогнозованим зростанням у 2050 році (P_{2050}).

$$Period_{av} = \frac{Tonnage}{P_{2050}} \quad (2.4)$$

де:

P_{2050} – видобуток шахт із прогнозованим зростанням у 2050 році;

Tonnage – запаси корисних копалин (тис.т.).

Ранжування металів за рівнем концентрації та монополізації видобутку (за кількістю країн із видобутком понад 1% від світового). Ранжування проведене на основі даних Minerals Commodity USGS [National Minerals Information Center. <http://minerals.usgs.gov>] щодо видобування корисних копалин у 2019 році. Результати наведені в таблиці 2.7.

Додаткова систематизація та Індекс доступності 7 були зроблені з урахуванням монополізації видобутку корисних копалин. Була визначена максимальна частина виробництва по країнам. Результати наведені в таблиці 2.8.

В наведеній таблиці 2.8 оцінка індексу стосовно індію прив'язана до оцінки по цинку, оскільки найбільш часто його отримують із сульфїду цинку (рудний мінерал – сфалерит). Просторовий розподіл країн з домінуючим становищем у різних товарних ринках металів показаний на рисунку 2.8.

Таблиця 2.7

Ранжування корисних копалин за кількістю країн,
які їх виробляли понад 1%

Корисна копалина	Кількість країн, які виробляли понад 1%	Індекс доступності, ІА 6
Залізо	10	1.00
Видобуток алюмінію / бокситів	10	1.00
Графіт	10	1.00
Мідь	10	1.00
Свинець	10	1.00
Цинк	10	1.00
Марганець	10	1.00
Кобальт	10	1.00
Срібло	10	1.00
Титан	10	1.00
Нікель	9	0.92
Молібден	9	0.92
Індій	8	0.83
Літій	6	0.67
Хром	6	0.67
Рідкоземельні, вкл. неодим	6	0.67
Ванадій	4	0.50

Таблиця 2.8

Ранжування корисних копалин за максимальною часткою виробництва в одній країні

Корисна копалина	Максимальна частка щорічного виробництва	Країна з максимальною часткою щорічного виробництва	Індекс доступності, ІА 7
Кобальт	70	Конго	0.50
Рідкоземельні, вкл. неодим	67	Китай	0.53
Графіт	64	Китай	0.56
Видобуток алюмінію / бокситів	57	Китай	0.64
Літій	55	Австралія	0.66
Ванадій	55	Китай	0.66
Свинець	47	Китай	0.74
Молібден	45	Китай	0.77
Залізо	39	Австралія	0.83
Хром	38	ПАР	0.84
Цинк	33	Китай	0.89
Індій	33		0.89
Нікель	30	Індонезія	0.93
Марганець	29	ПАР	0.94
Мідь	28	Чилі	0.95
Титан	27	Китай	0.96
Срібло	23	Мексика	1.00

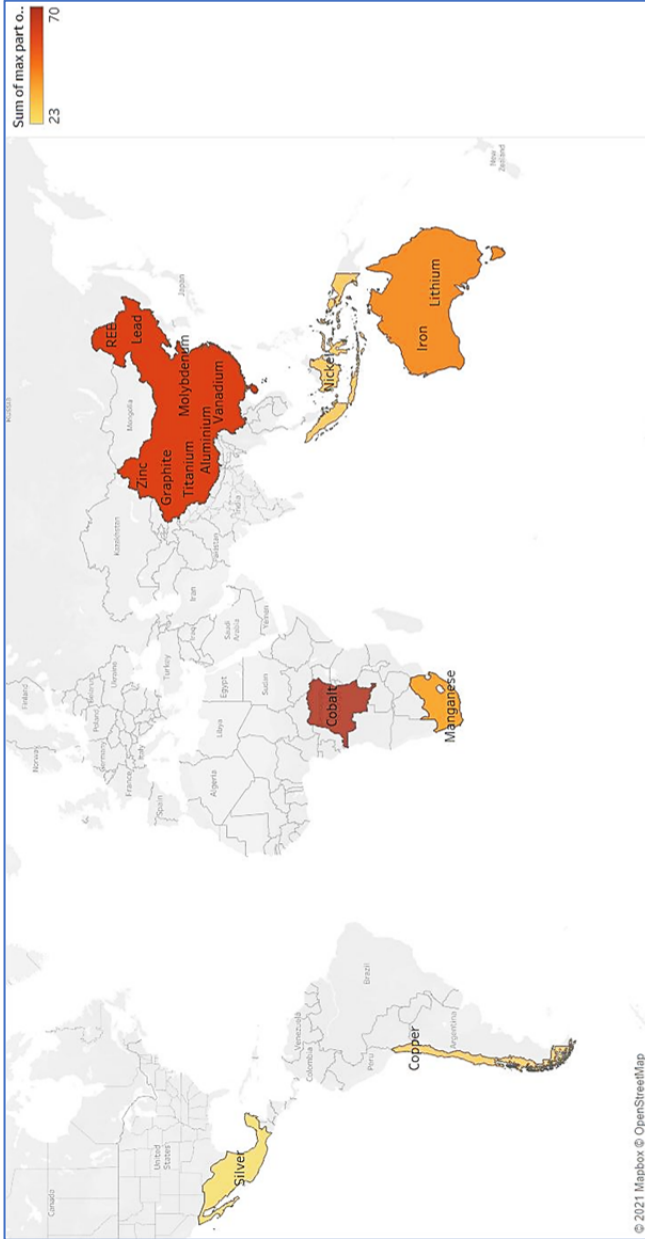


Рис.2.8. Просторовий розподіл товарів із значною часткою річного світового виробництва, зосередженим у певній країні.

Ранжування металів за розповсюдженістю в земній корі, ступенем вторинної переробки та наявністю заміників. Для індексів доступності 8-10 були використані оцінки Геологічної Служби Великобританії [www.bgs.ac.uk] (таблиці 2.9, 2.10).

Таблиця 2.9

Ранжування корисних копалин за розповсюдженістю елемента в земній корі

Корисна копалина	Розповсюдженість у земній корі, г/т [www.bgs.ac.uk]	Log10 (розповсюдженості у земній корі)	Індекс доступності, ІА 8
Алюміній	84149	4.93	1.00
Залізо	52157	4.72	0.98
Титан	4136	3.62	0.89
Марганець	774	2.89	0.84
Графіт	200	2.30	0.79
Ванадій	138	2.14	0.78
Хром	135	2.13	0.77
Цинк	72	1.86	0.75
Мідь	27	1.43	0.72
Кобальт	26.6	1.42	0.72
Нікель	26.6	1.42	0.72
Літій	16	1.20	0.70
Свинець	11	1.04	0.69
Молібден	0.8	-0.10	0.60
Неодим	0.3	-0.52	0.56
Срібло	0.055	-1.26	0.50
Індій	0.052	-1.28	0.50

Таблиця 2.10

Ранжування корисних копалин за рівнем спроможності до заміни та ступенем вторинної переробки

Корисна копалина	Рівень спроможності до заміни іншим матеріалом [www.bgs.ac.uk/]	Індекс доступності, ІА 10	Ступінь вторинної переробки у відсотках [www.bgs.ac.uk]	Індекс доступності, ІА 9
Цинк	Низький	1	30+	1
Срібло	Низький	1	30+	1
Мідь	Низький	1	30+	1
Індій	Низький	1	10-	0.5
Ванадій	Низький	1	10-	0.5
Титан	Середній	0.75	30+	1
Кобальт	Середній	0.75	30+	1
Алюміній	Середній	0.75	30+	1
Залізо	Середній	0.75	30+	1
Нікель	Високий	0.5	30+	1
Свинець	Невідомий	0.5	30+	1
Марганець	Високий	0.5	30+	1
Хром	Високий	0.5	30+	1
Молібден	Високий	0.5	10..30	0.75
Неодим	Високий	0.5	10-	0.5
Графіт	Невідомий	0.5		0.5
Літій	Високий	0.5	10-	0.5

Визначення інтегрального індексу доступності. Для розрахунку інтегральної оцінки визначених індексів доступності були використані два базові сценарії: повністю незалежні змінні та частково залежні змінні.

Сценарій 1. Для першого сценарію були використані перші 7 індексів, як обов'язкові та повністю незалежні частини успішної системи попит – пропозиція. Оскільки не було жодних суттєвих критеріїв для оцінки ваги кожного індексу доступності,

інтегральний бал шансу успіху був оцінений як добуток усіх доступних параметрів:

$$I_{availability}^{total} = \prod_{k=1}^7 I_{availability}^k \quad (2.5)$$

де позначення такі самі, як у (2.1).

Цей підхід має деякі недоліки, пов'язані з очевидними зв'язками між деякими з параметрів. Однак регресійний аналіз показаний на графіку розсіяння не продемонстрували жодної суттєвої кореляції між параметрами. Крім того, у нас не вистачало даних щодо запасів індію та неодиму (таблиця 2.2), що змусило виключати один індекс у формулі (2.5) або замінити значення відсутніх значень на 1,0. Звичайно, це зміщує остаточну інтегральну оцінку, описану нижче.

Індекс загальної доступності розраховувався як добуток 7 визначених індексів (таблиці 2.2–2.8) та всебічно враховував ризик обмеженості доступу до запасів корисних копалин. Результат наведено в таблиці 2.11, де зелений колір говорить про високу доступність, червоний – про низьку.

Найнижчі значення індексу доступності (до 0,15) розраховані для кобальту, графіту та літію, які є ключовими елементами для виробництва акумуляторів. Це є наслідком значного збільшення попиту на зелену енергетику та високу концентрацію видобувної діяльності в одному регіоні. Низькі індекси (до 0,20) були отримані також для нікелю, хрому та заліза. Для перших двох, найбільший вплив матиме обмеженість в розвіданих та підготовлених для видобутку запасів.

Періоди доступності запасів металів розраховувались з урахуванням поточного та прогнозованого попиту. Ці періоди для Ni та Cr складають відповідно 13 та 17 років, що менше, ніж оптимальний термін роботи одного великого гірничодобувного об'єкта. Враховуючи, що виведення нового об'єкта на заплановані проектні потужності триває від 4 до 7 років, група корисних копалин (кобальт, хром, срібло цинк, свинець, нікель) з із тривалістю періоду менше 20 років є найбільш ризикованою. Критична потреба у таких металах, як залізо, мідь, алюміній, пов'язана з їх величезними обсягами використання й в інших традиційних галузях промисловості, але для заліза найбільш критичним фактором є виснаження високоякісних руд.

Таблиця 2.11

Загальний індекс доступності за корисними копалинами

Корисна копалина	Індекс доступності							Загальний Індекс доступності
	1	2	3	4	5	6	7	
Алюміній	0.63	0.99	0.72	0.89	0.83	1.00	0.64	0.21
Хром	0.98	1.00	0.61	1.00	0.52	0.67	0.84	0.17
Кобальт	0.96	0.53	0.83	0.99	0.50	1.00	0.50	0.11
Мідь	0.91	0.99	0.50	0.99	0.66	1.00	0.95	0.28
Графіт	0.70	0.50	1.00	0.95	0.69	1.00	0.56	0.13
Індій	1.00	0.77	0.94	1.00	1.00	0.83	0.89	0.54
Залізо	0.50	1.00	0.94	0.50	0.80	1.00	0.83	0.16
Свинець	0.95	0.98	0.78	1.00	0.54	1.00	0.74	0.29
Літій	0.97	0.51	1.00	1.00	0.64	0.67	0.66	0.14
Марганець	0.95	1.00	0.67	1.00	0.66	1.00	0.94	0.39
Молібден	1.00	0.99	0.61	1.00	0.74	0.92	0.77	0.31
Неодим	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	0.67	0.53	0.34
Нікель	0.85	0.90	0.56	0.97	0.54	0.92	0.93	0.19
Срібло	1.00	0.94	0.89	0.99	0.52	1.00	1.00	0.43
Титан	1.00	1.00	0.72	1.00	1.00	1.00	0.96	0.69
Ванадій	0.99	0.81	0.89	0.99	0.98	0.50	0.66	0.23
Цинк	1.00	1.00	0.78	0.99	0.55	1.00	0.89	0.38

Титан та індій мають найвищі показники доступності. Перший – завдяки незначному зростанню попиту, достатньої кількості ресурсів, а також легким процесам видобутку та переробки. Водночас, результати розрахунків відносно індію можна вважати недостатньо точними. Це обумовлено, тим фактом, що найчастіше індій отримують із сфалериту цинк-сульфідної руди, проте у вихідних матеріалах дослідження відсутні систематичні дані про запаси індію та його видобуток.

Сценарій 2. У сценарії 2 використано компромісний підхід між моделями, що керовані даними та експертною оцінкою. Вплив різних індексів можна згрупувати за видами ризику (ризик пропозиції, ризик попиту, технологічні ризики, ризики захисту навколишнього середовища та ризик геополітики). Відносини між групами були оцінені як ймовірно слабші, ніж у групах. Для оцінки інтегральної ймовірності успіху такої системи попит-пропозиція, була використана модель нечіткої логіки. Розроблена трьохетапна модель, що містить групування параметрів за допомогою операторів нечіткої логіки (рисунк 2.9).

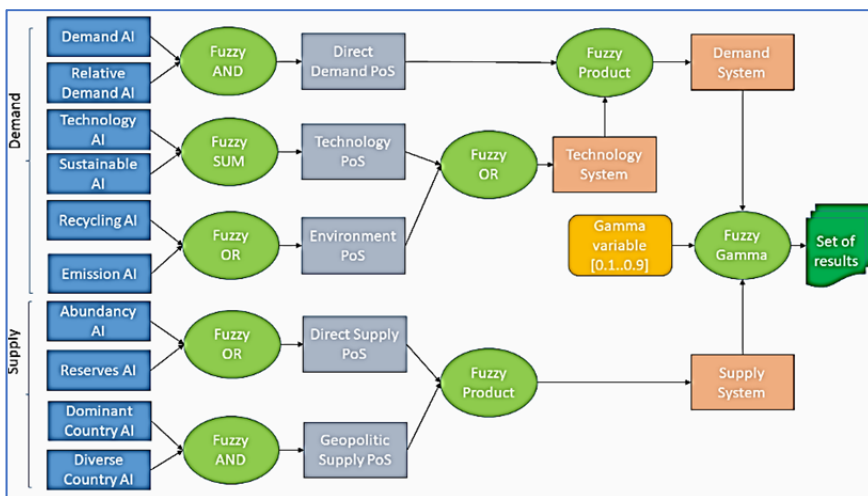


Рис. 2.9. Десятифакторна модель Нечіткої логіки для сценарію.

Нечітка логіка дозволяє оперувати не бінарними оцінками параметрами, а ймовірнісними оцінками за наступними правилами:

Оператор Нечітке АБО (Fuzzy OR) обчислюється як:

$$\mu_{OR} = \max(\mu_1, \mu_2, \dots) \quad (2.6)$$

де μ_i – вхідні дані.

Оператор Нечітке ТАК (Fuzzy AND) обчислюється як:

$$\mu_{OR} = \min(\mu_1, \mu_2, \dots) \quad (2.7)$$

де μ_i – вхідні дані.

Нечіткий ДОБУТОК (Fuzzy PRODUCT) обчислюється як:

$$\mu_{PRODUCT} = \mu_1 \times \mu_2 \times \dots \quad (2.8)$$

Нечітка СУМА (Fuzzy SUM) обчислюється як:

$$\mu_{SUM} = 1 - [(1 - \mu_1) \times (1 - \mu_2) \times \dots] \quad (2.9)$$

Специфічний оператор Нечітка ГАММА є поєднанням операторів нечітких суми та добутку із ваговим фактором, що дозволяє зміщувати баланс між двома частинами оператора:

$$\mu_{GAMMA} = [(\mu_{SUM})^\gamma \times (\mu_{PRODUCT})^{(1-\gamma)}] \quad (2.10)$$

1. Групування індексів доступності та оцінка названих проміжних параметрів: «Ймовірність успіху прямого попиту (Direct Demand PoS)», «Ймовірність успіху технологій (Technology PoS)», «Ймовірність успіху захисту навколишнього середовища (Environment PoS)», «Ймовірність успіху прямого постачання (Direct Supply PoS)», та «Ймовірність успіху геополітична (Geopolitics PoS)» за допомогою наступних нечітких операторів:

- Нечітке ТАК для попиту та геополітики (результат береться по найнижчому шансу успіху з двох параметрів);
- Нечітке АБО для параметрів постачання та навколишнього середовища (результат обирається по найвищому шансу успіху з двох параметрів);
- Нечітка СУМА для технологій (результат фактично є добутком ризиків розвитку нових технологій та спроможності до заміни іншим матеріалом).

2. Другий проміжний рівень поєднує результати попереднього рівня і дозволяє оцінити «Систему постачання (Supply system)» як нечіткий добуток прямого постачання та геополітичних ймовірностей успіху. Для оцінки «Система попиту (Demand System)» спочатку формується оцінка «Система технологій (Technology System)» – як нечітке АБО з ймовірностей успіху розв'язання питань технологій та захисту навколишнього середовища. Ця оцінка поєднується через нечіткий добуток з ймовірністю успіху прямого попиту.

3. Остаточна оцінка балансу між системами попиту та постачання здійснюється за допомогою нечіткого оператора гамма, де гамма – це змінна, яка впливає на вагу кожної системи в кінцевому результаті. Здійснювався розрахунок 9 моделей, отриманих з гамма-

діапазоном від 0,1 до 0,9 з кроком 0,1. Цей фактор можна інтерпретувати як вибір між «найгіршим» сценарієм, коли збільшення ризиків в одній системі «погіршує» роботу всієї системи попиту-постачання і «кращим» сценарієм, коли у відповідь на виклик від однієї системи знаходяться альтернативні шляхи в іншій.

Для вхідних даних із сценарію 1 (7 параметрів замість 10) була отримана спрощена модель (рис. 2.10), її результати і порівняння зі сценарієм 1 (табл. 2.12) опубліковані в [150]. Для десятифакторної оцінки результати наведені в таблицях 2.13-2.14. Для порівняльного аналізу використовували дані Британської геологічної Служби [www.bgs.ac.uk] та Світового Банку [118] (таблиця 2.15).

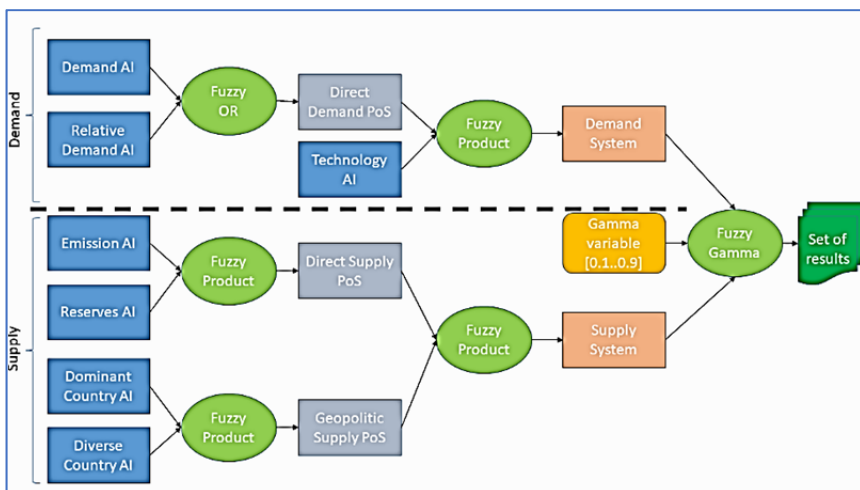


Рис.2.10. Семифакторна модель Нечіткої логіки для сценарію 2

Ці класифікації можуть бути деталізовані регіонально та локально для кожної країни. Наприклад для України показники наявності запасів титану та заліза можуть бути набагато кращими за глобальні. При використанні таких інструментів для окремих країн, список показників слід доповнити тими, що імпортуються у великих кількостях. Тут основним ризиком будуть недиверсифіковані поставки з одного джерела, з однієї країни.

Показники соціально-економічного значення, а також нормативні обмеження для видобутку та переробки сировини, особливо

актуальні. Соціальні наслідки, що виникають внаслідок традиційної гірничої ділової практики, можуть бути значно компенсовані аспектами дефіциту корисних копалин. Відсутність постачання корисних копалин та ризику їх геополітичного забезпечення призводять до підвищення цін, що, у свою чергу, змушує використовувати технології розумного видобутку. Наявність розумних технологій та обізнаність про дефіцит корисних копалин для стратегічних галузей дозволив відновити геологічну розвідку та видобуток корисних копалин, навіть у регіонах, де вони були законсервовані.

Таблиця 2.12
 Результати порівняння результатів для сценарію 1 та 2
 (семифакторна модель)

Корисна копалина	Сценарій 2			Загальний індекс доступності (Сценарій 1)	Різниця між Сценарій 2 ($\gamma = 0.1$) та Сценарій 1
	$\gamma = 0.1$	$\gamma = 0.9$	різниця		
Алюміній	0,37	0,77	0,41	0,21	0,16
Хром	0,20	0,63	0,42	0,17	0,03
Кобальт	0,23	0,73	0,50	0,11	0,12
Мідь	0,34	0,73	0,40	0,28	0,06
Графіт	0,29	0,72	0,43	0,13	0,16
Індій	0,73	0,95	0,23	0,54	0,19
Залізо	0,35	0,86	0,51	0,16	0,19
Свинець	0,34	0,77	0,43	0,29	0,05
Літій	0,31	0,86	0,55	0,14	0,17
Марганець	0,44	0,81	0,37	0,39	0,05
Молибден	0,35	0,74	0,39	0,31	0,03
Неодим	0,39	0,90	0,51	0,34	0,05
Нікель	0,25	0,64	0,39	0,19	0,06
Срібло	0,49	0,88	0,39	0,43	0,06
Титан	0,72	0,95	0,24	0,69	0,03
Ванадій	0,32	0,82	0,50	0,23	0,09
Цинк	0,41	0,81	0,40	0,38	0,03

Таблиця 2.13

Результати розрахунку за 10-факторною моделлю (Етап 1)

Корисна копалина	Direct Demand PoS	Technology PoS	Environment PoS	Geopolitics PoS	Direct Supply PoS
Залізо	0.50	0.69	1.00	0.83	0.98
Алюміній	0.63	0.47	1.00	0.64	1.00
Графіт	0.50	0.50	0.95	0.56	0.79
Нікель	0.85	0.06	1.00	0.92	0.72
Мідь	0.91	0.50	1.00	0.95	0.72
Свинець	0.95	0.28	1.00	0.74	0.69
Марганець	0.95	0.17	1.00	0.94	0.84
Кобальт	0.53	0.58	1.00	0.50	0.72
Літій	0.51	0.50	1.00	0.66	0.70
Хром	0.98	0.11	1.00	0.67	0.77
Ванадій	0.81	0.89	0.99	0.50	0.98
Молібден	0.99	0.11	1.00	0.77	0.74
Срібло	0.94	0.89	1.00	1.00	0.52
Неодим	0.96	0.50	1.00	0.53	1.00
Титан	1.00	0.47	1.00	0.96	1.00
Індій	0.77	0.94	1.00	0.83	0.50
Цинк	0.78	0.78	1.00	0.89	0.75

Таблиця 2.14

Результати розрахунку за 10-факторною моделлю (Етапи 2-3)

Корисна копалина	Supply System	Technology System	Demand System	Нечітка Сума (Етап 3)	Нечіткий Добуток (Етап 3)	Нечітка Гамма = 0,1
Залізо	0.82	1.00	0.50	0.91	0.41	0.44
Алюміній	0.64	1.00	0.63	0.87	0.40	0.44
Графіт	0.44	0.95	0.48	0.71	0.21	0.24
Нікель	0.66	1.00	0.85	0.95	0.56	0.59
Мідь	0.68	1.00	0.91	0.97	0.62	0.65
Свинець	0.51	1.00	0.95	0.97	0.49	0.52
Марганець	0.78	1.00	0.95	0.99	0.75	0.77
Кобальт	0.36	1.00	0.53	0.70	0.19	0.22
Літій	0.46	1.00	0.50	0.73	0.23	0.26
Хром	0.52	1.00	0.98	0.99	0.50	0.54
Ванадій	0.49	0.99	0.80	0.90	0.39	0.43
Молібден	0.56	1.00	0.99	1.00	0.56	0.59
Срібло	0.52	1.00	0.94	0.97	0.49	0.53
Неодим	0.53	1.00	0.96	0.98	0.51	0.55
Титан	0.96	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96
Індій	0.42	1.00	0.77	0.86	0.32	0.35
Цинк	0.67	1.00	0.78	0.93	0.53	0.56

Таблиця 2.15

Дані Британської геологічної Служби та Світового Банку

Корисна копалина	Дані Світового Банку [118]			Дані Британської геологічної Служби [www.bgs.ac.uk]		
	Cross-cutting minerals	Demand Rank	Demand Risk Category	Relative supply risk	Концен- трація вироб- ництва	Роз- поділ запасів
Залізо	Cross-cutting minerals	1	High- impact minerals	5.2	41	21
Алюміній	Cross-cutting minerals	1	High- impact minerals	4.8	31	26
Графіт	No cross- cutting	1	High- impact minerals	4.5	46	28
Нікель	Cross-cutting minerals	1	Low-to- high impact	6.2	17	36
Мідь	Cross-cutting minerals	1	Low-to- high impact	4.3	34	28
Свинець	Cross-cutting minerals	2	Low-to- high impact	6.2	44	34
Марганець	Cross-cutting minerals	2	Low-to- high impact	5.7	33	24
Кобальт	No cross- cutting	2	High- impact minerals	7.6	67	45
Літій	No cross- cutting	2	High- impact minerals	6.7	62	58
Хром	Cross-cutting minerals	2	Low-to- high impact	6.2	37	46

Продовження таблиці 2.15

Корисна копалина	Дані Світового Банку [118]			Дані Британської геологічної Служби [www.bgs.ac.uk]		
	Cross-cutting minerals	Demand Rank	Demand Risk Category	Relative supply risk	Концентрація виробництва	Розподіл запасів
Ванадій	No cross-cutting	2	Medium-impact minerals	6.7	34	36
Молибден	Cross-cutting minerals	3	Low-to-high impact	8.6	40	43
Срібло	No cross-cutting	3	Medium-impact minerals	6.2	19	23
Неодим	No cross-cutting	3	Medium-impact minerals	9.5	97	50
Титан	No cross-cutting	3	Medium-impact minerals	4.8	21	29
Індій	No cross-cutting	3	Medium-impact minerals	7.6	53	
Цинк	No cross-cutting	0	Medium-impact minerals	4.8	30	22

Сценарій 1 є більш консервативним і реалізує статистичну модель, керовану даними, за допомогою найнижчого рівня ймовірності успіху. Сценарій 2 представляє більш гнучку комбінацію підходів. Основна ідея оцінки за допомогою нечіткої логіки – показати низку потенційних змін у балансі між попитом та постачанням. Є багато факторів, які можуть суттєво змінити глобальний баланс: не лише поточна глобальна пандемія COVID-19, але і зростання попиту на енергію за рахунок прихованого видобутку криптовалют (включаючи високий попит за високоякісні електронні чіпи), політичні коливання у питанні клімату Землі, інші

типи енергії на регіональному рівні тощо. Окремо слід зазначити наявність альтернативи у вигляді ядерної енергетики. Це лише одна галузь, де значні шанси, що науковий прогрес (наприклад, малі ядерні (уранові чи торієві) реактори, натрієві реактори тощо) можливий і реалістичний у прогнозований період. Це може змінити розвиток технологій і відповідно гірничу галузь у всьому світі.

Набір нечітких моделей загалом показує, що система постачання є більш важливою для успіху. Модель з гаммою = 0,1 показує аналогічну оцінку, як у сценарії 1, але дещо більш оптимістична щодо заліза, алюмінію, літію, графіту та індію. Модель домінування ризику попиту з гаммою = 0,9 показує найбільш позитивну оцінку успіху (усі бали перевищують 0,6). Але варто зауважити, що хром і нікель має найнижчі показники через участь у великій кількості технологій в поєднанні з відносно ризикованою пропозицією. Мідь, молібден та марганець можуть компенсувати високі ризики попиту достатньою пропозицією. Зміни в балансі попиту та постачання з будь-якої причини, впливатимуть на різні метали по-різному (рис.2.11, 2.12). Найбільш нестабільна група відповідно до цієї оцінки складається із кобальту, літію, РЗЕ і чорних металів (заліза та ванадію).

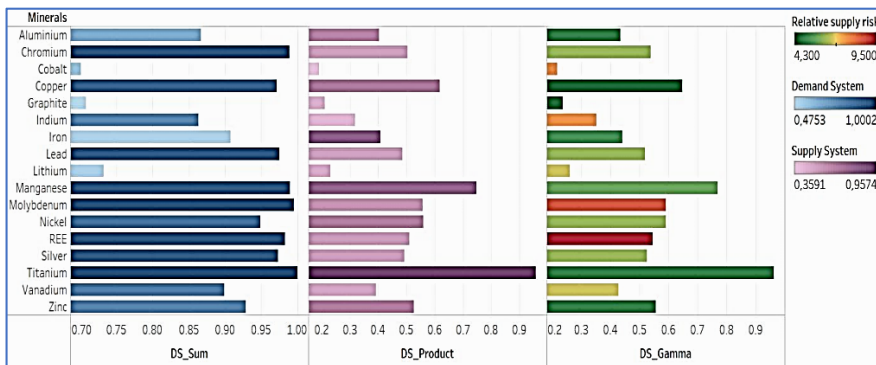


Рис. 2.11. Результати обчислення третього етапу 10-факторної моделі для сценарію 2. Нечітка гамма наведена для гамма = 0,1. Кольорова шкала (зелений-жовтий-зелений) відповідає відносному ризику постачання за даними (табл. 2.15)

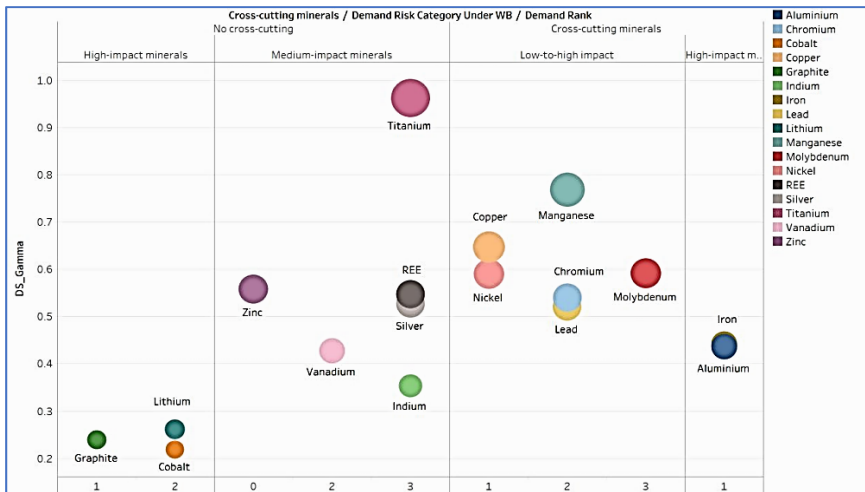


Рис. 2.12. Результати порівняння 10-факторної моделі для сценарію 2 з даними Світового Банку (табл. 2.15) [118]. Нечітка гамма наведена для гамма = 0,1

Загалом, якщо порівняти лише успіх нашої системи постачання з ризиками постачання BGS, оцінки будуть відносно близькими, незважаючи на відмінності у методах та вхідних параметрах. Але результати для повної системи попиту та пропозиції для деяких товарів суттєво різняться:

1) Є 3 корисні копалини (кобальт, літій і графіт), які мають найбільший ризик, останні два з них потрібні для енергозбереження (акумуляторні технології). Велика ймовірність того, що політика урядів та приватних компаній підтримає будь-які альтернативні технології із заміною цих металів;

2) Високий ризик нестачі індію може бути покритий або за рахунок зміни технологій, або за рахунок зростання запасів;

3) Існують деякі ризики, пов'язані з металами, які використовуються майже у всіх технологіях зеленої енергетики, а також в традиційних напрямках («Cross-cutting minerals», класифікація Світового банку), особливо із залізом та алюмінієм, споживання яких є високим, а виробництво надає сильний вплив на навколишнє середовище.

Ми не будемо зупинятися на українських ресурсах усіх згаданих в таблиці 2.8 металів і мінералів (відомості про них можна знайти у щорічниках ДНВП «Геоінформ України», інформаційному ресурсі цього підприємства, створеного у рамках спільного проекту з Геологічною службою Норвегії у 2020 році, чи нашій монографії [56], а приділимо увагу тільки найбільш перспективним з них, які можуть забезпечити розвиток як експортного потенціалу країни, так і високотехнологічних сфер промисловості. До таких, насамперед, відносяться титан, рідкоземельні елементи (РЗЕ) і графіт.

Титан. В Україні створена потужна сировинна база титану. На території України виявлені та розвідані значні запаси та ресурси титанових руд, що перевищують сумарні запаси титану всіх інших країн світу. Це запаси корінних апатит-ільменітових родовищ, алювіальних континентальних розсипів, давніх морських розсипів рутил-циркон-ільменітового (полімінерального) складу, екзогенних залишкових ільменітових родовищ в корі вивітрювання. В запасах і видобутку титану переважає ільменіт, запаси і видобуток рутилу обмежені. Основні ресурси титану зосереджені в корінних родовищах, хоча видобуток в Україні проводиться тільки з розсипних відкладів.

Державним балансом запасів корисних копалин України «Руди титану» обліковується 25 родовищ, в тому числі. чотири – техногенні. Родовища мають високий ступінь розвідки. На родовищах, що розробляються (розсипні, кора вивітрювання) зосереджено 10,9% від усіх розвіданих запасів титану України.

На базі розсипних родовищ титану діють Іршанський ГЗК (Іршинське, Лемненське, Межирічне родовища) та Вільногірський ГМК (Малишевське родовище). Іршанський ГЗК виробляє ільменітовий концентрат, який використовується для виробництва пігментного титану сірчаноокислотним способом, в меншій мірі – для виробництва титанової губки. На Вільногірському комбінаті виробляють ільменітовий, рутиловий концентрати. Ільменітовий концентрат Малишевського родовища переробляється на титанову губку і частково використовується для одержання штучного рутилу. На комбінаті є установка для рутилізації ільменіту (одержання штучного рутилу). Рутиловий концентрат використовується переважно для покриття зварювальних електродів.

Титан має високу температуру плавлення (1725°) і температуру кипіння (більше 3000°), в нім поєднується легкість з великою міцністю (рівній міцності сталі). Титан дуже стійок до дії кислот і лугів, не піддається тому, що ржавить. Тому металевий титан тепер широко застосовують в реактивних літаках і в інших областях новітньої техніки. Двоокис титану використовується для виготовлення високоякісних білил, лаків, емалей, водонепроникних матеріалів. Титан йде в якості добавки для отримання надміцних сталей.

Головну сировиною для титанової промисловості є мінерали рутил, ільменіт і титаномагнетит. Більшість найбільш важливих родовищ титану пов'язана з глибинними магматичними породами (габро та ін.) і з розсипами, що утворилися за рахунок їх руйнування.

Історичний максимум виробництва титанової сировини в Україні припадає на 2008 р., коли об'єми його видобутку склали не менше 414 тис. тонн TiO_2 . По співвідношенню «запаси/річний видобуток» в 2008 м. Україна стала світовим лідером, істотно випередивши наступні за нею Китай, Бразилію і Індію [76].

