

**Національна академія наук України
Інститут телекомунікацій
і глобального інформаційного простору**

**С.О. Довгий, О.М. Трофимчук, М.М. Коржнев, Є.О. Яковлєв,
С.М. Чумаченко, В.В. Іванченко, О.Є. Куліковська,
М.М. Курило, Є.С. Анпілова, С.К. Кошарна,
В.В. Стеценко, Ю.Д. Чугунов**

**СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ
ДОНЕЦЬКОГО ВУГІЛЬНОГО І КРИВОРІЗЬКОГО
ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНІВ В УМОВАХ
ТРАНСФОРМАЦІЙ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СФЕРИ**

Київ
Ніка-Центр
2019

УДК 55; 504; 574
С83

Автори: С.О. Довгий (1.1, 1.2, 1.3, висновки), О.М. Трофимчук (1.1, 1.2, 1.3, 2.2, висновки), М.М. Коржнев (вступ, 1.2, 1.3, 2.3, 2.4, 3.3, висновки), Є.О. Яковлев (1.1, 1.3, 2.1, 2.2, 2.4, висновки), С.М. Чумаченко (2.1, висновки), В.В. Іванченко (3.1, висновки), О.Є. Куліковська (3.3, висновки), М.М. Курило (2.3, 3.2, 3.3 висновки), Є.С. Анпілова (2.2, висновки), С.К. Кошарна (3.3, висновки), В.В. Стеценко (3.3, висновки), Ю.Д. Чугунов (3.1, висновки)

Рецензенти:

Д-р геол.-мін. наук, професор В.І. Павлишин
Д-р екон. наук, професор Є.В. Хлобистов

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 № 12 від 12 грудня 2018 року)*

Стратегічні напрями реструктуризації Донецького вугільного і Криворізького залізрудного басейнів в умовах трансформацій енергетичної сфери / С.О. Довгий, О.М. Трофимчук, М.М. Коржнев (наук. ред.), Є.О. Яковлев та ін. / НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – Київ : Ніка-Центр, 2019. – 144 с., 8 с. кольор. вклейка.

ISBN 978-966-7067-35-9

У монографії розглянуті принципи і підходи щодо стратегій розвитку і реструктуризації Донецького вугільного і Криворізького залізрудного басейнів у сфері екологічної безпеки і природних ресурсів у зв'язку з приєднанням України до планів ЄС відмови від використання викопного палива та переходу на відновлювані джерела енергії в енергетичному комплексі.

УДК 55; 504; 574

© 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. Анпілова,
С.К. Кошарна, В.В. Стеценко, Ю.Д. Чугунов, 2019
© Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору

ISBN 978-966-7067-35-9

Зміст

| | Стор. |
|--|-------|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ | 4 |
| Вступ | 5 |
| Глава 1. ПРОБЛЕМА ВИБОРУ ПРІОРИТЕТНОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ | 7 |
| 1.1. Проблеми, пов'язані вугіллям | 7 |
| 1.2. Світова енергетична революція і перехід на відновлювані джерела енергії | 10 |
| 1.3. Вибір стратегії трансформації енергетичної сфери України | 23 |
| Глава 2. НАПРЯМИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ДОНЕЦЬКОГО БАСЕЙНУ | 30 |
| 2.1. Небезпечні еколого-техногенні зміни надр Донбасу в умовах збройного конфлікту | 30 |
| 2.2. Просторове моделювання в ГІС змін параметрів річкових басейнів у гірничодобувних регіонах на стадії пост-майнінгу | 69 |
| 2.3. Ревізія доступних запасів корисних копалин, необхідних для промисловості | 73 |
| 2.4. Організація моніторингу стану геологічного середовища | 78 |
| Глава 3. НАПРЯМИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ | 80 |
| 3.1. Інновації у гірничо-металургійному комплексі | 81 |
| 3.2. Оптимізація ресурсної частини на засадах сталого розвитку .. | 108 |
| 3.3. Організація екологічно безпечної роботи гірничо- металургійного комплексу і реабілітація території | 113 |
| ВИСНОВКИ | 130 |
| ЛІТЕРАТУРА | 133 |
| Додатки | 145 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

БЖД – безпека життєдіяльності
ВВП – валовий внутрішній продукт
ВДЕ – відновлювані джерела енергії
ГІС – географічна інформаційна система
ГС – геологічне середовище
ГВР – гірничо-видобувний район
ДЕІ – Державна екологічна інспекція
ДЗЗ – дистанційне зондування Землі
ДНВП – Державне науково-виробниче підприємство
ДСНС – Державна служба надзвичайних ситуацій
ЗМІ – засоби масової інформації
ЗАВ – зона активного водообміну
ЗУВ – зона уповільнення водообміну
ЗШЕ – зняття з експлуатації нерентабельних шахт та кар’єрів
ІТГІП – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
НЕГП – небезпечні екзогенні геологічні процеси
НС – навколишнє середовище
ОКІ – об’єкти критичної інфраструктури
ОПО - обмаслена прокатна окалина
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
УкрДГРІ – Український державний геологорозвідувальний інститут
ЦРД – Центральний район Донбасу

ВСТУП

У сучасний історичний період Україна знаходиться у дуже складному стані радикальної перебудови системи державного управління і національної безпеки, перебуваючи в умовах війни, окупації сходу країни й анексії території Криму. Промисловість та інфраструктура значної частини Донецької і Луганської областей напівзруйновані. У державі фіксується дефіцит вугілля, необхідного для роботи теплових електростанцій і підприємств чорної металургії.

В той же час економіка країни фактично залишається сировинною, такою що базується на експлуатації природних ресурсів, головним чином мінерально-сировинних і земельних, яка спеціалізується на експорті продуктів агропромислового комплексу, переробки руд чорних металів, прокату. Залежність від сировинного сектору робить її особливо уразливою від впливу зовнішніх факторів – коливання цін на сировину на світових ринках та імпорту вуглеводнів.

У попередніх наших монографіях і статтях [20, 44, 45, та ін.] ми неодноразово відмічали, що розвиток України як сировинної держави обумовив високий ступінь виснаження окремих природних ресурсів і переобтяженість економіки важкими галузями виробництва. Ресурсо- та енергоємність застарілих технологій початку минулого століття, які використовуються у вітчизняній промисловості призвели до важких екологічних наслідків, критичних порушень довкілля і балансу біосфери. Процеси фізичного та економічного виснаження надр вимагають значного коригування стратегії розвитку мінерально-сировинного комплексу. Особливо це стосується Донецького вугільного басейна, екологічний стан якого і до агресії Росії наближався до катастрофічного [11, 18]. З початком війни, у зв'язку з неконтрольованим закриттям шахт і припиненням відкачки шахтних вод, прогнозована екологічна катастрофа почала

реалізовуватися швидкими темпами. Тільки останнім часом територія міста Донецьк за даними супутникових вимірювань просіла у середньому на 20-25 см [61].

З використанням вугіллям істотно пов'язаний і гірничо-металургійний комплекс, підприємства якого зосереджені в межах головного залізрудного регіону країни - Криворізькому басейні. У цьому регіоні внаслідок довготривалого видобутку залізних руд та діяльності металургійних комбінатів, що використовують старі технології, стан довкілля теж майже катастрофічний, що потребує інновацій і нових підходів як у виробництві, так і екологічній реабілітації території.

На відновлення вугільної промисловості Донбасу до попереднього стану після війни, потрібні величезні фінансові ресурси, що в разі можуть перевищувати бюджет країни. Постає питання – у якій мірі це вирішить проблеми енергетичної сфери держави і наблизить її до розвинутих країн, багато з яких через неприбутковість видобутку вугілля та екологічні проблеми, пов'язані з його видобутком і використанням, згорнули чи згортають вугільну промисловість. Чи не буде більш раціонально, з погляду на технічний прогрес зосередити фінансові ресурси на енергозбереження, використання відновлюваних джерел енергії та розвиток екологічно чистих технологій і побудувати енергетичну сферу майбутнього?

У представленій науковій праці запропоновані принципи і підходи щодо складання стратегій розвитку і реструктуризації сфери екологічної безпеки і природних ресурсів Донецького вугільного і Криворізького залізрудного басейнів.

Глава 1.

ПРОБЛЕМА ВИБОРУ ПРІОРИТЕТНОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

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 довкілля та веде до порушення природних ритмів кліматичних змін глобальної екосистеми нашої планети. Цей розділ спирається на оригінальні матеріали авторів тільки частково, і базується переважно на публічній інформації, повідомленнях і статтях у ЗМІ та інтернеті. Також акцент зроблено на ресурсних, екологічних та технологічних проблемах використання викопного палива, оскільки економічним та соціальним аспектам присвячено велику кількість публікацій.

1.1. Проблеми, пов'язані з вугіллям

Зазвичай великі родовища вугілля є так званою природною монополією, розробка яких нерентабельна внаслідок високих умовно постійних витрат і характеризується падінням віддачі зі зростанням масштабу виробництва [13]. Рентабельність можлива при дуже великих об'ємах видобутку, до моменту досягнення яких потрібні державні дотації.

Екологічні проблеми, пов'язані з видобутком і використанням вугілля, загально відомі й схожі для усіх країн, хоча у деяких з них є певна специфіка геологічної будови територій. Існує чимало негативних впливів на навколишнє середовище і людину, які відбуваються в процесі його видобутку, підготовки, спалювання, зберігання відходів та транспортування [99].

Екологічні проблеми України, пов'язані з вугіллям, детально висвітлені у багаточисельних наукових працях вітчизняних учених, у томі числі й авторів даної роботи [11, 16, 18, 26, та ін.]. Найбільш рельєфно вони проявились після першого закриття в Донбасі нерентабельних вугільних шахт, яке спричинило порушення гідрогеологічного режиму території й регіональний автореабілітаційний підйом рівнів підземних вод з принциповими змінами екологічних умов життєдіяльності населення. Перший досвід закриття шахт Донбасу (Краснодонський, Донецько-Макіївський, Мар'ївський та інші вугледобувні райони) показав, що цей захід супроводжується змінами екологічних параметрів геологічного середовища [11, 18]:

- *геохімічних*, унаслідок підсилення рухливості хімічних сполук та елементів у зонах стійкого зволоження, підтоплення та затоплення техногенно забруднених ґрунтів, звалищ, териконів зі значним прискоренням міграції забруднювачів до поверхневих вод, підземних водозаборів, сільськогосподарських рослин, тощо;
- *гідрогеологічних*, переважно обумовлених наближенням ґрунтових вод до земної поверхні і зниженням захисної здатності порід та ґрунтів зони ненасиченої фільтрації;
- *інженерно-геологічних*, пов'язаних з водонасиченням значних обсягів порід, порушених у процесі гірничих робіт, та подальшим зниженням їх міцності, додатковим просіданням, зрушеннями і деформаціями земної поверхні;
- *геодинамічних (сейсмогеофізичних)*, пов'язаних з підвищенням рухливості підроблених і прилеглих ділянок породного масиву в умовах впливу регіональних і локальних сейсмічних напружень і рухів, який суттєво підсилюється у разі затоплення гірничих виробок внаслідок прискореного формування напружень (поштовхів) та їх уповільненого затухання у породному масиві.

Основними факторами техногенних змін довкілля при цьому були:

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

Пов'язані з цим наступні перетворення геохімічних показників ґрунтів, водозбірних ландшафтів, приземної атмосфери промислово-міських агломерацій та прилеглих територій сприяли значному зростанню первинної захворюваності населення та скороченню тривалості життя. Так, наприклад, за існуючими оцінками смертність по Донецькій області за період 1990-2000 рр. (на 1000 людей) зростає з 12 до 17 осіб, тобто майже в 1,5 рази. У структурі первинної захворюваності переважають хвороби органів дихання (32,8%), системи кровообміну (10,1%), захворювання сечостатевої системи (7,9%) та патології шкіри і підшкірної клітковини, що свідчить про зростаючий вплив погіршення екологічних показників навколишнього природного середовища та якості харчового ланцюжку (хімічне забруднення питних вод, приземного повітря, сільгосппродуктів). Аналогічні показники змін стану здоров'я населення відмічались і в інших регіонах Донбасу.

Україна однією з перших приєдналася до «Паризьких угод зі змін клімату» і взяла на себе зобов'язання зменшити викиди. Досі у нашій державі їх абсолютну більшість генерує енергетика, що працює на викопному паливі (головним чином на вугіллі), хімічна і металургійна промисловість та транспорт.

1.2. Світова енергетична революція і перехід на відновлювані джерела енергії

Відмова від використання вугілля. Беручи до уваги проблеми, пов'язані з видобутком і використанням вугілля, розвинуті країни зараз відмовляються від нього [47]. Поступово відмовитись від вугілля протягом 10-15 років планують Франція, Великобританія, Нідерланди, Австрія, Данія та інші країни. У Великобританії уже були зафіксовані випадки (вперше з 1882 року), коли генерація електрики від вугільних станцій падала до нуля. Закриття вугільних шахт і кар'єрів болючий процес і всюди супроводжується соціальними збудженнями і страйками шахтарів.

В 2023-м Франція може стати першою країною світу, що повністю відмовиться від вугілля в якості палива для енергетики.

Про відмову від спалювання вугілля к 2030 року проголосила Канада, де хочуть збільшити долю відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) з 80% до 90%. Причому саме Канада займає п'яте місце у світі з виробництва енергоресурсів, являється крупним виробником урану, і одним з лідерів по виробництву нафти, природного газу та вугілля. В канадській провінції Альберта вугілля добувають на 48% території, але навіть тут обіцяють відмовитись від вугільних електростанцій до 2030 року (хоча про припинення видобутку й експорту вугілля мова не йде). Для переходу на чисту енергетику Канаді слід закрити чи перевести на інше паливо біля 22 вугільних електростанцій.

Фінляндія прийняла нову енергетичну і кліматичну стратегію, яка передбачає відмову від вугілля до 2030-го року. З 2011 року доля вугілля у виробництві електроенергії постійно знижується.

Відмова від вугілля потребує компенсаторів – переходу на інші, менш шкідливі для довкілля види палива. Таким компенсатором, наприклад, може бути перехід на ВДЕ, імпорт природного газу (як для країн ЄС) чи видобуток сланцевого газу (як для Китаю).

Китай запустив у розробку родовище сланцевого газу в провінції Сичуань і посів друге місце у світі з його видобутку [37]. Крім уникнення залежності від імпорту з Росії, розвиток видобутку сланцевого газу дозволив властям КНР реалізувати давно заплановані обмеження на видобуток у країні кам'яного вугілля, а також у перспективі відмовитись від нього повністю.

Для України крім вищезазначених «компенсаторів» має велике значення збільшення видобутку власного газу. Нажаль, державна компанія «Нафтогаз» під правильними гаслами переходу на ринкові відносини і ринкові ціни перетворилася на монополіста, який, не забезпечивши третину споживачів індивідуальними лічильниками газу, значну частину свого надприбутку формує за рахунок економічно не обґрунтованих завищених норм споживання газу. При цьому немає адекватної фінансової підтримки геологорозвідувальних робіт, яка б гарантувала нарощування видобутку газу. Наведення порядку в газовій галузі – невідкладна задача нинішнього і майбутнього урядів.

Забора на двигунів внутрішнього згорання. Останнім часом багато країн заявили про готовність відмовитися від автомобілів з двигунами внутрішнього згорання [59]. Їх замінять електрокари і авто з водневими установками та їх гібриди. До країн, які першими перейдуть на «зелені» автомобілі, входять Франція, Великобританія, Норвегія, Нідерланди, Німеччина, Індія, Китай.

Про припинення продажів бензинових і дизельних автомобілів до 2040 року заявила Франція. Міністр транспорту Британії оголосив про плани досягти нульової емісії вихлопних газів до

2050 року. За повідомленнями NBC News принаймні, ще чотири країни мають намір здійснити 100-відсотковий перехід на транспортні засоби з нульовим рівнем викидів. Найбільш рішуче налаштована Норвегія. Вона хоче здійснити перехід на електротранспорт до 2025 року. 24% автомобілів, що продаються в цій багатій нафтою і газом країні, вже є електричними. В Нідерландах також відносно високий показник продажів електромобілів – близько 6% від всього автомобільного ринку. У Німеччині більше визначеності з термінами повного переходу на електромобілі. Країна готова зупинити продажі автомобілів на бензині і дизельному паливі вже до 2030 року. Побічним ефектом від всього зазначеного вище буде масовий наплив на ринок України вживаних бензинових і дизельних автомобілів з європейських країн, що може негативно вплинути на її зобов'язання по зменшенню викидів та плани реформування енергетичної сфери. Україні до цього треба готуватись вже зараз, розробив механізми протидії та закріпивши їх на законодавчому рівні. Досвід такої протидії країна вже частково набула при законодавчому регулюванні ввозу автомобілів на євро-номерах, але він потребує подальшого удосконалення.

Боротьба з двигуном внутрішнього згорання не обмежується країнами Європи. До неї приєдналися дві найбільші країни світу, що розвиваються. Індія хоче здійснити цей план до 2030 року.

Китай не робив ніяких офіційних заяв з приводу термінів відмови від двигунів внутрішнього згорання, хоча саме ця країна є лідером за обсягами продажів електромобілів в абсолютному вираженні. За 2016 рік в Китаї продали 351 тисячу нових електрокарів. Це більше, ніж у всіх країнах ЄС і в США разом узятих. На думку експертів, Пекін оголосить про терміни повної заборони на продаж нових бензинових і дизельних автомобілів в недалекому майбутньому.

Воднева революція. Не так давно більшість експертів у сфері енергетики схилилася до думки, що найбільш перспективним,

інноваційним і екологічно чистим паливом постнафтової ери стане водень [84]. На підставі цього ми наголошували, що українським вченим треба активно включитись у міжнародні проекти з водневої тематики [20]. Зараз можна стверджувати, що воднева революція набирає обороти. Першість у ній займає Японія. В травні 2017 року з'явилась цікава стаття, присвячена цьому [10], витяг з якої зі скороченнями ми наводимо у цієї частині розділу.

Вже до 2020 р., на дорогах Японії буде близько 40 тис. легкових автомобілів і автобусів на водневих паливних батареях. До 2025 р. число зареєстрованих в країні машин, що працюють на водні, передбачається довести до 200 тис., а до 2030 р. — до 800 тис.. Поступовий перехід на екологічно чисті паливні батареї на основі водню дозволить цій країні з часом повністю відмовитися від використання нафти і природного газу в якості палива. Планується до 2025 р. побудувати мережу з 320 водневих заправних станцій, в основному у великих містах.

Про інвестування 10 млрд. євро у розвиток і просування водневої енергетики домовилися 13 компаній-гігантів. У їх числі всесвітньо відомі представники автомобілебудівної галузі Toyota Motor, BMW, Daimler, Honda Motor і Hyundai Motor, нафтові і газові компанії Royal Dutch Shell, Total, Air Liquide і Linde, гірничодобувна Anglo American, електрична Engie, залізнична компанія Alstom і виробник мотоциклів і важкої техніки Kawasaki Heavy Industries

Створена спеціальна рада Hydrogen Council – консорціум, який збирається заохочувати грошима нафтові і газові компанії, які вирішать приєднатися до просування водню. Його представники будуть працювати і з урядами країн, переконуючи їх у необхідності розвитку нової інфраструктури та внесення змін в законодавство.

General Motors і Honda вирішили спільно виробляти водневі паливні елементи. Кожна компанія інвестує \$85 млн. у будівництво та обладнання фабрики в Мічигані, яка почне роботу в 2020 р.

У 2016 році Honda заявила, що готується до випуску Clarity – седана, який працює на водні і буде володіти запасом ходу в 590 км. На новій моделі умовний витрата палива, еквівалентний роботі двигуна внутрішнього згоряння, складає 0,9 л на 100 км, заправляється вона протягом трьох-п’яти хвилин, має запас ходу на рівні автомобілів з бензиновим двигуном. Вартість автомобіля в США складе від \$60 тисяч.

Наприкінці 2016 року американський стартап Nikola Motor представив тягачі Nikola, що працюють на водневому паливі, призначені для перевезення великих вантажів зі запасом ходу 1300-1900 км між заправками. На сайті Nikola Motor вже можна оформити попереднє замовлення. Компанія планує налагодити масовий випуск своїх тягачів у 2020 р. До того часу обіцяє побудувати на території США і Канади безліч водневих заправних станцій. Для виробництва водню Nikola Motor має намір побудувати сонячні ферми, де з допомогою сонячної енергії вода буде розкладатися на водень і кисень. Водень буде зберігатися на станціях Nikola в рідкому вигляді, а потім подаватися в транспортні засоби у вигляді стиснутого або рідкого водню.

Фактично автомобілебудівна галузь у світовому масштабі втягується у водневу гонку за принципом «хто забарився, той програв». Водневий паливний елемент, що виробляє електроенергію завдяки реакції водню з атмосферним киснем, у результаті якої в атмосферу виділяється лише нешкідливий водяний пар. Нашому ринку належить довго і нудно «перетравлювати» вживані бензинові автомобілі, від яких будуть позбавлятися європейці. Для України у цих умовах було б правильним кроком створення сумісно з японцями відносно дешевого автомобіля на водневих елементах і електриці та розміщення його виробництв на її території.