Рідкоземельні елементи (РЗЕ). В Україні відомі родовища як традиційних типів, пов'язані з карбонатами (Новополтавське) і маріуполітами (Жовтневе), так і нетрадиційних: багаті цирконієві і рідкоземельно-цирконієві руди безнефелінових сієнітів (Азовське та Ястребецьке) [53]. Крім того, в Приазов'ї знаходиться прояв багатих руд церієвої групи (Петрово-Гнутовське), складене паризитом, кальцитом і флюоритом. Характер розподілу рідкісних земель в породах Українського щита (УЩ) детально розглянуто в роботі [54], де показано, що накопичення легких лантанодів в його породах пов'язано з карбонатним метасоматозом, а ітрію і важких лантанодів – з процесами калієвого метасоматозу і грейзенізації.

Особливий інтерес представляють карбонатити Новополтавського, Малотерсянського і Жовтневого масивів, лужні метасоматити Суцано-Пержанської зони. По зв'язку з типами порід ендегенна рідкоземельна мінералізація може бути: 1) цирконій-торій-рідкоземельною в гранітах, сієнітах і пегматитах (Миколаївське і Сабарівське родовища Придніпров'я, Ястребецьке – Полісся, Успенський прояв Приазов'я); 2) ітрій-рідкоземельно-цирконієвою і церій-лантановою в лужних сієнітах (Азовське, Анадольське,

Петрово-Гнугівське родовища Приазов'я); 3) уран-торій-ітрій-рідкоземельною в калієвих і натрієвих метасоматитах (Лозуватське, Калинівське, Південне родовища Кіровоградського УРР, родовище Балка Корабельна). Руди більшості родовищ України належать до бідних, і саме з цим пов'язані труднощі їх експлуатації.

За даними [<http://minerals-ua.info/stan-zapasiv.php>] станом на 01.01.2019 року на державному балансі обліковувались запаси трьох родовищ – Новопоплавського, Азовського та Яструбецького (табл. 2.16). Всі родовища є комплексними.

Таблиця 2.16

Руди рідкісних металів

Корисна копалина	Одиниця виміру (запаси)	Кількість родовищ		Запаси станом на 01.01.2019			
		Всього	Що розробляються	Балансові, всього		Балансові, у розробці	
				A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁	C ₂
Ванадій	Руда, тис. т	13	6	5527,3	995,2		
	Руда/пісок, тис м ³			219888,9	14407,2	202133,9	
	V ₂ O ₅ , Nb с/п			15,50	322,18		256,75
Стронцій	Руда, тис. т	1	1	859627,0	95858,0	859627,0	95858,0
	Окис стронцію, тис. т			865,00	87,0	865,0	87,0
Руди гафнію	Пісок, тис.м ³	2	2	208685,9	315624,0	202133,9	
	Оксид гафнію, т			4904,4	11026,8	4476,2	11026,8
Ітрієві лантаноїди	Руда, тис. т	3	1	860524,0	741358,0	859627,0	95858,0
	TR ₂ O ₃ , тис. т			1939,74	291,66	1938,0	274,00

Виділяються чотири найважливіших райони розвитку ендегенної рідкоземельної мінералізації:

1) Подільський, де вона пов'язана з гранітами бердичівського і житомирського комплексів, діоритами і гранодіоритами Звенигородського комплексу;

2) Пержанський рудний вузол з пержанськими гранітами, сієнітами і калієвими метасоматитами з цирконом і бритолітом (Ястребецьке);

3) Криворізький УРР з калієвими і натрієвими метасоматитами, сієнітами корсунь-новомиргородського комплексу;

4) Приазовський – з гранітами і пегматитами салтичанського, анадольського (Анадольське), кам'яногогильського комплексів, карбонатитами чернігівського (Новополтавське), сієнітами південнокальчинського комплексу (Азовське).

Крім ендегенної, відомі прояви рідкоземельної мінералізації, пов'язаної з корою вивітрювання, а також монацит-вмісні розсипи (Волино-Подільський і Приазовський р-ни).

Унікальні властивості рідкоземельних металів (РЗМ) дозволяють використовувати їх в різних сферах сучасної промисловості, особливо в наукомістких [67]. Сьогодні до рідкоземельних металів відносять 16 елементів Періодичної таблиці Менделєєва, у тому числі 15 лантаноїдів і ітрій. Всього відомо близько 70 власне рідкоземельних мінералів і ще близько 200 мінералів, в які ці елементи входять як домішки. Усі рідкоземельні елементи були відкриті у формі оксидів (до отримання вільних металів іноді проходили десятиліття). Оксиди багатьох металів здавна називали землями. «Рідкісні землі» до того ж нечасто зустрічалися в природі – звідси і назва. Сама структура періодичної системи підказувала, що їх кількість має бути обмеженою: між барієм і танталом може існувати приблизно п'ятнадцять цих, дуже схожих один на одного елементів.

Основні промислові типи родовищ РЗМ за кордоном – бастнезитові карбонатити і розсипи з монацитом і ксенотимом, рідше – глинисті кори вивітрювання гранітів з РЗМ, сорбованими в іонній формі. Зміст оксидів РЗМ в цих мінералах складає: в лопариті – 30-35%, у бастнезиті – 70-75%, в монациті – 55-60%, в ксенотимі – 55-62%.

Неподілені елементи застосовуються в таких сферах, як виробництво скла, нафтопереробка і нафтохімія (каталізатори для крекінгу нафти, присадки в дизельне паливо та ін.), металургія, виробництво металу для акумуляторних батарей, що перезаряджаються, полірувальних порошків.

Індивідуальні елементи використовуються у виробництві каталітичних фільтрів-нейтралізаторів вихлопних газів автомобілів (церій), магнітів (самарій і неодим), люмінофорів, керамічних конденсаторів (лантан, неодим). Крім того, РЗМ використовуються в електроніці, а також при вирощуванні кристалів і для багатьох інших цілей (ітрій, європій, диспрозій, ербій, тербій і гадоліній).

Церій – головний компонент пірофорного сплаву, з якого виготовляють кремній для запальничок. Окрім церію, до його складу входять інші рідкоземельні метали, а також залізо. Той же сплав працює в трасуючих снарядах і кулях

РЗМ в металургії використовуються для отримання особливих сортів чавуну, сталі і сплавів кольорових металів (добавки РЗМ підвищують якість металургійної продукції, покращують їх властивості, зокрема удароміцність, в'язкість і корозійну стійкість). Такі матеріали знаходять застосування в першу чергу у ВПК і авіаційно-космічній галузі.

У сучасній техніці широко використовується здатність церію (як і інших лантаноїдів) покращувати властивості сплавів на основі заліза, магнію, алюмінію, міді, ніобію, титану. Легування конструкційних марок сталі церієм значно підвищує їх міцність. Малі добавки церію очищають сталь від шкідливих неметалічних включень, передусім, сірки і газів. З 1954 р. в якості легуючої добавки в сталь почали вводити мікроприсадки оксидів і інших з'єднань рідкоземельних металів, оскільки вони дешевші, ніж самі метали.

Лігатури з РЗМ застосовуються при виробництві сталі для виготовлення магістральних нафтогазопроводів, працюючих в умовах півночі. У сталі утворюються включення сульфідів і оксисульфідів РЗМ, які не деформуються, що зумовлює постійність властивостей в подовжньому і поперечному напрямках і підвищує надійність металовиробів. При обробці литої сталі комплексними сплавами з РЗМ відзначається підвищення пластичності, ударній

в'язкості, зниження порогу холодноламкості до мінус 60-70 градусів Цельсія.

Застосування РЗМ ефективно для марок зварюваної сталі, що характеризуються в області шва поєднанням литої і деформованої структури і схильних до шаруватого розтріскування. Модифікований РЗМ чавун з кулястим графітом по межі міцності в два-три рази перевершує сірий чавун.

Неодим позитивно впливає на властивості магнієвих, алюмінієвих і титанових сплавів. У Росії створені високоміцні магнієві сплави, леговані неодимом і цирконієм. Межа тривалої міцності при підвищених температурах у них набагато більше, ніж у магнієвих сплавів, легованих іншими елементами. Алюміній, легований неодимом, хімічно взаємодіє з ним. Утворюються з'єднання складу $NdAl_4$ і $NdAl_2$. У результаті п'ятивідсоткова добавка неодиму удвічі збільшує межу міцності алюмінію (з 5 до 10 кг/мм²). У багато разів зростає твердість сплаву. Подібним же чином неодим діє і на властивості титану. Добавка 1,2 % церію збільшує межу міцності титану з 32 до 38-40 кг/мм², а приблизно така ж добавка неодиму – до 48-50 кг/мм².

Практичне застосування ітербію обмежене деякими спеціальними сплавами, в основному на алюмінієвій основі. Крім того, суміш оксидів ітербію і ітрію додають у вогнетриву на основі двоокису цирконію. Це стабілізує властивості вогнетривів.

Усе перераховане – далеко не повний перелік прикладів використання РЗМ в металургії. Роботи по використанню РЗМ для поліпшення якості сталі і чавуну ведуться в галузі не один десяток років. У металургії РЗМ використовуються у вигляді лігатур. Створено більше 50 марок сталі і сплавів з використанням РЗМ у вигляді фероцерію і мішметалу, обсяг виробництва яких доки невеликий. Основним чинником, стримуючим застосування РЗМ в чорній металургії, являється нехватка сировини, а також складність і маломасштабність технології отримання фероцерію і мішметалу. Хоча РЗМ мають порівняно високу вартість, дія їх на кінцеву ціну виробу невелика, оскільки вони є присутніми в незначних кількостях. Крім того, якщо раніше вартість РЗМ значно перевищувала вартість таких легуючих елементів, як Со, Мо, V, W та ін., то нині ці значення співставні. Переваги РЗМ перед іншими

легуючими добавками робить економічно вигідними використання саме лігатур на основі РЗМ.

Постійні магніти – важлива галузь застосування РЗМ. Найбільш високі характеристики (коерцитивна сила, залишкова індукція і максимальне енергетичне вироблення) сьогодні мають магніти на основі сплавів Nd-Fe-B і Sm-Co. Магніти випускаються з великою кількістю градацій, щоб охопити широкий діапазон властивостей і сфер застосування. Лідером у виробництві рідкоземельних магнітів останніми роками є Китай.

Магнітні матеріали і виготовлені з них постійні магніти давно вже стали незамінним елементом найрізноманітніших приладів і пристроїв для усіх областей промисловості. Вони відносяться до матеріалів, які «багато в чому визначають науково-технічний прогрес і сучасну технологічну цивілізацію».

У світі проводиться активна популяризація ідеї впровадження стратегії «зеленої енергетики», що ґрунтується на використанні чистих енергетичних технологій, вагомий відсоток виробництва яких складає саме РЗЕ. Збільшення, з кожним роком, попиту на цю сировину є неминуче з огляду на необхідність її застосування у вітроенергетиці, переробці нафти, забезпеченні населення високоефективним освітленням, розробці транспортних засобів нового покоління – тобто усіх сферах націлених на енергозбереження, розвиток низьковуглецевої економіки та зменшення викидів вуглецю в атмосферу (табл. 2.17).

Особливий інтерес протягом наступного десятиліття будуть представляти такі елементи, як неодим, празеодим, диспрозій, лантан та церій. Попит на перші три елемента обумовлюються можливістю отримання дуже потужних і постійних (перманентних) неодимових магнітів, які виступають важливим компонентом конструювання гібридного транспорту, електромобілів і вітроенергетичних турбін. Попит на РЗЕ у світі неухильно зростає (рис. 2.13).

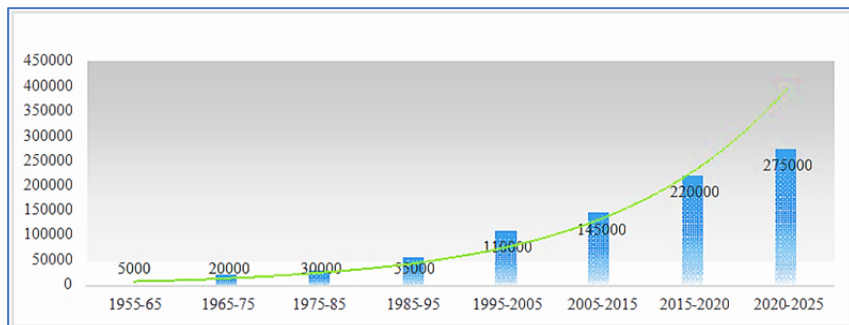


Рис. 2.13. Попит на РЗЕ ($\pm 15-25\%$) тонн за прогнозами Rare Earth Industry Association

Таблиця 2.17

Основні напрямки застосування РЗЕ

Напрямки застосування	РЗЕ
Лазери	Y, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb
Люмінофори (для мобільних телефонів, LEDs та інших пристроїв)	Sc, Y, Eu, Y, Tb, La, Dy, Ce, Pr, Lu
Виробництво магнітів	Nd, Pr, Sm, Td, Dy, Ho
Каталізатори в нафтовій промисловості	La, Ce, Nd, Pr, Lu
Виробництво сплавів	Sc, Yb, Er, Dy, Tb
LaNiH акумулятори	La, Ce, Nd, Pr
Прозорість скла	Ce, La, Nd, Er
Оптоволокно	Er, Y, Tb, Eu
Полірувальні матеріали для моніторів, планшетів, телевізорів, дзеркала (у вигляді наночастинок)	La, Ce, Nd
Автокаталізатори	La, Ce, Nd
Кераміка	Nd

Графіт. У межах Українського кристалічного щита виділяються чотири графітоносні райони: Бердичівський, Побузький, Криворізький і Приазовський, де встановлено біля 100 родовищ та проявів кристалічного графіту, за генезисом віднесених до метаморфічного типу і приурочених до порід архею та протерозою.

Глибина залягання графітових руд становить від 10 до 80 м. Графітовміщуючі породи утворюють пластові і лінзовидні тіла потужністю до 300; протяжність їх від 500 до 1500 м, зрідка до 3,5-5,0 км. Графіт лускуватий з вмістом в рудах від 2,5 до 20% , іноді до 30%. Державним балансом запасів корисних копалин обліковується 6 родовищ графіту, з яких на сьогодні ВАТ «Заваллівський графітовий комбінат» розробляється єдине Заваллівське, розташоване в Кіровоградській області.

Переробка графітових руд в Україні здійснюється в основному на двох підприємствах – Завалівському та Маріупольському графітових комбінатах. Випускається цілий ряд марок графіту для різних галузей промисловості (тигельний, елементний, ливарний, електровугільний, акумуляторний, олівцевий, фрикційно-металокерамічний, пороховий, спеціальний малозольний та ін.). Переважає випуск ливарного, тигельного та елементного графіту, інші марки виробляються в порівняно невеликих кількостях. За якістю графітова продукція підприємств України відповідає світовому рівню і експортується в інші країни.

Графіт використовують в металургії для виготовлення плавильних тиглів і човників, труб, випарників, кристалізаторів, футерувальних плит, чохла для термодар, в якості протипригарної "присипки" і мастила ливарних форм [23]. Він також служить для виготовлення електродів і нагрівальних елементів електричних печей, контактів, що ковзають, для електричних машин, анодів і сіток в ртутних випрямлячах, самозмазуючих підшипників і кілець електромашин (у вигляді суміші з Al, Mg і Pb під назвою «графаллой»), вкладишів для підшипників ковзання, втулок для поршневих штоків, кілець ущільнювачів для насосів і компресорів, як мастило для нагрітих частин машин і установок. Його використовують в атомній техніці у вигляді блоків, втулок, кілець в реакторах, як уповільнювач теплових нейтронів і конструкційний матеріал (для цих цілей застосовують чистий графіт зі змістом домішок не більше 10-2 % по масі), в ракетній техніці – для

виготовлення сопел ракетних двигунів, деталей зовнішнього і внутрішнього теплозахисту і інші, в хімічному машинобудуванні – для виготовлення теплообмінників, трубопроводів, замочної арматури, деталей відцентрових насосів та ін. для роботи з активними середовищами. Графіт використовують також як наповнювач пластмас, компонент складів для виготовлення стержнів для олівців, при отриманні алмазів. Пірографіт наноситься у вигляді покриття на частки ядерного палива.

Звичайні графітні мастила призначені для вузлів тертя навантажених механізмів (різбових з'єднань, відкритих зубчастих передач, ходових гвинтів, домкратів, підвісок машин і тому подібне). Ці мастила працездатні в температурному діапазоні від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$. Сьогодні випускаються високотехнологічні мастила зі змістом графіту, які по своїм характеристикам багато в чому перевершують звичайні графітні мастила. Вони використовуються у важконавантажених механізмах, працездатні в температурному діапазоні від -30°C до $+150^{\circ}\text{C}$ і є довготривалими мастилами.

Ще декілька десятиліть тому були відомі три основні алотропних форми вуглецю : алмаз, графіт і карбін. Проте останнім часом були відкриті нові модифікації вуглецю, що мають унікальні властивості, – фуллерени і вуглецеві нанотрубки.

Міцні шари вуглецю в графіті, слабо пов'язані між собою в кристалічній решітці, визначає специфічні властивості графіту: низьку твердість і здатність легко розшаровуватися на найдрібніші лусочки.

У карбіні спостерігається лінійне розташування атомів, у вигляді ланцюжків. Він підрозділяється на дві модифікації: з кумульованими зв'язками $=\text{Z}=\text{Z}=\text{Z}=\text{}$ і полііновими – $\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}$ -зв'язками. Відомі і інші форми вуглецю, такі як аморфний вуглець, білий вуглець (чаоїт). Але усі ці форми є композитами, тобто сумішшю малих фрагментів графіту і алмазу.

Алмаз і графіт, відомі людству з давніх часів, знайшли широке практичне застосування задовго до розшифрування їх структури. Відносно карбіну і фуллеренів картина зворотна: їх структури встановлені, а сфери застосування можуть доки тільки плануватися на підставі можливих технологічних властивостей.

2.3. Фінансово-економічний механізм екологізації гірничодобувного виробництва

Процес формування екологічної політики в сфері надрокористування охоплює відображення природоохоронних заходів при розробці нормативно-правових документів, які регулюють видобуток корисних копалин, розробку нового економічного механізму використання надр; врахування майбутнього впливу на довкілля на етапі планування політик, планів і програм розвитку гірничодобувного комплексу, в тому числі розробку методики оцінки впливу діяльності гірничодобувних підприємств на довкілля (рис. 2.14).

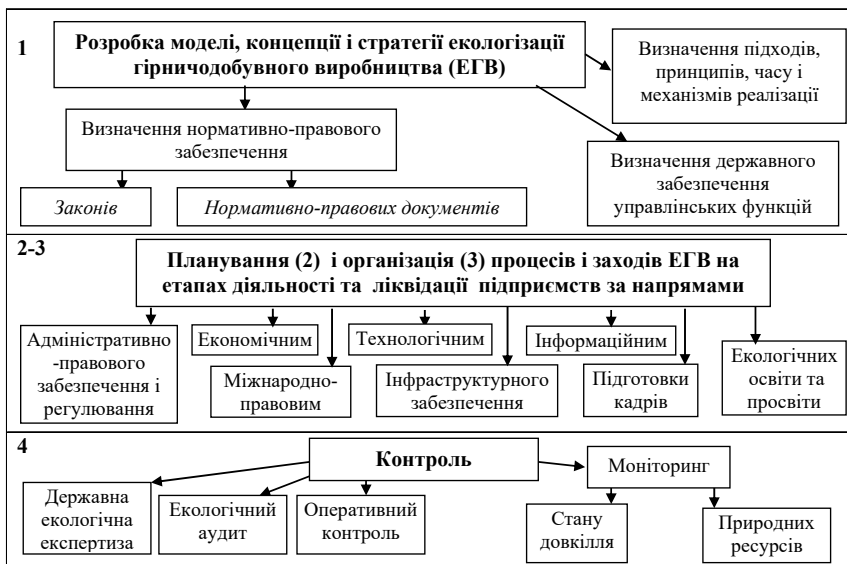


Рис. 2.14. Основні заходи і напрями екологізації сфери надрокористування за напрямками

Сутність процесу екологізації гірничодобувного виробництва полягає в здійсненні інституціональних (взаємозалежних адміністративних, економіко-організаційних, економічних, нормативно-правових та ін.) заходів, спрямованих на зниження негативного впливу видобутку корисних копалин на навколишнє природне

середовище, а також у розширеному відтворенні природних ресурсів шляхом удосконалення технологій гірничодобувного виробництва.

Пріоритетними завданнями регулювання природоохоронної діяльності при видобутку корисних копалин є: гармонізація законодавства України у сфері природоохоронної діяльності з принципами розвитку Європейського Союзу, збалансування правової системи з погляду екологізації видобутку корисних копалин, створення моделі управління природоохоронною діяльністю у гірничій сфері, реформування механізму фінансування природоохоронних заходів, розробка фінансових механізмів ліквідації гірничодобувних підприємств та реабілітації порушених територій, проведення наукових досліджень з метою розробки та впровадження у виробництво новітніх технологій прогнозування, пошуку і розвідки родовищ корисних копалин, прогнозування змін геологічного середовища, оцінювання впливу гірничодобувної діяльності на довкілля, реорганізація природоохоронної діяльності на рівні підприємств, створення сприятливих умов для залучення інвестицій у природоохоронну діяльність та для впровадження інновацій та ін.

Початковим етапом удосконалення інституціонального забезпечення природоохоронної діяльності є його структуризація – метод розподілу на ієрархічні підсистеми й компоненти з врахуванням техніко-економічних та еколого-соціальних фаз розвитку гірничодобувного виробництва (від геолого-розвідувальних робіт до ліквідації) та встановлення між ними зав'язків для забезпечення ефективності управління. Необхідним є удосконалення Податкового кодексу України на основі розробки нового підходу до визначення розміру екологічного податку або впровадження екологічного рентного платежу.

Зменшення забруднення навколишнього природного середовища (НПС) повинно бути вигідним гірничодобувному підприємству до тих пір, поки викликані цим витрати будуть меншими від плати за забруднення. Таким чином, плата за забруднення НПС повинна бути досить високою, виходячи з економічних збитків, які завдаються національному господарству.

Україна стала об'єктом експансії багатьох транснаціональних корпорацій з видобутку корисних копалин, які забруднюють навколишнє природне середовище. Їх діяльність має бути чітко

регламентована в частині додержання екологічних стандартів з умовою реабілітації пошкоджених територій, як під час експлуатації родовища, так по її завершенні. Для українські гірничих компаній крім цього бажано включення до ліцензійних угод умови створення замкнутого циклу (видобуток корисних копалин, їхня переробка, виготовлення продукції та її реалізація). Все це потребує вдосконалення правової бази формування і діяльності гірничих компаній.

В Україні розроблені інституційні основи децентралізації влади. Екологізація гірничодобувного виробництва може стати одним із інституціональних механізмів при децентралізованому управлінні, оскільки значна кількість регіонів в Україні формувалась навколо підприємств гірничодобувної промисловості. Пріоритетними для зміцнення потенціалу регіонального управління в сфері охорони природи мають стати напрями планування розвитку інноваційного економічного механізму екологізації гірничого виробництва. Доцільним буде вдосконалення його нормативно-правової бази та пов'язаних з ним нормативних документів. На даний час значна частина надходжень від сплати екологічного податку надходить до місцевих бюджетів, що є позитивною тенденцією в умовах децентралізації влади. Так, розподіл надходжень зі сплати екологічного податку з 2015 року, згідно Бюджетного кодексу України, відбувається наступним чином: 20 % – до загального фонду Державного бюджету України і 80 % – до місцевих бюджетів. Розподіл надходжень зі сплати екологічного податку в 2014 році відбувався так: 65 % – до державного бюджету України, а 35 % – до місцевих бюджетів. Проте, до адміністративних областей чи міст або селищ знаходять відповідно однакові суми незалежно від обсягів забруднень чи потреб у природоохоронних заходах. Окрім того, немає системи нагромадження коштів (хоча відповідні кошти, у разі необхідності, можна було б покласти на депозит для їх збільшення протягом року на 25 %).

Розвиток економічного механізму ЕГВ для зміцнення потенціалу регіонального управління повинен базуватися на вилученні екологічної ренти, яку на даний час привласнюють природокористувачі, а також гірничої ренти, обліку й вартісної оцінці використаного асиміляційного потенціалу навколишнього природного середовища як основи екологічної ренти. Значну роль має

відігравати участь громадян у вирішенні екологічних проблем гірничопромислових регіонів, попередження правопорушень користувачами надр у сформованих природно-техногенних геосистемах, та ін.

Вирішення проблеми ЕГВ можливо шляхом мінімізації техногенного впливу підприємств гірничої промисловості на природу за допомогою проведення поетапної технологічної трансформації традиційних ресурсномістких технологій у сучасні маловідходні й ресурсозберігаючі, створення замкнутих технологічних циклів з повним використанням добутої сировини й відходів, розвитку ефективних енергозберігаючих технологій, засобів пилогазоочищення викидів, переходу до екологічно безпечних технологій, що мінімізують екологічний ризик і негативний вплив на навколишнє природне середовище.

Одним із пріоритетних напрямків управління ЕГВ має стати впровадження контролінгу – принципово нової концепції управління підприємством (інтегровано-координуючої системи управління підприємством), спрямованої на функціональну підтримку менеджменту компанії, орієнтованої на ефективне використання ресурсів і розвиток підприємства у довгостроковій перспективі, підвищення ефективності фінансових рішень, що забезпечує інформаційно-аналітичну підтримку процесів їх прийняття рішень при управлінні підприємством, стале і тривале існування компанії в постійно змінюваному середовищі.

З розвитком нових форм фінансових відносин в період децентралізації владних повноважень ускладнюється фінансовий механізм реалізації екологізації гірничого виробництва. До основних напрямів модернізації фінансового механізму реалізації ЕГВ належать: удосконалення існуючих фінансових регуляторів та впровадження у практику нових ринкових інструментів (рис. 2.15).

Ефективними інструментами (важелями) фінансового механізму реалізації екологізації ГДВ, які після удосконалення повинні стимулювати господарюючих суб'єктів до раціонального надрокористування, є: *податки* (наприклад, механізм справляння екологічного податку існує, але відповідні ставки податку (за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення; викиди двоокису вуглецю; скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти; розміщення

малонебезпечних нетоксичних відходів гірничодобувної промисловості та ін.) є порівняно незначними. Такий механізм не стимулює надрокористувачів до впровадження безвідходних технологій), *платежі* (в т.ч. вилучення екологічної ренти), *податкові пільги, акцизи, пільгові кредити*, та ін.



Рис. 2.15. Структура фінансового механізму реалізації екологізації гірничодобувного виробництва в умовах децентралізації владних повноважень

Регуляторами також можуть стати фінансові трансферти між господарюючими суб'єктами-забруднювачами навколишнього природного середовища та населенням (через органи місцевого або національного управління), що є актуальним в умовах децентралізації владних повноважень. Доцільне також матеріальне заохочення екологізації виробничої діяльності.

Таким чином, на поліпшення фінансової ефективності підтримки впровадження маловідходних технологій доцільна модернізація та розширення в першу чергу стимулюючих важелів фінансового механізму реалізації екологізації ГДВ в умовах децентралізації владних повноважень.

Організаційно-економічний механізм використання асиміляційного потенціалу екосистем. Трансформації сучасного суспільства, які супроводжуються усвідомленням необхідності відмови від сировинної орієнтації економіки країни, викликають необхідність вирішення екологічних проблем держави та її переходу на шлях збалансованого (адаптивного) природокористування.

Допомогою у цьому можуть бути уявлення про асиміляційні властивості навколишнього природного середовища України (у тому числі її геологічного середовища) та методичні підходи щодо їх оцінки. Цей науковий напрямок виник в результаті ландшафтно-геохімічних досліджень минулого століття, почав швидко розвиватись і набув практичного значення для оцінки еколого-економічних умов територій вже у цьому столітті. Спочатку розглядалися питання забруднення повітря, ґрунтів і поверхневих вод та економічні механізми його регулювання, потім такі підходи були поширені й на верхню частину літосферу – геологічне середовище [4]. Асиміляційні властивості навколишнього природного середовища можна використовувати. Вони інтегровані у такому понятті як асиміляційний потенціал, який розглядається як здатність навколишнього природного середовища до певної межі поглинати небезпечні впливи природних або антропогенних чинників і відновлювати свої якісні характеристики. Асиміляційний потенціал різних територій України відрізняється залежно від їх геологічної будови і фізико-географічних умов, які визначають уразливість біоценозів, умови життєдіяльності населення й інженерний захист споруд в їх межах. Наявність асиміляційних властивостей довкілля підвищує безпеку життєдіяльності населення і дозволяє підприємствам економити на природоохоронних витратах за рахунок попередження частини екологічних збитків.

Відповідно до статті 13 Конституції України природні ресурси, які перебувають у межах території України, є об'єктами права власності Українського народу¹. Це стосується також природних ресурсів з асиміляційними властивостями. З року в рік НПС України погіршується, відбуваються безповоротні втрати асиміляційного потенціалу екосистем (АП екосистем). Так, згідно з даними Державної служби статистики України, викиди діоксиду вуглецю (CO₂) від стаціонарних ГСх джерел збільшуються: у 2018 р.

¹ Логічним висновком з цього є те, що надання у використання окремих природних ресурсів, експлуатація яких дає прибуток (таких як сільсько-господарська земля чи родовища корисних копалин), має бути на орендній основі, а кожний громадянин України має право отримувати на свій рахунок свою частину орендної плати або прибутку від їх експлуатації (ред.).

становили 126378,3 тис. т, у 2017 р. дещо менше – 124217,9 тис. т. Продовжується забруднення водою шкідливими речовинами, що скидаються разом зі зворотними (стічними) водами (так, у 2018 р. скинуто у водойми 16,3 т цинку; у 2017 р. – 13,0 т (менше); у 2018 р. скинуто 4688,0 т фосфатів, у 2017 р. – 4552,0 т.). Велика кількість водних екосистем України вже майже вичерпали свій асиміляційний потенціал і не здатні переробляти забруднюючі речовини.

У 2018 р. всього утворено відходів в Україні – 352333,9 тис. т, а утилізовано (R2-R11) – лише 103658,1 тис. т, тобто 29,42 %. Зібрано, отримано побутових та подібних відходів у 2018 р. – 11857,2 тис. т, а в 2017 р. – менше: 11271,2 тис. т. У 2018 р зібрано побутових відходів на одну особу – 281 кг. Утилізовано побутових та подібних відходів у 2018 р. – 16729,5 т (0,14 % від зібраних побутових відходів), а спалено – 206451,6 т (1,74 %). Загальний обсяг відходів, накопичених протягом експлуатації, у місцях їх видалення на кінець 2018 р. становив 12972428,5 тис. т, а на кінець 2017 р. – 12442168,6 тис. т. Темпи утилізації й переробки відходів відстають від їх утворення, тому постійно зростає техногенне навантаження на екосистеми і зменшується їх асиміляційний потенціал. Доцільно більш інтенсивніше утилізувати відходи.

При цьому одночасно йде зменшення обсягу відповідних капітальних вкладень на екологізацію виробництва. Капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища у 2018 р. склали 10074,3 млн. грн. (у фактичних цінах), що менше, ніж було у 2017 р. – 11025,6 млн. грн. Тобто, при одночасному техногенному навантаженні на екосистеми йде зменшення обсягу відповідних капітальних вкладень. Як видно з аналізу статистичних даних, природоохоронна діяльність в Україні здійснюється не системно, а спонтанно. Це також пояснюється застосуванням у процесі виробництва застарілих технологій та значним зносом основних виробничих фондів.

При цьому природокористувачі привласнюють екологічну ренту (надприбуток), нещадно експлуатуючи екосистеми та їх АП. Господарюючі суб'єкти не зацікавлені в екологізації виробництв, оскільки екологічний податок виконує переважно фіскальну, а не стимулюючу функцію, а методика його нарахування не має зв'язку з розмірами збитків від забруднення навколишнього природного середовища (НПС), і з визначенням вартості асиміляційних послуг

екосистем. Екологічний податок відноситься на виробничу собівартість продукції, і якщо зараз піднімати його ставки до розмірів європейських, підприємства збанкрутують. Задля зниження негативного впливу підприємств на НПС необхідно застосовувати такий Механізм, який стимулював би природокористувачів до здійснення модернізації виробництв.

Виходячи з цього, якість державного управління сферою екобезпеки не відповідає сучасним економічним реаліям й потребує вдосконалення. Головною проблемою державного регулювання екобезпеки є малоефективний і недосконалий організаційно-економічний механізм використання асиміляційного потенціалу екосистем та його оцінювання (далі – механізм). Він потребує суттєвої та термінової модернізації. Тому Уряд України зобов'язаний забезпечити розвиток стимулюючого економічного механізму для українських підприємств, який би сприяв ефективному використанню екосистем, здійсненню екологізації виробництв тощо.

Найбільше у 2018 р. в Україні забруднюючих речовин *в атмосферне повітря* викинули:

- ПрАТ «ММК ім. Ілліча» (226,608 тис. т, що складає 9,0 % усіх викидів), ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (208,233 тис. т),
- ВП «Бурштинська ТЕЦ» ПАТ «ДТЕК Західенерго» (182,922 тис. т) та ін.

Найбільшими забруднювачами НПС в Україні по *скидах забруднених стічних вод* є:

- ПАТ АК «Київводоканал» (283,3 млн. м³, що складає 29,8 % від усіх скидів), ПрАТ «Меткомбінат «Азовсталь» (139,8 млн. м³),
- ПАТ «Дніпровський Меткомбінат» (64,57 млн. м³),
- ПАТ «Запоріжсталь» (53,87 млн. м³) та ін.

Утворювачами найбільшої кількості *відходів* є:

- ПрАТ «Північний ГЗК» (81 336 783,29 т, що складає 23,1 % від усієї кількості відходів);
- ПрАТ «Інгулецький ГЗК» (63 476 816,35 т);
- ПрАТ «Центральний ГЗК» (61 564 028,42 т),
- ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (27 646 496,30 т),
- ПАТ «Південний ГЗК» (26 919 952,88 т) й ін.

З цього стає зрозумілим, що одними з найбільших забруднювачів як атмосферного повітря, так і водойм та ґрунтів є гірничодобувні підприємства.

Зарубіжний досвід. Європейське екологічне оподаткування – складна система з різного роду податкових платежів, механізму торгівлі квотами на викиди і низки як податкових, так і неподаткових стимулів. У зарубіжних країнах, у т.ч. ЄС–28 постійно розширюється перелік екологічних податків (база оподаткування), збільшуються їх ставки, тому щороку зростають обсяги надходжень від їх справляння. Проте, наразі не можна переносити весь зарубіжний досвід в українську практику, оскільки буде зупинена більша кількість підприємств, адже в нашій державі екологічний податок відноситься на собівартість, ефективність його справляння недостатня і він виконує лише фіскальну, а не стимулюючу функцію. На відміну від України, в ЄС діє налагоджений механізм екологічного субсидування у вигляді грантів, податкових знижок і пільгових кредитів. Країни ЄС поступово вводять так звані «кліматичні податки». Якщо частка витрат підприємств на природоохоронні заходи в Україні складає менше 1 %, то в ЄС, США й Канаді в десятки разів вище.

Правильність побудови організаційно-економічного механізму використання асиміляційного потенціалу екосистем залежить від правильності тлумачення закладених у його основу понять. Тому більш змістовно зупинимось на дефініціях і сутності таких понять.