У водневу гонку включилися і авіабудівники. Перший запуск літака з силовою установкою на водневих паливних елементах провела американська компанія Boeing ще в квітні 2008 р.

Словенська компанія Pipistrel у вересні 2016 р. зробила в Німеччині успішний запуск літака HY4 – чотиримісного пасажирського літака, оснащений двигуном з водневим паливним елементом з нульовим рівнем викидів. Його політ був майже повністю безшумний. В січні 2017 р. стало відомо про успішні польоти першої моделі китайського літака на водневих паливних елементах. За основу конструкції був узятий літальний апарат RX1E з електродвигуном. Винахідникам вдалося ввести в конструкцію зміни, які дозволили замінити електродвигун аналогом на водневому паливі. Крім того, літак оснащений декількома акумуляторами, що заряджаються під час польоту. Двомісний літак піднявся на висоту в 320 м. Двигун продемонстрував стабільну безперебійну роботу при температурі навколишнього середовища 20°C.

Перехід на водень можливий також і на залізничному транспорті. Ще в 2006 р. японська компанія JR East провела перші випробування вантажного поїзда на водні. У 2015 р. в Китаї був представлений перший водневий трамвай, а у вересні 2016 року в Берліні показали перший у світі пасажирський поїзд на водневому паливі. Розробку поїзда Coradia iLint протягом двох років вела французька компанія Alstom.

Очікувалося, що перший потяг почне курсувати з грудня 2017 р. на одній із залізничних гілок у Нижній Саксонії. Надалі планують впровадити інноваційну розробку в свою систему залізничного транспорту влади земель Баден-Вюртемберг, Гессен і Північний Рейн-Вестфалія. Інтерес до Coradia iLint також висловили в Нідерландах, Данії і Норвегії.

Можливості переходу на відновлювані джерела енергії до 2050 року. Команда дослідників зі Стенфордського університету спільно з представниками Каліфорнійського університету (США) провела масштабне дослідження щодо глобального переходу 139 країн світу на ВДЕ [74]. Науковці були впевнені, що протягом кількох найближчих десятиліть весь світ може почати отримувати енергію майже виключно за рахунок чистих джерел.

Дослідники на чолі з професором Марком Джейкобсоном представили креслення та розрахунки (розроблена так звана дорожня карта), які демонструють, яким саме чином 139 країн світу можуть практично повністю задовольнити свої енергетичні потреби за допомогою ВДЕ до 2050 року. Вільний від викопного палива світ отримає величезну економію грошових коштів. Вітер є найдешевшим джерелом електроенергії в США, вартістю близько 50% вартості природного газу. Не набагато вища і вартість сонячної енергії. Розрахунки показували, що до 2021 року ціна для сонячної електростанції складе близько 4,5 центів за кВт-год в місцевостях, які отримують багато сонячного світла. Для помірно сонячних місцевостей, таких як Індія і Китай, ця ціна буде коливатися в межах 6,5 центів за кВт-год. Це непогані показники, якщо врахувати, що електрика від вугільних електростанцій може коштувати від 6,6 до 15,1 центів за кВт-год, і від 6 до 8 центів для природного газу. Офіційно документи готувались для представлення під час конференції ООН у 2015 році зі зміни клімату в Парижі.

До списку 139 країн також увійшла й Україна. Найвищий потенціал розвитку в Україні належить вітровій (зможе покрити 55% енергетичних потреб країни) та сонячній (41,5%) енергетиці. При цьому розподіл по цим категоріям наступний. Так, вітроенергетика на території України має бути розподілена між офшорними (30%) та наземними (25%) вітроелектростанціями. Сонячна енергетика має бути представлена повноцінними сонячними електростанціями (38%) та сонячними установками на дахах приватних будинків (1,5%), підприємств і держустанов (2%).

Аналіз стану справ країн ЄС у переході на ВДЕ був зроблений у 2016 році німецьким енергетичним аналітичним центром Agora Energiewende спільно з британським аналітичним агентством Sandbag [95]. Із нього стає зрозумілим, що енергетичний перехід в енергетичному секторі Європи почався і проходить успішно [36]. Показовим є наведений у цьому аналізі є графік змін у виробництві електроенергії у країнах Європи, починаючи з 2010 року.

Додаток 1 ілюструє, що виробництво електроенергії від ВДЕ (вітер + сонце + біогаз) стрімко зростає. Це зростання до 2014 року дзеркально супроводжується падінням використання в енергетиці природного газу, яке починає зростати паралельно зі зростанням виробництва електроенергії від ВДЕ внаслідок розуміння країнами того, що дефіцит електроенергії у перехідний період простіше і дешевше покривати за рахунок імпорту природного газу. Виробництво електроенергії атомними електростанціями спочатку зростає і починає падати з 2012 року в зв'язку з оголошеною відмовою деяких країн від ядерної енергетики, а з 2014 року стабілізується.

Навесні 1918 року європейськими організаціями Heinrich Böll Foundation (Німеччина), Friends of the Earth Europe (Бельгія), European Renewable Energies Federation (Бельгія), Green European Foundation (Люксембург) сумісно виданий Енергетичний атлас: факти і схеми про ВДЕ в Європі, 2018. Атлас містить цікаві статті, що роз'яснюють стратегічні плани ЄС в енергетичній сфері з наведенням схем і статистичних даних. Витяг з деяких з них ми приводимо далі зі скороченням і незначними змінами.

Європейську політику у цій сфері взагалі розглядається у статті Атласу [113]. Європа вже є світовим лідером у багатьох зелених технологіях. Конкуренція з США та Японією спонукає її до подальшого інвестування в дослідження й інновації та створення умов для їх покращення. Європа може легко отримати 100 відсотків енергії, яка потрібна, від ВДЕ, тим самим зменшуючи ставку на імпорт викопного палива до нуля. Паризька кліматична угода 2015 року показує, що світ зможе лише обмежити зміну клімату, якщо він відмовиться від використання викопного палива.

Протягом останніх 100 років геополітична сила належала державам, що мають енергетичні ресурси або доступ до них. У майбутньому вона буде спиратися на отримання конкурентної переваги від найкращих екологічних технологій. Країни, які просувають сонячну та вітрову енергетику, інтелектуальні мережі та зберігання енергії, стануть на крок попереду. Зниження імпорту

викопного палива посилить їх енергетичну безпеку. Прискорення розгортання зелених технологій зменшить залежність Європи від таких країн, як Росія та Саудівська Аравія, і збільшить її геополітичний вплив.

Економіка Європи все ще залежить від викопного палива, головним чином для опалення, охолодження та транспортування. Понад 90 відсотків транспортних засобів в Європі спалюють викопне паливо. Зростаюча свідомість шкоди від цього для людини прискорить заміщення їх електромобілями.

Перехід на ВДЕ також є боротьбою за демократію, що пов'язано із позбавленням від монополій у енергетичному секторі та наданням членам суспільства права на вибір. Мільйони людей, кооперативи та місцеві органи влади можуть відігравати важливу роль у переході на ВДЕ, володіючи обладнаннями з виробництва поновлюваних джерел енергії. Перехід повинен йти паралельно з новими економічними перспективами для регіонів, що виробляють вугілля. Низькі ціни на вугілля та торгівля викидами в ЄС значно розширили термін експлуатації вугільних шахт і електростанцій. Їх закриття повинно поєднуватися з ефективним плануванням і управлінням та професійною переорієнтацією їх працівників як на місцевому, так і регіональному рівнях, щоб уникнути суттєвої соціальної кризи.

Використанню поновлюваних джерел теплової енергії присвячена стаття [96]. Кліматичні зміни в Європі легко розрізняються по зменшенню теплих та збільшенню холодних днів (додаток 2).

Системи опалення та охолодження споживають величезну кількість енергії. Нові технології та поліпшена політика можуть підвищити ефективність та скоротити як витрати, так і викиди парникових газів. Опалення та охолодження разом складають майже 50 відсотків кінцевого енергетичного попиту ЄС: тепловіддача дає лівову частку як у житлових, так і в промислових цілях. Викопні види палива досі домінують у секторі, при цьому

відновлювані джерела енергії складала лише 18,6% енергії, що використовувалася в 2016 році. Незважаючи на це, ЄС веде світ до виробництва відновлюваних джерел тепла. Швеція має найбільшу частку ВДЕ, які сумісно забезпечують 68,6 % енергії для нагрівання та охолодження, а біомаса виробляє 60 % тепла для систем централізованого теплопостачання. Біомаса (та відходи) виробляли 39,6 % теплової енергії, що подавалась в Данії на районні системи опалення в 2016 році.

Оскільки більша частина цієї енергії походить від викопного палива, цей сектор суттєво впливає на викиди вуглецю в Європі. Найбільш потенційно пропонуються три стратегії. По-перше, розширення спектру відновлюваних технологій для забезпечення енергії з нульовим рівнем вуглецю. По-друге, підвищення рівня ефективності будівель та використання сучасних мереж централізованого теплопостачання, щоб зменшити загальний попит на енергію. І, по-третє, електроенергетика замінює викопне паливо на ВДЕ.

Енергоефективність лежить в основі пакету заходів Європейської Комісії «Чиста енергія», започаткованих у 2016 році. Це включає пропозиції щодо фінансування для прискорення реконструкції будинків та інтеграції ВДЕ, а також підтримки досліджень та інновацій у сфері екологічно чистої енергетики.

Щоб зменшити кількість викидів CO₂, будівлі повинні бути розроблені таким чином, щоб мінімізувати втрати енергії. Проте енергоефективність будівлі також може бути збільшена. Додаткова теплоізоляція, використання природної вентиляції, використання рослин або інших джерел затінення, нанесення теплозахисних фарб та встановлення сонячної батареї для отримання електроенергії або теплої води позитивно впливатимуть на обсяги нагрівання та охолодження будівлі. Це, в свою чергу, дозволяє встановлювати системи опалення та охолодження, а також уникати зайвих витрат та споживання енергії. «Сонячний діючий будинок» поєднує в собі багато з цих технологій: сонячні панелі нагрівають великий резервуар води, як тепловий магазин. Ізоляція, контрольована

вентиляція та рекуперація тепла зменшують втрати енергії до мінімуму та заощаджують значну кількість викопного палива.

Сонячне світло – одне з найбільш стійких джерел відновлюваної енергії в Європі для опалення та охолодження. Сонячні теплові системи можуть безпосередньо виробляти тепло або нагрівати рідину, яка потім використовується для виробництва пари на електростанції для виробництва електроенергії. Сонячне світло також може використовуватися для запуску систем охолодження для будівель. В денний час сонячна теплова енергія виробляє теплову енергію в 20 ТВт, що становить лише 1 відсоток загального навантаження на теплову енергетику в ЄС та 3,3 відсотка від виробництва електроенергії. Існує явно великий потенціал для подальшого використання сонячної теплової енергії. На думку деяких фахівців, це може забезпечити від 4 до 15 відсотків споживання тепла ЄС до 2030 р. та від 8 до 47 відсотків до 2050 р.. При повному дослідженні та політичній підтримці сонячна теплова енергія може сягнути 580 ТВт / год до 2030 р. і до 2050 р. – 1,550 ТВт / год.

Величезний сонячний потенціал Південної Європи (додаток 3) для регулювання внутрішніх температур та для промислового використання все ще значною мірою не задіяний.

Окрім високої залежності від викопного палива, ще однією великою проблемою є залежність від використання біомаси у споживанні відновлюваних джерел енергії у секторі та її побічних ефектів, таких як вирубка лісів та земельні конфлікти. Крім того, біомаса повинна виконувати дуже суворі критерії стійкості (біорізноманіття, якість повітря тощо) та бути місцевою. Біомаса (головним чином деревина) складає 15% від загального обсягу виробництва житлової та промислової продукції енергії в ЄС, що становить 92% ВДЕ в секторі опалення. Нарешті, тепло можна вилучити з під землі (геотермальна енергія), повітря або води через теплові насоси.

ЄС поступово заміщує виробництво електроенергії з викопного палива на ВДЕ та відпрацьоване тепло, щоб покрити вимоги щодо опалення та охолодження. Електричні котли можуть замінити масляні або газопровідні блоки. Системи термічного зберігання можуть заощадити енергію та підвищити ефективність. Використання ВДЕ для виробництва теплової та електричної енергії та подачі схем централізованого опалення та охолодження може зменшити викиди парникових газів та зменшити витрати споживачів. Такі міжгалузеві технології стануть наступною великою справою в секторі.

Багато бар'єрів для широкомасштабного використання ВДЕ залишається. Споживання розподіляється серед мільйонів будинків та інших будівель. Національні та регіональні ринки сектору опалення та охолодження є фрагментарними. Дешевий видобуток викопного палива та державні субсидії на його видобування ускладнюють конкуренцію для ВДЕ. Вирішенням цих проблем може стати суміщення спільних систем опалення, транспорту та енергетики.

Політика сусідства ЄС в енергетичній сфері аналізується у статті [104]. Країни на схід та південь ЄС є джерелом імпорту енергії, а також потенційним джерелом нестабільності. Політика ЄС щодо сусідства робить свій внесок у скорочення викидів вуглецю, проте масштабні інвестиції у нові трубопроводи підривають ці цілі.

Незважаючи на прогрес у ВДЕ, ЄС все ще імпортує 54% своїх енергетичних потреб, включаючи 90% її сирової нафти та 69% її природного газу. Ця залежність від імпорту має високу ціну. У 2013 році ЄС витратив 403 мільярди євро на імпорт пального, скоротивши у 2015 році до 261 мільярда євро. Це не відображає зниження попиту, а обумовлено падінням світових цін і свідчить про уразливість ЄС від їх нестабільності.

Інша турбота ЄС – надмірна залежність від кількох експортерів енергії. ЄС імпортує 28 % своєї сирової нафти з Росії, 11% - з Норвегії, 8 % - з Нігерії та ще 8 % - з Саудівської Аравії. Росія

(29%) та Норвегія (26 %) є двома найбільшими джерелами імпорту газу, а потім Алжир (9 %) та Катар (6 %). Більше половини цих видів палива поставляються лише з чотирьох країн, що підвищує загрозу безпеки та залежності від постачань вуглеводнів.

Деякі з сусідів ЄС вже користуються тісними зв'язками з ним (наприклад, з Норвегія та Швейцарія) або є кандидатами для вступу в нього (такі як країни Західних Балкан). ЄС керує своїми відносинами з іншими сусідами (крім Росії) через Європейську політику сусідства, яка зосереджується на заохоченні демократії, верховенства права та вільного ринку. Енергетичні проблеми є лише одним із елементів цієї політики.

Політика сусідства складається з двох частин: Східного партнерства та Союзу для Середземномор'я. Східне партнерство охоплює відносини з Білоруссю, Молдовою та Україною у Східній Європі та Вірменією, Азербайджаном і Грузією на півдні Кавказу. Вона заохочує економічний розвиток у цих країнах, але робить акцент на енергетичну безпеку та на постачання природного газу з Росії через Україну до держав-членів ЄС. Головна мета – зберегти та захистити імпорт вуглеводнів, хоча ця політика закріплює залежність ЄС від цих джерел енергії.

Що стосується ВДЕ, Східне партнерство сприяє розвитку екологічно чистих джерел енергії відповідно до внутрішнього ринку ЄС. Інші аспекти, пов'язані з енергетикою, включають заохочення енергоефективності, збільшення взаємозв'язків, скорочення викидів та адаптація до кліматичних змін. Навпаки, Союз для Середземномор'я підкреслює питання регулювання та лібералізації ринку. Енергетичні та кліматичні заходи є однією з шести стратегічних пріоритетних напрямків, і на відміну від «Східного партнерства». Союз зосереджує менше уваги на питаннях енергетичної безпеки. Розвиток сонячної та вітрової енергії у гарячих, сухих країнах навколо Середземномор'я є економічним стимулом, підтримуючи демократизацію суспільства регіону шляхом сталого економічного розвитку.

Енергетична безпека є турботою всіх країн ЄС, але на них впливає у дуже різному ступеню (додаток 4). ЄС все ще бачить диверсифікацію поставок газу та нафти, включаючи структурні зміни на газовому ринку, важливим фактором для підвищення її енергетичної безпеки у коротко- та середньостроковій перспективі. Скраплений природний газ (СПГ) перетворив газову торгівлю на світовий ринок тому, що СПГ не потребує трубопроводів. 17 країн експортують СПГ в ЄС, звільняючи його від затримок єдиним домінуючим постачальником газу трубопроводами.

Інтереси східних членів ЄС та його старших західних членів часто розходяться, як і геополітичні умови та довгострокові спільні інтереси держав-членів. Рішення полягає в підвищенні енерго-ефективності та розвитку ВДЕ, щоб зменшити залежність від імпорту. У той же час ЄС може допомогти своїм східним та південним сусідам розвивати власні ВДЕ, покращуючи енергоефективність, створюючи взаємозв'язки.

Спроби диверсифікувати постачання та зменшити частку газу з Росії стикаються з численними політичними перешкодами. Інвестиції в газовій інфраструктурі, такі як трубопровід «Північний потік II» між Росією та Німеччиною, загрожують увічненням залежності та фіксуванням вуглецево-інтенсивної інфраструктури. Це підриває цілі забезпечення енергетичної безпеки та зменшення викидів вуглецю в енергетичному секторі. Таким чином, цілі політики сусідства суперечать зобов'язанням ЄС відповідно до Паризької угоди скоротити викиди CO₂.

1.3. Вибір стратегії трансформації енергетичної сфери України

Наміри України інтегруватись в ЄС і НАТО означають не тільки можливість вільно пересуватись Європою, а й 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. В сучасний історичний період в Україні трагічним чином склались умови для цього.

Якщо європейські країни витрачають великі фінансові ресурси на закриття вугільних шахт, то внаслідок військових дій, що продовжуються, більшість шахт основного вугледобувного регіону країни Донбасу стихійно затоплені й не працюють, а його промисловість й інфраструктура практично зруйновані. На відновлення регіону після війни, яка незрозуміло коли закінчиться, треба вкласти великі кошти. Досвід провідних держав ЄС у формуванні напрямів сталої еколого-технологічної та соціально-економічної реструктуризації «старих» вугледобувних районів (Англія, Німеччина, Франція) свідчить, що так званий «пост-майнінговий період» (post-mining time) займає великий час і пов'язаний з великими практично вічними витратами (до 300 млн. євро/рік за умов Рура у Німеччині).

З врахуванням накопичених незворотних змін навколишнього природного середовища, перш за все надр (осідання породних масивів і поверхні, руйнування регіональних водотривів, формування нових шляхів міграції забруднених вод, вибухо-небезпечних та токсичних газів, тощо) процес екологічної і соціально-економічної реструктуризації вугледобувних районів Донбасу розтягнеться на десятки років, за які Європа вже може здійснити перехід на відновлювані джерела енергії. Так що, єдиним раціональним виходом для України є приєднання до стратегію ЄС в енергетичній сфері з відмовою від вугілля і переходом на ВДЕ.

За даними дослідження Інституту економіки та прогнозування НАНУ, що було здійснено за підтримки Фонду імені Генріха Бюлля в Україні, наша держава володіє необхідним технічним потенціалом та економічними передумовами для здійснення трансформації енергетичного сектору і збільшення частки ВДЕ в енергобалансі країни до 91% вже до 2050 року [81].

Кроки України у переході до ВДЕ. Технічний прогрес не зупинити. У світі набирає сили глобальна кампанія Fossil Free, що

передбачає відмову від використання викопного палива і його субсидування та перехід на 100 % ВДЕ. На січень 2018 року, 43 міста світу (зокрема, 25 міст у Бразилії, 5 міст Європи та 3 міста Африки) вже успішно здійснили 100% перехід на відновлювану енергетику. Черга за Україною.

Першим у Східній Європі та на пострадянському просторі про перехід на ВДЕ до 2050 року заявив Житомир [81]. 22 червня 2018 року міський голова Житомира та міжнародна неурядова організація 350.org – міжнародний кліматичний рух підписали меморандум про співпрацю, який передбачає винесення рішення про енергетичний перехід на голосування сесією міської ради, розробку плану переходу міста на ВДЕ, а також розробку першої в Україні кліматичної стратегії протягом наступного року. Ведуться нові переговори цієї організації з іншими місцевими органами влади. Тому найближчим часом про перехід на 100% відновлюваних джерел енергії до 2050 року зможуть заявити ще кілька українських міст.

З початку 2018 року в Україні обсяги виробництва сонячної електроенергії були збільшені на 52% і досягли позначки в 245 млн. кВт [77]. Україна продовжує нарощувати обсяги відновлюваних джерел енергії, за результатами чотирьох місяців було генероване від вітру – 435 млн. кВт, сонця – 245 млн. кВт і біомаси – 89 млн. кВт екологічно чистої електроенергії. Найбільший приріст у порівнянні з аналогічним періодом минулого року, по сонцю і біомасі – 52% і 45% відповідно. Перевиконання показників прогнозного балансу по вітровим і сонячним електростанціям – більш ніж 16%.

Мінприроди України представило проект будівництва сонячної електростанції в Чорнобилі прогнозованою потужністю 1,2 ГВт. Це більше, ніж виробляв чорнобильський реактор №4. Зараз у Чорнобильській зоні, в десятках метрах від цього реактора, вже запрацювала сонячна електростанція потужністю 1 МВт [75]. Сонячна електростанція може покрити потреби села середнього

розміру. На будівництво витрачено 1 мільйон євро. Близько 3800 фотоелектричних панелей були розміщені на площі 1,6 га. Присутність людей не потрібна, електростанцією керують дистанційно. Коли щось виходить з ладу – викликають інженера.