Вченими розраховано, що вартість лісу як екосистеми є у 3 рази вищою, ніж вартість лісу як дров. Встановлено взаємозв'язок асиміляційних послуг екосистем з іншими їх елементами, а також екологічного капіталу та асиміляційних послуг екосистем (рис.2.16).

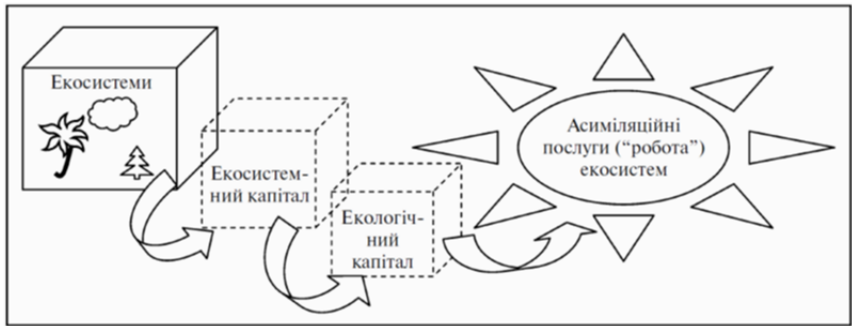


Рис. 2.16. Взаємозв'язок екологічного капіталу та асиміляційних послуг екосистем за О.М. Сухіною [79]

Термін «екосистемні активи» був у вжитку давно. Його використано у презентації Статистичного відділу ООН [89]. На сайті UNEP у Глосарії визначень термінів, що стосуються біорізноманіття, його збереження та екосистемних послуг, зазначено таке визначення екосистемних активів [93]: «Екосистемні активи – це просторові області, що містять поєднання біотичних та абіотичних компонентів та інших характеристик, які функціонують разом» [145]. Цей термін використовується в контексті Експериментального обліку еколого-економічного обліку екосистем, і він стосується методів обліку вартості екосистем.

Це визначення – дещо примітивне (бо визначення «активу» в фінансово-економічній сфері є ширшим) і його важко застосувати у природоохоронній сфері. Визначення «Активу» з Вікіпедії з посиланням на Міжнародні стандарти фінансової звітності: «Активи – ресурси, контрольовані підприємством у результаті минулих подій, використання яких, як очікується, приведе до отримання економічних вигід у майбутньому». На нашу думку, все буде умовно узгоджено, якщо до загального визначення активу додати поняття «екосистемні послуги». Тоді можна зазначити таке попереднє визначення екосистемного активу: *екосистемний актив* – це сукупність екосистемних послуг (і в т. ч. асиміляційних послуг екосистем), залучених до господарського обігу, використання яких сприятиме отриманню економічних вигід у майбутньому, у т. ч.

збільшенню майбутніх чистих грошових потоків, які підлягають дисконтуванню.

Асиміляційний ресурс довкілля фігурує в багатьох публікаціях як актив, навіть в якості предмету бухгалтерського обліку [84]. Власне відновлювальна здатність екосистем не може бути активом. Немає різниці між асиміляційним потенціалом екосистем і асиміляційним ресурсом, їх функції однакові.

О.О. Голуб та О.Б. Струкова зазначали, що у сфері використання природних ресурсів «базою реформування інституціональних відносин повинна стати система відносин власності на асиміляційний потенціал території» [16]. Хоча, з цим не все однозначно. Атмосферне повітря має одночасне належить всім і кожному тому, що здатне до глобальних переміщень. Річка належить одночасно кожній із країн, по яким вона протікає. Родючі ґрунти можуть бути у власності громадян чи держави і так далі. У сфері використання природних ресурсів, створених «роботою» екосистем, дійсно може діяти система відносин власності. Але екосистемні послуги привласнити не можна, як не можна привласнити процеси геохімічної міграції чи фотосинтезу. Вони є активами природи (самих екосистем) й існують поза свідомістю людини.

Найбільш важливими для людини являються ресурси екосистем, які забезпечують її фізичне існування. Вона не може існувати без повітря, води, їжі, які є продуктами діяльності екосистем. Зрозуміло, що насамперед *самі природні екосистеми є активами людства*, й їх треба зберігати та охороняти. Діяльність людини (промислова, сільськогосподарська, чи військова) частіше за все негативно впливає на екосистем, псує ландшафти, забруднює ґрунти, воду і повітря, що у кінцевому рахунку порушує баланс у глобальній екосистемі і прискорює природні кліматичні зміни. Як відповідь на це екосистеми включаються у «роботу» – нівелюють цей вплив, розсіюють і знешкоджують забруднення. У результаті продукуються ресурси, а саме: відновлені ландшафти, очищені ґрунти, природно очищена вода і насичене киснем чисте повітря, які, безумовно, можна вважати активами. Надра не розглядаються складовою екосистем тому, що у більшості випадків не є середовищем мешкання біоти. Їх асиміляційні властивості проявляються тільки при проведенні гірничих робіт з видобутку корисних копалин. Тем не менш, порушення надр (породного масиву, режиму і рівнів

підземних вод та інші) можуть катастрофічно впливати на екосистеми [4].

Як показує зарубіжна практика, екосистемні послуги активно оцінюються. Екологи-економісти світу розробили методики оцінки вартості того, скільки коштує чисте повітря, красивий краєвид, шелест листя, спів пташок. Ці такі звичні для нас природні блага стають все більш коштовними і бажаними на фоні стрімкого руху життя у місті. Згідно із дослідженнями вчених [107, 141] повна загальна вартість лісових екосистемних товарів та послуг складає 4,7 трл \$ щорічно, з них повна загальна вартість бореальних лісів (помірного поясу) складає 894 млрд \$ щорічно. Залежно від регіону, вартість послуг гектару лісу зі стабілізації ґрунту коливається від 1,94 до 5,5 млн \$ за тонну. За очищення повітря від твердих дрібнодисперсних речовин (пил, сажа) та шкідливих газів кожне дерево в середньому щорічно вартує 4,16 \$. Для біологічного різноманіття ліс є середовищем існування, 17,5 тис. \$ коштує гектар лісу, якщо рахувати участь птахів у боротьбі з комахами-шкідниками. Цінність послуг з запилення рослин становить від 19,23 тис. \$ до 33,65 тис. \$ на рік.

У деяких публікаціях при економічній оцінці екосистемних ресурсів йде подвійне їх оцінювання, наприклад, лісових ресурсів як деревини, і як екосистеми [25]. На нашу думку, дерева доцільно оцінювати або як рекреаційних ресурс, чи ресурс, який надає асиміляційні послуги, або як сировину для деревообробної промисловості, а не застосовувати подвійну оцінку.

Одночасно звертаємо увагу на те, що на точність результату агрегованої вартості природних ресурсів впливають методологічні підходи визначення вартості кожного виду ресурсу окремо. Для отримання точної агрегованої вартості всі види природних ресурсів повинні бути розраховані за однією й тією ж методикою. Наприклад, якщо вартість всіх видів природних ресурсів, які входять до агрегованої вартості, визначається методом грошових потоків, то при цьому термін дисконтування повинен бути однаковим для визначення вартості всіх природних ресурсів. Тільки методика в такому вигляді може забезпечувати достовірність результату.

Наукові засади оцінювання асиміляційного потенціалу екосистем. Нами науково обґрунтовано, що вартість АП НПС чи асиміляційних послуг екосистем можна умовно прирівняти саме до

вартості штучної утилізації відходів, оскільки здійснюється певна робота. Умовно можна порівняти вартість «роботи» асиміляційного потенціалу ґрунту з переробки дерев'яних дошок (багаторічне перегнивання) та сміттєспалювального заводу «Енергія» з їх утилізації.

Якщо сьогодні за технічними можливостями переробка відходів становить одну ціну, а завтра, може бути менша ціна (коли технологія буде більш удосконаленою й дешевшою), поки що за сучасного стану технологій доцільно це брати за основу визначення плати забруднення НПС. Доки в Україні технології будуть удосконалюватися й здешевлюватися – мине не один рік, а поки що розмір екологічного податку не корелюється зі збитками від забруднення НПС. Необхідно з чогось розпочинати.

У перспективі усуненню недоліків у сфері екологічного оподаткування та правильного нарахування ставок екологічного рентного платежу повинна стати розробка відповідних методик. Для кожного виду «роботи» АП природи доцільно розробити методику оцінки вартості відповідної «роботи» екосистем зі знешкодження забруднюючих речовин. Можна визначати вартість виробництва корисних асиміляційних компонентів природи та очищення забруднених з допомогою інноваційних технологій: систем штучного фотосинтезу, демінералізації води, новітніх установок нейтралізації відходів та ін. Вартість «роботи» асиміляційного потенціалу води, лісів та атмосферного повітря автор оцінювала в своїх попередніх роботах, але ці методології доцільно оптимізувати. Технології (утилізації відходів, очищення води та її демінералізація, очищення повітря та ін.) постійно вдосконалюються, і стають дешевшими. Наприклад, в Ізраїлі майже відсутня прісна вода, і для господарських потреб демінералізують морську воду, й ін.

Екологічний рентний платіж буде мати прив'язку до вартості «роботи» асиміляційного потенціалу НПС й справлятиметься з прибутку. Це буде більш спрощеним та дійовим економічним механізмом і новою, більш ефективною системою екологічного оподаткування. Це буде стимулюючий вид платежу, якщо буде враховано: ціноутворення, якість екосистем тощо, тобто коли буде зворотній зв'язок (зворотній зв'язок повинен бути обов'язковим, якщо екологічний рентний платіж назначатиметься з прибутку). В такому випадку екологічний рентний платіж матиме кореляцію з

економічними збитками від забруднення НПС. Нова система екологічного оподаткування формуватиметься на принципах урахування екологічної ренти. Проте, для початку доцільно до Податкового кодексу України включити відповідні дефініції.

Забруднюючі речовини нейтралізують рослини, водні джерела, ґрунти та інше, тому встановлення плати за використання АП екосистем буде більш спрощеним економічним механізмом і новою, більш ефективною системою екологічного оподаткування. В Україні частково вилучається плата за використання АП екосистем у вигляді екологічного податку, проте він виконує переважно фіскальну функцію і методика його нарахування не має зв'язку зі збитками, завданими НПС, і з визначенням вартості роботи асиміляційного потенціалу природи (В.В. Матюха пропонує називати АПЕ роботою асиміляційного потенціалу навколишнього природного середовища (АПТ_{нпс}). Українські й зарубіжні вчені дійшли висновку про необхідність вилучення екологічної ренти.

Організаційно-економічний механізм використання асиміляційного потенціалу екосистем. З кінця 2014 р в Україні вилучають так звану рентну плату (по суті – не рентну) за спеціальне використання лісових ресурсів, водних, а за природні ресурси з асиміляційним потенціалом – ні. Ефективний стимулюючий організаційно-економічний механізм експлуатації екосистем та їх асиміляційного потенціалу в економічно розвинених зарубіжних державах забезпечує більш раціональне їх використання, ніж у нашій країні. Під організаційно-економічним механізмом використання асиміляційного потенціалу екосистем (далі – механізм) слід розуміти комплекс фінансово-економічних та організаційно-адміністративних інструментів, методів, способів та важелів, які взаємопов'язані між собою, і які спрямовані на досягнення певної мети, а саме – формування матеріальної зацікавленості підприємців до здійснення екологізації виробництв та збереження асиміляційних функцій екосистем.

Проте наразі цей механізм – неефективний, оскільки за архітектонікою не являє собою цілісної взаємозв'язаної системи. Є лише роздрібнені інструменти, між якими немає взаємодії, тому їх треба міняти. Ці інструменти малоефективні, тому що не стимулюють до раціонального природокористування. Про це говорить подальша деградація екосистем, які використовуються не

бережливо, й щорічно збільшується техногенне навантаження на навколишнє природне середовище (НПС). Також не повністю задовольняє вимогам сьогодення, тому що йдуть безповоротні втрати асиміляційного потенціалу екосистем.

Головною проблемою державного регулювання екобезпеки в Україні є малоефективний і недосконалий організаційно-економічний механізм використання асиміляційного потенціалу екосистем (далі – Механізм) – це комплекс фінансово-економічних та організаційно-адміністративних інструментів, методів, способів та важелів, які взаємопов'язані між собою, і які спрямовані на досягнення певної мети, а саме – формування матеріальної зацікавленості підприємців до здійснення екологізації виробництва та збереження асиміляційних функцій екосистем. Він потребує суттєвої та термінової модернізації. Ефективний стимулюючий Механізм в економічно розвинених зарубіжних державах забезпечує більш раціональне їх використання, ніж у нашій країні.

Проте на даний час цей механізм є неефективним, оскільки за архітектонікою не являє собою цілісної взаємозв'язаної системи. Є лише роздрібнені інструменти, між якими немає взаємодії, тому їх треба міняти. Ці інструменти малоефективні, тому що не стимулюють до раціонального природокористування. Про це говорить подальша деградація екосистем, які використовуються не бережливо, й щорічно збільшується техногенне навантаження на НПС. Наразі, діючий механізм базується на екологічному податку (економічний важіль) та імперативах (адміністративний важіль). Для того, щоб поліпшити ситуацію в державі, потрібно підходити до вирішення питання більш комплексно, системно: з одного боку доцільно підвищувати ставки екологічного податку (фіскальна складова), а з іншого – надавати підприємствам, які здійснюють екологізацію виробництва, преференції, пільги, й ін.

На нашу думку, дійовими інструментами (важелями) механізму, які після удосконалення повинні стимулювати господарюючих суб'єктів до раціонального природокористування, можуть бути наступними:

- фінансово-кредитні важелі: податки, платежі (в т.ч. вилучення екологічної ренти), податкові пільги, акцизи, пільгові кредити, преференції та ін. Нами пропонується запровадження екологічного рентного платежу на базі вилучення екологічної ренти

(де рента – надприбуток). Щодо податків, наприклад, механізм справляння екологічного податку (за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення; викиди двоокису вуглецю; скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти; розміщення відходів та ін.) існує, але дані ставки екологічного податку є порівняно незначними. Такий механізм не стимулює природокористувачів до впровадження безвідходних технологій.),

- адміністративно-організаційні важелі: квоти, торгові дозволи (наприклад, торгівля квотами на викид парникових газів), ліцензії (дозволи), приписи, пільги (прискорена амортизація основних виробничих фондів), обнуління ввізних (імпортних) мит, звільнення від сплати ввізного ПДВ. Квотування та ліцензування є нетарифними інструментами. Наприклад, у сфері використання надр існує порядок надання спеціальних дозволів на користування ділянками надр з метою геологічного вивчення та видобування корисних копалин.

Результативними інструментами організаційно-економічного механізму надкористування в частині екологізації ГВ повинні бути такі ринкові інструменти: створення ринку екологічних послуг, в т. ч. проведення екологічного аудиту, моніторингу та екологічного страхування. Ефективним інструментом локальної екологічної політики стане стратегічна екологічна оцінка.

Для досягнення поставленої мети нами пропонуються конкретні пропозиції (покрокове):

1) реформування екологічного оподаткування. В Україні стимулююча роль екологічного податку є досить слабкою, він не має конкретної прив'язки до вартості роботи АП екосистем й встановлюється державою без належного економічного обґрунтування. Наразі не можна переносити весь зарубіжний досвід в українську практику, оскільки буде зупинена більша кількість підприємств, адже екологічний податок в Україні відноситься на собівартість товарної продукції (ставки екологічного податку в країнах ЄС значно перевищують встановлені в Україні. Також розміри екологічного податку в країнах ЄС значно перевищують розмір в грошовому виразі аналогічного екологічного податку в Україні), що негативно позначатиметься на рентабельності продукції, що виробляється. Тобто, при необґрунтованому

збільшенні розміру даного податку за існуючих технологій, може скластися така ситуація, коли собівартість продукції при її зростанні може перевищити ринкову вартість цього товару. І таким чином це виробництво стане нерентабельним і буде зупинене.

В теперішніх ринкових умовах в Україні доцільно більш активно застосовувати економічні важелі. Економічна сутність управління механізмом полягає у стимулюванні суб'єктів господарювання до більш ефективного впровадження технологій з безвідходним чи маловідходним виробництвом. З одного боку, доцільно переглянути ставки екологічного податку (за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, скиди забруднюючих речовин безпосередньо у водні об'єкти, розміщення відходів), з іншого боку – доцільно впроваджувати стимулюючі механізми для підприємств задля зменшення техногенного навантаження на НПС. На перехідний період (наприклад, на 5 років) доцільно встановити менші ставки екологічного податку, але попередити підприємців, що їм надається 5 років, аби вони модернізували свої виробництва, знайшли інвесторів для технічного переозброєння виробництв, які після модернізації забезпечили б викиди не більші, ніж як регламентуються в ЄС, а через 5 років будуть встановлені такі ж ставки екологічного податку, як і в ЄС. Просто підвищувати екологічний податок теж не можна. Потрібно виважено підходити, й зменшити весь податковий прес. Необхідно розглядати екологічний податок в контексті з усіма податками. Тимчасове зниження ставок екологічного податку дозволить підприємствам отримати додатковий фінансовий ресурс у вигляді несплати екологічного податку до бюджетів. При цьому, цей ресурс (ці кошти) підприємства повинні бути *зобов'язаними* витратити виключно на екологізацію виробництва за рахунок модернізації, і тільки після проходження 5 років можна буде приводити ставки екологічного податку до європейського рівня, тобто, коли в українського виробника будуть такі ж технології, як у країн ЄС. Це повинно бути прописане в розділі IX “Рентна плата” Податкового кодексу України. На даний час доцільно розширити цей розділ положенням щодо вилучення рентної плати за користування асиміляційними послугами екосистем як складової екологічного рентного платежу. Тобто плата за використання асиміляційних послуг екосистем

повинно здійснюватися із застосуванням принципу рентного підходу.

Проте, коригування ставок екологічного податку є недостатнім. При реформуванні екологічного оподаткування доцільно врахувати локальний контекст. Замість екологічного податку можна впровадити екологічний рентний платіж, який би базувався на вилученні екологічної ренти, і який би сплачувався з прибутку підприємства. Екологічному податку доцільно повернути статус цільового для того, щоб кошти спрямовувалися виключно на екологічні програми.

Доцільно істотно збільшити *штрафи* за забруднення НПС.

В Україні потребує вдосконалення нормативно-правова база, що регулює відносини між захисниками природи й бенефіціарами (одержувачами вигід), руйнівниками й жертвами.

2) впровадження податкових пільг та преференцій. Вважаємо за доцільне більш комплексно підходити до вирішення проблеми стимулювання господарюючих суб'єктів до здійснення екологізації виробництва за рахунок надання їм податкових пільг та інших преференцій. Економіка починається з механізму. Економічна сутність механізму – щоб був стимул, тобто стимулювання суб'єктів господарювання для впровадження технологій з безвідходним виробництвом. Стимул повинен бути, тоді економіка “заграє”. Для компенсаційного механізму відшкодування втрат від ненадання асиміляційних послуг забрудненими екосистемами можуть використовуватися пільги, преференції Певні преференції для підприємств будуть стимулювати завозити з-за кордону очисне обладнання, адже в Україні зараз не можуть вироблятися очисні фільтри та інше обладнання якісніше, ніж за кордоном. А закуповувати необхідно найбільш сучасні маловідходні та безвідходні технології. Наприклад, як преференцію, можна застосувати для імпортерів технологічного обладнання обнуління митного збору. Також імпортери можуть стимулюватися звільненням сплати ввізного ПДВ.

Для того, щоб здешевити процес закупівлі, необхідні пільги для суб'єктів господарювання.

Детальніше. Одним із фінансово-економічних регуляторів, що стимулює суб'єктів господарювання, які імпортують устаткування для очищення викидів та скидів, є митний важіль. Обнуління ставок

ввізного мита може застосовуватись для очисного обладнання та устаткування. Наприклад, підприємство закупило за кордоном спеціальне обладнання чи очисні фільтри для очищення повітря чи води, тоді його держава *може звільнити від сплати ввізного мита чи податку на додану вартість (ПДВ)*, тобто *обнуління* за впровадження безвідходних чи маловідходних технологій, тобто здійснення екологізації виробництва. Тоді викиди та скиди зменшаться і буде наноситись менший збиток від забруднення НПС. На жаль, в Україні таке високоякісне очисне обладнання не виробляється.

Задля того, щоб швидше окупувся інвестиційний проект, також можна звільнити суб'єкт господарювання від сплати екологічного податку, й навіть від рентної плати (певних видів), доки проект окупиться, але не на довше. Адже коли проект закінчиться, тоді підприємець не захоче платити. Одними платежами питання не вирішити. Хто висаджує ліси, повинен менше платити. Якщо хто на підприємстві використовує процеси рециклінгу та рекуперації, повинен мати пільги.

Проте, в усьому доцільно знати міру, аби не призвести до мільярдних втрат державного бюджету, як це вже сталося у 2019 р. [7].

3) прискорена амортизація основних виробничих фондів. Іншим фінансово-економічним інструментом може стати прискорення амортизаційних відрахувань. Це дозволить пришвидшити термін окупності інвестиційного проекту.

Для прикладу, в Італії компанії, які використовують новітні технології для зменшення негативного впливу на довкілля, можуть претендувати на так звану «гіперамортизацію» цих активів. Що це означає? Фактично компанія може замортузувати до 270% відсотків вартості такого активу замість 100% [47].

4) щодо необхідності створення національного ринку парникових квот. Світова спільнота має надію, що якщо Кіотський протокол став прогресивним кроком у мінімізації змін клімату на Землі, то Паризька угода стане ефективним механізмом їх недопущення і збереження асиміляційного потенціалу екосистем. Проте в Україні кіотські кошти використовувалися неефективно, розкрадалися у значних масштабах, здійснювались кримінальні провадження, мільйони гривень невикористаних коштів повертали Японії.

На кіотські кошти в Україні реалізовані проекти із закупівлі автомобілів марки Toyota та Mitsubishi з гібридною силовою установкою для потреб Національної поліції України та Державної екологічної інспекції України, модернізовані десятки вагонів Київського метрополітену та проведено ряд інших заходів щодо скорочення викидів парникових газів.

На жаль, Україна активно долучилася до кіотських механізмів лише на шостий рік після їх запровадження, коли найбільш привабливий період для залучення великих обсягів кіотських інвестицій уже було пройдено. Адже в 2012 р. ціна 1 т вуглецевих одиниць була в 7 разів нижчою, ніж у 2008-му. Розрахунки показують: якби Україна змогла продати всі накопичені вуглецеві одиниці за піковою ціною, її дохід міг би бути в 10 разів більшим. Україна, на відміну від Китаю або Індії, не змогла сповна скористатися можливостями кіотських механізмів. За 2008–2012 рр. Україна накопичила близько 2,73 млрд. вуглецевих одиниць, які вона теоретично могла продати. Але з накопичених вуглецевих одиниць Україна продала лише 528,7 млн., або 20 %. [9]. Квота – кількісна нетарифна міра обмеження експорту певних речовин чи товарів.

Інститутом низьковуглецевої економіки пропонується створення національного вуглецевого ринку з подальшим приєднанням до європейської системи торгівлі квотами на викиди. Але схожа ідея була у 2010 р., коли відповідний єдиний ринковий механізм Україна пропонувала створити сусіднім державам (Білорусі та Росії), а також Казахстану. Останнім часом на світовому ринку обсяг пропозиції квот у п'ять разів перевищує обсяг попиту. Адекватно впала ціна на вуглецеві одиниці. До того ж торгівля квотами дедалі більше обмежується національними та регіональними рамками. Обсяг внутрішнього вуглецевого ринку України може бути досить значним і приносити чималу частку інвестицій. При цьому, як показує міжнародна практика, на бізнес такий ринок негативно не впливає. Навпаки, стимулює скорочення викидів і формування фінансових ресурсів для низьковуглецевого розвитку.

Крім того, проблема прозорості використання коштів актуальна як для нас, так і для Євросоюзу. Наприклад, за даними GMK Center, в ЄС не існує єдиної звітності, що дає змогу відстежити використання надходжень від продажу квот. 14 % їх ідуть взагалі не

за призначенням, 11 % – на цілі, які не ідентифіковано. Тобто 25 % коштів просто губляться.

Проте, якщо буде цільове використання коштів від продажу квот, то ефект від їх продажу буде значним як для держав, так і для екосистем.

Можливе використання зарубіжних технологічних і фінансових інновацій. “До таких інноваційним інструментам можна віднести, наприклад, торгівлю квотами та сертифікатами на викиди, створенні банків і бірж прав на забруднення та ін.” [81].

Отже, є декілька плюсів у даному економічному механізмі як для стану екосистем, так і для суб’єктів господарювання:

- вигода для екосистем: впровадження нових технологій призведе до зменшення викидів, скидів та відходів у НПС і в цілому техногенного навантаження на екосистеми;

- вигоди для суб’єктів господарювання: маловідходне або безвідходне виробництво (у т. ч. рециклінг і рекуперація відходів) дозволять зменшити техногенне навантаження на екосистеми, і здоров’я людей не буде різко погіршуватися, зменшити розмір екологічного податку за рахунок того, що буде зменшено кількість викидів, скидів та відходів, а в якості додаткової вигоди суб’єкти господарювання можуть не сплачувати ввізне мито (або за меншими ставками), і на період окупності інвестиційного проекту можуть декілька років не сплачувати екологічний податок та не сплачувати деякі види рентної плати.

Також необхідно сформувати ринок екосистемних послуг, у т. ч. ринок асиміляційних послуг екосистем й розробити і прийняти законопроект “Про ринок екосистемних послуг”. Доцільно очисне й інше обладнання купувати в лізинг.

Необхідність боротьби з забрудненням атмосферного повітря, води, ґрунтів вимагає прийняття інноваційних управлінських рішень, тому важливі фінансове еквівалентування, і, можливо, капіталізація (трансформація в фінансовий капітал; капіталізація можлива, але не доцільною в даний час) АП екосистем, подальша їх монетизація (в даному контексті монетизація є процесом конвертації чогось в законний платіжний засіб (в т. ч. стягнення оплати за те, що раніше було безкоштовним)), створення ринку асиміляційних послуг екосистем. *А для цього доцільно здійснювати вартісну оцінку АП екосистем.*

Крім удосконалення фінансово-кредитних та адміністративно-організаційних інструментів організаційно-економічного механізму використання АП екосистем, доцільне також посилення контролю з боку відповідних державних інститутів за дотриманням вимог природоохоронного законодавства природокористувачами. Найбільш доцільним і дієвим заходом є відновлення екологічної прокуратури.

Асиміляційний потенціал екосистем в Україні зменшується з наймовірною швидкістю.

Доцільно знову пригадати статтю 13 Конституції України:

«Стаття 13. Земля, її надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси, які знаходяться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є об'єктами права власності Українського народу. Від імені Українського народу права власника здійснюють органи державної влади та органи місцевого самоврядування в межах, визначених цією Конституцією.

Кожний громадянин має право користуватися природними об'єктами права власності народу відповідно до закону.

Власність зобов'язує. Власність не повинна використовуватися на шкоду людині і суспільству.

Держава забезпечує захист прав усіх суб'єктів права власності і господарювання, соціальну спрямованість економіки. Усі суб'єкти права власності рівні перед законом».

2.4. Організація моніторингу стану довкілля

У цьому розділі ми зупинимось тільки на деяких положеннях, важливих для організації моніторингу стану довкілля, зроблених на основі наших попередніх досліджень, в тому числі й недавній монографії по моніторингу [57]:

Будь-яке підприємство (гірничодобувне чи переробне) визнається конкретними екологічними показниками впливу його діяльності на навколишнє середовище, більшість яких легко вивести на рівень державної статистичної звітності. Таки показники можна згрупувати за наступними основними чинниками впливу [21]:

Порушення породного масиву внаслідок ведення гірничих робіт: об'єм виробленого простору, зокрема із закладкою, м³; загальна площа просідань поверхні, км²; амплітуда просідань, м; площі підроблення річок, водосховищ, населених пунктів, км²; площа, уражена зсувами, км²; площа, уражена карстом, км².

Накопичення відходів гірничодобувного і збагачувального комплексу: загальна кількість накопичених відходів, зокрема токсичних, тис. т; кількість відходів, тис. т/рік; кількість використаних відходів, тис. т/рік; кількість накопичених відходів, тис. т/рік, площа полігонів відходів. До речі, стан поводження з промисловими і побутовими відходами в Україні внаслідок високої енерго-ресурсоємності виробництва (до 5-6 разів і більше порівняно з розвинутими країнами) є високо проблемним в техніко-економічному та еколого-соціальному плані. На території України накопичено більше 36 млрд.тон відходів, з них до 16 млрд. тон токсичних; при цьому функціонує до 6.5 тис. санкціонованих полігонів загальною площею 12 тис.кв.км та 35 тис. стихійних сміттєзвалищ загальною площею до 30 тис. кв.км, яка наближається до площі Данії (43 тис.кв.км).

Вилучення земель: загальна кількість, зокрема сільськогосподарського призначення, км²; під промислові споруди (промислові майданчики, хвостосховища, пруди-відстійники тощо), км²; під розміщення відходів і некондиційних корисних копалин (складування вмісних і розкритих порід, некондиційних руд тощо), км².

Порушення гідрогеологічного та інженерно-геологічного (геодинамічного) режиму режиму: площа депресійних воронок, км²; амплітуда воронок, м; площа підтоплених територій, км², втрата (виснаження та забруднення) ресурсів підземних і поверхневих вод.

Забруднення ґрунтів, вод, повітря: площі земель, на яких перевищені ГДК по групах забруднювачів, км²; кількість скидів промислових (шахтних, пластових тощо) вод у водне середовище, м³; мінералізація вод, г/л; кількість викидів забруднювальних речовин у повітря та їх склад.

Наведено дуже приблизний перелік екологічних (еколого-геологічних) показників, пов'язаний з діяльністю підприємств мінерально-сировинного комплексу, які треба вивести на рівень державної статистики. Цей перелік потребує ретельного

опрацювання для реального відображення впливу підприємства на довкілля, екологічних ризиків, що виникають на території його впливу, та економічних збитків. Останнє стосується не лише прямих збитків, але й тих, що виникають внаслідок не отримання прибутків від використання території для іншої діяльності (наприклад, сільськогосподарської чи туризму).

Необхідність оцінки ступеню екологічного навантаження, що обумовлює ризики для території, є одним із пріоритетних напрямків діяльності по завершенню гірничодобувних робіт на родовищі. Завчасне прогнозування необхідних інвестиційних вливань у даного роду контроль значно спрощує подальше проведення робіт та збільшує імовірність упередження виникнення екологічних небезпек.

Моніторинг екологічного стану територій гірничодобувних регіонів України неодноразово і змістовно розглядався нами у попередніх наших публікаціях [21, 82, 57, 22, та ін.]. На їх основі можна зробити такі загальні висновки:

- Моніторинг у гірничодобувних регіонах має бути комплексним і його необхідно проводити у рамках постійно діючих прогнозних моделей на основі географічних інформаційних систем (ГІС) з організацією мереж спостережень (інженерно – геологічної; гідрогеологічної; сейсмічної; мінералого-геохімічної ґрунтів, річок, водойм і повітря,; та ін.).
- Поточна і прогнозна оцінки еколого-геологічної складової змін інженерно-сейсмогеологічних умов гірничодобувних регіонів вимагає використання пофакторних карт з відображенням генералізованої інформації дистанційного зондування Землі, удосконалення сейсмо-геофізичного моніторингу у складі екологічного моніторингу довкілля, а також гідрогеофільтраційного прогнозного моделювання та сейсмо-мікрогеофізичного моніторингу об'єктів їх критичної інфраструктури природно-техногенних геоекосистем.
- У рамках постійно діючих прогнозних моделей необхідно обов'язкове проводити моніторинг критичних порушень породного масиву і рельєфу у гірничодобувних регіонах, щоб мінімі-

зувати втрати від надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф.

- Внаслідок того, що формування балансу водоприпливів у гірничі виробки до 80% їх загального обсягу формується за рахунок техногенних джерел, витoki з яких забезпечують розвиток комплексу небезпечних гідргеофільтраційних, гідргеодинамічних та гідргеохімічних процесів, треба відновлювати моніторингову мережу спостережних свердловин, розвивати, удосконалювати і широко застосовувати системи космічного моніторингу, які фіксують зволоження ґрунтів і підтоплення [64].
- Просторова картина поширення техногенних геохімічних потоків при видобутку і переробці мінеральної сировини найчіткіше визначається за зміною хімічного складу тих природних середовищ, які надовго депонують забруднюючі речовини. Насамперед це стосується ґрунтів як найбільш сталого компонента ландшафту і донних осадків річок. При організації мінералого-геохімічного моніторингу річкової мережі в гірничодобувних регіонах обстеження річкової мережі доцільно супроводжувати опробуванням донного осаду постійних водотоків (річок, потічків, балок).

2.5. Планування розвитку територій пост-майнінгу

З врахуванням ідей сталого розвитку ще у 1998 році в Україні були запропоновані загальні рекомендації щодо використання ресурсів надр, які не містять диференціації за видами користування надрами або регіональними критеріями [55]:

- формування завершених багатогалузевих комплексів на базі поглибленої переробки сировини, використання у виробництві замкнених технологічних циклів і рециклів для заміни первинних сировинних матеріалів вторинними;
- упровадження маловідходних ресурсозберігаючих технологій у промисловості, зменшення енерго- й матеріаломісткості економіки;

- утворення з окремих видів великотонажних відходів техногенних родовищ вторинної мінеральної сировини та їх першочергове використання;
- довгострокове прогнозування стану МСБ за якістю та кількістю окремих видів корисних копалин і створення кадастрів природних ресурсів, пошук нових родовищ мінеральної сировини на принципах еколого-економічної доцільності їх освоєння.

В Україні у 2000 році була виконана програма ООН «Сприяння сталому розвитку в Україні». Результати, отримані в рамках цієї програми і раніше при підготовці Відділенням наук про Землю Національної академії наук постанови уряду від 31.08.99 №1606 «Про концепцію поліпшення екологічного становища гірничодобувних регіонів України», були використані при підготовці відповідної державної програми, яка не була повністю реалізована внаслідок великих об'ємів коштів, необхідних для її фінансування.

Більшість корисних копалин в Україні видобувають у межах гірничодобувних регіонів і районів, що сформувалися за тривалий період розвитку її гірничодобувного комплексу та мають свою специфіку [21] (рис. 2.17). Зараз вони фактично являються районами пост-майнінгу. Формування більшості таких районів України пов'язане з видобутком і переробкою переважно одного виду мінеральної сировини.

Ми не будемо наводити характеристику всіх територій пост-майнінгу, яку можна знайти у численних різних публікаціях (в тому числі й наших), а даймо коротку характеристику Криворізького і Донецького басейнів та зупинимось на перспективах вилучення корисних елементів із розсолів на родовищах пост-майнінгової території Передкарпатського прогину.