Розуміючи, що вугільна енергетика уходить в минуле, у гонку за «зелену» енергетику включились і вугільні олігархи. Компанії ДТЭК Ріната Ахметова и China Machinery Engineering Company (СМЕС) підписали договір на проектування і будівництво сонячної електростанції (СЕС) потужністю 200 МВт у Дніпропетровській області [38]. Після завершення будівництва Нікопольська СЕС стане самою потужною сонячною електростанцією України і ввійде у топ-3 великих в Європі. Китайська СМЕС – інвестор і підрядчик будівництва Нікопольської СЕС. Загальні інвестиції в проєкт складуть 230 млн. євро. Будівництво Нікопольської СЕС планувалось завершити наприкінці 2018 року. Нова сонячна електростанція ДТЭК розташована на території відпрацьованого кар'єру. Хоча активісти боротьби з корупцією висловлюють підозри в існуванні у просуванні проєкту корупційних схем [51], сам факт будівництва такої електростанції і залучення інвестицій без сумніву є позитивним. На початок 2019 року ДТЕК є найбільшим внутрішнім інвестором в «зелену енергетику» України. Компанія вже має 210 МВт сонячних і вітрових потужностей і веде будівництво ще 500 МВт.

Прем'єр-міністри України і Норвегії Володимир Гройсман і Ерна Солберг підписали спільну заяву про посилення співпраці між країнами в сфері енергетики, повідомила прес-служба Кабінету Міністрів України 28 січня 2019 року [79]. Потенційний обсяг норвезьких інвестицій в українську економіку може досягти 1,5 млрд. доларів, з яких близько 800 млн. доларів – у відновлювану енергетику. Крім цього документ передбачає, що Норвегія дасть початок ініціативи щодо підвищення енергоефективності будівель громадського призначення і скорочення споживання енергоресурсів.

Найкращу статистику розвитку вітроенергетичного сектора України за попередні чотири роки демонструє 2018 рік [9]. За перше півріччя, було підключено до мережі і встановлено «зелений» тариф на електроенергію, що генерується, новими вітроенергетичними об'єктами загальною потужністю 50,35 МВт, розташованими в Херсонській і Миколаївській областях. На початок серпня продовжується будівництво нових ВЕС в Запорізькій та Херсонській областях. За перші шість місяців 2018 року вітроенергетична галузь України виробила 568 млн. кВт/год електроенергії. Загальна встановлена потужність вітростанцій материкової частини країни складала 515,5 МВт станом на 1 липня 2018 року. У липні 2018 року рада директорів Європейського банку реконструкції і розвитку схвалила нову програму фінансування проєктів по зеленій енергетиці в Україні на €250 млн [80]. Французька і норвезька компанії (Total і NBT) інвестують в розвиток вітроенергетики в Україні. Між ними та ЄБРР у січні 2019 року у Давосі відбулося підписання угоди за проєктом вітрової енергетики «Сиваш». Норвезька компанія NBT спеціалізується на будівництві вітрових електростанцій і планує побудувати 67 вітрових електроустановок загальною потужністю до 250 МВт, які будуть розміщені вздовж північного узбережжя озера Сиваш. Комплекс електростанцій буде розташований за кілька кілометрів від анексованого Росією Кримського півострова. Total-Eren, дочірня компанія французького енергетичного гіганта Total, інвестує в проєкт понад €350 млн.

Одним з перспективних напрямків в Україні є виробництво біогазу. Якщо наприкінці 2014 року в Україні встановили 14 МВт біогазових установок, які генерують електроенергію за «зеленим» тарифом, то станом на кінець січня 2018 року потужності зросли до 40 МВт [5]. З них 15 МВт – це біогазові установки, які працюють на полігонах твердих побутових відходів, а ще 25 МВт – потужності, що виробляють біогаз із відходів сільського господарства. Виробництво біогазу з твердих побутових відходів є

одним із найперспективніших напрямків, адже щороку в Україні утворюється приблизно 10 млн. тонн відходів. З однієї тонни можна видобути 150-250 м³ звалищного газу, що містить 60-80 % чистого біометану. Отже, переробляючи відходи, щороку можна отримувати близько 1 млрд. м³ газу. Галузь найбільш динамічно розвивалася у 2017 році: з 21 МВт станом на кінець 2016 р. – до 35 МВт. В січні 2018 року за «зеленим» тарифом запрацювали біогазові установки сукупною потужністю 4,8 МВт (додаток 5). За 2018 рік біогазові потужності в Україні зросли на третину: із 34 МВт (21 установка) на кінець 2017 року до 46 МВт (33 установки) на кінець 2018 року [5].

Пожвавленню розвитку цієї сфери сприяв прийнятий у 2015 р. Закон України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії [30]. Цим законом збільшено на 10 % «зелений» тариф для електроенергії з біомаси та біогазу до рівня 12,38 €/кВт·год. Також прийнято стимулюючий тариф на тепло, вироблене не лише з біомаси, а й з біогазу.

Нажаль, в Україні існує проблема з розробкою і пропозиціями на ринку малих біогазових установок, які були б пристосовані для використання у приватних господарствах, хоча, в інших країнах такі установки вже існують. Наприклад, ізраїльська компанія HomeBiogas, що спеціалізується на розробці рішень для виробництва чистої енергії, запустила на Kickstarter кампанію зі збору коштів на біогазову установку HomeBiogas 2.0, яка здатна перетворювати відходи продуктів харчування, гній та іншу органіку у «чистий» газ [25]. Її вартість становить \$460.

Велике поле діяльності перед нашою країною відкривається у модернізації систем опалення та охолодження. Успіхи тільки у цій сфері, паралельно з досягненням певного рівня в енергозбереженні й енергоефективності у промисловості, здатні вирішити проблему енергонезалежності України. Нажаль, деякі ефективні механізми у цій сфері у нашій державі все ще не задіяні. Прикладом може бути обіцяна урядом монетизація субсидій. Є ризик, що в умовах двох

виборчих компаній 2019 року вона як ефективний механізм енергозбереження може бути дискредитована

Більш змістовну інформацію можна знайти на сайті Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, яке активно працює в сфері впровадження в Україні відновленої енергетики.

Далі наводяться преференції для України, які дає відмова від вугілля і перехід на відновлювані джерела енергії з паралельними заходами з енергозбереження й енергоефективності:

1. Будуть зменшені викиди парникових газів, що дозволить країні зробити свій вклад в уповільнення процесів глобального потеплення клімату відповідно до «Паризьких 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 зникати монополії в енергетичній сфері внаслідок того, що установки з вироблення енергії з ВДЕ мають розосереджений характер і різних власників апіорі. Монополією можуть опинитися тільки «Єдині державні електромережі», підключення до яких має регулюватись законодавством, а тарифи на це незалежним органом.

Незважаючи на зовнішні фактори, наша країна повинна мати свою стратегію розвитку (мінімум на 20-30 років наперед), в рамках якої має бути присутня і стратегія кардинальних трансформацій в енергетичній сфері. 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 в Енергетичному Атласі Європи. Перехід на «зелену енергетику» вже присутній у планах і кроках діючої влади, заявах багатьох політиків і програмах політичних партій.

Глава 2.

НАПРЯМИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ДОНЕЦЬКОГО БАСЕЙНУ

2.1. Небезпечні еколого-техногенні зміни надр Донбасу в умовах збройного конфлікту

Тривалий термін видобутку вугілля (понад 150 років), великі площі порушення рівноваги надр (до 15 000 км²), об'ємів вилучення вугілля й порід (9,5–10,0 млрд. м³) та витоків вибухонебезпечного метану (до 6 млрд. м³/рік) за умов просторового розподілу до 4 000 небезпечних об'єктів (хімічних, металургійних та ін.) створили нестійку техногенно-геологічну систему (ТГС) «техногенний комплекс – геологічне середовище». Ця ТГС внаслідок некерованого закриття й затоплення великої кількості шахт (до 90 об'єктів за попередніми даними) переходить у нерівноважний стан ураженості комплексом небезпечних процесів і критичних змін екологічного стану геологічного середовища (ГС). За попередніми оцінками відбуваються додаткові осідання й деформації денної поверхні (до 0.25 м/рік в межах промислово-міських агломерацій, підтоплення й затоплення земель та територій міст і селищ, забруднення підземних і поверхневих водозаборів. Військові фактори впливу на сучасному етапі (порушення енергопостачання, шахтного водовідливу й вентиляції шахт), як свідчать результати моніторингових обстежень, суттєво прискорюють процеси негативних необоротних змін ГС і погіршення екологічної безпеки життєдіяльності (БЖД) на регіональному та транскордонному рівні.

На сьогодні є багато експертних та аналітичних матеріалів з оцінками й прогнозами наслідків збройного конфлікту на Донбасі: насамперед військових, геополітичних, економічних, соціальних і різноманітних екологічних – щодо стану біосфери, заповідних територій, забрудненості поверхневих вод і приземної атмосфери внаслідок вибухів, руйнувань промислових об'єктів тощо.

Висвітлено та проаналізовано багато різноманітних даних про втрати ВВП, загрози збройних операцій для виробництва енергії, металу в регіоні та пов'язаних з ним територій. Підкреслюється соціально-економічна важливість збереження гірничодобувного комплексу Донбасу, тому що відповідно до усереднених статистичних даних один шахтар вугільної шахти формує роботу 7–10 працівників на поверхні, а втрата 1 % ВВП Донбасу еквівалентна скороченню 2,2–2,5 % ВВП в інших регіонах України [11, 69, 92].

На жаль, при цьому майже не звертають уваги на те, що Донбас – найбільший у світі вуглепромисловий комплекс, у межах якого за 150 років індустріальної історії відбулися комплексні регіональні порушення як екологічного стану геологічного середовища (ГС), так і геодинамічного стану геологічних структур: надр, рівноваги рельєфу, тектонічних систем, рівнів, напрямів потоків, хімічного складу та джерел формування підземних вод, геохімічного складу ландшафтів [11, 69, 70].

Крім того, за період повномасштабного розвитку гірничодобувного району його ГС значною мірою перетворилася на головне «депо» більшості техногенних викидів та механічних, фізичних і хімічних впливів на складові довкілля (приземна атмосфера та поверхнева гідросфера, ґрунти, верхня зона літосфери тощо).

Загалом промислове розроблення кам'яного вугілля призвело до необоротних порушень геодинамічної та гідродинамічної рівноваги регіону й суттєво підвищило чутливість ГС до впливу військових чинників збройного конфлікту. Тим часом комплексні оцінки впливу техногенних і військових факторів на зміни ГС Донбасу дають змогу дійти висновку про новий стан геологічних структур та їх нерівноважну взаємодію з техно- і гідросферою, а також приземною атмосферою.

Техногенні порушення природних умов тут переважно зумовлені накопиченим просторово-часовим впливом гірничих робіт, які виконувалися майже на 900 шахтах по 180 вугільних пластах. Усього в межах вугленосних геологічних структур

нараховують приблизно 2 250 розробок пластів вугілля, що суттєво зменшило їхню геомеханічну стійкість під час затоплення та фонових землетрусів (до 4–5 балів за шкалою МСК-64). За майже повсюдного застосування способу керування покрівлею вироблених вугільних пластів через її повне обвалення, об'єм порушених гірських порід становив орієнтовно 600 млрд м³, тобто до 15 % від загального об'єму гірського масиву в межах шахтних полів [11, 52, 70, 92, 93].

Створена природно-техногенна геосистема (ПТГС) регіону «техногенні об'єкти – навколишнє середовище», де мешкало до 7 млн населення (нині до 4,4 млн осіб), охоплювала до 4 000 потенційно небезпечних об'єктів (ПНО), понад 300 шахт і кар'єрів та 2,5 тис. так званих «копанок» (неліцензійних неглибоких вугледобувних шурфів), до 1 300 териконів, з яких більше 300 горять і є стабільними джерелами забруднення токсичними елементами та сполуками приземної атмосфери, прилеглих ландшафтів і ґрунтових вод. Окрім того, за умов зменшення останніми роками шахтного водовідливу (орієнтовно, до 2-3 разів) і збільшення площ підтоплення зростає ризик прискороного горіння териконів та їхнього вибухання з руйнівним впливом на прилеглі житлові та промислові об'єкти [11, 18, 69].

На нашу думку, потребує також оцінки небезпека забруднення провідних складників навколишнього середовища (поверхневих і підземних вод, ґрунтів, об'єктів природно-заповідного фонду тощо), яка пов'язана з довгостроковою експлуатацією понад 1,5 тис. фільтрувальних накопичувачів токсичних і забруднених стоків загальною площею 102 км². Новим зростаючим чинником територіального руйнування та хімічного забруднення ландшафтів є сполуки хімічних та металічних викидів артилерійських обстрілів, щільність яких за даними аналізу матеріалів ДЗЗ може сягати до 60–70 вибухових ліжок на 1 км².

Критичний екологічний вплив на гідрогеомеханічні умови ГС (фільтраційна компресія, механічна й хімічна суфозія та ін.),

порушення режиму поверхневої та підземної гідросфери був зумовлений щорічним припливом у гірничі виробки шахт до 760 млн м³ (24,5 м³/с) забруднених мінералізованих шахтних вод (з вмістом до 2,5 млн т/рік водорозчинних солей). На практиці за час зростання площі вугледобувних робіт і порушень ГС, зокрема регіональних водотривів, просторового розвитку техногенної тріщинуватості з порушенням річкових русел (понад 600 випадків) обсяг місцевих ресурсів підземного стоку збільшився до 5 разів [18, 52, 53, 69, 70]. Отже, за умов досягнутого рівня техногенної взаємодії поверхневого й підземного стоку скорочення в умовах бойових дій шахтного водовідливу впливатиме на прискорення затоплення шахт, прилеглих земель, міст і селищ [52, 69, 92].

Аналіз даних екологічного моніторингу та виконані у 2015–2017 рр. експедиційні обстеження місцевих джерел водопостачання (Центр гуманітарного діалогу ОБСЄ, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ, НДІ цивільного захисту ДСНС) засвідчили, що вищезазначені чинники негативно вплинули на водно-екологічні параметри транскордонного стоку р. Сіверський Донець (2–3-кратне збільшення мінералізації, концентрацій небезпечних хімічних та органічних сполук), який є провідним джерелом питно-господарського водопостачання (до 80–85 %) узбережжя Азовського моря, поверхневих і підземних водозаборів.

Виконаний аналіз просторово-часового впливу чинників військових дій на прискорення процесу зняття шахт з експлуатації (інститути НАН України, УкрДГРІ та ДНВП «Геоінформ» Держгеонадр та інші) за схемою «мокрої консервації» (простого затоплення внаслідок зупинки водовідливу) з перетіканням вод і вибухонебезпечних газів до робочих шахт показав загрозу ланцюгового (синергічного) розвитку комплексу нових небезпечних процесів:

1) ризики аварійних водо-газоприпливів до експлуатованих гідравлічне пов'язаних шахт, зокрема внаслідок руйнування н.

прояви захисних ціликів (держпідприємства «Лисичанськвугілля» та «Первомайськвугілля» Луганської області, «Торецьквугілля» Донецької області та інші);

2) додаткові осідання й зрушення денної поверхні з ризиком руйнівних деформацій будівель, шляхів, інженерних мереж тощо;

3) додатковий розвиток площ підтоплення й затоплення прилеглих земель, міст і селищ; враховуючи, що більшість шахт є місто утворюючими, масштаб наслідків може мати катастрофічний характер;

4) незворотне забруднення підземних і поверхневих водних об'єктів та питно-господарських водозаборів на їх основі;

5) прискорення руху забруднень унаслідок підтоплення й затоплення полігонів токсичних і побутових відходів;

б) розширення площ техногенних землетрусів (підземних гідрогеомеханічних поштовхів і деформацій порід).

Негативний вплив на безпеку життєдіяльності буде пов'язаний переважно з успадкованими порушеннями ГС, тому що до початку конфлікту більшість міст і селищ, особливо наближених до шахт і кар'єрів, перебували в небезпечному інженерно-геотехнічному стані внаслідок підтоплення (до 70 %) і деформацій житлових і промислових будівель. Здебільшого це зумовлено аномальними втратами води й тепла (до 50–70 % і більше) з 59 000 км водопровідно-каналізаційних і теплоенергетичних мереж та підніманням рівнів підземних вод під час затоплення прилеглих шахт і кар'єрів.

Перед початком військових дій із робочих шахт з загальною площею шахтних полів 4,9 тис. км² понад 20 % з них перебували під забудовою в межах території 63 міст і 91 селища міського типу; при цьому було підроблено відповідно 25 і 51 % їхньої площі [11, 69, 70].

Тому ризику некерованих в умовах збройного конфлікту зупинок шахтного водовідливу призведуть до істотного збільшення площ активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів

(НЕГП): осідань денної поверхні з руйнівними деформаціями житлових і промислових будівель та об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) – інженерних мереж, залізниці, нафтогазопроводів та інших, розширення площ підтоплення й затоплення, утворення зсувів.

Еколого-геологічна небезпека бойових дій в регіональній ПТГС Донбасу істотно підсилюється такими її характеристиками:

- 1) містоутворюючий характер більшості вугільних шахт і потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО);
- 2) зношеність критичного обладнання більшості ПНО перевищує 70 %, що збільшує вразливість життєзабезпечувальних та інженерних систем (порушення енерго- тепло- і водопостачання, нафтогазопроводів тощо);
- 3) перебування великої кількості житлових і промислових будівель у старому та аварійному стані за умови втрати води й тепла з водопровідних та теплоенергетичних мереж до 60–70 % і більше, що в разі їх істотної кородованості й підтоплення формує загрозу численних ситуацій як в Алчевську (морозне руйнування зовнішніх і внутрішньо-домових мереж з наступними деформаціями будівельних конструкцій, зменшення міцності підґрунтя, шляхів, мостів та іншого).

Необоротні еколого-геологічні небезпеки для населення зони впливу військових дій та прилеглих територій можуть виникнути внаслідок руйнування захисного водовідливу Микитівського ртутного рудника, екологічно незбалансованого затоплення шахти «Юнком» (квітень 2018 р.) з камерою атомного вибуху, забруднених високотоксичними сполуками гірничих виробок шахт поблизу проммайданчика Горлівського хімзаводу та некерованих витоків забруднених вод з численних (2,5–3,0 тис.) просторово розосереджених «копанок» (шурфів стихійного видобутку вугілля). Крім того, додаткові небезпеки руйнівних деформацій житлових і промислових комплексів можуть спровокувати техногенні землетруси під час прискореного затоплення шахт унаслідок

накопичення потенційної енергії та розвитку гідрогеомеханічних поштовхів за деформацій породного масиву в зонах гірничих робіт (Стаханов, Краснодон, Дзержинськ, 2002–2009 рр.)

Найбільші просторово-часові екологічні небезпеки варто пов'язувати із суцільним порушенням гірничими виробками вугленосних порід і розвинутих у них водотривів, які екранували витоки солоних глибинних вод разом з вибухонебезпечними та токсичними газами [11, 69, 92]. Під час затоплення шахт міцність порушених порід зменшиться, збільшиться площа просідання поверхні з додатковим підтопленням і затопленням прилеглих міст і селищ, розпочнеться довгострокова міграція забруднених шахтних вод у підземні й поверхневі водозабори.

Загалом, як засвідчують дослідження фахівців з проблем параметризації воєнно-техногенних загроз і ризиків для навколишнього середовища (О.І. Лисенко, С.М. Чумаченко, Г.В. Лисиченко, О.М. Трофимчук, А.Б. Качинський, І.С. Романченко, С.П. Іванюта, В.В. Бігун, Д.С. Бірюкова, В.Ф. Гречанинов та інші), необоротні порушення за умов збройного конфлікту складних ПТГС «ПНО – НС», «ОКІ – НС» або «військова ПТГС – НС» доцільно виділити як самостійні «території критичного стану інженерної інфраструктури (ТКС II)». Можна дійти висновку щодо дворівневої структури формування ТКС II та еколого-геологічних ризиків у зоні бойових дій:

- 1) *сценарний або пошуково-оцінювальний*, пов'язаний з відповіддю на запитання «Що відбудеться, якщо...?»;
- 2) *інженерно-нормативний* – «Що треба зробити, щоб БЖД була на належному рівні?».

Пошук відповіді на друге запитання є дуже складною проблемою на сьогодні, бо в зоні збройних дій фактори їх еколого-техногенного впливу мають практично непрогнозований характер, в той час коли на прилеглих територіях майже зруйновано систему екологічного моніторингу. Можна сказати, що життєдіяльність населення й військового персоналу в зоні впливу військових дій

відбувається в умовах «екологічної сліпоти». На жаль, аналіз публікацій з екологічних проблем Донбасу засвідчив, що в спеціальній екологічній літературі поки що переважають підходи до оцінки розмірів порушення природного середовища, зокрема концентрацій шкідливих речовин, переважно в біотичних складових екосистеми. Водночас, в умовах Донбасу переважно екологічна безпека ГС визначає рівень БЖД як за умов збройного конфлікту, так і на період мирної реструктуризації вугледобувного комплексу регіону [11, 69, 92, 93].