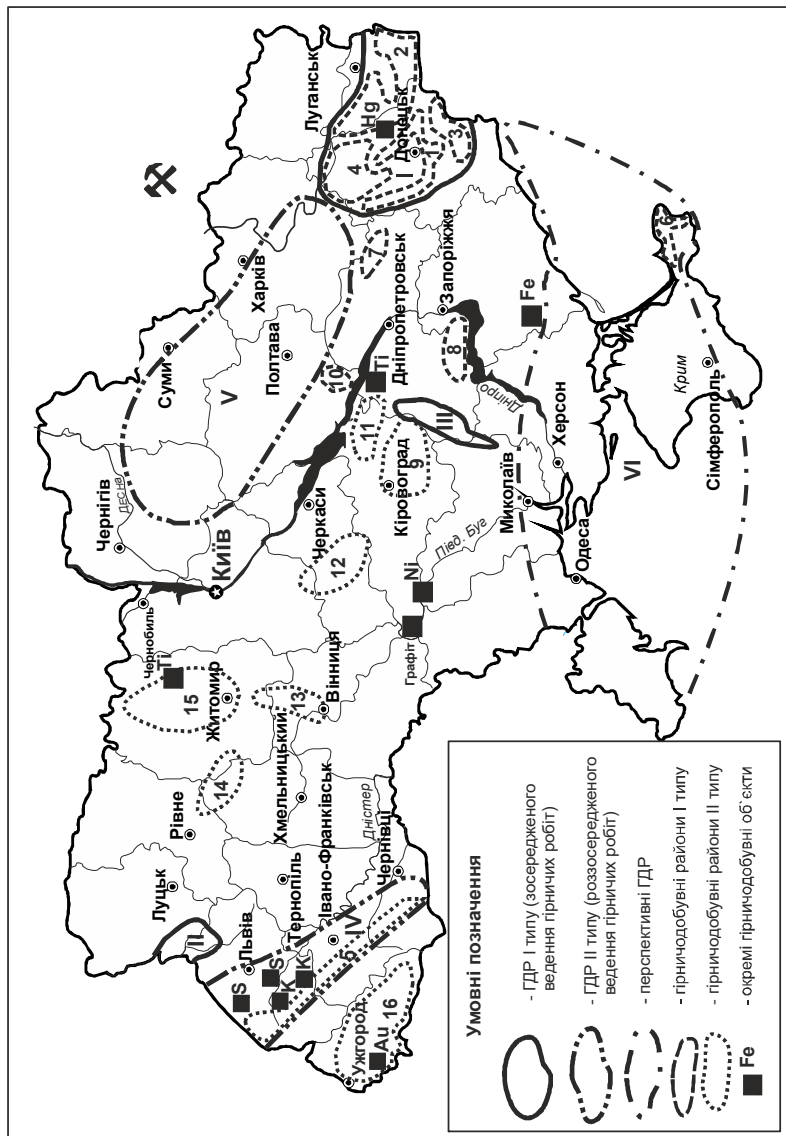


Рис. 2.17. Схема розташування основних гірничодобувних регіонів (ГДР), районів і об'єктів у межах України

Гірничодобувні регіони та райони на рис. 2.17.

Регіони та райони у їх складі: I – Донецький (кам'яновугільні райони: 1 – Центрального, 2 – Східного Донбасу, 3, 4 – Північно- і Південно-донецький райони нерудної сировини); II – Львівсько-Волинський кам'яновугільний; III – Криворізький залізорудний; IV – Передкарпатський (5 – район видобутку нафти та газу); V – Східний нафтогазопромисловий; VI – Чорноморсько-Азовський (6 – Керченський залізорудний район).

Окремі райони: 7 – Західно-донецький кам'яновугільний; 8 – Нікопольський марганцеворудний; 9 – Центральноукраїнський урановорудний; 10 – Кременчуцький залізорудний; 11 – Олександрійський буровугільний; нерудної сировини – Черкаський (12), Вінницький (13), Північно-Хмельницький (14), Житомирський (15), 16 – Закарпатський

Криворізький залізорудний басейн. У останніх наших працях Кривбас розглядається саме як типова територія пост-майнінгу [69, 38, 22]. Загальна площа Криворізької природно-техногенної геосистеми у межах зони відчуження становить 700 км² за сумарної площі гірничих відводів 350 км²; в межах Кривбасу діють п'ять ГЗК, на яких видобуток залізних руд здійснюють на десяти кар'єрах та на 23 (орієнтовно з допоміжними) шахтах обсягом до 83 млн т/рік; загальна площа кар'єрів перевищує 42 км², їхній об'єм сягає 6,6 млрд м³ (6,6 км³) з глибинами 300–400 м; у межах басейну сформувалися 44 породні відвали загальною площею 69 км² і об'ємом понад 1,7 млрд м³; десять діючих шламосховищ мають сумарну площу поверхні 71 км² (у них заскладовано 1,6 млрд м³ відходів збагачування залізних руд) [69].

В тій чи іншій мірі при гірничодобувній діяльності зміни відбуваються в усіх його складових: геологічному і водному середовищах, атмосферному повітрі, тваринному і рослинному світах. Відбувається системне втручання, коли загрози (небезпека), яка виникає в одному середовищі реалізується в іншому. Яскравим прикладом цього може бути взаємопов'язаний характер екологічних загроз, виникнення ризиків та збитків при їх реалізації у Криворізькому залізорудному басейні України [37]. Насамперед, до переліку критеріїв, які впливають на специфіку оцінки ризиків у Кривбасі, можна віднести атиповість ландшафту, що виражена у формах техногенного рельєфу і створює умови для активізації екзогенних геологічних процесів. Кар'єри та зони обвалення і зсуву можна віднести до денудаційних, а відвали та шламосховища – до

аккумулятивних форм рельєфу. Процеси денудації надр (розвиток кар'єрів і зон обвалення), супроводжуються створенням аккумулятивних, техногенних форм рельєфу – відвалів і шламосховищ. Чинники впливу видобутку і переробки залізних руд на довкілля та техногенні зміни геологічного середовища Кривбасу можна знайти у багаточисленних працях, у тому числі і цитованих у цій роботі. Не будимо зупинятись на них детально, а більше приділимо увагу аспектам, що визначають добробут і безпеку життєдіяльності населення та забезпечують розвиток регіону.

Першочерговим важливим кроком у покращенні екологічної ситуації має бути створення так званої постійно діючої прогнозної моделі геологічного середовища Кривбасу, в основу якої будуть покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових і яка у режимі реального часу буде попереджати про найбільш ймовірні ризики його катастрофічних змін [38]. Слід пам'ятати, що нерівномірність розміщення спостережних точок в межах регіону суттєво зменшує можливості одержання достовірних відомостей щодо стану якості геологічного середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій чи своєчасну ліквідацію наслідків впливу гірничодобувних та переробних підприємств. Така прогнозна модель має діяти в режимі реального часу і організована на основі географічної інформаційної системи (ГІС).

Необхідність оцінки ступеню екологічного навантаження, що обумовлює ризики для території, є одним із пріоритетних напрямків діяльності по завершенню гірничодобувних робіт на родовищі. Завчасне прогнозування необхідних інвестиційних вливань у даного роду контроль значно спрощує подальше проведення робіт та збільшує ймовірність упередження виникнення екологічних небезпек.

Створений прогноз щодо витрат на моніторинг двох типових об'єктів Кривбасу – ліцензійних площ Валявкинського родовища (кар'єр №3) та кар'єру «Південний» по завершенню їх фактичного життєвого циклу базувався на використанні середньозваженої вартості моніторингу, що проводиться інвесторами на словацьких об'єктах – одному із родовищ залізорудна площі Нижньої Слани та Руднянському рудному полі [40].

За результатами статистичного аналізу даних досліджуваних криворізьких родовищ та прогнозування екологічних витрат, що

матимуть місце по завершенню їх видобувної активності можливо зробити висновок, щодо доцільності проведення на гірничодобувних об'єктах активних робіт паралельної спрямованості відносно видобутку корисної копалини та рекультиваційної діяльності. Даний підхід дає можливість суттєво зменшувати об'єми капіталовкладень у постліквідаційний період родовищ, коли видобуток уже припинено, але є необхідність нівелювання усіх завданих навколишньому середовищу збитків. За умови реалізації хоча б 65-70% робіт, вартість яких фіксується у кошторисі екологічних витрат на родовищі, по завершенню гірничодобувної активності необхідні об'єми капіталовкладень будуть суттєво нижчі тих, що матимуть місце на родовищах, де активне інвестування у екологічну складову мало місце в основному на етапі виснаження надр.

На стадії пост-майнінгу у Кривбасі немаловажливим фактором є пристосування нормативно-правової бази діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу до нових умов. З одного боку, зміни у цій базі мають забезпечувати вірну геолого-економічну оцінку родовищ з максимальним врахуванням технічних і технологічних факторів їх експлуатації, геолого-екологічних ризиків, планування поточних екологічних витрат та передбачення наслідків їх розробки і відповідних компенсаційних витрат. З іншого боку, вони мають спонукати до накопичення фінансових ресурсів на ліквідацію родовищ і екологічну реабілітацію територій. Тобто, метою цих змін має бути, по можливості, максимальна мінімізація впливу діяльності підприємства на довкілля під час його роботи і створення комфортних умов для життя людини й існування флори і фауни в природно-техногенному середовищі після його ліквідації. З цієї причини, пошук шляхів забезпечення надрокористувачів найбільш якісною сировиною, а навколишнє середовище якомога меншими впливами від гірничодобувної діяльності є дуже актуальним, особливо в умовах таких гірничих районів, як Кривий Ріг.

Одним з таких шляхів може стати врахування залежності кількості та якості запасів від включення постліквідаційних витрат до техніко-економічних розрахунків. І як основний параметр у дослідженні доцільно використати мінімальний промисловий вміст корисного компоненту, як параметр кондицій, що застосовується з метою підрахунку балансових запасів.

Важливим напрямком з точки зору раціонального використання надр є комплексне освоєння родовищ. Висновки щодо комплексного освоєння залізорудних родовищ Кривбасу зводяться до наступного [65]:

1. Характеристики освоєння залізорудних родовищ Кривбасу свідчать про великі можливості комплексного освоєння надр, які базуються на найбільш повному і раціональному використанні наявних ресурсів в межах певної ділянки надр. В першу чергу це стосується супутнього використання нерудної сировини (будівельних матеріалів) та розробки відходів гірничо-збагачувального виробництва.

2. Доцільність і раціональність певних видів комплексного освоєння надр визначається за результатами геолого-економічної оцінки, яку проводять із врахуванням раціонального використання інших видів природного середовища.

3. Комплексне використання мінеральних ресурсів на початкових етапах (в 1970–80-х рр.) покращувало техніко-економічні показники роботи гірничодобувних підприємств, в основному за рахунок збільшення об'єму виробництва та номенклатури товарної продукції.

4. В умовах сучасних ринкових відносин господарювання промислове значення об'єктів користування надрами, в тому числі і техногенних родовищ, визначається не тільки якісними і кількісними, але й вартісними характеристиками запасів корисних копалин.

Промислове значення техногенних об'єктів повинно визначатись з врахуванням всіх екологічних, гірничотехнічних, технологічних і екологічних критеріїв та раціонального використання інших складових природного середовища, в тому числі:

- вартості запасів природних і техногенних родовищ, що залежить від кон'юнктури ринку даної мінеральної сировини, зокрема, наявності попиту на продукцію даної якості;
- екологічних наслідків використання не тільки надр, але й земель та інших складових довкілля;
- економічної ефективності розробки основної корисної копалини родовища (основного виробництва гірничого підприємства);
- наявності технічних і технологічних рішень для ефективного освоєння сировини.

Велике значення у забезпеченні розвитку залізородних регіонів мають рециклінг сировини і переробка відходів. Перспективним напрямком, що забезпечує безвідходне виробництво продукції є порошкова металургія. У безпосередній близькості до Криворізького басейну у Правобережному розповсюджені магнетитові залізісті кварцитів, придатні для порошкової металургії

Довготривала експлуатація родовищ і переробки залізних руд басейну мають катастрофічний вплив на навколишнє природне середовище і викликає критичні порушення породного масиву, порушення режиму та забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення повітря і ґрунтів. Повністю компенсувати екологічні і економічні збитки у Кривбасі неможливо. Крім того, при спробі приведення території до початкового стану витрати на їх екологічну реабілітацію зростають настільки, що втрачаються економічні стимули роботи гірничодобувних і переробних підприємств. Стає очевидним, що треба по можливості максимально мінімізувати вплив на довкілля діяльності підприємств під час їх роботи і створити комфортні умови для життя людини і існування флори і фауни в природно-техногенному середовищі після їх ліквідації [11].

І.М. Малахов [37] у свій час звернув увагу на можливість використання одного інструменту для ринкового управління процесами техногенезу в геологічному середовищі, який дозволить не тільки залучити додаткові фінансові ресурси на екологічну реабілітацію територій, а і поступово позбавитись від відходів гірничо-металургійного комплексу і повернути заняті ними землі у господарське використання. Мета платежу за використання ресурсу, згідно з І.М. Малаховим, має бути протилежною до тієї, яка існує в природній системі. У природній системі підприємство платить за використання ресурсу. У техногенній екосистемі платити треба навпаки за невикористання техногенних ресурсів – штучних елементів рельєфу, створених в результаті гірничодобувної діяльності. Методику такої плати треба розробити, а саму плату ввести.

Донецький кам'яновугільний басейн разом із Західнодонецьким кам'яновугільним районом охоплює площу до 15000 км² у межах трьох областей – Луганської, Донецької, Дніпропетровської – і формує одну із найбільших техногенно-геологічних систем [21]. Висока концентрація гірничих, перероблювальних та інших

підприємств зумовлює значні порушення геологічного середовища і їх визначальний вплив на погіршення екологічних умов регіону. За час історичного розвитку Донбасу було збудовано близько 970 шахт, із яких до недавнього часу експлуатувалися близько 200 з максимальною глибиною до 1350 м.

Основними чинниками техногенних змін довкілля є:

- хімічне забруднення ландшафтів;
- значне зниження рівнів підземних вод, підробка поверхневих водойм;
- скидання у річкову систему високомінералізованих агресивних шахтних вод;
- прискорення екзогенних геологічних процесів (зсуви, карст, підтоплення), розвиток просідань земної поверхні з ускладненням інженерно-геологічного стану житлових і промислових об'єктів;
- зниження інженерно-сейсмологічної стійкості породних масивів під впливом зростання рухливості порід у зонах їх підробки гірничими виробками, прояві гідромеханічних поштовхів, та ін.;
- створення великої кількості териконів, які є також джерелом забруднення водних ресурсів і ґрунтів;
- вихід з ладу водозаборів підземних вод у зв'язку з погіршенням умов їх формування та якості.

Найбільш динамічні зміни геологічного середовища Донбасу були пов'язані зі значними припливами підземних вод в гірничі виробки, загальний обсяг яких становив близько 25,0 м³/с при природних ресурсах близько 12,0 м³/с, що засвідчувало активне дренування поверхневих водних джерел і гідравлічний взаємозв'язок шахт між собою. За середньої солоності вод близько 3,6 г/дм³ це обумовлювало солевинос на рівні 2,7 млн т/ рік, що суттєво забруднювало поверхневі водні ресурси.

З початком збройного конфлікту на Сході України, у зв'язку з неконтрольованим закриттям шахт і припиненням відкачки шахтних вод, прогнозована екологічна катастрофа почала реалізовуватися швидкими темпами [77].

Різно збільшилася динаміка підйому рівнів підземних вод (рис. 2.18), в першу чергу в межах Центрального району Донбасу

(ЦРД), де розташована переважна кількість шахт, що затоплюються у режимі "мочної консервації" (до 60-90% об'єму гірничих виробок).

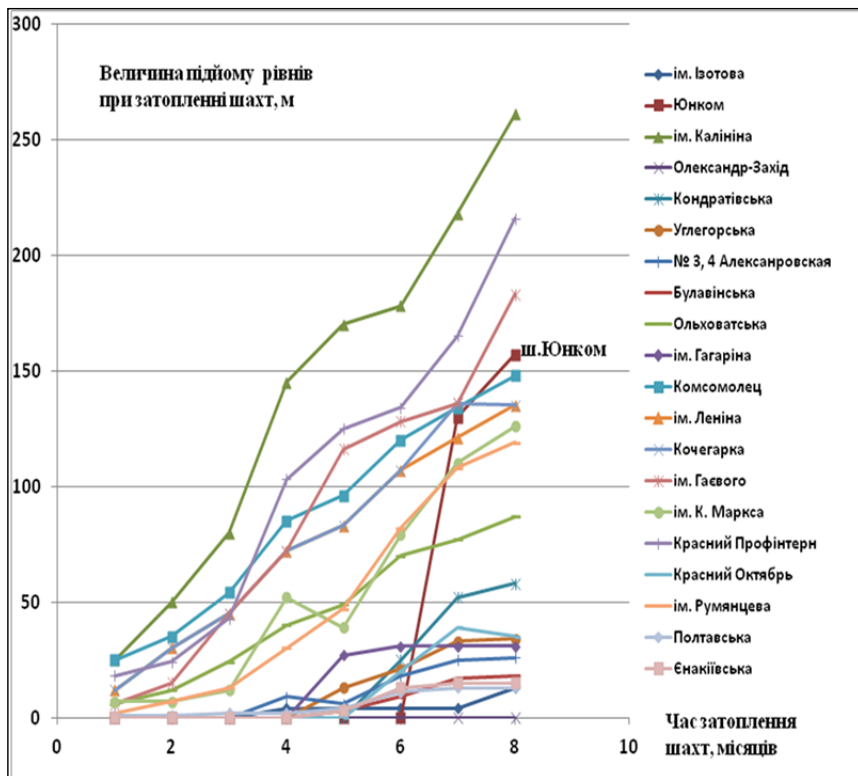


Рис. 2.18. Динаміка підйому рівнів підземних вод при затопленні шахт Центрального району Донбасу за 01.11.2017-01.07.2018 [77] (Є.О. Яковлев, 2018)

За даними Єрмакова В.М., Луцьової О.В., Яковлева Є.О., автореабілітаційний підйом рівнів підземних вод у гідрогеофільтраційній системі "вододіл-ріка" сягає ретро-історичних відміток (рис. 2.19, 2.20).

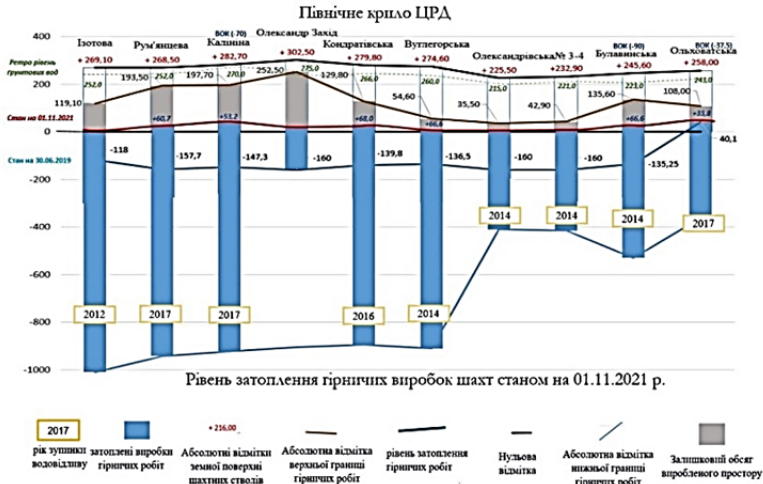


Рис. 2.19. Профіль рівнів підземних вод північного крила шахт ЦДР



Рис. 2.20. Профіль рівнів підземних вод південного крила шахт ЦДР

В цих умовах при наявності ерозійного врізу долин річок та балок глибиною 50-90м відбувається перетік шахтних вод у ґрунтовий водоносний горизонт (ГрВГ) та підйом його рівнів до

земної поверхні з розвитком процесів підтоплення і затоплення прилеглих територій. Аналіз свідчить, що в першу чергу це відбувається в межах ділянок підроблених територій та прилеглих міст та селищ, які переважно розташовані поблизу поверхневих водних об'єктів (міста Селідово, Донецьк, Горлівка та ін.). При цьому відбувається активізація критичних деформацій будівель та інженерних мереж, процесів зсувоутворення, формування нових шляхів виділення вибухонебезпечних та токсичних газів (метан, радон, двоокис вуглецю та ін.), осередків техногенних землетрусів (міста Макіївка, Добропілля та ін., 2020-2021рр.).

За даними супутникових вимірювань тільки останнім часом територія міста Донецьк осіла у середньому на 25 см [60], виникли проблеми з питним водозабезпеченням населення. За умови регіонального підйому рівнів шахтних (підземних) вод у прилеглих шахтах затоплення шахти «Юнком» у 2018 р.), де у радянські часи був проведений підземний ядерний вибух, відбулося зі швидкостями підйому рівнів до 50-80 м/місяць, або у 2-3рази швидше більшості шахт (см. рис. 2.18).

Розроблена розрахункова модель уособленого підйому рівнів підземних вод у шахті, що затоплюється, має напівлогарифмічну лінійну залежність виду,

$$\lg \left(\frac{S_0}{S_t} \right) = AT, \quad (2.11)$$

де S_0 – початкове зниження рівня перед автореабілітаційним затопленням шахти, м;

S_t – поточна величина зниження рівня на час затоплення, м;

A – кутовий коефіцієнт графіку залежності;

T – час спостережень підйому рівнів (діб, років).

Отримані результати використання вищезазначеної залежності свідчать про можливість її використання для експертної оцінки часу затоплення (з моменту прогнозного часу t_1) шахти $T_{\text{зат}}$ до критичних глибин, пов'язаних з подошвою проникної кори вивітрювання ($S_{\text{кр}}=100-200\text{м}$), або подошви ґрунтового водоносного горизонту ($S_{\text{кр}}=20-80\text{м}$).

Шляхом відповідних перетворень залежності отримаємо розрахункову експертну залежність для визначення часу досягнення

критичних (екологічно небезпечних) глибин підземних вод в зоні впливу шахти, що автореабілітаційно (некеруємо) затоплюється:

$$T_{\text{зат}} \approx t_1 \left[\frac{\lg\left(\frac{S_0}{S_{\text{кр}}}\right)}{\lg\left(\frac{S_0}{S_1}\right)} \right] \quad (2.12)$$

Виконаний протягом 2015-2018 рр. аналіз зменшення величин та хімічного складу сумарного шахтного водовідливу як індикатору стану регіональної гідрогеофільтраційної системи Донбасу засвідчив, що загалом некероване (аварійне) закриття численних шахт вже призводить до необоротної втрати геологічним середовищем своїх стабілізуючих еколого-захисних функцій і перетворення Донбасу на екологічно фрагментований регіон з переважанням територій, небезпечних для життєдіяльності [77].

Сучасне зростання комплексної техногенно-екологічної, економічної та соціальної безпеки Донбасу неабиякою мірою пов'язано зі скороченням за період конфлікту шахтного водовідливу з 2,2 млн м³/добу (до 2010 р.) до 1,1 млн м³/добу й менше (у 2013–2018 рр.), що зумовлено як безпосереднім впливом бойових дій на енергопостачання та технологічні шахтні комплекси, так і щораз збільшуваним скороченням видобутку вугілля, зокрема на нерентабельних шахтах, більшість яких є сировинною базою життєдіяльності.

За умов потенційного територіального впливу підтоплення внаслідок затоплення шахт на площі з населенням 3,5 млн людей і середнього терміну затоплення («мокрої консервації») шахт, що становить 10–15 років. Це дає можливість за консервативною схемою оцінити орієнтовну кількість людей, безпека життєдіяльності яких буде критичною (на рівні «екологічних біженців»):

$$N = 3,5 \cdot 10^6 : [(10 \cdot 15) \cdot (2,2 \cdot 10^6 : 1,4 \cdot 10^6)] = 150 \div 230 \text{ тис. людей/рік}$$

Одночасно за умов територіального підйому рівнів підземних вод, зокрема і мінералізованих, до критичних глибин (<3-4 м від поверхні) у межах раніше сформованих площ осідання (до 90 % від сумарної товщини видобутих вугільних шарів) прискориться процес додаткових (вторинних) осідань і горизонтальних зрушень поверхні, небезпечних деформацій житлових і промислових комплексів,

нафтогазопродуктопроводів, ділянок залізниці, потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів критичної інфраструктури.

Варто зауважити, що більшість процесів, пов'язаних з некерованим затопленням гірничошахтного простору численних шахт і «копанок» (до 2 500 об'єктів), матиме ланцюговий і навіть синергетичний характер.

Як приклад можна навести такі послідовності:

– втрата енергопостачання – затоплення насосних установок шахт – зупинка гірничодобувних робіт, некероване піднімання рівня води до денної поверхні – підтоплення (затоплення) потенційно небезпечних об'єктів (об'єкти критичної інфраструктури);

– руйнування інженерно-технологічного комплексу шахти – розвиток небезпечних деформацій породного масиву (геологічного середовища) шахтного поля – небезпечний вплив на прилеглі міста й селища (просідання, зсуви, руйнування інженерних, водно-каналізаційних і теплоенергетичних мереж тощо).

Оцінки складу й динаміки додаткових просторових змін екологічного стану ГС Донбасу, виконані протягом збройного протистояння (2014–2018 рр.), свідчать про початок його довгострокового переходу в новий еколого-геологічний стан унаслідок провідного впливу зменшення шахтного водовідливу (перериви енергопостачання, виведення з експлуатації нерентабельних шахт, аварійні прориви вод із затоплених шахт, тощо) і регіонального підвищення рівнів підземних (грунтових) вод. Подібний аналіз гірничо-геологічних умов відновлення шахт Донбасу в післявоєнний період (1944–1951 рр.), коли шахтний фонд регіону був у 2,5–3,0 рази меншим за площею та глибиною, дав змогу виявити такі впливові чинники змін еколого-геологічного стану регіону:

1) зменшення міцності порід та ускладнення гірничо-геологічних умов видобутку вугілля в зонах впливу затоплених виробок;

2) погіршення захисних параметрів міжшахтних породних ціликів та протифільтраційних перемичок;

3) збільшення ділянок деформацій поверхні, забруднення підземних вод і підтоплення земель у наближених до шахт містах і селищах.

В цілому, враховуючи масштаби, глибину перетворень геологічного середовища і ризику для життєдіяльності населення,

що виникли внаслідок військових дій і стихійного масового затоплення шахт, можна з певністю стверджувати про розвиток на території Донбасу екологічної катастрофи, яка за наслідками може бути порівняна з чорнобильською і загрожує втратою цієї території для мешкання людей з обмеженими можливостями проведення будь-якої господарської діяльності.

Нажаль, всі плани і проекти екологічної реабілітації пост-майнінгової території Донбасу фактично були призупинені з початком воєнних дій, хоча у деяких міжнародних проектах Україна все ще номінально присутня [61, 73, 122]. Але їх треба обговорювати і пропонувати, щоб бути готовим діяти, коли частина окупованого Донбасу повернеться під контроль України.

Перспективи вилучення корисних елементів із розсолів на родовищах Передкарпатського прогину². Принцип залежності між природними ресурсами та рівнем економічного добробуту завжди визначав рівень розвитку тієї чи іншої країни в світі. Але водночас, активне освоєння надр, яке послідовно проходить через стадії геологічного вивчення, інтенсивного використання та пост-майнінгу (виснаження та ліквідація родовищ), має свою ціну. Останнім часом стає очевидним, що в Україні, як і в інших країнах, економіка яких пов'язана з видобутком корисних копалин, проблеми навколишнього середовища у гірничодобувних регіонах на завершальних стадіях розвитку критично погіршують умови життєдіяльності населення і не сприяють зростанню держави на умовах сталого розвитку. Типовим прикладом є територія Передкарпатського прогину на заході країни. В геологічному відношенні – це молода альпійська область опускання земної кори, яка здавна була одним із стратегічних осередків видобутку різноманітних корисних копалин і де наразі фіксується багато об'єктів на стадії постмайнінгу.

З-поміж інших, особливу увагу привертають райони видобутку калійних солей. Це зумовлено значною різноманітністю та унікальними співвідношеннями соляних мінералів, присутніх в межах прогину і які не мають аналогів у світі. На більшості відомих соляних родовищ, як правило, налічується від двох до чотирьох

² За статтею «Prospects for Extraction of useful Elements out of the Brines of the Pre-carpathian Downfold» [124].

мінералів (завжди наявні галіт і ангідрит, до яких найчастіше можуть доєднатися сильвін та карналіт), тоді як на Передкарпатських їх налічують до двох десятків. Всі вони є хлоридами, один мінерал – кайніт відноситься до хлоридо-сульфатів, решту ж становлять водні і безводні сульфати натрію, калію, магнію та кальцію. Крім цих мінералів у соленосній товщі виявлені солі стронцію і, в незначних кількостях, борати.

З огляду на зазначене, покинуті соледобувні ділянки доцільно розглядати не лише як першопричину методичного накопичення негативних впливів на навколишнє середовище, але й як потенційне ресурсне джерело.

Протягом останнього десятиліття однією з найбільш пріоритетних складових стратегії екологічної безпеки в Україні є розробка запобіжних заходів з метою упередження екологічної катастрофи внаслідок діяльності гірничо-видобувних підприємств. Традиційно, для стабілізації і покращення стану довкілля, зокрема у постмайнінгових регіонах, пропонується впровадження комплексу заходів з реабілітації порушених і забруднених земель і водних об'єктів. Таким чином на їх місці створюються стійкі еколого-безпечні системи, які сприятимуть соціально-економічному відродженню країни. І у першу чергу це стосується тих територій, де екологічна безпека геологічного середовища в зонах впливу гірничих підприємств пов'язана із негативними наслідками техногенної активізації карсту. Останнє є характерною рисою для місць розробки калійних родовищ, значні поклади яких знаходяться саме в межах Передкарпатського прогину.

Калійні солі в межах зазначеної структури, зокрема на таких вагомих, хоч і не діючих зараз об'єктах, як Калуш-Голинське, Стебницьке та Солотвинське родовища стали першопричиною виникнення ряду проблем екологічного характеру, які з кожним роком набувають все більшого поширення. Зазначимо, що актуальною проблемою став не лише розвиток небезпечних екзогенних процесів, але й регулярні скиди у поверхневі річкові стоки дренажних вод. Основна небезпека від їх надходження з водозбірників і шламосховищ калійних родовищ у полягає у показниках вмісту солей, що суттєво перевищують допустимі норми. Це призводить до порушення геохімічних (ландшафтно-геохімічних), гідрогеологічних та еколого-геологічних параметрів

геологічного середовища, що суттєво відображається на рівні добробуту населення, виводячи потребу вирішення проблеми до переліку першочергових [13, 48, 49].

На сучасному етапі досліджень, враховуючи складність та актуальність проблематики розвитку небезпечних еколого-геологічних процесів на заході країни, багато вчених намагаються дати прогнозну оцінку їх розвитку та дослідити реально існуючу загрозову ситуацію. Зокрема, результати геофізичного моніторингу геологічного середовища та прогноз розвитку небезпечних геологічних процесів описано в роботах Кузьменка Е.Д., Багрія С.М., Вдовина О.П., Штогрин М.В., Бучинського В.А та ін. [125, 126]. Вивченням техногенно порушених соленосних молас Передкарпаття для визначення зон геоекологічного ризику на техногенно-порушених територіях солевих відкладів, де спостерігаються чи можуть виникнути негативні карстові процеси та пов'язані з ним інші екзогенні геологічні процеси займався Павлюк В.І. [135]. А питання екологічної безпеки у процесі розробки родовищ калійних солей досліджувалися такими дослідниками, як Манюк, Семчук Я.М., Рудько Г.І. та ін. [132, 68].

З метою більшої конкретизації, в якості об'єкта дослідження був обраний Калуський район на Прикарпатті, де розташоване одне з найбільш відомих родовищ калійних солей – Калуш-Голинське. Особливості його соленосних порід, так само, як і його вплив на геологічне середовище були предметом дослідження таких сучасних вчених, як Головчак В., Зозуля І. та ін [14]. Аналіз їх робіт дозволив виокремити з-поміж інших головний фактор, вплив якого охоплює практично всі елементи біосфери, а саме надмірні об'єми розсолів, що лишилися в спадок від гірничодобувної діяльності попередніх років.

Так, за десятиліття активних досліджень території зони техногенезу соледобувного комплексу Карпатського регіону, зокрема Калуш-Голинського родовища, дослідниками було виокремлено наступні проблеми:

- накопичені 10 млн.м³ розсолів у кар'єрі та одному з хвостосховищ створюють реальну загрозу прориву дамб цих гідроспоруд із подальшим їх потраплянням до водної системи р. Дністер [49, 90];

- регулярна інфільтрація розсолів із зазначених споруд спровокувала порушення природних умов живлення, транзиту та розвантаження підземних і поверхневих вод, у т.ч. засолення підземних вод на площі понад 1000га, що були виведені з системи землекористування (Головчак В., 2012);
- інтрузія висококонцентрованих розсолів у Домбровському кар'єрі з питним водоносним горизонтом, що розвантажується у найчистішу в Україні р. Лімниця; [131];
- водночас фіксується й щорічне підвищення концентрації розсолів у накопичувальних басейнах, де на ряду із безпечними компонентами високомінералізованих вод, що потенційно забруднюватимуть джерела питного водопостачання у басейні р. Дністер та р. Тиса [123];
- масова й безперервна інфільтрація солоних вод також стає причиною скорочення термінів безпечної експлуатації водопровідно-каналізаційних мереж, фундаментів промислових і житлових споруд, у тому числі внаслідок зростання агресивності ґрунтових вод і ґрунтів [26].

Враховуючи наведений перелік, факт зростання екологічного ризику, як наслідок впливу постмайнінгових об'єктів стає критичним для Закарпатської, Львівської, Івано-Франківської областей. І обумовлюється тим, що питне водопостачання населених пунктів цих територіальних одиниць значною мірою забезпечується прибережними водозаборами саме з зазначених річок.

Тенденція розвитку досліджуваної території не відповідає визначеному Міжнародною комісією з проблем навколишнього природного середовища (1987 рік) поняттю «сталий розвиток». Затвердженим визначенням описується такий розвиток, який *«веде до задоволення нагальних потреб суспільства без зменшення можливостей майбутніх поколінь задовольняти їх потреби»*. Це означає, що розвиток має здійснюватись таким чином, щоб не лише мінімізувати негативні наслідки виснаження природних ресурсів і погіршення якості довкілля з метою їх збереження для майбутніх поколінь, але й соціально та економічно [2]. Але з економічної точки зору перманентне залучення фінансових ресурсів для проведення заходів, спрямованих на ліквідацію усєї завданої навколишньому середовищу шкоди без вирішення її першопричини не дуже ефективно.

Сучасні програми сталого розвитку гірничодобувної промисловості намагаються розробляти у тих випадках, коли економіка тісно пов'язана з мінерально-сировинним комплексом. Ці програми можуть бути спрямовані чи на вирішення конкретної проблеми, чи на поліпшення загальних умов життєдіяльності місцевого населення. Можна навести багато прикладів таких ситуацій, зокрема у Франції [104], Португалії [140], Чехії [143] та ін. Економічні, екологічні та соціальні умови кожного гірничодобувного регіону України є також індивідуальними в залежності від виду мінеральної сировини, типу місцевості, її геології, клімату та багато чого іншого. Тому індивідуальними, з врахуванням специфіки регіонів, мають бути і програми їх екологічної реабілітації та подальшого розвитку [38]. Це стосується і Передкарпатського прогину, де розташований об'єкт дослідження

Варто зазначити, що окрім вишукувань, спрямованих на встановлення усіх наявних екологічних проблем, на території дослідження проводилися роботи пов'язані із аналізом складових частин соляних компонентів, що мають відношення до солевидобувних і солепереробних дільниць (відвалів, хвостосховищ, акумулюючих ємностей, шламонакопичувачів, затоплених виробіток). Отримані результати свідчать, про те, що у водне середовище можуть потрапляти ті ж самі компоненти, які є у всіх природних водах та формують їх макрокомпонентний склад і тип, але концентрації, в яких вони потрапляють, є достатньо високими, часто сягаючи промислових значень і зміна типу природних вод переважно залежить саме від цього.

З огляду на зазначене, метою даного дослідження є:

- доведення доцільності використання розсолів Калуш-Голинського родовища в якості додаткової сировини для поліпшення еколого-економічного стану регіону;
- проведення перевірки економічної ефективності впровадження сучасних технологічних шляхів управління розсолами, експериментальним шляхом.

В регіональну масштабі мінерально-сировинна база (МСБ) має забезпечувати збалансовану структуру і раціональність використання доступних ресурсів в межах окремих областей (районів). І Передкарпатський прогин є тим регіоном, де існують усі передумови для якісного збалансування економічно-вигідної діяльності зі збереженням природи, як національного спадку. Суттєвою компонентою такого балансу може бути концепція вилучення корисних компонентів із розсолів та їх переробка у товарний продукт.

За результатами проведених польових та експериментальних робіт [128], аналізу даних екологічного моніторингу та економічних аспектів, Калуш-Голинське родовище визначене авторами, як таке, що представляє промисловий та економічний інтерес. Це обумовлено наступними причинами:

1. У солоних водах та розсолах досліджуваного об'єкта встановлені значні вмісти *калієво-магнієвих солей, бром, рідше бору*. Їх вилучення, переробка та реалізація може сприятливо вплинути на одержання дефіцитної в Україні продукції.
2. Екологічні показники значного впливу об'єктів ліквідованого родовища на навколишнє середовище мають суттєве відображення на рівні державної статистичної звітності.
3. За останні роки, в масштабах всієї країни спостерігається планомірне зменшення обсягів експорту такої продукції, як технічна сіль та мінеральні добрива, у тому числі калійні (рис. 2.22, 2.24) з одночасним збільшенням їх імпортування (рис. 2.21, 2.23). А це свідчить про неспроможність задовольнити внутрішній попит за рахунок власних виробничих потужностей.

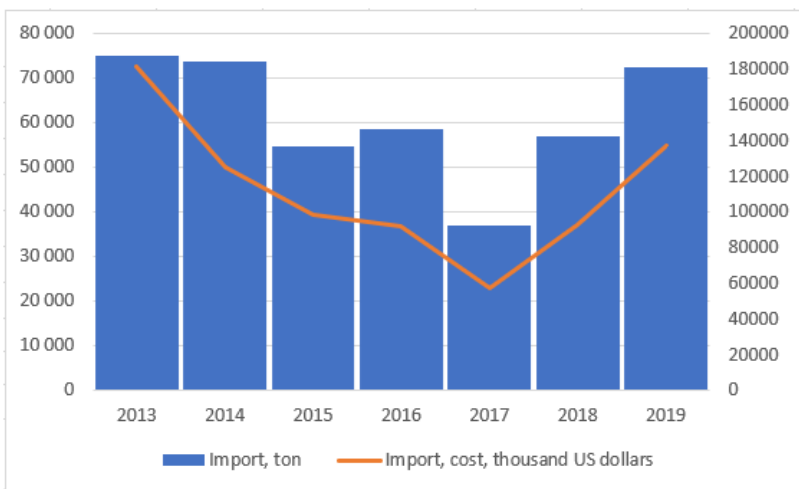


Рис. 2.21. Імпорт калійних мінеральних добрив [124]

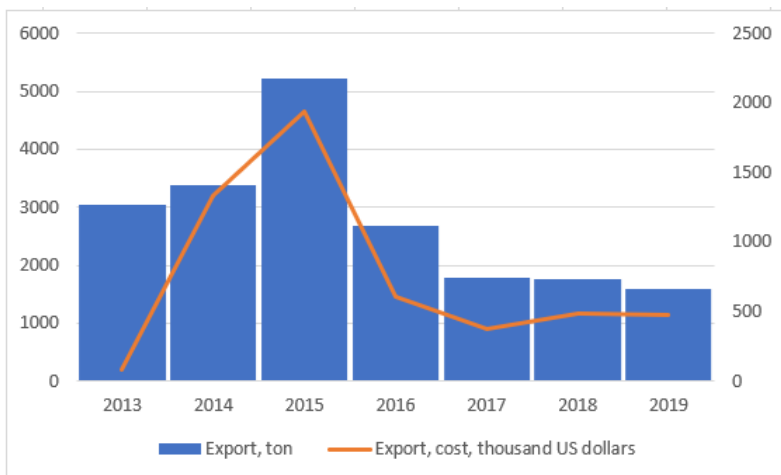


Рис. 2.22. Експорт калійних мінеральних добрив [124]

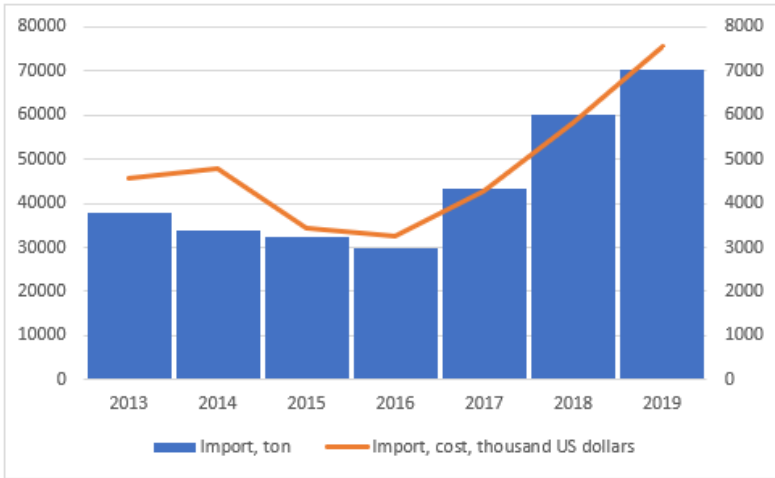


Рис. 2.23. Імпорт технічної солі й чистого хлориду натрію морської води [124]

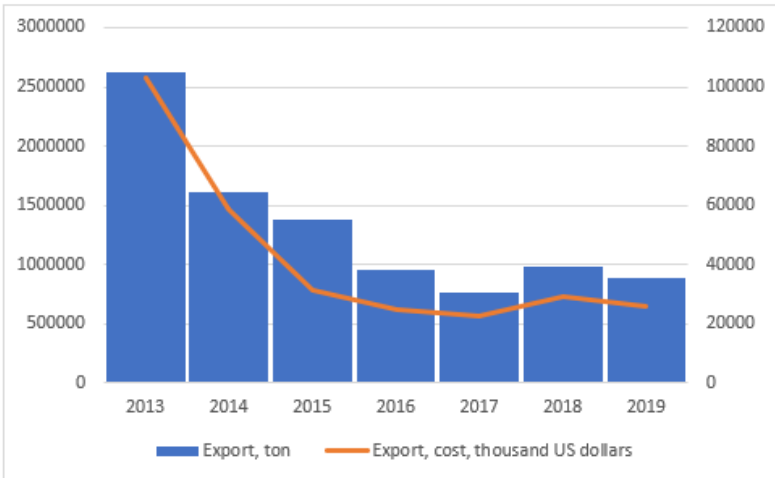


Рис. 2.24. Експорт технічної солі й чистого хлориду натрію морської води [124]

В рамках дослідження прослідковані тенденції змін об'ємів світового споживання калійних добрив, що використовувалися у сільському господарстві за останні 10 років. На основі зібраних статистичних даних виконаний прогноз на наступні 5 років (рис. 2.25).

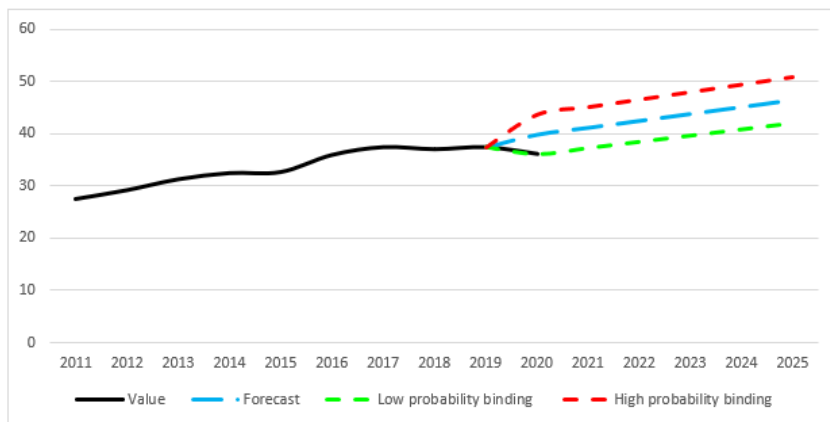


Рис. 2.25. Прогноз динаміки споживання калійних добрив у світі [124]

Отримані результати дають підстави вважати, що навіть за умов низьких вірогідностей, значення будуть зростати, а отже потреба країни забезпечувати себе, максимально знизивши імпортні витрати, не втрачатиме свою актуальність. Тож, запровадження вищезгаданої концепції переробки розсолів є очевидною можливістю якісно вплинути на розвиток цієї галузі промисловості. Останнє демонструє значну економічну вигоду в умовах кризової обстановки.

З огляду на зазначене, інвестування в проекти, що мають за мету збільшити сировинний потенціал країни відносно за вище зазначеними напрямками резонно вважати доцільним. Це обумовлюється не лише екологічним аспектом, що включає можливість суттєво вплинути на ступінь засоленості прилеглих до об'єктів територій, знижуючи тим самим ризик виникнення екологічної катастрофи, але й економічним.

Доказовою базою таких тверджень стали отримані результати досліджень, проведених відносно Домбровського кар'єру Калуш-

Голинського родовища калійних солей та прилеглих до нього хвостосховищ.

В екологічному відношенні принципове значення для регіону має той факт, що будь які породи, що містять водорозчинні солі і які розташовані вище поверхні землі та водоносного горизонту, неминуче будуть зазнавати інтенсивних гіпергенних змін, а соляні компоненти – виноситимуться в оточуюче середовище.

Як показують спостереження, існуючі засоби рекультивації відвалів розкривних порід і хвостосховищ не є ефективними, а техногенні об'єкти в існуючому вигляді в принципі не можуть виконати функцію по захороненню легкорозчинних солей. Відповідно, вони лишатимуться джерелом постачання солей у довкілля впродовж ще дуже тривалого часу.

Але відкладення, що закладовані у хвостосховища, не є відходами у класичному розумінні. При правильному підході вони, так само як і розсоли, що заповнюють Домбровський кар'єр, можуть бути ефективно перероблені. Перспективною продукцією такої діяльності є: технічна сіль, калімагnezія і концентрований магнійхлоридний розчин або кристалічний бішофіт. Такий спектр обумовлений історичним фактом, що за період експлуатації родовища (1965-2008 рр.) через недосконалість технологій з 1 т руди використовувалося лише 25% корисного компоненту. Решта 75% мінеральної сировини потрапляла у відходи, які і складувалися у хвостосховищах [56] і наразі потребують оцінки з точки зору їх використання, як нетрадиційної дешевої мінеральної сировини. Результати останньої можуть стати підґрунтям для розробки варіантів їх подальшого використання та продовження робіт на об'єкті цілому.

За результатами останніх досліджень, перспективи переробки розсолів затопленого кар'єру описуються можливістю вилучення з 1 м³ – 115кг сульфатного калійно-магнієвого добрива – калімагnezії, 210кг технічної солі і 120кг 32%-ого розчину магнію хлориду. А враховуючи факт, що наразі у залишеному котловані, який перебуває на стадії самозатоплення вже нагромадилося більше 10 млн. м³ розсолів, перспективи видобутку є достатньо масштабними, як і розміри можливого чистого доходу (за попередніми розрахунками авторів – близько 36,5 млн. €/рік).

За останні 10 років було зроблено кілька спроб розпочати практичну реалізацію ідей щодо переробки розсолів на об'єкті. У 2011 році була висунута пропозиція переробки солоних вод, які накопичились у Домбровському кар'єрі, італійською компанією Vomm (Мілан). Проект передбачав встановлення десяти спеціальних модулів і переробку 3млн.м³ розсолу на рік. Розрахована експертами вартість отриманої, у результаті такого підходу, технічної солі становила 52 €/т, а за умови її реалізації в Європі чистий прибуток міг становити 10млн.€/рік. У 2018 році ТзОВ «Калуська соляна компанія» виступила ініціатором аналогічного проекту. Ним передбачалася переробка менших обсягів розсолів (1 млн. м³/рік) але одержання більшого спектру продукції (кам'яна сіль, калімагnezія та каустична сода). Проте, в кожному випадку, пропозиції наштовхнулися на ряд перепон, зокрема юридичного та економічного характеру, внаслідок яких вони так і не були реалізовані, хоча перспективність не підлягала сумнівам.

В рамках дослідження було проведено порівняння цих проектів, зокрема їх кількісних та фінансових результуючих показників (можливі обсяги перероблених розсолів, технології, необхідні інвестиції, окупність, та ін.). Декларовані (в проектах) значення стали основоположними аргументами, що обґрунтовують доцільність перегляду ефективності підходів та способів переробки розсолів в Україні. В першу чергу тих, які базуються на технологіях їх демінералізації.

Найбільш перспективними і реальними наразі в Україні вважаються системи випаровування розсолів. Це обумовлено можливістю отримувати товарну продукцію, використовуючи при цьому мінімум обладнання. Проте, розвиток в світі солевидобувної індустрії та актуальність вишукувань в області вилучення зі складних розчинів розсолів ряду корисних компонентів суттєво прискорив осучаснення технологічних підходів до даного виду діяльності. Прагнення якісно конвертувати вилучені корисні компоненти у товарний продукт сприяло активізації пошуків *нових* можливостей для вирішення питання, які водночас були б привабливими для інвесторів та найбільш безпечними для природного середовища [101, 119, 137].

Зокрема, це дало поштовх розвитку мембранних технологій. Проведений аналіз їх різноманітних варіацій (завчасне опріснення

(зворотній осмос), мембранне очищення та електродіаліз) дає підстави вважати їх впровадження на ряді українських об'єктів (Домбровському кар'єрі включно) перспективною ініціативою. Значною мірою це обумовлюється можливістю створення не лише умов для зростання дохідного потенціалу району дослідження, але й суттєво сприяти відновленню порушеного еко-балансу території.

На прикладі наведених проектів є очевидним контраст між традиційними методами та більш технологічними шляхами управління розсолами. Це відображається, як на рівні економічних витрат, так і на самій продуктивності видобутку корисних компонентів.

З метою доведення доцільності використання розсолів Калуш-Голинського родовища в якості джерела додаткової сировини та економічності такого підходу був проведений експеримент. Відносно Домбровського кар'єру були змодельовані комбіновані умови, що включали:

- використання електродіалізу, як однієї із найбільш високотехнологічних методик переробки розсолів у світі, вартість якої сягає $10.05\$/\text{м}^3$ або $8,28\text{€}/\text{м}^3$ (відповідно до курсу валют станом на 11.06.2021);
- запропонований у 2018 році обсяг, необхідних для реалізації проекту, інвестицій (100млн. €);
- а також річне обмеження безпосередньої переробки розсолів 1-им млн м^3 , що також передбачалося попереднім проектом, але за умов використання традиційних технологій.

На основі цих вихідних даних були розраховані ключові фінансові показники – індекс прибутковості (PI) (1) та чистої приведеної вартості (NPV) (2) [USAID, 2012]. Інтерпретація отриманих результатів дала можливість зробити висновки щодо дохідності описаного підходу роботи із розсолами.

Окрім того, для кращого висвітлення можливих змін досліджуваних параметрів, які ілюструють рівень ефективності проектів даного типу, були розглянуті три варіації річної ставки дисконту, враховуючи її коливання за останні три роки. Використання усіх зазначених даних у сукупності із сучасними світовими цінами на технічну сіль й мінеральні добрива, зокрема калійні, а також обсяги їх можливого видобутку з розсолів дало наступні результати, що наведені в табл. 2.17 та табл. 2.18.

$$PI = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{NCF_k}{(1+r_k)}}{\sum_{j=1}^m \frac{I_j}{(1+r_j)^j}} \quad (2.13)$$

де n – прогнозний період, роки; k – рік у прогнозному періоді; NCF_k – чистий операційний потік коштів (доходи) у рік k , млн. €/рік; r_k – річна ставка дисконту в рік k , %; m – кількість років протягом яких планується інвестування, роки; j – рік у якому здійснюється інвестування; I_j – інвестиції (витрати) у рік j , млн. €; r_j – річна ставка дисконту в рік j , %.

Таблиця 2.17

Значення індексу прибутковості проекту

Річна ставка дисконту	PI
8%	4,28
14%	4,67
19%	4,94

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{NCF_k}{(1+r_k)} - \sum_{j=1}^m \frac{I_j}{(1+r_j)^j} \quad (2.14)$$

Таблиця 2.18

Значення показника чистої приведеної вартості

Річна ставка дисконту	NPV, млн. €
8%	258,68
14%	251,37
19%	244,42

Отримані результати безумовно відповідають, визначеним у відповідних державних та технічних документах [USAID, 2012], залежностям ($PI > 1$, $NPV \geq 0$), які описують проекти, як ті, що мають високу ефективність. Вагомим внеском у позитивну оцінку запропонованого підходу є й невисока варіативність отриманих показників навіть за умови коливань економічного розвитку країни.

Використання технологічних інноваційних рішень у наведеному експериментальному проекті, з-поміж іншого було запропоноване з метою розширення перспектив сталого розвитку регіону. В першу чергу, впровадження новітніх технологій з переробки розсолів отримає суттєве відображення на загальній економічності проекту. Зокрема, за рахунок модернізації методичного підходу є можливість значно зменшити час окупності (5 років – у запропонованому в 2018 році проекті, 3 роки за умови використання електродіалізу) та збільшити обсяги сумарного доходу за проектний період. По-друге, перехід вітчизняних підходів на новий техніко-економічний рівень є логічним рішенням для регіону, що знаходиться в умовах нагальної потреби зменшити негативний вплив на геологічне середовище. І концептуальні зміни в даній сфері значно сприятимуть наближенню до відповідності пріоритетній світовій концепції: «економічно вигідна технологія з нульовим скидом забруднюючих речовин».

Окрім того, будь-які перетворення у гірничодобувних регіонах на засадах сталого розвитку передбачають специфікацію їх функціонального навантаження в економіці країни. А в Передкарпатському прогині спостерігається марнотратне ставлення до таких ресурсних джерел, як техногенні родовища, що є критично нераціональним. Бо в значній мірі це обумовлено можливістю приросту експортних обсягів отриманої, внаслідок переробки розсолів, товарної продукції, що наразі є дуже актуальним.

Ще одним доказом доцільності сприяння впровадження таких проектів є прийнятність розрахованих, в рамках дослідження, показників не лише для приватного підприємця, але й для державного партнера. Зокрема, такі проекти дозволять досягнути цілої низки соціально-економічних цілей. Серед останніх можна виділити: створення умов для інноваційного розвитку внутрішнього ринку, поліпшення інвестиційного клімату та досягнення європейських стандартів життя, що включає й екологічну безпеку.

Усе зазначене переконливо доводить доцільність використання розсолів Передкарпатського прогину (Калуш-Голинського родовища включно) в якості додаткової сировини для поліпшення еколого-економічного стану регіону. В тому числі підтверджується економічна ефективність запропонованого підходу. Проте, як і будь-яке нововведення, модернізація підходу робіт з переробки розсолів

супроводжується низкою аспектів, що мають ретельно відслідковуватися та контролюватися. Серед яких:

- Потреба активного запровадження різноманітних екологічних програм від державного до місцевого рівня з чітким розподілом фінансування заходів, спрямованих на охорону та відновлення окремих складових геологічного середовища [40]. Будь-які програми екологічної реабілітації регіону повинні спиратися на постійно діючу прогнозу модель геологічного середовища, в основу якої мають бути покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових (гідрогеологічної, інженерно-геологічної, сейсмічної, забруднення ґрунтів і поверхневих водоем, та інші). Таким чином фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально, а попередження і вирішення конкретних екологічних проблем, які можуть виникати у випадку реалізації розрахованих у такій моделі найбільших екологічних ризиків – більш ефективними.
- Виникнення комплексу соціальних проблем, пов'язаних із впливом технологічних інновацій на соціально-політичну складову сталого розвитку регіону [38]: кількість робочих місць на підприємствах та її зміни з введенням нових технологій чи у разі закриття нерентабельних підприємств, заробітна плата та соціальний захист працівників, створення нових робочих місць та працевлаштування звільнених працівників, травматизм – усе це має передбачатися і бути відображено у даних державної статистики. Особливо це важливо для розробки масштабної довгострокової програми реструктуризації соледобувної промисловості у Передкарпатському прогині.
- Неможливість одномоментного переходу на нові технології та перегляд усієї системи функціонування існуючої інфраструктури районів, що мають відповідні перспективи для переробки розсолів. З цих причин, раціональним рішенням проблеми автори вважають оптимізацію роботи із високомінералізованими водами шляхом об'єднання технологій в гібридні системи. Поступове поєднання традиційних методів роботи з новітніми у супроводі ретельного моніторингу усіх основних показників ефективності проектів за короткий час дасть змогу отримати статистичне підтвердження раціональності підходу

та забезпечити плавний перехід вітчизняної промисловості на новий техніко-економічний рівень.

За умов об'єктивного відбору, реалізація проектів означеної спрямованості є комплексним рішенням економіко-екологічної проблеми. Результатом такої реалізації може стати одночасне збільшення обсягів видобутку сировини з розсолів та зменшення тим самим тиску на навколишнє середовище. Це дає також поштовх для розвитку інноваційної діяльності на підприємствах та сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції на світовому ринку. За таких умов пошук партнерів за кордоном буде простішим, а реалізація експортної української продукції (тої ж калімагнезії) почне позитивно впливати на стан економіки країни, оскільки приріст валютних ресурсів дасть можливість стримувати інфляцію.

Для досягнення зазначеного має бути визначена стратегія та складена чітка та прозора програма подальшого збалансованого розвитку регіону. Очевидно, що це має відбутися на основі:

- попередньої розробленої та впровадженої системи моніторингу деформації земної поверхні, рівнів та хімічного складу підземних та поверхневих вод;
- створеної моделі прогнозування розвитку небезпечних еколого-геологічних процесів в зоні затоплення об'єктів солевидобувного комплексу;
- впровадженої системи заходів щодо альтернативного водопостачання населення за рахунок захищених від забруднення підземних джерел.

Розгляд полімінеральних розсолів Передкарпатського прогину не лише, як першопричини порушення екологічного балансу, але й як потенційно вигідного проекту для інвестиційних вкладень є далекосяжним з огляду на можливості, що відкриваються при подібному підході.

2.6. Інформаційне забезпечення екологічної сфери у МСК

Захист інженерної інфраструктури на сучасному етапі розвитку будь – якої держави є новим структурним елементом національної безпеки. Значною мірою це пов'язано з тим, що більша частина об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), потенційно небезпечних

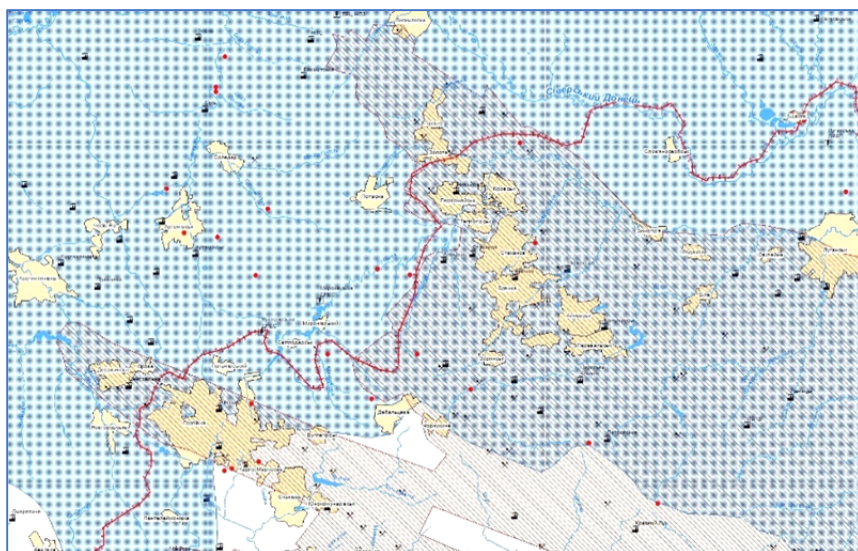
об'єктів (ПНО) та об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН) розташована в межах зон впливу гірничодобувних районів та прилеглих до них міст та селищ. Зростаючі масштаби еколого-техногенних наслідків глобальних змін клімату (ГЗК - штормові опади, збільшення висоти і частоти повеней і паводків, потепління, збільшення пожеж в лісових і степових екосистемах і ін.) та збройного конфлікту на Сході України, який розвивається в умовах крупнішого у світі Донбаського вуглевидобувного району, свідчать про необхідність врахування нових нормативно-правових, індикаторно-критеріальних, соціально-економічних та еколого-техногенних зв'язків між ОКІ, ПНО та ОПН, на що вказували такі дослідники як Гречанинов В.Ф., Бігун В.В., Чумаченко С.М., Єрмаков В.М., Луньова О.В., Улицький О.А., Удалов І.В. та ін..

Оскільки існуюча державна система управління природоохороною діяльністю України реалізована за територіальним принципом, доцільно використовувати сучасні інформаційні технології ГІС та ДЗЗ, оскільки вони забезпечують ефективний обмін великих об'ємів цифрової інформації на національному, регіональному та локальному рівнях.

Інформаційна компонента дозволяє систематизувати, оперативно розповсюджувати дані, як серед органів державної влади, так і серед стейкхолдерів, щодо стану природно-техногенних геосистем (ПТГС) “гірничо-добувний об'єкт – навколишнє середовище”, трансформації та міграції забруднюючих речовин, прогнозних змін та наслідків антропогенного впливу [95].

Так для оцінки рівня критичності ускладнень водно-екологічної складової безпеки життєдіяльності (БЖД) та оцінки надійності експлуатації систем ПГВ було реалізовано картографічні моделі із залучення аналізу космічних знімків.

Встановлено, що 18 % шахтних полів знаходяться під забудовою – понад 1 тис.км² території 63 міст і 91 смт Донбасу (підроблені відповідно 25 і 51 % їх площі) розташовані над шахтними полями (рис. 2.26).



Умовні позначення

- Інші промислові об'єкти
- ⊞ Електростанції
- ⊗ Шахти і шtolьні
- Пункти відбору проб 2016 р
- Населенні пункти
- ⊞ Кордони областей
- ⊞ Кордони зони проведення операції об'єднаних сил
- ▨ Район шахтних полів
- ⊞ Гидрографічна мережа
- ▨ Басейн р. Сіверський Донець

Рис. 2.26. Фрагмент техногенного впливу шахтних полів на басейн транскордонної р. Сіверський Донець у зоні проведення ООС

Зараз у більшості ГДР Карпатського регіону (Солотвинський, Калушський, Стебнікський), Кривбасі, Львівсько-Волинському вугільному басейні, у Донбасі відбувається перманентне порушення безпеки ОКІ на великих територіях, в межах яких вони мають технологічні та геопросторові зв'язки, в т.ч. внаслідок розташування в межах транскордонних річкових басейнів (рік Тиси, Дністра, Сіверського Донця). Останнє, на наш погляд, вимагає понятійного розвитку та доповнення змістовної бази об'єктів критичної інфраструктури категорією “територія критичного стану інженерної

інфраструктури” (ТКС II), в межах якої можливі порушення як функціональних зв’язків угруповань ОКІ, так і ланцюжковий вихід з ладу окремих ОКІ та ПНО (ОПН) (прискорене підтоплення і затоплення шахтних полів та прилеглих територій, розширений вплив повеневої хвилі на підроблених територіях, просідання і зрушення поверхні та ін.).

Можна погодитись з оцінками окремих фахівців щодо значної диференціації ТКС II (Гречанинов В.Ф., Качинський А.Б., Іванюта С.П. та ін.) і принципової відмінності ряду факторів виникнення та формування ризиків в її структурі. Аналіз динаміки процесів та факторної відмінності територіального руйнування ОКІ у ГДР (ланцюговість, каскадність, синергічність, незворотність порушень геотехнічної рівноваги породних масивів внаслідок вилучення великих об’ємів порід і підземних вод), наприклад, у Солотвинської гірничо-міської агломерації та у Донбасі, свідчить про необхідність розробки методики відповідного районування ТКС II [83, 95, 117, 146].

До особливостей техногенно-порушених умов Донбасу можна віднести:

1) способи і система розробки родовищ кам’яного вугілля:

- наявність дуже складної системи гірничих виробок у широкому діапазоні глибин з великою кількістю закритих і затоплених шахт;
- розширення фронту робіт у плані;
- довго часова (десятиріччя) тривалість експлуатації шахт, переважна відробка вугільних шарів без закладки гірничих виробок та активний розвиток техногенної тріщинуватості;

2) гідрогеодинамічні:

- просторовий і несталый характер руху підземних вод в межах діючих і закритих шахт;
- наявність регіональних депресійних воронок, що поширюються далеко за межі шахтних полів;
- наявність локальних депресійних воронок, що переміщуються разом з очисними виробками шахт та зонами техногенної тріщинуватості над ними;
- посилення інфільтраційного живлення атмосферними опадами та поверхневими водами над шахтними полями за рахунок

зростання тріщинуватості після обрушення покрівлі над відпрацьованими очисними спорудами;

- збільшення проникності порід у зонах обрушення над покрівлею гірничих виробок;
- поглинання поверхневих вод і проникнення їх у гірничі виробки на ділянках порушених гірських масивів під водотоками та водоймищами з частковим або повним перехопленням поверхневого стоку;
- формування нової природно-техногенної структури підземного потоку в межах фільтраційного поля "вододіл-річкова долина" після повного затоплення шахт та відновлення депресійної лійки;

3) інженерно-геологічні та інженерно-сейсмогеологічні:

- формування мульд просідання земної поверхні над шахтними полями (величина просідання часом досягає 3-4 м і більше), в яких утворились ділянки підтоплених і заболочених земель;
- ущільнення (іноді пучіння) порід через деякий час після їх обрушення з покрівлі гірничих виробок;
- гідростатичне та дегідратійне стискання ґрунтів під час утворення депресійних воронок;
- щільне промислово – селітебне навантаження над більшістю вугледобувних комплексів з додатковим техногенним живленням ґрунтових вод та формуванням техногенних ґрунтових водоносних горизонтів (т.зв. "верховодок");
- розвиток зон гідрогеомеханічних напружень та техногенних землетрусів при прискореному осіданні порід над затопленими виробками.

Значне загострення політичної обстановки в східних регіонах України (Донбас та прилеглі території) у випадку її подальшої ескалації з ризиком випадків терористичних актів на потенційно небезпечних об'єктах може призвести до незворотних екологічних порушень довкілля, руйнування безпеки життєдіяльності (БЖД) населення та катастрофічних економічних і людських втрат. На території Донбасу (5% площі України) було зосереджено більше 4000 ПНО (16% від загальної кількості), що створює їх просторову щільність у 3 рази вище середньої. При цьому переважаюча частина з них є об'єктами критичної інфраструктури (шахти, хімічні підприємства, ТЕЦ, греблі великих водосховищ, полігони токсич-

них та вибухонебезпечних відходів та ін.). Слід відмітити, що значна частина ПНО (ОПН) знаходиться у вкрай напруженому еколого-технологічному стані, в т.ч. техногенно-геологічних систем (ТГС) “гірничо-добувний комплекс – геологічне середовище”, і тому мають підвищену чутливість до несанкціонованих впливів. Значне зростання еколого-техногенних небезпек, в т.ч. транскордонного рівня, може бути пов’язано з ланцюгово-просторовою структурою розподілу ПНО у містах, селищах, на проммай-данчиках. Небезпека катастрофічного впливу аномальних чинників техногенного і природного (глобальні зміни клімату – збільшення частоти і висоти повеней і паводків, штормові опади і ін.) походження на ПНО значно зростає внаслідок того, що їх переважаюча частина експлуатується за умов наднормативної зношеності (до 70%), небезпечного зниження міцності порід підгрунтя внаслідок підтоплення, впливу корозії на несучі конструктивні елементи гірничо-добувних підприємств, нафто- і газопроводів, мостів, підземних комунікацій тощо.

За попередніми оцінками, переважаюча і найбільш складна частина екологічних наслідків несанкціонованих (збройних) порушень регламентного стану ПНО у вугледобувних районах Донбасу і загроз БЖД у містах і селищах залежать від складності і стійкості ПТГС шахт і кар’єрів (більшість їх є містоутворюючими) та стійкості систем шахтного водовідливу, якій забезпечує регіональне утримання рівнів підземних вод на небезпечних глибинах (орієнтовно- більше 15-200 м) [95, 96, 97]

Територіальний рівень небезпеки даного фактору для більшості шахтних районів Донбасу обумовлений гідравлічними зв’язками як діючих, так і закритих шахт, в т.ч. на кордоні з РФ та у басейнах транскордонних рік. Ризик небезпеки даного фактору підсилюється тим, що шахтний фонд Донбасу є одним із найстаріших у Світі. Кожна третя шахта працює більше 50 років і тільки до 8 % шахт експлуатуються менше 30 років.

Зараз кілька десятків шахт знаходяться у стані “микрої консервації” з практично некерованим затопленням виробок і підйомом до небезпечних глибин рівнів підземних забруднених і мінералізованих вод та вибухонебезпечних і токсичних газів (метан, радон і ін.) з розвитком підтоплення і затоплення прилеглих земель, житлових та промислових об’єктів міст та селищ, численних ПНО

(ОПН). В цілому в межах вуглепромислового комплексу Донбасу до 60 міст і селищ розташовані на територіях розвитку гірничих робіт, що обумовлює небезпеку суттєвого погіршення екологічного стану геологічного середовища, ПНО (ОПН) та ТКС II.

Виконаний аналіз засвідчив, що у гірничодобувних районах Донбасу при несанкціонованій зупинці водовідливу шахт та кар'єрів протягом 3-5 років виникає загроза катастрофічного регіонального підтоплення та затоплення прилеглих міст та селищ, непрогнозованого руху вибухонебезпечних і токсичних газів (метан, радон) до промислової і житлової забудови, забруднення підземних та поверхневих джерел водопостачання.

Тому одним із пріоритетів забезпечення національної безпеки і оборони є відстеження інженерно-будівельної безпеки ПНО (ОПН), підвищення фізичної захищеності і інженерно-технічної стійкості систем водовідливу діючих і закритих шахт, питно-господарчого водопостачання та удосконалення системи моніторингу та оцінки їх еколого-техногенного стану для запобігання надзвичайних ситуацій.