Для отримання екологічної інформації останнім часом широко використовують найсучасніші методи моніторингових спостережень за станом природного середовища, навіть із застосуванням космічних засобів. Саме завдяки цим методам вдалося оцінити провідні регіональні чинники реального руйнування біосфери в південно-східному регіоні України.

Проте до цього часу ще не розроблено загальноприйнятого універсального методу оцінки впливу бойових дій на довкілля в умовах техногенно-порушених ландшафтів вуглешахтного регіону.

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.

Сучасне зростання комплексної техногенно-екологічної, економічної та соціальної небезпеки 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, ПНО 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 [11, 12, 52, 53, 69]:

– втрата енергопостачання – затоплення насосних установок шахт
– зупинка гірничодобувних робіт, некероване піднімання рівня води до денної поверхні – підтоплення (затоплення) ПНО (ОКІ);

– 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, провідно-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 та н..) 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 співставлена з чорнобильською і загрожує втратою цієї території для мешкання людей з обмеженими можливостями проведення будь-якої господарської діяльності (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Зіставлення змін екологічного стану геологічного середовища зон відчуження ЧАЕС і території впливу масового затоплення шахт Донбасу внаслідок військових дій

| № з/п | Різновиди екологічних впливів на НС | Рівень впливу на навколишнє середовище | |
|-------|---|--|---|
| | | Зона аварійного впливу ЧАЕС | Зона впливу масового затоплення шахт |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Ландшафтно-геохімічні | Аварійне радіо-геохімічне забруднення з наступним авто-реабілітаційним очищенням (до 90 % до 2035 р.) | Поліелементне геохімічне забруднення ґрунтів і донних відкладів з руйнуванням форм рельєфу |
| 2 | Літосферні – порушення рівноваги надр як верхньої зони ГС, так і підгрунття біосфери | Немає змін верхньої зони літосфери за межами н. - майданчика | Порушення рівноважного геомеханічного стану внаслідок просідань, зрушень та техногенного тріщиноутворення |
| 3 | Гідрологічні: критичні зміни режиму та якості стоку поверхневих водних об'єктів (поверхнева гідросфера) | Короткочасне радіонуклідне забруднення поверхневого шару водних мас із середньостроковим забрудненням донних відкладів (10–30 років) | Регіональне стійке забруднення поверхневого стоку через надходження шахтних вод, підробку русел і зростання розвантаження мінералізованих підземних вод глибоких горизонтів |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|---|--|
| 4 | Гідрогеологічні: підземні води (підземна гідросфера) | Слідові (на рівні регіонального фону) надходження радіонуклідів у ґрунтові та обмежено в напірні водні горизонти | Регіональне формування підземних вод підвищеної мінералізації внаслідок активної інфільтрації техногенних стоків, зокрема забруднення ландшафтів, зростання агресивності ґрунтових вод і ґрунтів |
| 5 | Газогеохімічні та приземний шар атмосфери в зоні життєдіяльності | Короткочасне аварійне забруднення приземної атмосфери радіонуклідами та аерозолями, короткочасне вітро-пилове під час с/г робіт | Насичення верхньої зони літосфери вибухонебезпечними газами в зоні впливу гірничих робіт, ризик формування потоків вибухонебезпечних газів із закриттям шахт |
| 6 | Інженерно-геологічний | Без змін інженерно-геологічних умов (фізико-механічних і водно-фізичних параметрів) породного масиву, за винятком н. - майданчика | Регіональне порушення рівноваги в системі “вода – мінеральний скелет порід”: - піднімання рівнів підземних вод; - зростання водонасичення породного масиву; - зниження міцності порід; - активізація небезпечних геологічних процесів (зсувів, карсту, підтоплення); - зростання агресивності ґрунтів і підземних вод |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------------------------|--|---|
| 7 | Інженерно-сейсмологічний | Немає, відносно стабільний стан, за винятком деформації порід в основі будівель на проммайданчику ЧАЕС унаслідок телесеісмічних процесів | Зниження сейсмічної (інженерно-сейсмологічної) стійкості породного масиву в зоні впливу гірничих робіт на 1–3 бали, формування зон локальних гідромеханічних напруг і гірничих ударів (землетрусів), підвищення ризику деформацій і руйнувань площинних та лінійних споруд (трубопроводи, залізниці тощо) |

Особливості формування еколого-геологічних параметрів Донбасу за умови активізації процесів затоплення вугледобувних шахт. Аналіз світового досвіду реструктуризації вугільної промисловості розвинутих країн ЄС (Англія, Німеччина, Франція та інші), свідчить, що процес виведення шахт із експлуатації пов'язаний з розвитком великого комплексу еколого-техногенних змін, перш за все, геологічного середовища (ГС), як головного «депо» техногенних порушень навколишнього природного середовища (НПС).

Зараз цей процес отримав назву пост-майнінгового стану (post mining) вугледобувних районів на технологічному, соціально-економічному та екологічному рівнях. Найбільш показовим в цьому плані є досвід Німеччини з формуванням екологічно збалансованого переходу до пост-майнінгового розвитку Рурського вугледобувного району, якій за своїми геолого-екологічними параметрами наближається до Донбасу (площа

індустріальної зони до 16 тис км², більше 150 шахт на початку реструктуризації, до 7 млн. населення).

Зараз у басейні Рура функціонує до 6 водовідливних та 3 дегазаційних шахт з утриманням рівнів мінералізованих вод вугленосної товщі на глибинах 250-320м за умови виключення висхідних перетоків у вищезалягаючі горизонти прісних підземних вод як джерела централізованого водопостачання. Дегазаційні шахти формують поле зі зниженням тиску метано-повітряної суміші до 0.5 атмосфери, що виключає загрозу накопичення вибухових концентрацій на поверхні в межах поселень та промислових комплексів.

Головним еколого-формуєчим комплексом пост-майнінгового періоду розвитку вугледобувного району є керування і оптимізація режиму затоплення просторово розподілених шахт і створення відповідних математичних і комп'ютерних моделей. Враховуючи вищенаведене, нами розглянуті параметри затоплення шахт Стахановської групи (3 шахти, 1996-2002 роки) та Центрального району Донбасу (20 шахт, 2018 рік), які відрізняються територіальним та регіональним масштабами процесів некерованого, обумовленого переважним впливом природних чинників, підвищення рівнів підземних вод [4, 27, 39, 52].

Крім того, в процесі експлуатації шахт та кар'єрів в межах верхньої зони літосфери:

- вилучаються великі обсяги порід з одночасним просіданням денної поверхні, уповільненням поверхневого стоку та підвищенням інфільтраційного живлення підземних вод;
- руйнуються регіональні водотриви і зростає активність взаємозв'язку поверхневих і підземних вод;
- формуються великі площі розкриття і дренажу гірничими виробками водоносних горизонтів з їх повним та частковим осушенням;

- розвивається техногенна тріщинуватість і збільшується проникність породного масиву з одночасним заглибленням зон активного та уповільнення водообміну (ЗАВ, ЗУВ);
- створюються складно побудовані регіональні депресії рівнів підземних вод, зумовлені взаємодією локальних депресій груп шахт і кар'єрів в межах гірничо-видобувних районів (ГВР) та нерівномірним викриттям водоносних горизонтів гірничими виробками.

В цілому вплив вищезазначених факторів призводить до суттєвої перебудови умов живлення, гідрогеофільтраційного руху та розвантаження підземних вод на період зняття шахти або кар'єра з експлуатації за умов їх повного або часткового автореабілітаційного затоплення.

Слід відмітити, що вплив кар'єрів на геологічне середовища є переважно гідрогеофільтраційним, обумовленим формуванням депресійної лійки у зоні впливу як безпосередньо водовідливу, так і дренажного комплексу (при його наявності). Вплив техногенного прояву прикар'єрних деформацій денної поверхні є суттєво меншим порівняно зі схемою шахтного розкриття та розробки родовища.

Провідним фактором змін еколого-гідрогеологічних та геодинамічних умов більшості розвинутих ГВР (Донбас, Кривбас, Карпатський та інші) в останнє десятиріччя є зняття з експлуатації нерентабельних шахт та кар'єрів, переважно, шляхом їх повного або часткового затоплення (так звана «мокра» консервація). Результати моніторингу геологічного середовища (ГС) в процесі зняття з експлуатації шахт та кар'єрів свідчать про формування в зоні впливу шахтного/кар'єрного водовідливу складної техногенної геофільтраційної системи (ТГФС), в межах якої переважають наступні процеси:

- затоплення гірничих виробок і прилеглого масиву порід з підйомом рівнів підземних вод і скороченням їх депресії;
- додаткове зрушення та просідання порід;

- зміна шляхів міграції вибухонебезпечних та токсичних газів (метан, радон та ін.), в тому числі у бік діючих шахт, тектонічних зон та понижень рельєфу;
- розосередження міграції мінералізованих вод глибоких горизонтів в межах шахтних полів з їх наступним надходженням у місцевий підземний і поверхневий стік.

Автореабілітаційний підйом рівнів підземних вод внаслідок дії регіонального механізму системи «вододіл – річкове русло» в загальному плані є головним фактором перебудови ТГФС «шахта, що затоплюється – геологічне середовище» в процесі закриття і затоплення шахт. В той же час, формування нового рівноважного стану і екологічних параметрів геологічного середовища (ГС) в процесі реструктуризації ГВР значною мірою залежить від розподілу глибин поверхні ґрунтових вод після завершення підйому рівнів глибоких водоносних горизонтів, які були здреновані шахтами. Як свідчить досвід і виконані аналітичні оцінки [88, 89, 91] швидкість відновлення природних (історичних) рівнів підземних вод в межах окремого шахтного або кар'єрного поля значною мірою залежить від дії наступних чинників:

- 1) ступеня гідравлічної та геофільтраційної ізольованості ТГФС окремої шахти (кар'єру);
- 2) активності дренаючого впливу річково-балочної мережі, розвинутої в межах шахтного (кар'єрного) поля;
- 3) активності техногенного інфільтраційного живлення ґрунтових вод, наявності ділянок підтоплення та верховодок.

Слід відмітити, що величина просідання денної поверхні в процесі видобутку вугілля з шарів (85-90% від загальної товщини відроблених шарів) також частково впливає на зменшення глибин рівнів ґрунтових вод та розвиток в межах шахтних полів ділянок техногенного затоплення і підтоплення, а також гідрогеомеханічних поштовхів [27, 90, 91].