Додаткові еколого-техногенні загрози ланцюгового і, навіть, техногенно-сінергетичного походження надзвичайних ситуацій при некерованому затопленні шахт, можуть бути сформовані внаслідок еколого-техногенного перевантаження промислово-міських агломерацій Донбасу, де зосереджено до 90% населення, просторово розподіленими різноманітними ПНО (ОПН):

- до 1200 териконів, із яких до 400 горящих, здатних до переходу у вибухонебезпечний стан при підтопленні, в санітарно-захисних зонах яких мешкає більше 10000 людей;

- 2000-3000(за різними оцінками Мінприроди, Незалежного Профсоюзу Гірників і ін.) стихійних шахт-“копанок”, які при затопленні капітальних шахт будуть додатковими шляхами прискореного та неконтрольованого витоку забруднень до річок, місцевих водозаборів;

- до 1500 фільтруючих ставків-накопичувачів стічних вод шахт і Центральних збагачувальних фабрик (ЦЗФ), більшість гребель і регулюючих гідротехнічних споруд яких знаходиться у небезпечному інженерно-технічному стані. Некеруємі витоки забруднень можуть перетворитися на стійке джерело отруєння стоку р. Сіверський Донець, яка є транскордонною з РФ і джерелом живлення кількох питно-господарчих водозаборів на її території.

Екологічно незбалансоване затоплення шахт та кар'єрів може спричинити та активізувати також наступні просторово розподілені небезпечні екзогенні геологічні процеси:

- підтоплення і затоплення поверхневих і підземних полігонів токсичних відходів (Горлівський хімзавод, Микитовський ртутний рудник, ш. “Юнком” з каморою підземного атомного вибуху і ін.) і прискорену міграцію токсичних сполук;

- формування нових шляхів міграції вибухонебезпечних та токсичних газів в зонах міст, селищ та промислових підприємств;

- просторово-часова активізація при затопленні гірничих виробок просідань, зрушень денної поверхні та техногенних струшувачів (локальні техногенні землетруси) порід з ризиком руйнівних деформацій водопровідно-каналізаційних та теплоенергетичних мереж, шляхів, мостів, залізничних колій, будівель та ін.;

В сучасних умовах загострення кризи в Україні суттєво зростає кількість територій і промислово-міських агломерацій, де негативний стан соціально-економічної ситуації в сукупності з руйнівними деформаціями будівель у гірничодобувних районах Донбасу та небезпечним забрудненням сільгоспугідь, приземної атмосфери, питної води може призвести до втрати перспектив сталого розвитку, суттєвого зменшення зайнятості населення і зростання соціальної напруженості в суспільстві.

Вищенаведено у розділі дозволяє дійти до таких висновків:

Еколого-техногенна дестабілізація складних природно-техногенних геосистем, в т.ч. багаточисельних ПНО (ОПН) у гірничо-добувних районах Донбасу, Карпатського регіону, Кривбасу, урано-рудної зони України йде у напрямку збільшення ентропії (порушення екологічної рівноваги) еколого-формуючих систем навколишнього природного середовища і формування територій критичного стану інженерної інфраструктури.

Загальним просторово-часовим параметром гірничо-добувних районів України за умови сучасних технологій надрокористування (буро-вибухові технології, відсутність захисного закладання гірничих виробок ін.) є прогресуюча втрата рівноважного стану верхньої зони надр, активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів, розвиток руйнівних деформацій житлових, промислових будівель, водопровідно-каналізаційних мереж, нафто-газопроводів, погіршення водно-екологічних параметрів транскордонного

річкового стоку, прибережних акваторій Азовського та Чорного морів.

У зв'язку з цим уявляється необхідним:

1. Термінова розробка проекту і прийняття Закону про критичну інфраструктуру, в т.ч. з визначенням територій критичного стану інженерної інфраструктури, враховуючи низьку детермінованість еколого-техногенних небезпек і ризиків в межах розвинутих гірничо-добувних районів України.

2. Комплексне еколого-техногенне обстеження і зонування гірничо-добувних районів за станом природно-техногенних геосистем ПНО (ОПН) та територій критичного стану інженерної інфраструктури.

3. Відновлення та реконструкція системи екологічного моніторингу з підвищенням його інформаційної дієздатності (технології ДЗЗ, математичного моделювання, комплексні натурні полігони та ін.), в першу чергу в зонах впливу гірничо-добувних районів, промислово-міських агломерацій, каскаду Дніпровських водосховищ, просторово-розвинутих інженерних систем (нафто-газопроводи, залізниці та ін.).

4. Розробка методики визначення гранично припустимих техногенних навантажень та змін екологічних параметрів навколишнього природного середовища в зонах впливу ПНО (ОПН) та об'єктів критичної інфраструктури на територіях гірничодобувних районів України.

2.7. Інформаційні технології геофізичного дослідження свердловин

Видобуток вуглеводнів є потенційно небезпечним екологічним процесом внаслідок гідравлічного розриву пласта (ГРП) є останніми роками відомим прикладом такої небезпеки.

Що таке гідравлічний розрив пласту (fracking)?

Це технологічний процес закачування рідкої суміші під тиском, достатнім для розкриття природних чи утворення штучних тріщин у продуктивному пласті (зазвичай зі щільних порід) із подальшим закачуванням рідини (на водній або вуглеводневій основі, кислотні розчини тощо) із розклинювачем або без нього для створення

високої пропускнуї здатності з метою отримання припливу пластових флюїдів у свердловину після закінчення процесу.

Технологія здійснення ГРП включає в себе закачування в свердловину за допомогою потужних насосних станцій рідини розриву. За допомогою сильного напору води створюють тріщини у гірських породах на глибині 1000 до 5000 метрів. Через ці шпарини газ може надходити у свердловину і підніматись нагору.

При бурінні однієї свердловини використовуються десятки тонн хімікатів, склад яких становить «комерційну таємницю». Під час виконання гідравлічних розривів лише для однієї свердловини використовується від 9000 до 29000 м³ води. Частина води (1300 – 23000 м³ води з однієї свердловини) потім повертається на поверхню. Ця вода містить хімічні речовини зі сланцевих порід: важкі метали, природні радіоактивні матеріали та різноманітні забруднюючі речовини, що використовуються при закачуванні, включаючи токсичні речовини.

Потенційним ризиком, який несе впровадження у практика гідравлічного розриву пласту є ризик потрапляння хімікатів у ґрунтові води під час ГРП.

Такий ризик пов'язаний з:

- розливанням бурового розчину, зворотнім потоком, витіканням з відстійників або з транспортних засобів під час перевезення;
- протіканнями або аваріями, спричиненими непрофесійними діями персоналу або пов'язаними із використанням застарілої техніки;
- протіканнями, спричиненими дефектами обсадки свердловини: документи свідчать, що 6 % свердловин для гідророзриву виходять з ладу відразу, а 50 % – протягом 15 років;
- протіканнями, які сталися під землею, через природні або штучні тріщини та ходи. Більша частина рідини для ГРП залишається під землею (до 80 % закачаного об'єму). Деякі дослідження на комп'ютерних моделях показують, що ця рідина теоретично може мігрувати до природних запасів питної води (таких як водоносні горизонти і джерела) часто за кілька років.

Вплив на зміну клімату є також невід'ємною частиною використання гідравлічного розриву пласту.

У Міжнародному енергетичному агентстві вважають, що розвиток сланцевої промисловості спрямує викиди CO₂ «траєкторією, яка

в довгостроковому вимірі призведе до підвищення «глобальної» температури до понад 3,5 °С».

Деякі дослідження стверджують, що 3,6-7,9 % добутого сланцевого газу втрачаються через неорганізовані викиди метану. Це означає, що «в порівнянні з вугіллям, наслідки сланцевого газу щонайменше на 20 % більші і можливо більші, ніж вдвічі протягом 20-річного періоду».

У Національній академії наук США вважають: «Враховуючи обмеженість наявних даних, вірогідним є те, що витік природного газу з окремих свердловин у поєднанні з витіком під час з подальших циклів виробництва, є достатньо високим, щоб збільшити обсяг загальних втрат до порогового значення в 3,2 %, за яким газ стає принаймні таким же шкідливим для клімату, як і вугілля, щонайменше на деякий час».

Традиційні методи видобутку вуглеводнів є також потенційно небезпечними з точки зору екологічної безпеки.

Збільшення видобутку нафти і газу, широке застосування різноманітних хімічних реагентів зумовлюють підвищення ступеня забруднення атмосфери і впливу на природні комплекси. Форми порушення геологічного середовища включають забруднення підземних питних вод солоними водами з глибини і поверхні (інфільтрація, або просочування, міжпластові перетоки), просідання земної поверхні тощо.

Витік вуглеводневих та інших супутніх їм газів, розливи нафти і бурових розчинів призводять до широкомасштабних, часто незворотних трансформацій природних структур у всіх середовищах, що зазнають техногенного навантаження. У таких випадках атмосфера, ґрунти, підземні і поверхневі води насичуються агресивними і біологічно небезпечними компонентами природних флюїдів (сірководнем, радіонуклідами, поліциклічні ароматичні вуглеводні тощо). Поширення подібних забруднюючих речовин в екосистемах негативно позначається на якості життя і умов виробничої діяльності людини, нерідко викликає захворювання і падіж тварин. Крім того, потрапляючи в зону інтенсивного водогазообміну, агресивні води легко вступають в різні хімічні реакції, продукти яких можуть також мати значну міграційну активність і токсичність.

Основні забруднювачі повітряного басейну в газовій промисловості – вуглеводні, тверді частинки, оксиди сірки, вуглецю, азоту, сірководню, газовий конденсат і ін. Джерелами газовиділення на об'єктах газової промисловості є свердловини, газопроводи, апарати, факели, запобіжні клапани, ємності, димові труби, постійно діючі свічки, а також викиди в аварійних ситуаціях. Їх прийнято розділяти на три групи:

- 1) фонові постійні витоки природного газу;
- 2) епізодичні технічні витоки;
- 3) технологічно неминучі постійні викиди.

При видобутку, транспортуванні нафти і нафтопродуктів атмосфера забруднюється вуглеводнями в основному в результаті аварійних викидів і випарів.

Локальне забруднення атмосфери можливе також при залізничних і водних перевезеннях нафти і нафтопродуктів. Значна частка шкідливих викидів надходить в атмосферу з продуктами згоряння при використанні у вигляді палива природного газу і мазуту.

Для водного середовища серйозну небезпеку становить забруднення нафтою і нафтопродуктами, важкими металами, хлорорганічними сполуками і радіоактивними речовинами. Зокрема, нафта має здатність покривати найтоншою плівкою величезні ділянки водної поверхні. Нафтова плівка на поверхні морів і океанів порушує обмін енергією, теплом, вологою і газами між океаном і атмосферою. Особливо помітні зміни відбуваються в кисневому режимі шарів поверхні води. Вони можуть бути причиною масової загибелі планктону та інших видів морської і річкової фауни і флори. Планктон – основна ланка в ланцюзі харчування морських організмів. Крім того, нафта і нафтопродукти токсично діють на організми, що живуть у водному середовищі.

Джерела радіаційного випромінення, що використовуються при геофізичному дослідженні свердловин є також чинником виникнення екологічної небезпеки. Досить регулярно трапляються випадки, коли каротажний прилад залишається у свердловині. І якщо прилади інших методів не викликають екологічної загрози, то прилади, що містять джерела випромінення є потенційною загрозою, враховуючі можливий безпосередній контакт свердловини із водоносними шарами.

Модель пласта, розкритого вертикальною свердловиною, яка є частиною постановки задачі як геофізичного дослідження свердловин так і частиною задачі оцінки екологічної небезпеки видобутку вуглеводнів для ДДз є наближено (рис. 2.27).

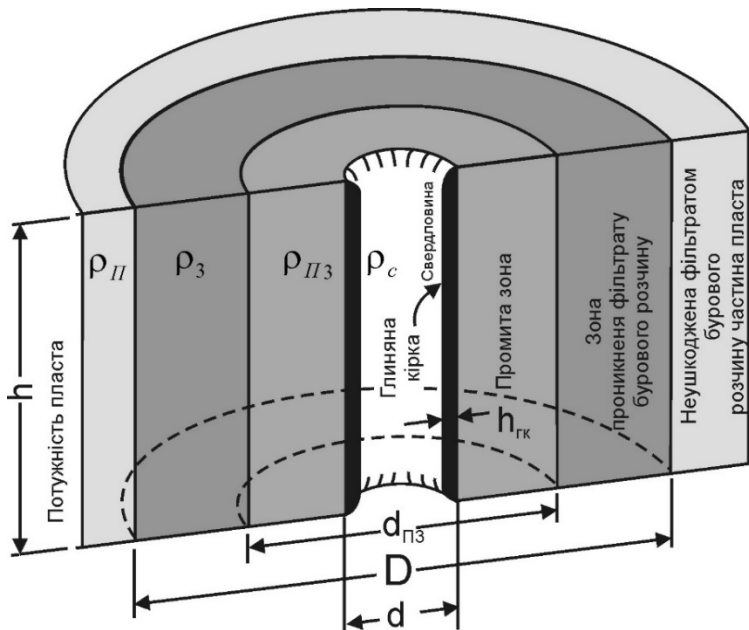


Рис. 2.27. П'ятишарова модель пласта скінченної потужності

Проте така наближена модель виявляється адекватною при описі пласта-колектора (пласта з проникненням), модель якого в загальному випадку вважають п'ятишаровою, оскільки саме така кількість шарів має просте фізичне пояснення.

Розподіл питомого опору вздовж пласта змінюється в процесі і одразу після буріння. Найбільша інтенсивність витіснення спостерігається при бурінні під час руйнування породи долотом. В цей час відбувається випереджуюче проникнення фільтрату. Говорити про рівноважний розподіл питомого опору вздовж пласта іноді можна тільки через значний час після завершення буріння (від тижнів до місяців). Відповідні перехідні стадії процесу виявляють при аналізі

різничасових досліджень. Глибина проникнення та швидкість зміни питомого опору на границі між флюїдами різної солоності залежать і від проникливості пласта.

Проникаючи у пори, фільтрат витісняє рухомий пластовий флюїд.

У подальшому раніше відкриті інтервали проникливих пластів знаходяться під гідростатичним тиском бурового розчину. Фільтрація водяної фази із-за бурового розчину уповільнюється за рахунок утворення глиняної кірки на пористо-проникливих інтервалах. Проникнення фільтрату супроводжується формуванням навколо свердловини зони з іншим, ніж у пласті, електрохімічним складом водяного розчину.

Найбільш змінена частина пласта поблизу стінки свердловини називається його промитою зоною. У цій частині фільтрат бурового розчину практично повністю витісняє природні флюїди, що насичують пласт. При цьому тверді глиняні частинки та частинки вибуреної породи, що не можуть проникнути в пори пласта, залишаються на його поверхні, утворюючи так звану глиняну кірку.

Фільтрат бурового розчину, проникаючи далі до пласту, змішується з пластовою рідиною, і питомий опір цієї зони змінюється в радіальному напрямку (по нормалі до осі свердловини). Із збільшенням відстані від стінки свердловини об'єм фільтрату в одиниці об'єму породи поступово зменшується і питомий опір зони проникнення досягає значення питомого опору неушкодженої частини пласта, яку так і називають: неушкоджена фільтратом бурового розчину область (частина) пласта (або неушкоджена частина (область) пласта, або просто пласт (в деяких джерелах – незмінена частина (область) пласта)).

Зону від промитої до неушкодженої області пласта називають зоною проникнення фільтрату бурового розчину (для скорочення – зоною проникнення чи просто зоною).

Умовно зоною проникнення вважають концентричний шар деякого питомого опору, значення якого приймається із міркування, що вимір у реальному пласті і пласті, що є еквівалентом обраної моделі, із заданим діаметром зони і відомим питомим опором неушкодженої частини пласта – повинні збігатися.

Радіальні розміри зони проникнення залежать від проникливості колектора (глиняного цементу), реологічних властивостей бурового

розчину, а також від режиму буріння та строків проведення каротажу.

На практиці часто ближня зона навколо свердловини (промита зона) є недостатньо контрастною для її виявлення, а глиняна кірка взагалі не впливає на дані електрометрії (мікрометоди ми не розглядаємо).

У таких випадках замість п'ятишарової моделі використовують тришарову модель пласта з проникненням (рис. 2.28). Саме така модель притаманна актуальним моделям пластів в умовах ДДз.

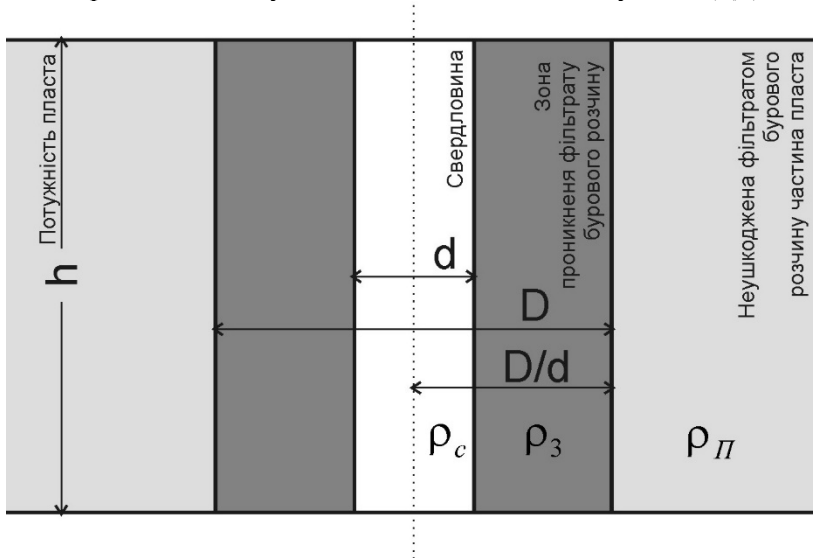


Рис. 2.28. Тришарова модель пласта скінченної потужності

Гідродинамічна модель дозволяє створити адекватну модель пласта-колектора чи підтвердити правильність обраної.

Дійсно, як демонструють проведені каротажні роботи в одній і тій самій свердловині але в різні інтервали часу після буріння ми можемо емпірично дослідити закономірності формування у часі зони проникнення фільтрату бурового розчину і, відповідно, побудувати модель такого процесу.

Так на рис. 2.29-2.31 показано дані різних методів геофізичного дослідження свердловин у різні моменти від буріння.

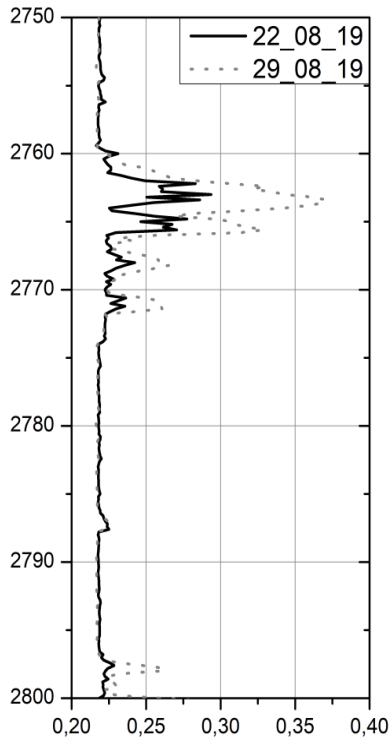


Рис. 2.29. Записи даних кавернометрії (у метрах) зроблені на одному інтервалі глибини у різні моменти від буріння

Цілком очевидно, що в першу чергу процеси, які відбуваються в пласті після буріння, проявляються у зміні реального діаметра свердловини (рис. 2.29).

Так може відбуватися три процеси. Фактична не зміна такого діаметра. Збільшення діаметра, що говорить про руйнування та вимивання твердої фракції ближньої зони пласта. Зменшення діаметра, що говорить про формування і виникнення глинистої кірки. Саме це явище прийнято вважати здебільшого ознакою того, що пласт є колектором. Це питання добре вивчене багатьма вченими. У тому числі він детально описаний у відомих монографіях Пірсона. Однак випадок збільшення діаметра є важливим з погляду вирішення оберненої задачі електрометрії свердловин оскільки без

такого розв'язання комплекс нібито показує наявність проникнення до пласта.

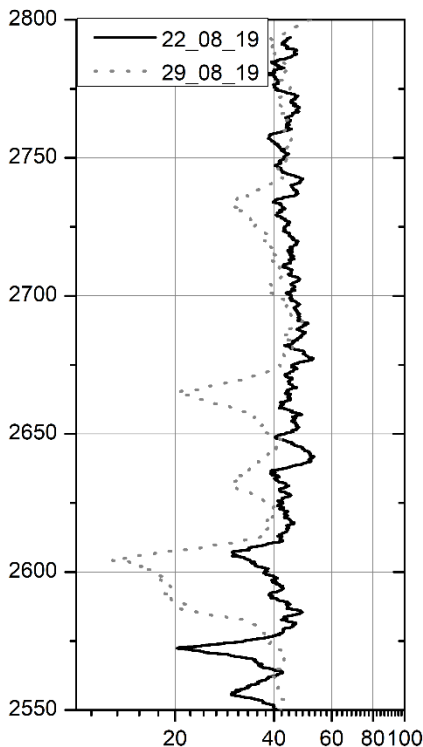


Рис. 2.30. Записи даних само-чинної поляризації (умовні одиниці) зроблені на одному інтервалі глибини у різні моменти від буріння

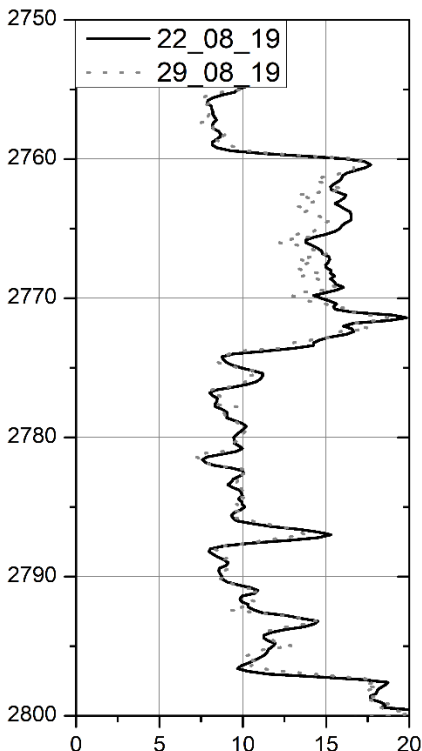


Рис. 2.31. Записи даних гамма-каротажу (умовні одиниці) зроблені на одному інтервалі глибини у різні моменти від буріння

Подібно до механічної зміни діаметра свердловини в процесі проникнення бурового розчину в пласт у пласті відбуваються і фізико-хімічні процеси. Насамперед це призводить до зміни потенціалу самочинної поляризації. Це питання могло б бути не таким важливим. Однак потенціал самочинної поляризації є також, як і кавернометрія, одним із методом виділення продуктивних

пластів-колекторів. І як видно на рис. 2.30, цей потенціал також може суттєво змінюватися після буріння. Залежно від часу, що минув від буріння змінюються як діаметр свердловини так і потенціал самочинної поляризації.

Як, видно, на рис. 2.31 також у часі може змінюватися і дані гамма-каротажу.

Розв'язання оберненої задачі є інструментарієм яке може допомогти в вирішенні окреслених проблем (рис. 2.32).

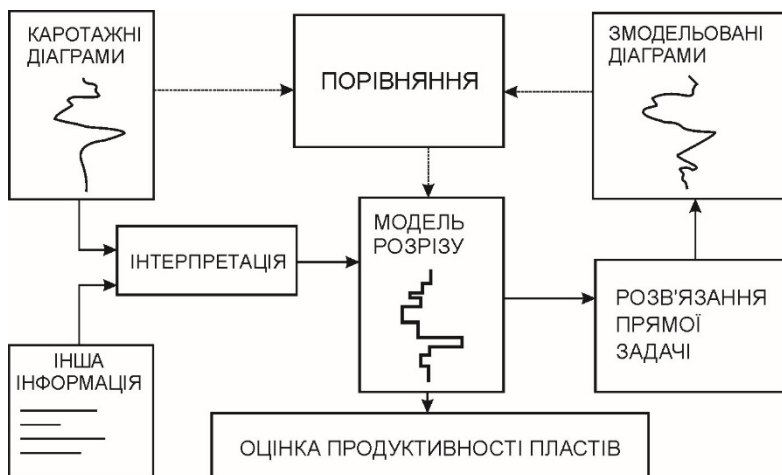


Рис. 2.32. Схема ефективного розв'язання оберненої задачі

Головне, що потрібно мати на увазі – результатом повинно стати не значення виміру, а остаточний результат розв'язку оберненої задачі. Першим цю тезу послідовно обґрунтував ще Комаров С.Г., який ввів поняття «інтерпретаційна метрологія», тобто необхідність вироблення вимог до точності виміру, яка забезпечить необхідну точність розв'язання оберненої задачі. Але час практичного впровадження такого підходу настав лише з досягненням обчислювальними ресурсами необхідного, для розв'язання обернених задач, рівня, що сталось на рубежі тисячоліть.

Отже, на перший план поступово стала виходити точність розв'язання оберненої задачі, а не точність виміру.

Що собою являє розв'язання оберненої задачі? Це в першу чергу, з точки зору обчислення, ітераційний процес (рис. 6), який включав таку послідовність дій:

1. за даними інтерпретації реальних каротажних діаграм конкретних зондів будується модель розрізу;
2. моделювання кривих зондів для побудованої моделі розрізу (розв'язання прямої задачі);
3. оцінка «близкості» реальних каротажних діаграм із змодельованими;
4. при незадовільній оцінці «близкості» уточнення моделі розрізу і повернення до п.2.

Така послідовність вимагала постійного розв'язання прямої задачі, що було майже практично нездійсненно на початку 2000-х років.

Розв'язання оберненої задачі, на прикладі електрометрії і без втрати загальності, ґрунтується на мінімізації функціоналу:

$$F(\rho_1^T, \dots, \rho_n^T) = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i \left(\frac{\rho_i^T - \rho_i^P}{\rho_i^T} \right)^2},$$

де K_i – вагові коефіцієнти кожного зонда комплексу, які можуть змінюватись інтерпретатором, n – кількість зондів апаратури; ρ_i^T – розраховані значення вимірних опорів для моделі, що розглядається; ρ_i^P – фактично отримані значення уявних опорів.

Висновок, який необхідно підкреслити [51, 52]: створення і використання високоефективних засобів розв'язання обернених задач геофізичного дослідження свердловин дозволяє більш точно встановлювати параметри нашарування, розкритого свердловиною, що дозволяє, в тому числі, більш точно прогнозувати масштаби екологічної небезпеки видобування вуглеводнів.

РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В МСК

Аналіз статистичних даних щодо впливу природних і техногенних чинників на здоров'я населення України дозволяє зробити висновок, що головним чинником техногенного навантаження на навколишнє природне середовище, біоту і людину в Україні є видобуток і переробка мінеральної сировини [57].

Довготривале інтенсивне використання надр в Україні призвело до накопичення негативного впливу на навколишнє природне середовище і людину, що насамперед найбільш наглядно можна спостерігати в гірничодобувних районах України, де екологічна ситуація досягла критичної межі, яка має прояв у різкому збільшенні надзвичайних геологічних ситуацій.

Реструктуризація економіки України в останні десятиріччя практично не призвела до зменшення техногенних змін екологічних параметрів головних життєзабезпечуючих ресурсів у більшості регіонів: водних, біотичних, земельних, мінерально-сировинних. Виконані фахівцями ІТГП НАН України дослідження засвідчили, що більшість галузей виробництва відрізняються аномальними показниками водо-енерго-ресурсоємності (металургійна, хімічна, енергетична, гірничодобувна і ін.). Аналіз статистичних даних щодо впливу природних і техногенних чинників на здоров'я населення України дозволяє зробити висновок, що провідним чинником техногенного навантаження на навколишнє природне середовище, біоту і людину є видобуток і переробка мінеральної сировини, якій призводить до регіональних незворотних змін як геологічного середовища (Донбас, Кривбас, Карпатський регіон і ін.), так і критичних порушень рельєфу, гідрографічної мережі, активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів (карстових, зсувних, просадкових), рівноважної взаємодії підземного і поверхневого водних потоків.

Довготривале інтенсивне використання надр в більшості розвинутих гірничо-добувних районів (ГДР) Україні призвело до накопичення негативних, в тому числі незворотних і синергічних, змін навколишнього природного середовища і збільшення їх впливу на безпеку життєдіяльності (БЖД) людини, що насамперед найбільш

наглядно можна спостерігати у розвинутих (“старих”) гірничодобувних і постмайнінгових районах України.

Основні положення Указу Президента України №306 від 16.07.21 “Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави” свідчать, що еколого-ресурсна збалансованість та техніко-економічна ефективність системи державного управління у сфері надрокористування повинна спиратися на наукове обґрунтування гранично-припустимих змін геологічного середовища, та діяти шляхом регулювання природокористування і еколого-економічношо нормування господарчої діяльності на різних рівнях (об’єктове-територіальному, регіональному і транскордонному) з врахуванням екологічних критеріїв ЄС. Має проводитися комплексний моніторинг стану довкілля та прогноз розвитку його негативних змін у зонах впливу ГДР на різних етапах їх розвитку: від геологічної розвідки, будівництва, експлуатації та пост-майнінгу.

Система екологічної безпеки у гірничодобувних і постмайнінгових районах має базуватися на постійно діючих прогнозних моделях на основі ГІС, що в режимі реального часу оцінюють зміни геологічного середовища і виникаючі внаслідок цього загрози та розраховують ризики і вірогідність прояву надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф, а також їх наслідки і збитки (рис. 3.1).

Збалансована система державного управління у сфері екологічної безпеки повинна мати такі головні складові частини [82]:

- регулювання природокористування і охорони довкілля, еколого-економічне нормування господарчої діяльності;
- контроль за використанням природних ресурсів та додержанням екологічних вимог, нормативів і стандартів;
- моніторинг стану довкілля та прогноз розвитку його негативних змін;
- прогнозування, попередження та упередження надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф;
- екологічна реабілітація ушкоджених територій та екосистем (ландшафтних, гідрологічних, біотичних та ін.).

Головним механізмом їх взаємозв'язку є економічний.

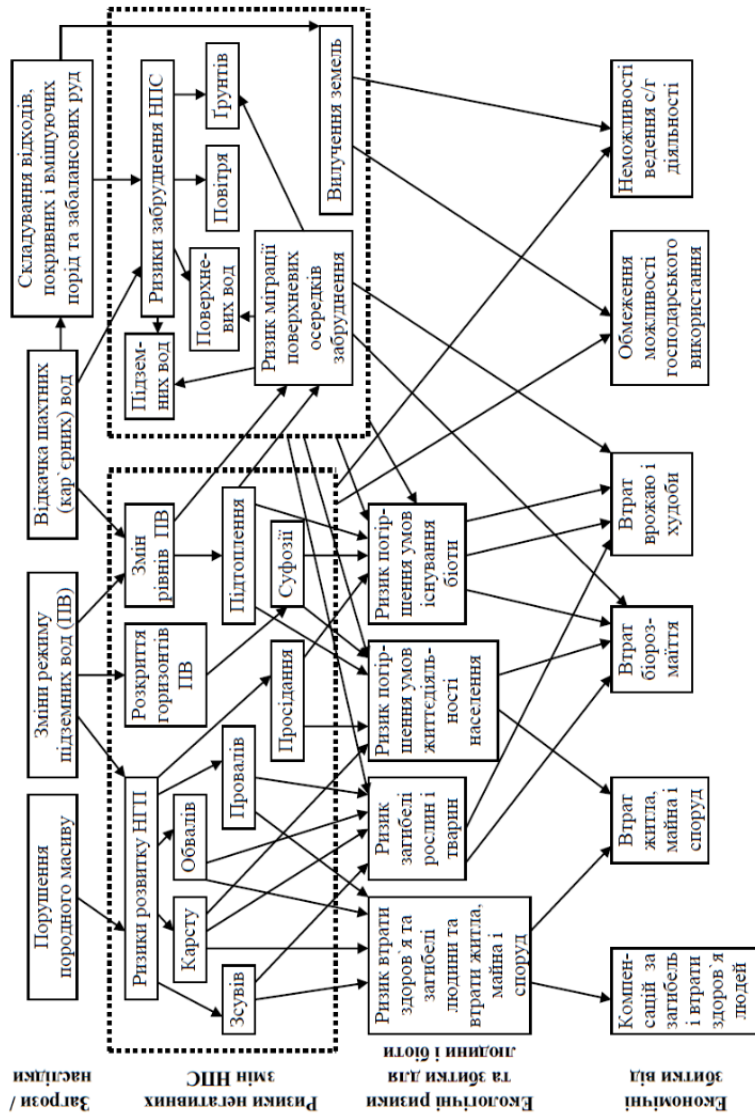


Рис. 3.1. Загальні наслідки гірничодобувної діяльності [11]

Попередження надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф є ключовим елементом загальної системи державного управління в сфері екологічної безпеки, перш за все у зонах екологічного впливу розвинутих ГДР з незворотними порушеннями верхньої зони літосфери. За звичайного стану довкілля на це мають бути спрямовані всі механізми системи регулювання і контролю. Крім того, це завдання досягається шляхом виконання підприємствами, організаціями, юридичними чи фізичними особами своїх правових зобов'язань в рамках чинного законодавства.

Забезпечення екологічної безпеки в регіонах з кризовим і, особливо, критичним станом довкілля ускладнюється тим, що зміна структури природокористування (наприклад, закриття шахт та їх затоплення) викликає перебудову природно-техногенних систем шляхом розвитку процесів в навколишньому середовищі, що часто мають небезпечний рівень та суто техногенне походження (деформації поверхні, техногенні землетруси, формування техногенних водоносних горизонтів і ін.). Головним в таких умовах стає виконання програм різного рівня (національних, державних, регіональних) і окремих технічних проектів, поліпшення екологічного становища тієї чи іншої території, спрямованих на зниження ризику виникнення таких ситуацій і катастроф (рис. 3.2). Першим обов'язковим кроком у здійсненні цих програм має бути швидке розгортання спеціальних систем кризового моніторингу і створення надійної системи комплексних оцінок і прогнозу змін стану довкілля (або окремих його параметрів і складових), які діють в режимі реального часу. Необхідним компонентом таких систем є комплексний моніторинг геологічного середовища природно-техногенних геосистем, а також гідрографічної мережі, змін геохімічних параметрів водозбірних та аграрних ландшафтів, приземної атмосфери, біоти та її елементів, як надійних індикаторів кризового стану довкілля. Витрати на це повинні бути першочерговими, тому що в більшості випадків тільки створення таких систем дозволяє зосередити зусилля на своєчасному виявленні та усуненні головних чинників некерованого або катастрофічного розвитку екологічних ситуацій. Це вимагає максимального використання всіх можливих джерел фінансування і коштів, накопичених в різних екологічних фондах, залучення коштів із місцевих і державного бюджетів.

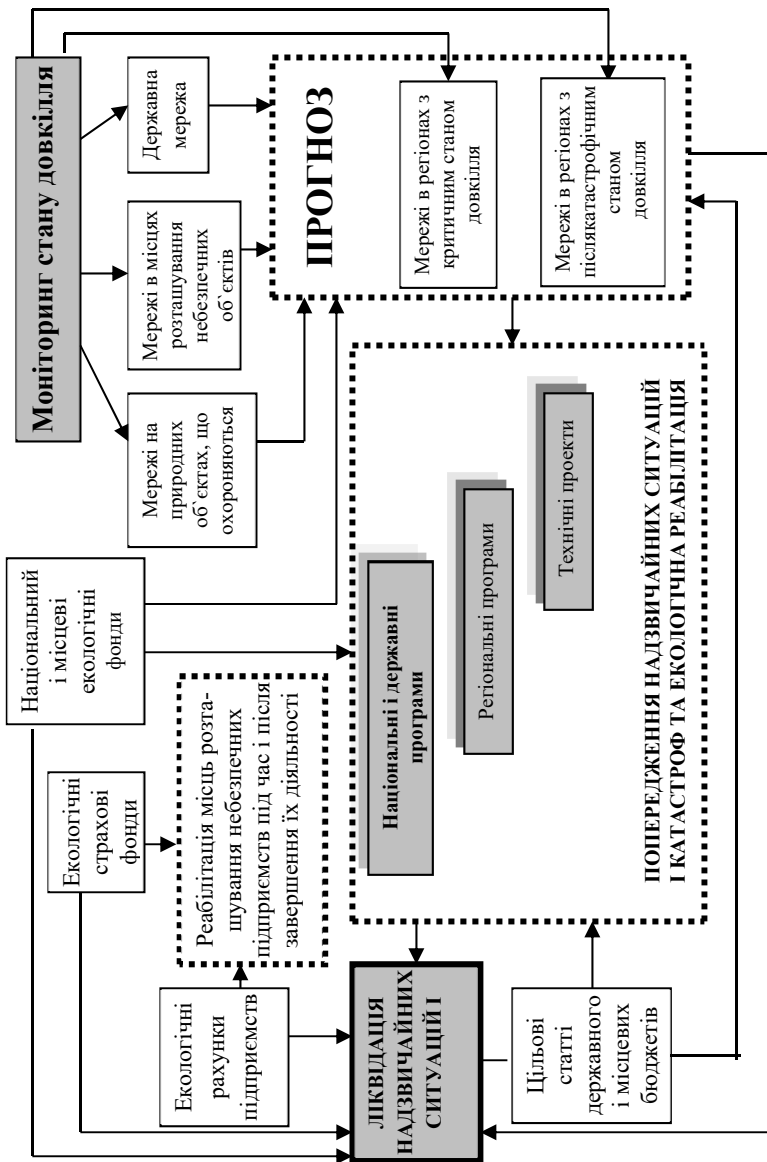


Рис.3.2. Загальна схема організації системи екологічної безпеки в умовах кризового, катастрофічного і післякатастрофічного стану довкілля (М. Коржнев, 2004)

Особливі труднощі виникають під час екологічної реабілітації територій регіонів та районів з критичним станом довкілля, де спостерігається підвищена активізація негативних процесів природного і техногенного походження. Реабілітація таких регіонів повинна здійснюватися через державні і галузеві регіональні програми (можливо в рамках єдиних національних програм), головним чином за рахунок цільового фінансування із Державного бюджету з додатковою мобілізацією коштів із всіх інших можливих джерел.

Ліквідація наслідків надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф. Якщо критичний стан довкілля і балансування на межі виникнення екологічних катастроф може продовжуватися тривалий час, то розвиток самих надзвичайних ситуацій і катастроф в більшості буває досить швидким з низьким рівнем керування. Дії адміністративних і спеціальних уповноважених органів в цих умовах мають бути спрямовані з одного боку на їх термінову оцінку, призупинення і мінімізацію впливу на довкілля і людину, а з іншого – на рятування людей, їх майна, історико-культурних та виробничих об'єктів. В такій ситуації необхідно посилити діяльність спеціальної служби моніторингу і прогнозу, яка має в оперативному режимі поставляти до штабів по боротьбі із надзвичайною екологічною ситуацією (катастрофою) дані про зміни стану довкілля, його складових і про розвиток екологічної ситуації для прийняття відповідних рішень. Причому, першочерговим завданням при визначенні, аналізі, локалізації і знешкодженні першопричин надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф має бути використання світового досвіду та застосування сучасних можливостей щодо оперативної наукової експертизи, використання сучасних високих технологій.

Екологічна реабілітація території в умовах регіонального (транскордонного) впливу ГДР та екологічно незбалансованого надрокористування повинна здійснюватися постійно у рамках правових зобов'язань підприємств і місцевих органів влади та шляхом виконання місцевих екологічних програм. Природоохоронні заходи при цьому реалізуються впродовж усього періоду виробничої діяльності. Підприємства, згідно з виникаючими або прогнозованими змінами довкілля, розробляють і фінансують природоохоронні заходи, спрямовані на мінімізацію їх негативного впливу на довкілля, а також рекультивують порушені землі. Одним

із головних шляхів вирішення проблеми екологічної реабілітації порушеної території впливу підрозділів ГДР після закінчення його діяльності повинна стати розробка і впровадження системи екологічного страхування, яка дозволить підприємству на протязі його діяльності накопичувати цільові кошти на реалізацію цих заходів.

Внесок різних джерел фінансування має бути визначений при розробці кожної регіональної програми окремо. Реалізуватись ці програми мають через фінансування конкретних технічних проектів. Першим кроком здійснення регіональних програм екологічної реабілітації має бути комплексна експертиза екологічної ситуації, що склалася в зоні екологічного впливу ГДР з визначенням головних чинників, джерел і осередків техногенного впливу на довкілля та розробкою пропозицій щодо конкретних технічних проектів, через які має реалізуватись програма. Загальний порядок прийняття державних і галузевих регіональних програм екологічної реабілітації, надання коштів на їх здійснення та відповідальність державних органів повинні визначатись Законом України “Про екологічну реабілітацію територій”.

Реабілітація територій в період, коли надзвичайні екологічні ситуації і катастрофи вже відбулися і були ліквідовані, має проводитись також шляхом виконання програм екологічної реабілітації певного рівня відповідно до масштабів останніх та прогнозованої тривалості впливу їх наслідків на стан довкілля і умови життєдіяльності людини. В умовах післякатастрофічного стану навколишнього природного середовища повинні продовжувати свою діяльність служби моніторингу і прогнозу, які були розгорнуті ще у кризовий період, але з врахуванням характеру та екологічних наслідків надзвичайних ситуацій і катастроф, які відбулись. Програми екологічної реабілітації ГДР повинні бути спрямовані на підвищення безпеки життєдіяльності, загальне покращання екологічного стану довкілля, рекультивуацію порушених земель та відтворення і поновлення на їх місці стійких екосистем (ландшафтних паркових зон, лісонасаджень, водоймищ, збагачення видового складу фауни і флори, виключення розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів у довгостроковій перспективі тощо). Вони мають бути обов'язковою складовою програм соціально-економічного розвитку і еколого-ресурсної реструктуризації ГДР та їх природно-ресурсного потенціалу.

ВИСНОВКИ

Основні висновки, що витікають із викладеного у даній праці дослідження, можна навести у вигляді наступних положень:

1. Сучасні дослідження і статистичні порівняння країн доводять, що недемократичні держави з низькими ступенем економічної і політичної свободи, у яких немає верховенства права, не можуть у своєму розвитку досягти рівня добробуту розвинених країн [112].

2. У своєму розвитку Україна має орієнтуватися на власні інтереси і досягнення значно більшого рівня суб'єктності, хоча у повній мірі в сучасний період це практично неможливо із-за географічного положення країни і ментального перебування суспільства на межі західної і східної цивілізацій. Для нашої країни найбільш підходить несировинне спрямований інноваційний «зелений» шлях розвитку економіки з пріоритетним спрямуванням продукції МСК на задоволення внутрішніх потреб держави. Основою такого розвитку має бути «зелена» енергетика, яка включає проекти та інноваційні рішення (прориви) останнього часу, що мають значення для енергетичної сфери України.

3. Майбутнє «зеленої енергетики» за органічним поєднанням виробництва електроенергії відновленими джерелами енергії (ВДЕ) й малими ядерними реакторами з паралельним отриманням водню як палива для транспортної сфери і промисловості. Це означає, що, не зважаючи на супротив вугільних і нафтогазових компаній, видобуток і використання вугілля і вуглеводнів неминуче буде скорочуватись. У недалекій перспективі майже повністю відмовляться від вугілля, потім буде доволі тривалий період використання газу зі стрімким падінням видобутку нафти, коли транспорт перейде на використання водню (все це можна віднести до перехідного періоду до дійсно «зеленої» енергетики). Відповідно до цього і треба планувати розвиток енергетичної галузі з постійним моделюванням змін в енергетичній сфері й передбаченням ситуації на декілька кроків наперед. Українським вченим фізиком-ядерникам, хімікам, інженерам треба об'єднати зусилля у конструкторських розробках малих ядерних реакторів, ефективних електролізерів і вітрових турбін різною потужності, а також гібридних систем отримання «зеленої енергії».

4. Цілями у формуванні екологічної політики у мінерально-сировинному комплексі мають бути:

- Удосконалення нормативно-правової бази відповідно до вибраної стратегії екологічних перетворень у мінерально-сировинному комплексі.
- Реструктуризація вугільної промисловості з поступовим скороченням виробництва вугілля і відмовою від його використання та екологічна реабілітація територій його видобутку.
- Екологізація гірничодобувного виробництва і чорної металургії інноваційним шляхом удосконалення технологій видобутку і переробки корисних копалин та використання технологій замкнутого циклу з мінімальними скидами, викидами, кількістю твердих відходів та їх рециклінгом.
- Реабілітація територій пост-майнінгу зі стабілізацією їх гідрогеологічного режиму, переробкою накопичених величезних мас твердих відходів і створенням комфортних екологічних умов для життєдіяльності населення.

5. Запропонована нова методика визначення індексів доступності металів, з врахуванням вимог нових технологій і зростаючого попиту у енергетиці [44]. За результатами масштабних досліджень Світового банку, залізо разом із іншими базовими металами включені до переліку критичних корисних копалин, необхідних для реалізації переходу на зелену енергетику. До аналізу були залучені дані щодо 10 головних технологій – вітрової, сонячної фотоелектрики, концентрованої сонячної енергетики, гідроенергії, геотермальної енергетики, накопичення енергії, атомної енергії, вугілля, газу, уловлювання та зберігання вуглецю. В дослідження були включені алюміній, хром, кобальт, мідь, графіт, індій, залізо, свинець, літій, марганець, молібден, неодим, нікель, срібло, титан, ванадій та цинк. Вплив різних металів є нерівнозначним. Деякі метали мають вирішальне значення, але лише для однієї технології (графіт у акумуляторах та неодим у вітрогенераторах), але мідь і залізо, які використовуються для всіх перерахованих технологій та галузей, є найважливішими елементами для реалізації низько-вуглецевого майбутнього.

Моделювання доступності металів проведено на основі наступних характеристик: 1) абсолютна кількість металів, що використовується в поточному періоді для енергетики; 2) прогнозований річний попит на енергетичні технології до 2050 року у відсотках від поточної норми; 3) кількість технологій, де є потреба в окремому металі; 4) сукупні викиди CO₂, які пов'язані з виробництвом металу; 5) період забезпеченості промисловими запасами; 6) кількість країн, які виробляють понад 1% світового обсягу металу; 7) країни з максимальною річною продуктивністю виробництва металу. Проведено ранжування металів за вказаними характеристиками, а також визначався індекс доступності кожного мінералу. Разом було класифіковано 17 металів, які мають вирішальне значення у переході до зеленої енергії з 10 основними наявними технологіями.

Впровадження стратегії «зеленої енергетики» і розвитку високотехнологічних сфер ґрунтується на використанні чистих енергетичних технологій, вагомий відсоток виробництва яких складає рідкоземельних елементів. Родовища РЗЕ присутні в Україні й у значній мірі здатні забезпечити їх потреби [53]. Збільшення, з кожним роком, попиту на цю сировину є неминуче з огляду на необхідність її застосування у вітроенергетиці, переробці нафти, забезпеченні населення високоефективним освітленням, розробці транспортних засобів нового покоління – тобто усіх сферах націлених на енергозбереження, розвиток низьковуглецевої економіки та зменшення викидів вуглецю в атмосферу.

Особливий інтерес протягом наступного десятиліття будуть представляти такі елементи, як неодим, празеодим, диспрозій, лантан та церій. Попит на перші три елемента обумовлюються можливістю отримання дуже потужних і постійних (перманентних) неодимових магнітів, які виступають важливим компонентом конструювання гібридного транспорту, електромобілів і вітроенергетичних турбін. Попит на РЗЕ у світі неухильно зростає.

6. Сутність процесу екологізації гірничодобувного виробництва полягає в здійсненні інституціональних (взаємозалежних адміністративних, економіко-організаційних, економічних, нормативно-правових та ін.) заходів, спрямованих на зниження негативного впливу видобутку корисних копалин на навколишнє природне

середовище, а також у розширеному відтворенні природних ресурсів шляхом удосконалення технологій гірничодобувного виробництва.

Пріоритетними завданнями регулювання природоохоронної діяльності при видобутку корисних копалин є: гармонізація законодавства України у сфері природоохоронної діяльності з принципами розвитку Європейського Союзу, збалансування правової системи з погляду екологізації видобутку корисних копалин, створення моделі управління природоохоронною діяльністю у гірничій сфері, реформування механізму фінансування природоохоронних заходів, розробка фінансових механізмів ліквідації гірничодобувних підприємств та реабілітації порушених територій, проведення наукових досліджень з метою розробки та впровадження у виробництво новітніх технологій прогнозування, пошуку і розвідки родовищ корисних копалин, прогнозування змін геологічного середовища, оцінювання впливу гірничодобувної діяльності на довкілля, реорганізація природоохоронної діяльності на рівні підприємств, створення сприятливих умов для залучення інвестицій у природоохоронну діяльність та для впровадження інновацій та ін.

Початковим етапом удосконалення інституціонального забезпечення природоохоронної діяльності є його структуризація – метод розподілу на ієрархічні підсистеми й компоненти та встановлення між ними зав'язків для забезпечення ефективності управління. Необхідним є удосконалення Податкового кодексу України на основі розробки нового підходу до визначення розміру екологічного податку або впровадження екологічного рентного платежу.

7. Загальні положення щодо організації моніторингу екологічного стану територій гірничодобувних регіонів України зводяться до таких:

- Моніторинг у гірничодобувних регіонах має бути комплексним і його необхідно проводити у рамках постійно діючих прогнозних моделей на основі географічних інформаційних систем (ГІС) з організацією мереж спостережень (інженерно – геологічної; гідрогеологічної; сейсмічної; мінералого-геохімічної ґрунтів, річок, водойм і повітря; та ін.).
- Поточна і прогнозна оцінки еколого-геологічної складової змін інженерно-сейсмогеологічних умов гірничодобувних

регіонів вимагає використання пофакторних карт з відображенням генералізованої інформації дистанційного зондування Землі, удосконалення сейсмо-геофізичного моніторингу у складі екологічного моніторингу довкілля, а також гідрогеофільтраційного прогностичного моделювання та сейсмо-мікрогеофізичного моніторингу об'єктів їх критичної інфраструктури природно-техногенних геоекосистем.

- У рамках постійно діючих прогностичних моделей необхідно обов'язкове проводити моніторинг критичних порушень породного масиву і рельєфу у гірничодобувних регіонах, щоб мінімізувати втрати від надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф.
- Внаслідок того, що формування балансу водоприпливів у гірничі виробки до 80% їх загального обсягу формується за рахунок техногенних джерел, витіки з яких забезпечують розвиток комплексу небезпечних гідрогеофільтраційних, гідрогеодинамічних та гідрогеохімічних процесів, треба відновлювати моніторингову мережу спостережних свердловин, розвивати, удосконалювати і широко застосовувати системи космічного моніторингу, які фіксують зволоження ґрунтів і підтоплення [64].
- Просторова картина поширення техногенних геохімічних потоків при видобутку і переробці мінеральної сировини найчіткіше визначається за зміною хімічного складу тих природних середовищ, які надовго депонують забруднюючі речовини. Насамперед це стосується ґрунтів як найбільш сталого компонента ландшафту і донних осадків річок. При організації мінералого-геохімічного моніторингу річкової мережі в гірничодобувних регіонах обстеження річкової мережі доцільно супроводжувати опробуванням донного осаду постійних водотоків (річок, потічків, балок).

8. Першочерговим важливим кроком у покращенні екологічної ситуації такого типового пост-майнінгового району як Кривбас, має бути створення його постійно діючої прогностичної моделі геологічного середовища, в основу якої будуть покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових і яка у режимі реального часу буде попереджати про найбільш ймовірні ризики його катастрофічних змін [38]. Слід пам'ятати, що

нерівномірність розміщення спостережних точок в межах регіону суттєво зменшує можливості одержання достовірних відомостей щодо стану якості геологічного середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій чи своєчасну ліквідацію наслідків впливу гірничодобувних та переробних підприємств. Така прогнозна модель має діяти в режимі реального часу і організована на основі ГІС.

Для пост-майнінгового території Донбасу, враховуючи масштаби, глибину перетворень геологічного середовища і ризику для життєдіяльності населення, що виникли внаслідок військових дій і стихійного масового затоплення шахт, можна з певністю стверджувати про розвиток на його території екологічної катастрофи, яка за наслідками може бути порівняна з чорнобильською і загрожує втратою цієї території для мешкання людей з обмеженими можливостями проведення будь-якої господарської діяльності. Нажаль, всі плани і проекти екологічної реабілітації Донбасу фактично були призупинені з початком воєнних дій. Але, їх треба обговорювати і пропонувати, щоб бути готовим діяти, коли частина окупованого Донбасу повернеться під контроль України.

На пост-майнінгової території Передкарпатського прогину є перспективи вилучення корисних елементів із розсолів на родовищах калійних солей. За умов об'єктивного відбору, реалізація проектів такої спрямованості є комплексним рішенням економіко-екологічної проблеми. Результатом їх реалізації може стати одночасне збільшення обсягів видобутку сировини з розсолів та зменшення тим самим тиску на навколишнє середовище. Це дає також поштовх для розвитку інноваційної діяльності на підприємствах та сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції на світовому ринку. За таких умов пошук партнерів за кордоном буде простішим, а реалізація експортної української продукції (тої ж калімагнезії) почне позитивно впливати на стан економіки країни, оскільки приріст валютних ресурсів дасть можливість стримувати інфляцію. Має бути визначена стратегія та складена чітка та прозора програма подальшого збалансованого розвитку регіону.

9. Оскільки існуюча державна система управління природоохороною діяльністю України реалізована за територіальним принципом, доцільно використовувати сучасні інформаційні

технології ГІС та ДЗЗ, оскільки вони забезпечують ефективний обмін великих об'ємів цифрової інформації на національному, регіональному та локальному рівнях.

Інформаційна компонента дозволяє систематизувати, оперативно розповсюджувати дані, як серед органів державної влади, так і серед стейкхолдерів, щодо стану природно-техногенних геосистем “гірничо-добувний об'єкт – навколишнє середовище”, трансформації та міграції забруднюючих речовин, прогнозних змін та наслідків антропогенного впливу.

10. Видобуток вуглеводнів є потенційно небезпечним екологічним процесом внаслідок гідравлічного розриву пласта (fracking). П'ятишарова модель пласта скінченної потужності дозволяє більш адекватно оцінювати цей процес. Така наближена модель виявляється адекватною при описі пласта-колектора (пласта з проникненням), модель якого в загальному випадку вважають п'ятишаровою, оскільки саме така кількість шарів має просте фізичне пояснення. Результатом повинно стати не значення виміру, а остаточний результат розв'язку оберненої задачі. Створення і використання високоефективних засобів розв'язання обернених задач геофізичного дослідження свердловин дозволяє більш точно встановлювати параметри нашарування, розкритого свердловиною, що дозволяє, в тому числі, більш точно прогнозувати масштаби екологічної небезпеки видобування вуглеводнів.

11. Збалансована система державного управління у сфері екологічної безпеки повинна мати такі головні складові частини [82]:

- регулювання природокористування і охорони довкілля, еколого-економічне нормування господарчої діяльності;
- контроль за використанням природних ресурсів та додержанням екологічних вимог, нормативів і стандартів;
- моніторинг стану довкілля та прогноз розвитку його негативних змін;
- прогнозування, попередження та упередження надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф;
- екологічна реабілітація ушкоджених територій та екосистем (ландшафтних, гідрологічних, біотичних та ін.).

Головним механізмом їх взаємозв'язку є економічний.

Системи екологічної безпеки у гірничодобувних і постмайнінгових районах має базуватися на постійно діючих прогнозних моделях на основі ГІС, що в режимі реального часу оцінюють зміни геологічного середовища і виникаючі внаслідок цього загрози та розраховують ризики і вірогідність прояву надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф, а також їх наслідки і збитки.

CONCLUSIONS

The main conclusions of the research are as follows:

1. Current research and statistical comparisons of countries show that undemocratic states with a low degree of economic and political freedom, which don't have the rule of law, in their development cannot achieve the level of prosperity of developed countries [112].

2. In its development, Ukraine must focus on its own interests and achieve a much higher level of subjectivity, although in modern times this is almost impossible due to the geographical location of the country and the mental state of society on the border of Western and Eastern civilizations. For our country, the most suitable innovative "green" way of economic development with the priority of mineral products to meet the domestic needs of the state. The basis of such development should be "green" energy, which includes projects and innovative solutions of recent times that are important for the energy sector of Ukraine.

3. The future of "green energy" in the organic combination of electricity production from renewable energy sources (RES) and small nuclear reactors with parallel production of hydrogen as a fuel for transport and industry. This means that, despite opposition from coal and oil and gas companies, the production and use of coal and hydrocarbons will inevitably decline. In the near future, coal will be almost completely abandoned, followed by a fairly long period of gas use with a sharp decline in oil production, when transport will turn to hydrogen (all this can be attributed to the transition to a truly "green" energy). Accordingly, it is necessary to plan the development of the energy sector with constant modeling of changes and anticipation of the situation a few steps ahead. Ukrainian nuclear physicists, chemists and engineers need to unite their efforts in the design of small nuclear reactors, efficient electrolyzers and wind turbines of various capacities, as well as hybrid systems for obtaining "green energy".

4. The goals in the formation of environmental policy in the mineral complex should be:

- Improving the regulatory framework in accordance with the chosen strategy of environmental transformation in the mineral complex.
- Restructuring of the coal industry with a gradual reduction of

coal production and abandonment of its use and environmental rehabilitation of its production areas.

- Greening of mining and ferrous metallurgy through innovative ways to improve mining and processing technologies and the use of closed-loop technologies with minimal discharges, emissions, amount of solid waste and their recycling.
- Rehabilitation of post-mining areas with stabilization of their hydrogeological regime, processing of accumulated huge masses of solid waste and creation of comfortable ecological conditions for the population.

5. A new method for determining the indices of availability of metals, taking into account the requirements of new technologies and growing demand in energy. The analysis included data on 10 main technologies – wind, solar photovoltaics, concentrated solar energy, hydropower, geothermal energy, energy storage, nuclear energy, coal, gas, carbon capture and storage. The study included aluminum, chromium, cobalt, copper, graphite, indium, iron, lead, lithium, manganese, molybdenum, neodymium, nickel, silver, titanium, vanadium and zinc. The influence of different metals is unequal. Some metals are crucial, but only for one technology (graphite in batteries and neodymium in wind turbines), but copper and iron, which are used for all these technologies and industries, are the most important elements for a low-carbon future.

Modeling of metal availability was carried out on the basis of the following characteristics: 1) the absolute amount of metals used in the current period for energy; 2) projected annual demand for energy technologies by 2050 as a percentage of the current norm; 3) the number of technologies where there is a need for a separate metal; 4) total CO₂ emissions associated with metal production; 5) the period of provision of industrial stocks; 6) the number of countries that produce more than 1% of world metal; 7) countries with the maximum annual productivity of metal production. The ranking of metals according to the specified characteristics was carried out, and also the index of availability of each mineral was determined. A total of 17 metals were classified as crucial in the transition to green energy with 10 major technologies available.

The implementation of the strategy of "green energy" and the development of high-tech areas is based on the use of clean energy technologies, a significant percentage of production of which is rare earth

elements. REE deposits are present in Ukraine and are largely able to meet their needs. The increase in demand for this raw material is inevitable every year due to the need for its use in wind energy, oil refining, providing high-efficiency lighting, developing new generation vehicles – all areas aimed at energy saving, low-carbon economy and reducing emissions. atmosphere.

Such elements as neodymium, praseodymium, dysprosium, lanthanum and cerium will be in particular interest over the next decade. Demand for the first three elements is due to the possibility of obtaining very powerful and permanent neodymium magnets, which are an important component in the design of hybrid vehicles, electric vehicles and wind turbines. Demand for REE in the world is growing steadily.

6. The essence of the process of greening mining is the implementation of institutional (interdependent administrative, economic and organizational, economic, regulatory, etc.) measures to reduce the negative impact of mining on the environment, and also in the expanded reproduction of natural resources by improving mining technologies.

The priority tasks of regulating environmental activities in mining are: harmonization of Ukrainian legislation in the field of environmental protection with the principles of European Union development, balancing the legal system in terms of greening of mining, creating a model of environmental management in mining, creation of a management model of environmental activities in the mining, reforming the mechanism of financing environmental measures, development of financial mechanisms for liquidation of mining enterprises and rehabilitation of disturbed areas, conducting research to develop and implement the best technologies for forecast, prospecting and exploration environment, assessment of the impact of mining activities on the environment, reorganization of environmental activities at the local enterprise level, creation of favorable conditions for attracting investments in environmental activities and for the introduction of innovations, etc.

The initial stage of improving the institutional support of environmental protection is its structuring – a method of division into hierarchical sub-systems and components and establishing links between them to ensure effective management. It is necessary to improve the Tax Code of Ukraine on the basis of developing a new approach to determining the amount of environmental tax or the introduction of environmental rent payment.

7. General provisions on the organization of environmental monitoring within mining regions of Ukraine are as follows:

- Monitoring in mining regions should be comprehensive and should be carried out within the framework of permanent forecasting models based on geographic information systems (GIS) with the organization of observation networks (engineering – geological, hydrogeological; hydrogeological; seismic; mineralogical and geochemical soils, rivers, reservoirs and air, etc.).
- Current and forecast assessment of the ecological and geological component of changes in engineering and seismogeological conditions of mining regions requires the use of factor maps with generalized information of remote sensing of the Earth, improvement of seismic and geophysical monitoring as part of environmental monitoring. Rapid forecasting modeling and seismic-microgeophysical monitoring of objects with their critical infrastructure of natural and man-made geocosystems.
- In the framework of continuous forecasting models, it is necessary to monitor critical disturbances of the rock mass and relief in the mining regions in order to minimize losses from environmental emergencies and catastrophes.
- Due to the fact that the formation of the balance of water inflows into the workings up to 80% of their total volume is formed due to man-made sources, sources of which ensure the development of dangerous hydrogeofiltration, hydrogeodynamic and hydrogeochemical processes, it is necessary to restore the monitoring network. wells, develop, improve and widely apply space monitoring systems that record soil moisture and flooding.
- The spatial picture of the distribution of man-made geochemical flows in the extraction and processing of mineral raw materials is most clearly determined by the change in the chemical composition of those natural environments that deposit pollutants for a long time. This is especially true of soils as the most sustainable component of the landscape and bottom sediments of rivers. When organizing mineralogical and geochemical monitoring of the river network in the mining regions, the survey of the river network should be accompanied by testing of the

bottom sediment of permanent watercourses (rivers, streams, beams).

8. The first important step in improving the environmental situation of such a typical post-mining area as Kryvbas should be the creation of its permanent forecast model of the geological environment, which will be based on well-established monitoring systems of its various components and will warn in real time probable risks of its catastrophic changes. It should be borne in mind that the uneven location of observation points within the region significantly reduces the ability to obtain reliable information on the quality of the geological environment and prevent emergencies or timely elimination of the impact of mining and processing enterprises. Such a forecast model should operate in real time and organized on the basis of GIS.

For the post-mining territory of Donetsk region (Donbass), given the scale, depth of changes in the geological environment and risks to life arising from hostilities and spontaneous mass flooding of mines, it is safe to say about the development of environmental disaster in its territory, which may compared to Chernobyl and threatens the loss of this area for people with disabilities to conduct any economic activity. Unfortunately, all plans and projects of rehabilitation of Donbass were actually suspended with the beginning of hostilities. However, they need to be discussed and proposed in order to be ready to act when part of the occupied Donbass returns to Ukrainian control.

In the post-mining territory of the Pre-Carpathian Depression there are prospects for the extraction of useful elements from brines in deposits of potassium salts. Under the conditions of objective selection, the implementation of projects of this focus is a comprehensive solution to the economic and environmental problem. The result of their implementation may be a simultaneous increase in the extraction of raw materials from brines and thus reduce the pressure on the environment. It also gives impetus to the development of innovation in enterprises and helps to increase the competitiveness of products on the world market. Under such conditions, finding partners abroad will be easier, and the sale of Ukrainian exports will have a positive impact on the economy, as the growth of foreign exchange resources will help curb inflation. A strategy must be defined and a clear and transparent program for further balanced development of the region must be drawn up.

9. Since the existing state system of environmental management of

Ukraine is implemented on a territorial basis, it is advisable to use modern information technologies GIS and remote sensing, as they provide effective exchange of large amounts of digital information at national, regional and local levels.

The information component allows to systematize and promptly disseminate data, both among public authorities and stakeholders, on the state of natural and man-made geosystems "mining facility – environment", transformation and migration of pollutants, forecast changes and consequences anthropogenic impact.

10. Hydrocarbon production is a potentially dangerous environmental process due to hydraulic fracking. The five-layer finite power layer model allows a more adequate assessment of this process. Such an approximate model is adequate in describing the reservoir (penetration layer), the model of which is generally considered to be five-layer, because this number of layers has a simple physical explanation. The result should not be the value of the measurement, but the final result of solving the inverse problem. The creation and use of highly efficient means of solving the inverse problems of geophysical research of wells allows you to more accurately set the parameters of the stratification opened by the well, which allows, among other things, more accurately predict the environmental hazard of hydrocarbon production.

11. A balanced system of public administration in the field of environmental security should have the following main components:

- regulation of nature resources management and environmental protection, regulation of economic activity;
- control over the use of natural resources and compliance with environmental requirements, norms and standards;
- monitoring the state of the environment and forecasting the development of its negative changes;
- forecasting, prevention of environmental emergencies and disasters;
- ecological rehabilitation of damaged areas and ecosystems (landscape, hydrological, biotic, etc.).

The main mechanism of their relationship is economic.

Environmental security systems in mining and post-mining areas should be based on continuous GIS-based forecasting models that assess real-time changes in the geological environment and the resulting threats and calculate the risks and probabilities of environmental emergencies and catastrophes, as well as their consequences and losses.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Азарян А.А.* Пути снижения потерь и засорения железной руды подземной добычи в Кривбассе / *А.А. Азарян, А.С. Батареев, Ф.И. Караманиц, В.А. Колосов, В.С. Моркун* // ISSN 1815-2066. Nauka innov. 2018, 14 (4). – С. 18-26. / <https://doi.org/10.15407/scin14.03.018>
2. *Амоша О.І.* Промисловість України – 2016: стан та перспективи розвитку: наук.-аналіт. доп. / *О.І. Амоша, І.П. Булеєв, А.І. Землянкін, Л.О. Збаразська, Ю.М. Харазішвілі та ін.* – Київ: НАН України, Ін-т економіки промисловості. – 2017. – 120 с.
3. *Анпілова Є.С.* Інформаційні технології для управління екологічною безпекою поверхневих вод. Монографія. (2013) Київ: ІТГП НАН України. 103с.
4. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка / *С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев, М.М. Курило, О.М. Трофимчук, С.М. Чумаченко, Є.О. Яковлев, М.В. Белицька (за ред. М.М. Коржнева).* / НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2016. – 172 с. ISBN 978-966-7067-22-9 / <https://itgip.org/wp-content/uploads/2018/04/%D0%90%D1%81%D0%B8%D0%BC%D1%96%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB-%D0%93%D0%A1.pdf>
5. *Андрейчук М.М.* Геолого-економічна оцінка Блажівського нафтового родовища Львівської області (станом на 01.01.19) / М.М. Андрейчук. – Кн.1 – Вишневе. – 2019. – 219 с.
6. *Білоніжка П.* Хімічний та мінеральний склад відходів збагачення калійних рід Стебницького родовища та їхній вплив на довкілля / *П. Білоніжка, В. Дяків* // Вісник Львів. ун-ту. Серія геол. – 2009. – Вип. 23. – С. 162–174.
7. В Раде поддержали лишение миллиардных льгот Ахметову и другим инвесторам в “зеленую” энергетику. Дата оновлення: 14.01.2020. URL: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2020/01/14/655750/>
8. *Гайдін А.* Соляні рудники гинуть [Електронний ресурс] // *А. Гайдін, І. Зозуля.* – Режим доступу: https://zn.ua/ukr/article/print/energy_market/solyani_rudniki_ukrayini_ginut.html (дата звернення: 14.06.2020). Назва з екрану

9. *Гайдуцький І.* Куди йдуть кіотські гроші. Дзеркало тижня. / *Гайдуцький І.* – Випуск № 6, 19 лютого-26 лютого. Дата оновлення: 19.02.2016. URL: <https://dt.ua/ECOLOGY/kudi-ydut-kiotski-groshi-parizka-klimatichna-konferenciya-dosyagnennya-ta-upruschennya-.html> (дата звернення: 27.01.2020).
10. *Гагаринская И.* (13.04.2020) Мини-АЭС в промышленном масштабе / https://www.ng.ru/energy/2020-04-13/16_7842_powerhouses.html
11. Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони / *С.О Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, В.В. Іванченко, М.М. Курило, В.В. Покалюк, Є.О. Яковлев, В.В. Стеценко, М.В. Беліцька, С.К. Кошарна, А.І. Стеценко (за ред. М.М. Коржнева)* / НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2017. – 208 с. ISBN 278-966-7067-28-1 / https://itgip.org/wp-content/uploads/2020/03/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F_%D0%9A%D0%97_4.pdf
12. Германия хочет развивать с Украиной «водородное партнерство» (25.02.2021) / <https://www.ukrinform.ru/rubric-economy/3197942-germania-hocet-razvivat-s-ukrainoj-vodorodnoe-partnerstvo.html>
13. Гибридные энергосистемы могут привести к смене парадигмы чистой энергии / <https://www.atomic-energy.ru/articles/2020/12/14/109707>
14. *Головчак В.Ф.* Трансформація складових геосистеми у процесі природокористування на Калуш-Голинському родовищі калійних руд / *В.Ф. Головчак* // *Український географічний журнал.* – 2012. – №1. – С. 57-62.
15. *Гурин А.* Давосский форум: 2021 год может стать периодом резкого роста урвня бедности (29.01.2021) / Зеркало недели / <https://zn.ua/WORLD/davoskij-forum-2021-hod-mozhet-stat-periodom-rezko-ho-rosta-urovnja-bednosti.html>
16. *Голуб А.А.* Экономика природопользования: Учеб. пособие для вузов / *А.А. Голуб, Е.Б. Струкова.* М.: Аспект Пресс, 1995. 188 с.
17. Декларація про державний суверенітет України / <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/55-12#Text>

18. *Денега Б.І.* Геолого-економічна оцінка Лопушнянського нафтового родовища Чернівецької області, Вижницький р-н. / *Б.І. Денега.* – Кн.1 – Львів. – 2002. – 331 с.
19. *Дяків В.* Експериментальне моделювання кінетики розчинення (дезінтеграції) галопелітових мінеральних асоціацій в агресивній ропі з рудника № 2 Стебницького калійного родовища / *В. Дяків // Мінералогічний збірник – 2007. – №57. – Вип. 2. – С. 110–121.*
20. Державна екологічна інспекція перевірить топ-забруднювачів середовища. Дата оновлення: 03.02.2020. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhekoinspekciya-perevirir-top-zabrudnyuvachiv-ukrayini> (дата звернення: 03.02.2020).
21. *Довгий С.О. (відп. редактор).* Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення. / *С.О. Довгий, В.М. Шестопалов, М.М. Коржнев та ін.* – К.: Наукова думка, 2007. – 347 с. ISBN 278-966-00-0729-1
22. Дослідження екологічного стану території пост-майнінгу в Україні на прикладі Криворізького басейну та його оточення / *С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, Є.О. Яковлев, Т.М. Альохіна, Є.С. Анпілова, М.В. Беліцька, Л.М. Ковальчук, М.М. Курило, С.К. Кошарна, В.В. Стеценко, В.О. Стрельцов, Л.В. Берьозкіна, С.Т. Зайцева, А.І. Стеценко, А.В. Іванченко, Т.М. Ільченко, М.М. Шаєнко (за ред. М.М. Коржнева) / НАН України: Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору; Центр проблем морської геології, геоєкології та осадового рудоутворення / К.: Ніка-Центр, 2021. – 197 с. ISBN 978-966-521-763-3*
23. *Дунаев А.* Богатое семейство углеродных материалов (21.12.2008)/*Дунаев А., Шапоров А.* / <http://www.nanometer.ru/>
24. Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні / *С.О. Довгий, М.М. Коржнев, М.М. Курило, О.І. Ляшенко, І.М. Малахов, О.М. Трофимчук, С.М. Чумаченко, Є.О. Яковлев, Н.В. Захарій, О.М. Сухіна (за ред. М.М. Коржнева) / НАН України: Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору / . – К.: Ніка-Центр, 2012. – 316 с. ISBN 978-966-521-560-8*
25. Економічна оцінка природного багатства України : [монографія] / за заг. ред. акад. НАН України, д.е.н., проф. С.І. Пирожкова; акад. НААН України, д.е.н., проф. М.А. Хвесика. – К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2015. – 396 с.

26. *Журавель М.Ю.* Система оцінки та прогнозу санітарно-гігієнічного стану питних підземних і поверхневих вод в районах розташування підприємств ВАТ «Укрнафта» // *М.Ю. Журавель, П.В. Клочко, В.М. Бульбас, Г.А. Лісовий.* – *Нафтова і газова промисловість.* – 1998. – №3. – С. 5-11.
27. *Індюхова О.* (01.04.2021) Як Україна буде постачати водень у Європу / <https://www.dw.com/uk/yak-ukraina-bude-postachaty-voden-u-eyevropu/av-57082700>
28. Італійський інвестор хоче переробляти розсоли в Домбровському кар'єрі [Електронний ресурс]: Новини. Режим доступу: <http://styknews.info/novyny/ekonomika/2011/12/08/> (дата звернення: 21.06.2020). Назва з екрану.
29. *Илларионов А., Пивоварова Н.* Размеры государства и экономический рост // *Вопросы экономики*, 2002, № 9. – С. 18-45.
30. Компактныe ядерныe реакторы / <https://masterholoda.ru/novosti/kompaktnye-yadernye-reaktory>
31. Конституція України / <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-D0%B2%D1%80#Text>
32. *Коржнев М.М.* Еколого-економічні проблеми мінерально-сировинного комплексу України / *М.М. Коржнев* // *Геолог України*, № 2, 2003. – С. 19-23.
33. *Коржнев М.М.* Природно-ресурсні основи розвитку суспільства. Підручник. – Київ: ВПЦ «Київський університет». – 2004.–172 с.
34. *Коржнев М.М.* Економіка природокористування. Підручник. – К.: ВПЦ «Київський університет». – 2005. – 99 с.
35. *Коржнев М.М.* Природно-ресурсний фактор у виборі моделі розвитку України / *М.М. Коржнев, Ю.Р. Шеляг-Сосонко, Є.О. Яковлев* // *Стратегічна панорама*, 2006, № 3. – С. 27-34.
36. *Коржнев М.М.* Розвиток України в умовах глобалізації та скорочення природно-ресурсного потенціалу / *М.М. Коржнев, Ю.Р. Шеляг-Сосонко, М.М. Курило та ін..* – К.: «Логос». – 2009. – 195с.
37. *Коржнев М.М.* Техногенні форми рельєфу та оцінка екологічних ризиків і збитків гірничовидобувної діяльності у Криворізькому залізрудному басейні / *М.М. Коржнев, І.М. Малахов* // *Вісник КНУ. Геологія.* – вип. 58, 2012. – С. 46-50.
38. *Коржнев М.* Підходи до планування сталого розвитку Криворізького залізрудного басейна на стадії пост-майнінгу / *М. Коржнев, М. Курило, С. Кошарна* // *Вісник КНУ. Геологія.* 2021.

Вип. 1 (92). – С. 79-87. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.92.11>

39. *Костів. І.* Як зробити Домбровський кар'єр безпечним і корисним? [Електроний ресурс] // *І. Костів.* – Режим доступу: <https://vikna.if.ua/news/category/articles/2019/01/14/94852/view> (дата звернення: 17.06.2020). Назва з екрану.
40. *Кошарна С.К.* Геолого-економічна оцінка залізородних родовищ Криворізького басейну на етапі інтенсивного використання і виснаження запасів. / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.19 – економічна геологія. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка.– 2019. – 18с.
41. Критерії екологічної і геолого-економічної оцінки та мінералогія відходів гірничо-металургійного комплексу Кривбасу / *С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев, М.М. Курило, О.М. Трофимчук, Є.О. Яковлев* (за ред. *М.М. Коржнева*) / НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр. – 2013. – 228 с. ISBN 978-966-521-011-6 / <https://itgip.org/wp-content/uploads/2018/04/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%92%D1%96%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8.pdf>
42. *Крутихин М.* Европейцы не замерзнут (29.10.21) / InoPressa Новости / <https://www.lrt.lt/ru/novosti/17/1531672/mikhail-krutikh-in-evropeitsy-ne-zamerznut>
43. *Крутихин М.* Конец эпохи газа для Путина (04.11.21) / АналитикТВ / <https://www.youtube.com/watch?v=LNPVJwHhPT0>
44. *Курило М.М.* Ресурсні обмеження в освоєнні родовищ залізних руд в умовах переходу до якісної металургії і нової енергетики. / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.19 – економічна геологія. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка.–2021. – 38с.
45. *Левчук К.* Як підвищити ефективність податкової політики в екологічній сфері. Дата оновлення: 12.09.2019. URL: <https://gmk.center/ua/posts/yak-pidvishhiti-efektivnist-podatkovoji-politiki-v-ekologichnij-sferi/> (дата звернення: 24.01.2020).
46. *Лібанова Е.М.* Політика інтеграції українського суспільства в контексті викликів та загроз подій на Донбасі: національна доповідь / *Е.М. Лібанова (ред.), В.П. Горбулін, С.І. Пирожков та ін.* – К.: НАН України, 2015. – 363 с.

47. *Макарчук Р.* Екологічний податок: світовий і український підходи / *Макарчук Р.* / Дата оновлення: 25.11.2019. URL: <https://nv.ua/ukr/biz/experts/ukrajina-i-ekologichniy-podatok-shcho-dali-50055386.html> (дата звернення: 25.11.2019).
48. *Мальований М.С., Савчук Л.Я.* Стратегія мінімізації екологічної небезпеки внаслідок впровадження комплексної технології перероблення нагромаджених розсолів та твердих відходів калійного виробництва у Калузькому промисловому регіоні / *М.С. Мальований, Л.Я. Савчук // Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського.* – 2013. – Вип. 1/2013 (78). – С. 109-113.
49. *Манюк О.Р.* Науково-практичні засади захисту довкілля від забруднення високомінералізованими розсолами (на прикладі Калуш – Голинського родовища калійних солей) / Автореф. ... канд. техн. наук. : 21.06.01 (Екологічна безпека) // ІФНТУНГ: – Івано-Франківськ, 2009. – 19 с.
50. *Манюк О.Р.* Підземне захоронення високомінералізованих розсолів Калуш-Голинського родовища калійних солей у виснаженні розробкою поклади вуглеводнів як ефективний захід захисту довкілля / *О.Р. Манюк, О.Д. Мельник, Я.М. Семчук // Екологічна безпека та раціональне природокористування.* – 2008. – №1(17). – С. 142-147.
51. *Миронцов Н.Л.* Численное моделирование электротриии скважин. – К.: Наукова думка. – 2012. – 224 с.
52. *Миронцов М.Л.* Електротриія нафтогазових свердловин. – К.: ТОВ «ЮСТОН». – 2019. – 217 с.
53. *Михайлов В.* (2021) Геолого-промислова оцінка та ранжування перспективних об'єктів вітчизняної бази рідкісноземельних елементів / *В. Михайлов, М. Курило, С. Кошарна // Вісник КНУ. Геологія.* 2021. Вип. 2 (93). – С. 32-40. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.93.041>
54. *Мицкевич, Е.Ф., Беспалько, Н.А., Егоров, О.С. и др.* (1986). Редкие элементы Украинского щита. К.: Наук. думка.
55. *Мищенко В.С.* Екоресурсні платежі в Україні / *В.С. Мищенко // Економіка України.* – 1998. – №10. – С. 40-46.
56. Мінерально-сировинний комплекс та сталий розвиток України / *С.О. Довгий В.В. Іванченко, М.М. Коржнев, М.М. Курило, О.М. Трофимчук, Ю.Д. Чугунов, Є.О. Яковлев, Л.М. Якушенко (за ред. М.М. Коржнева)* / НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр. – 2014. – 236 с. ISBN

978-966-171-867-7 / <https://itgip.org/wp-content/uploads/2018/04/%D0%9C%D0%A1%D0%9A-%D1%82%D0%B0-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B9-%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA.pdf>

57. Моніторинг мінерально-сировинної бази України та екологічного стану територій її гірничодобувних регіонів у контексті забезпечення їх сталого розвитку / *С.О Довгий, О.М. Трофимчук, М.М. Коржнев, Є.О. Яковлев, В.М. Триснюк, Є.С. Аннілова, А.В. Балага, В.В. Иванченко, М.М. Курило, С.К. Кошарна (за ред. М.М. Коржнева)* / НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2019. – 149 с. ISBN 978-966-7067-40-3 / https://itgip.org/wp-content/uploads/2020/02/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80_%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3_Last.pdf
58. Новый атомный реактор: 60 МВт и размер как у двух автобусов (16.12.2019) / <https://tech.liga.net/technology/novosti/novyy-atomnyy-reaktor-60-mvt-i-razmer-kak-u-dvuh-avtobusov>
59. *Оганесян Т.* (03.09.2020) Компактный, модульный, ядерный / <https://www.stimul.online/articles/innovatsii/kompaktnyy-modulnyy-yadernyy/>
60. Окупований Донецьк просів на 20-25 сантиметрів. (04.06.2018) / <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/2473457>
61. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. – К.: ВАІТЕ, 2017. – 88 с.
62. Офіційний сайт ТОВ ВКФ «Велта» / <https://velta-ua.com/uk>
63. *Патриколо К.* (09.03.2021) Переход от синего к зеленому водороду: началась энергетическая революция / <https://ceenearynews.com/hydrogen-the-transition-from-blue-to-green-hydrogen-an-energy-revolution-has-begun/>
64. *Пащенко Р.Е.* Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / *Р.Е. Пащенко, В.В. Радчук, Г.Я. Красовський та ін. // Під ред. С.О. Довгого.* – Київ: ФОП Пономаренко Є.В., 2013. – 316 с.
65. *Плотніков О.В.* Геолого-економічні чинники промислового значення супутніх корисних копалин залізрудних родовищ Кривбасу / *О.В Плотніков, М.М. Курило // Мат-ли 5-ої міжнар. наук.-прак. конференції «Надрокористування в Україні.*

перспективи інвестування» (м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.). Т. 1. – С. 261- 265.

66. *Рева М.В.* Геолого-економічна оцінка супутньо-пластових вод нафтових і газових родовищ східного нафтогазового регіону України як цінної гідромінеральної сировини. / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.19 – економічна геологія. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка. – 2019. – 20 с.
67. Редкоземельные металлы: применение, проблемы, перспективы / Журнал «Уральский рынок металлов» УРМ №3 (март 2007) // <http://www.urm.ru/ru/>
68. *Рудько Г.І.* Проблеми стабілізації екологічної ситуації в Калузькому гірничопромисловому районі / *Г.І. Рудько, В.Ю. Петришин* // *Екологія і виробництво*. – 2014. – № 7. – С. 163-186
69. *Рудько Г.І.* Регіональні техногенні зміни еколого-геодинамічних умов розробки залізорудних родовищ Кривбасу / *Г.І. Рудько, Є.О. Яковлев* // *Мінеральні ресурси України*. 2018. № 2. – С. 43-50.
70. *Савчак І.* Чому Домбровський кар'єр став джерелом забруднення? [Електронний ресурс] // *І. Савчак*. – Режим доступу: <https://vikna.if.ua/news/category/articles/2019/02/11/95244/view> (дата звернення: 17.06.2020). Назва з екрану
71. *Самаєва Ю.* (18-24 январа 2020) Сохранить здравомыслие в эпоху глобального экономического безумия / Зеркало недели. Вып. №1278. 2020 / https://zn.ua/finances/sohranit-zdravomyslie-v-erohu-globalnogo-ekonomicheskogo-bezumiya-342772_.html
72. Секретний елемент газової незалежності – ВОДЕНЬ (02.03.2021) / YouTube, Відеожурнал Версаль / https://youtu.be/1_O9-dlf1Do
73. Smart стратегії для трансформації вугільних регіонів. Проект No: 836819. Звіт про результати, засвоєні уроки та порядок дій щодо трансформації вугільних регіонів WP 2 – Задача 2.7 / D 2.7 Березень 2020, TRACER: Smart strategies for the transition in coal intensive regions (Project No: 836819) // https://tracer-h2020.eu/wp-content/uploads/2020/10/TRACER-D2.7_UA.pdf
74. Синий водород против зелёного / elektrovesti.net, Новости портала «Весь Харьков» / <https://m.allkharkov.ua/news/biz/sinii-vodorod-protiv-zelenogo.html>
75. *Снітинський В.* Екологічна оцінка гідрогеологічних параметрів території Стебницького родовища калійних солей Дрогобицького району Львівської області [Текст] / *В. Снітинський, О. Зеліско, П.*

Хірівський та ін. – Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія : Агронімія. – 2015. – №19. – С. 3-7.

76. *Стасовская С. Цветмет Украины: титановые приоритеты (для UGMK.INFO, 02.08.10) // <http://www.ugmk.info/art/cvetmet-ukrainy-titanovye-prioritety/1.html>*
77. Стратегічні напрями реструктуризації Донецького вугільного і Криворізького залізрудного басейнів в умовах трансформацій енергетичної сфери / *С.О. Довгий, О.М. Трофимчук, М.М. Коржнев, Є.О. Яковлев, С.М. Чумаченко, В.В. Іванченко, О.Є. Куліковська, М.М. Курило, Є.С. Аннілова, С.К. Кошарна, В.В. Стеценко, Ю.Д. Чугунов (за ред. М.М. Коржнева).* / НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2019. – 149 с. ISBN 978-966-7067-35-9.
78. *Сухіна О.М. Розвиток теорії екологічної ренти та справедливого її розподілу / О.М. Сухіна // Економіка України. – 2014. – № 7. – С. 49–68.*
79. *Сухіна О.М. Класифікація мінерально-сировинного та екологічного капіталу / Ю.В. Разовський, О.М. Сухіна, К.Ю. Горенкова // Економіка України. – 2016. – № 10. – С. 56–78.*
80. *Сухина Е.Н. Классификация минерально-сырьевого и экологического капитала по источнику формирования / Ю.В. Разовский, Е.Н. Сухина // Горный журнал. – 2017. – № 10. – С. 22–25 (DOI – 10.17580/gzh.2017.10.05).*
81. *Тагаева Т.О. Экономические методы регулирования качества окружающей среды в России / Тагаева Т.О., Гильмундинов В.М., Казанцева Л.К. // Мир новой экономики. № 4. 2015. – С. 48–61.*
82. *Трофимчук О.М. Концептуальні підходи щодо організації моніторингу геологічного середовища і мінеральних ресурсів України в сучасних умовах / О.М. Трофимчук, М.М. Коржнев, Є.О. Яковлев, М.М. Курило, С.К. Кошарна // Екологічна безпека та природокористування, № 4 (28), 2018. – С. 7-26.*
83. *Трофимчук О.М., Коржнев М.М., Яковлев Є.О., Аннілова Є.С. (2021) Підходи до побудови системи екологічної безпеки у мінерально-сировинному комплексі України // Матеріали ХХ Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: виклики 2021 року» Київ, 04-08 жовтня 2021 р., с. 92-97.*

84. Трубович Р.О. Экономическая сущность ассимиляционного ресурса окружающей среды как объекта бухгалтерского учета / Р.О. Трубович, Е.Б. Малей // Вестник Полоцкого Государственного Университета (Серия D: Бухгалтерский учет). 2016. С. 98–104.
85. Украина предложит Германии пилотные проекты по производству и поставкам возобновляемого водорода (11.08.2020) / <https://interfax.com.ua/news/economic/680425.html>
86. Українське відкриття, яке змінить майбутнє світу / Титан (30.04.2020) / <https://www.youtube.com/watch?v=9USiQ9SmEeY>
87. Фецюх А. Екологічні проблеми, спричинені розробкою прикарпатського родовища полімінеральних калійних руд у м. Стебник / А. Фецюх, Л. Буньо, О. Пацула, О. Терек. – Біологічні Студії. – 2018. – Т. 12/№2. – С. 157–166
88. Филатов С. (12.12.2020) «О, чудный новый мир!» К вопросу о возможной победе «финансистов» // Международная жизнь / <https://interaffairs.ru/news/show/28414>
89. Хавинга И. Введение в Систему эколого-экономического учета. Конференция ЕЭК ООН «Последующая деятельность по итогам Рио+20: Измерение устойчивого развития и внедрение системы эколого-экономического учета (СЭЭУ)», 12-13 июня 2013 г., Женева (Иво Хавинга, Статистический отдел Организации Объединенных Наций). Дата оновлення: 12.06.2013. URL: http://chmr.gov.ua/upload/resultaty_ideatonu.pdf (дата звернення: 21.12.2019).
90. Чонка І.І., Левицька Ю.Л., Галла-Бобик С.В. Екологічна обстановка через добування мінеральних солей у Калуш-Голинському родовищі: вплив на ґрунти і водні об'єкти прилеглих територій / І.І. Чонка, Ю.Л. Левицька, С.В. Галла-Бобик // Наук. вісник Ужгород. ун-ту: Серія Хімія. – 2019. – № 2 (42). – С. 96-104.
91. Шарафиев И. В США одобрили самый маленький ядерный реактор в мире / <https://hightech.fm/2020/09/05/small-reactor-us>
92. Японские компании готовы к сотрудничеству с Украиной в вопросах водородных технологий (25.02.2021) / <https://www.ukrinform.ru/rubric-economy/3197766-aponskie-kompanii-gotovy-k-sotrudnicestvu-s-ukrainoj-v-voprosah-vodorodnyh-tehnologij.html>

93. A glossary of definitions for terms relating to biodiversity, ecosystems services and conservation. Дата оновлення: 17.12.2019. URL: <https://www.biodiversitya-z.org/content/ecosystem-asset> (дата звернення: 21.12.2019).
94. *Anpilova, Y., Yakovliev, Y., Drozdovych, I.* (2020) Landscape and Geological Factors of Water and Ecological Conditions Technogenesis of Donbas at the Post-Mining Stage. 19th International Conference Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Extended Abstracts. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo136>
95. *Anpilova, Y., Hordiienko, O., Horbulin, V., Trofymchuk, O., Yakovliev, Y.* (2021). The use active sensors of remote sensing to describe structures and landscape changes in Solotvyno. Conference Proceedings, Geoinformatics, May 2021, Volume 2021, p.1– 7. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521018>
96. *Anpilova, Y., Yakovliev, Y., Trofymchuk, O., Myrontsov, M., Karpenko, O.* (2021) Environmental hazards of the Donbas hydrosphere at the final stage of the coal mines flooding. Systems, decision and control in energy III. Studies in systems. Decision and Control, Springer, Cham. In press.
97. *Anpilova, Y., Yakovliev, Y., Hordiienko, O.* (2021) An integrated method for predicting technogenic flooding in groundwater-dominated catchments in Kherson region. *20th International Conference Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Extended Abstracts*. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521019>.
98. *Y. Anpilova, O. Hordiienko, V. Horbulin, Y. Yakovliev* (2021) Study of forest cover dynamics under the impact of anthropogenic factor using Google Earth Engine Sentinel-1 satellites and Random Forest techniques in Ukraine. XV International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment” 17–19 November 2021, Kyiv, Ukraine. In Press.
99. *Anpilova, Y., Hordiienko, O., Horbulin, V., Trofymchuk, O., Yakovliev, Y.* (2021). The use active sensors of remote sensing to describe structures and landscape changes in Solotvyno. Conference Proceedings, Geoinformatics, May 2021, Volume 2021, p.1– 7. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521018>
100. Assessment of Critical Minerals: updated application of screening methodology. Natural Resources, and Sustainability (2018), *The National Science and Technology Council*. Available online:

- <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/02/Assessment-of-Critical-Minerals-Update-2018.pdf>.
101. Brine Treatment, available at: <https://www.lenntech.fr/processes/brine-treatment.htm> (accessed 18 June 2020)
 102. British Geological Survey Risk list (2015) (available online: https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/statistics/risk_list_2015.pdf).
 103. *Brown, Stephen P. A.; Wolk D.* (2000) Natural resource scarcity and technological change. *Economic and Financial Policy Review*, Federal Reserve Bank of Dallas, Q1, 2-13. Available online: <http://www.dallasfed.org/assets/documents/research/efr/2000/efr0001a.pdf> (accessed on 10 December 2020).
 104. *Cojean R., Franco N., Lazarevic J.-C., et al.* (2005). The post-mining context at Decazeville-Firmi concession (Aveyron, France): analysis of impacts resulting from the cessation of pumping at the central shaft. Survey of various scenarios related to the water level of the Pit Lake in the Grande Decouverte. Post mining Symposium, Nov 2005, Nancy, France. Retrieved January 25, 2020, from <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00972519>
 105. Commodity Statistics and Information, Mineral Commodity Summaries (2020). *National Minerals Information Center*, U.S. Geological Survey. DOI: <https://doi.org/10.3133/mcs2020>.
 106. Community-Based Environmental Protection: A Resource Book for Protecting Ecosystems and Communities July 1997 (1997). *Office of Sustainable Ecosystems and Communities, Office of Policy, Planning and Evaluation*, USEPA, Washington, DC.
 107. *Constanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neil R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M.* The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. – *Nature*, 1997. – 387: 253-60.
 108. Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability [2020] Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>.
 109. Energy Atlas: Facts and figures about renewables in Europe 2018 / jointly published by Heinrich Büll Foundation, Berlin; Friends of the Earth Europe, Brussels; European Renewable Energies Federation, Brussels; Green European Foundation, Luxembourg. – First English edition, April 2018. – 56 p. / Энергетичний Атлас Європи

110. *Gates B.* (February 14, 2021) My new climate book is finally here / *Bill Gates* /<https://www.gatesnotes.com/Energy/My-new-climate-book-is-finally-here>
111. *Gates B.* (2021) How to Avoid a Climate Disaster: The Solutions We Have and the Breakthroughs We Need / *Bill Gates* // Alfred A. Knopf, New York – Toronto, 2021. – 230 p.
112. *Gwartney J., Lawson R., Hall J. with Berggren N., McMahon F., Nilsson.* The Economic Freedom of the World: 2020 Annual Report / <https://www.cato.org/sites/cato.org>
113. *Davis, J.C.* (1977) Estimation of the probability of success in petroleum exploration. *Mathematical Geology*, 9, 409–427. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02047411>.
114. *Esmaeiloghli, S., Tabatabaei, S.H. & Carranza, E.J.M.* (2021) Spatio-Geologically Informed Fuzzy Classification: An Innovative Method for Recognition of Mineralization-Related Patterns by Integration of Elemental, 3D Spatial, and Geological Information. *Nat Resour Res* 30, 989–1010
115. *Fortier, S.M.; Nassar, N.T.; Lederer, G.W.; Brainard, J.; Gambogi, J.; McCullough, E.A.* (2018) Draft critical mineral list—Summary of methodology and background information. *U.S. Geological Survey technical input document in response to Secretarial Order No. 3359: U.S. Geological Survey Open*, File Report 2018–1021, 15. DOI: <https://doi.org/10.3133/ofr20181021>
116. *Hanley, N.; Shogren, J.F.; White B.* (1997) Natural Resources: Types, Classification and Scarcity. *Environmental Economics in Theory and Practice*. Macmillan Texts in Economics. Palgrave, London, 216-226. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-349-24851-3>.
117. *Hordiienko, O. Anpilova, Y. Yakovliev, D. Kreta, P. Stpiczynski* (2021) Using Radar Satellite Imagery to Detect Natural and Technogenic Changes in Landscapes. CEUR: ITMMES 2021. Vol. 3021. Pp. 76-86. (Scopus). <http://ceur-ws.org/Vol-3021/>
118. *Hund, K.; La Porta, D.; Fabregas, T. P.; Laing, T.; Drexhage, J.* (2020) Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. *International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank*. Available online: http://www.eqmagpro.com/wp-content/uploads/2020/05/MineralsforClimateActionTheMineralIntensityoftheCleanEnergyTransition_compressed-1-18.pdf

119. *Ji X.* (2010) Membrane distillation-crystallization of seawater reverse osmosis brines / *X. Ji, E. Curcio, S. Al Obaidani, G. Di Profio, E. Fontananova and E. Drioli* // *Sep. Purif. Technol.* – 2010. – Issue 71. – P. 76–82. doi: 10.1016/j.seppur.2009.11.004.
120. *Jägemann, C.C.* (2014) *Essays on the Economics of Decarbonization and Renewable Energy Support* (Doctoral Dissertation). University of Cologne, Cologne, Germany. Retrieved from: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/47/042/4_7042515.pdf.
121. *Khrutba, V., Anpilova, Y., Lukianova, V., Kotsiuba, I., Kriukovska, L., Spasichenko, O.* (2021) Evaluation of the Impact on the Environment at Building and Reconstruction of Motorways Using the System Analysis Method, *Environmental Research, Engineering and Management*, 77 (1), 85-95. <https://doi.org/10.5755/j01.irem.77.1.27887>
122. *Knoche, D.* Best practice report on environmental protection and post-mining land reclamation / *D. Knoche, A. Rademacher, R. Schleppehorst* // http://tracer-h2020.eu/wp-content/uploads/2019/12/TRACER_D-2.5_Best_practice_environmental_protection_FIB-2.pdf
123. *Kosharna, S.* (2020). Geological and economic aspect of brine processing as a tool for normalization of the Pre-Carpathian Depression's natural balance in the context of general monitoring of the region's ecological state. Conference Paper. XIV International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment [this link is disabled](#).
124. *Kosharna S.* (2021) Prospects for Extraction of useful Elements out of the Brines of the Pre-carpathian Downfold / *Sophia Kosharna, Yana Malkova, Lubica Kozáková* // *Acta Montanistica Slovaca, Volume 26 (2021), X*; DOI: 10.46544/AMS.v26iX.X
125. *Kuzmenko E.D., Bagrii S.M.* (2015). Ecological and geological monitoring on the territory of Kalush mining district – plans and realities. Proceedings of the XII International Conference. "Geoinformatics: theoretical and applied aspects". May 13-16, 2013. – Kyiv: Kyiv National Taras Shevchenko University. C.1-6.
126. *Kuzmenko E.D., Bagriy S.M.* (2009). The threat of river water breakthrough in Dombrovsky open pit of Kalush-Golinsky potassium salt deposit – reality or fantasy? Proceedings of IX International Scientific Conference "Monitoring of geological processes". Kyiv, 14-17 October 2009. K., 2009. C. 145 – 147.

127. *Lukianova, V., Anpilova, Y., Trofymchuk, O.* (2020) Environmental Safety of Motor Transport Enterprises within Urban Areas. *Journal of Ecological Engineering*, 21(4), pp. 231-236. <https://doi.org/10.12911/22998993/119799>.
128. *Malkova Y. O., Bobkov V. M., Dolin V. B.* (2020), Modeling the kinetics of dissolution of minerals of saline rocks of the Dombrovsky quarry // *Mineralogical Journal*. – 2020. – 42, № 4. – С. 60-68. Web of science
129. *Malkova Y. A., Dolin V. V., Bobkov V. M.* (2020), Experimental modeling of convection-diffusion mass transfer in brines of the Dombrovsky quarry (Kalush, Ivano-Frankovsk Region) // *Mineral Resources of Ukraine*. – 2020. – № 4. – С. 22-27.
130. *Malkova Y., Dolin V., Yakovlev E.* (2020), Ecological and technogenic regularities of the formation of the Dombrovsky quarry brines // *Bulletin of the Kiev National Taras Shevchenko University. Geology Series*. – 2020. – № 4(91). Web of science
131. *Malkova Y., Dolin V., Yakovlev Y., Kuzmenko E., Shcherbak O.* (2021). Conjugated effects between surface- and groundwater mineralization within the drainage zone of Dombrovsky quarry // *Conference Proceedings, Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2021 May 2021*.
132. *Maniuk E.R., Semchuk J.M.* (2007). Study of features of geological structure and hydrogeological conditions of Kalush-Golinsky potassium salt deposit in order to design the disposal site of highly mineralized brines. *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*. 2007. №1. С.21.
133. *Myrontsov, M., Karpenko, O., Trofymchuk, O., Okhariev, V., Anpilova, Y.* (2021) Increasing Vertical Resolution in Electrometry of Oil and Gas Wells. *Systems, Decision and Control in Energy II. Studies in Systems, Decision and Control*, 346, 101-117. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69189-9_6
134. *Nate S.* (2021) Mineral Policy within the Framework of Limited Critical Resources and a Green Energy Transition / *Silviu Nate, Yuriy Bilan, Mariia Kurylo, Olena Lyashenko, Piotr Napieralski and Ganna Kharlamova* // *Energies* 2021, 14, 2688, p. 1-32. / <https://doi.org/10.3390/en14092688>
135. *Pavlyuk V.I.* (2010). Features of monitoring of exogenous geological processes within the spread of technogenically disturbed salt-bearing miocene deposits of Predkarpattya. *Proceedings of the 5th Scientific*

- and Practical Conference "Ecological safety of technogenically disturbed regions". Yalta, 2010. С. 36-37.
136. *Porwal A., Carranza E.J.M, Hale M.* (2003). Knowledge-driven and data-driven fuzzy logic models for predictive mineral potential mapping, *Natural Resources Research*, 12, pp.1-25.
 137. *Pramanik B.K.* (2017) A review of the management and treatment of brine solutions / *B.K. Pramanik, V. Jegatheesan, Li Shu // Environmental Science: Water Research & Technology.* – 2017, Vol.3(4). – P. 625-658. doi:10.1039/C6EW00339G
 138. Program for the Development of Public-Private Partnerships in Ukraine; Practical Guide for the Preparation of Techno-Economic Assessment. USAID. (2012). Available at: <http://ppp-ukraine.org/wp-content/uploads/2015/03/PracticalGuide.pdf>
 139. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>
 140. *Sardinha I., Carolino J., Mendes I. & Verga Matos P.* (2010). The rehmine research project: the threefold value of São Domingos abandoned mine rehabilitation in southern Portugal. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 141, 28-38, doi:10.2495/BF100031, WIT Press: ISSN 1743-3541, Retrieved January 18, 2020, from www.witpress.com
 141. *Sedell. J., Sharpe M., Dravnieks Apple D., Copenhagen M., Furniss M.* Water and the Forest Service. FS-660. – United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. – 2000.
 142. *Schwab K., Malleret T.* (2020) Covid-19: The Great Reset // World Economic Forum. – Geneva: FORUM PUBLISHING. – 212 pp. / https://straight2point.info/wp-content/uploads/2020/08/COVID-19_The-Great-Reset-Klaus-Schwab.pdf
 143. *Sklenicka P., Prikryl I., Svoboda I., Lhota T.* (2004). Non-productive principles of landscape rehabilitation after long-term opencast mining in north-west Bohemia. *Journal of The South African institute of Mining and Metallurgy*, 83-88.
 144. State Fiscal Service of Ukraine, available at: <http://sfs.gov.ua/ms/fl1>
 145. System of Environmental-Economic Accounting 2012. Experimental Ecosystem Accounting. (White cover publication. United Nations, European Commission, World Bank & Organization for Economic Co-operation and Development, 2013). New York: United Nations, 2014. 177 (198) с. Дата оновлення: 2014. URL: <https://seea.un.org/>

- sites/seea.un.org/files/seea_eea_final_en_1.pdf (дата звернення: 11.02.2020).
146. *Trofymchuk, O., Yakovliev, Y., Klymenko, V., Anpilova, Y.* (2019) Geomodeling and monitoring of pollution of waters and soils by the earth remote sensing. International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM, 19, 1.4.
 147. *Trofymchuk, O., Anpilova, Y., Yakovliev, Y., Zinkiv, I.* Ground Deformation Mapping of Solotvyno Mine Area Using Radar Data and GIS. 19th International Conference Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, 2020, Extended Abstracts. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo138>.
 148. *Trofymchuk, O., Myrontsov, M., Okhariev, V., Anpilova, Y., Trysnyuk, V.* (2021) A Transdisciplinary Analytical System for Supporting the Environmental Researches. Systems, Decision and Control in Energy II. Studies in Systems, Decision and Control, 346, 319-331. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69189-9_19
 149. *Trofymchuk, O., Yakovliev, Y., Anpilova, Y., Myrontsov, M., Okhariev, V.* (2021) Ecological Situation of Post-mining Regions in Ukraine. In: Zaporozhets A., Artemchuk V. (eds) Systems, Decision and Control in Energy II. Studies in Systems, Decision and Control, 346, 293-306. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69189-9_17
 150. *Virshylo, I., Kurylo, M.* (2021) The implication of fuzzy sets for energy transition critical minerals modeling of World demand-supply projection. *Conference: Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects*. [21102].

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Довгий Станіслав Олексійович
Коржнев Михайло Миколайович
Трофимчук Олександр Миколайович
Курило Марія Михайлівна
Яковлев Євген Олександрович
Миронцов Микита Леонідович
Анпілова Євгенія Сергіївна
Віршило Іван Вікторович
Кошарна Софія Костянтинівна
Сухіна Олена Миколаївна
Малькова Яна Олександрівна

ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ У МІНЕРАЛЬНО-СІРОВИННОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ В СУЧАСНИЙ УМОВАХ

Оригінал-макет авторський

Підписано до друку 20.12.2021. Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Умови, друк. арк. 11,63. Наклад 300 пр. Зам.№ 648.

ТОВ «Видавництво «Ніка-Центр». 03142, Київ, вул. Кржижановського, 4.
т./ф. (044) 39-011-39; e-mail:psyhea9@gmail.com
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК №5368 від 27.06.2017

Віддруковано у ТОВ «Друкарня «Рута».
м. Кам'янець-Подільський, вул. Князів Коріатовичів, 11
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК №4060 від 29.04.2011