Вищенаведений перелік граничних умов формування області фільтрації ТГФС «шахта, що затоплюється – ГС» дозволяє

виділити в загальному плані наступні 4 зони, які відрізняються режимом та екологічним впливом (рис. 2.1):

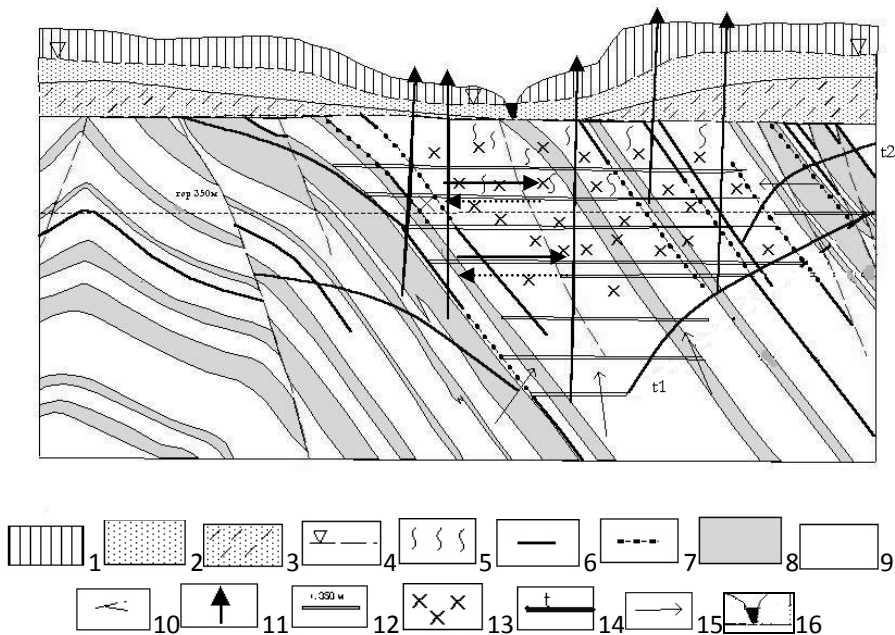


Рис. 2.1. Принципова схема гідрогеофільтраційного зонування потоку підземних вод при закритті шахт:

1 – зона низхідної ненасиченої фільтрації (зона аерації), 2 – зона розповсюдження ґрунтових вод, 3 – слабопроникні породи підшови ґрунтового водоносного горизонту, 4 – рівень ґрунтового водоносного горизонту, 5 – зона розвитку регіональної слабопроникної тріщинуватості у покривній частині вугленосних порід (область латеральної фільтрації), 6 – вугільні пласти, 7 – відроблені вугільні пласти, 8 – піщаники, 9 – алевроліти, 10 – тектонічні порушення, 11 – наземні шахтні споруди, 12 – підземні гірничі виробки, 13 – зони техногенної тріщинуватості, 14 – рівень підземних вод глибоких горизонтів при затопленні шахти на різні періоду часу (t), 15 – напрямки руху підземних вод при закритті шахт (радіальні та латеральні потоки), 16 – річкове русло.

1) зона радіального (висхідного) потоку підземних вод глибоких горизонтів з незначними природними запасами і практичною відсутністю впливу регіональних дрен (річкової мережі, тектонічних зон) на їх режим;

2) зона латерального потоку з підвищеними обсягами ресурсів та природних запасів вод, яка розвинута в покривній частині вугленосних порід, де має місце формування регіональної системи водопровідних тріщин вивітрювання та частково пов'язаних з тектонічними структурами; підземні води цієї зони знаходяться під гідродинамічним впливом природних (річкові долини, пониження рельєфу) та техногенних (шахти, водозабори) дрен, з якими пов'язані регіональний та місцевий латеральний водообмін [4, 52, 88];

3) зона регіонального розвитку ґрунтового водоносного горизонту, якій в техногенних умовах має розрив з горизонтом регіональної тріщинуватості; з ним пов'язане формування переважаючої частини ресурсів підземних вод і режиму їх рівнів та хімічного складу; в межах ГВР формується під комплексним впливом природних та техногенних факторів;

4) зона ненасиченої фільтрації (зона аерації), де в природних умовах переважає низхідний, а в ТГФС (при затопленні шахт) висхідний рух підземних вод.

Підйом рівнів горизонту латеральної тріщинуватості до підшови ґрунтового водоносного горизонту призводить до прискореного («поршневого») формування зони водонасичення і значного скорочення часу затоплення стволів і гірничих виробок шахт з одночасним підтопленням прилеглих територій (м. Краснодар, Стаханов, Донецьк та інших).

Завдяки комплексному впливу природних та техногенних чинників ГВР на фільтраційні та ємнісні параметри вугленосних порід ТГФС границя між геофільтраційними зонами є досить мінливою в просторово-часовому плані [4, 27, 52]. Головною особливістю цього процесу є трансформація регіонального потоку

зони в латеральний в верхньої частини вугленосної товщі, яка має підвищену проникність, і обумовлене цим зниження швидкості підйому рівнів. Крім того, в межах цієї зони частіше відбувається гідравлічна або геофільтраційна взаємодія з діючими шахтами, водозаборами та локальними дренами (річкові долини, яружно-балочні форми, джерела).

Автореабілітаційний режим підйому рівнів в процесі затоплення шахти від її максимальної глибини до зони регіональної проникності забезпечується завдяки значному перевищенню площі депресії над узагальненими розмірами («великим колодязем») гірничих виробок у плані. В зв'язку з цим структура графоаналітичних залежностей часового простеження підйому рівнів при затопленні шахт (Стахановська гірничо-міська агломерація), отриманих Є.П. Котелевцем [27] переважно відображає вплив гідродинамічного потенціалу депресійної лійки за межами узагальненого контуру гірничих виробок. З метою врахування впливу ведучих балансових параметрів гірничих робіт (площі перетину гірничих виробок $F_{w,t}$ та активної пористості або недоліку водонасичення μ) нами пропонується додаткове використання наступної залежності, яка враховує часові зміни впливу притоку $Q_{w,t}$ на швидкість підйому рівнів dS_t/dt :

$$Q_{w,t} \approx F_{w,t} \times \mu dS_t/dt \approx \frac{2\pi km S_t}{\ln R/r_w} \quad (2.1),$$

де: $Q_{w,t}$ – ін. прояви у шахту на момент часу t при зниженні рівня підземних вод S_t , м³/добу; $F_{w,t}$ – вільна площа перетину гірничих виробок та зони техногенної тріщинуватості порушених порід на відмітки горизонту, що відповідає S_t , м²; R – радіус депресії підземних вод, м; r_w – умовний радіус планового контуру гірничих виробок та зони очисних робіт (техногенного тріщиноутворення), м; kM – водопроникність вугленосних порід у природному або слабопорушеному стані, м²/добу; μ –

осереднене значення активної пористості (недолік водонасичення) вугленосних порід в зоні підйому рівнів підземних вод (у частках одиниці).

При спрощенні рівняння (2.1) шляхом розділу перемінних отримаємо залежність наступного вигляду:

$$-\int_{s_o}^{s_t} \mu F_{u,t} \frac{ds_t}{S_t} = \int_{t=0}^t \frac{2\pi km}{\ln R/r_{uu}} dt \quad (2.2)$$

Кінцеве рішення залежності (2) має наступну структуру:

$$\mu F_{u,t} \ln \frac{s_o}{s_t} = \frac{2\pi km}{\ln R/r_{uu}} t \quad (2.3)$$

При відносно витриманих значеннях $F_{u,t}$, km , R , μ та r_{uu} в інтервалах горизонтів очисних (видобувних) робіт та між ними рівняння (3) можна перетворити наступним чином:

$$\lg \frac{s_o}{s_t} = \frac{2\pi km}{\mu F_{u,t} \lg R/r_{uu}} t \quad (2.4)$$

Враховуючі відносну витриманість в межах горизонтів гірничих робіт ємнісних та фільтраційних параметрів доцільно їх зведення у комплексний параметр

$$A = \frac{2\pi km}{\mu F_{u,t} \lg R/r_{uu}} \quad (2.5)$$

Це дозволяє залежності (2.4) надати структуру, яка є зручною для її використання у вигляді графоаналітичної залежності:

$$\lg \frac{s_o}{s_t} = At \quad (2.6)$$

Далі наведені результати обробки даних режимних спостережень Є.П. Котелевця за підйомом рівнів при затопленні шахт «Брянківська», «Ілліча» та «Центральне Ірміно» за залежністю виду $S_{\tau}^* = f \lg(t)$, відомою як залежність часового

простеження підйому рівнів після зупинки відкачки (таблиця 2.2) та залежністю (2.6), що пропонується в якості індикаторної для оцінки часу t динаміки затоплення шахти.

При обробці режимних даних підйому рівнів підземних вод в процесі затоплення шахти за схемою графоаналітичної індикаторної залежності (2.6) $\lg \frac{S_0}{S_t} = f(t)$ визначається

комплексний параметр A , якій дорівнює тангенсу кута нахилу її кривої. За фізичним змістом даний параметр є генералізованим показником швидкості затоплення ТГФС шахти в умовах автореабілітаційного відновлення депресійної лійки та комплексного впливу km , μ та $F_{ш,t}$.

Порівняльний аналіз даних таблиці 2.1 свідчить про більшу чутливість індикаторної залежності (2.6) ніж традиційного часового простеження $S=f(lgt)$ до змін режиму підйому рівнів при затопленні шахт. Так, при аналізі графоаналітичної залежності вигляду $\lg \frac{S_0}{S_t} = f(t)$, спостерігаються наступні відмінності режиму затоплення шахт «Брянківська», «Ілліча» та «Центральне Ірміно», які суттєво впливають на швидкість та час повного затоплення:

- 1) відносно самостійний витриманий за режимом підйом рівнів на шахті «Ілліча»;
- 2) наявність 2 ділянок порушень режиму підйому рівнів по шахті «Брянківська» (1 – потенціальний перетік в суміжні шахти, 2 – досягнення зони регіональної проникності);
- 3) видовжений термін водонасичення глибоких горизонтів (до 2-х років) по шахті «Центральне Ірміно».

Таблиця 2.2

Дані режимних спостережень за підйомом рівнів підземних вод в гірничому просторі закритих шахт «Брянківська», «Ілліча» та «Центральне Ірміно» (Стахановська гірничо-міська агломерація)

| Дата заміру рівнів (місяць, рік) | Час від початку підйому рівня, т, діб | Величина залишкового зниження рівня в шахтах, St, м (So-початкове зниження рівня, м) | | | (So/St)/lg So/St | | | Величина підйому рівня S*, м | | | lg t |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|--------|-----------|------------------|-----------|-----------|------------------------------|--------|-----------|------|
| | | Брянк. | Ілліча | Ц. Ірміно | Брянк. | Ілліча | Ц. Ірміно | Брянк. | Ілліча | Ц. Ірміно | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 04.96 | 0 | 425=So | 730=So | 700=So | 1/0 | 1/0 | 1/0 | 0 | 0 | 0 | |
| 08.96 | 120 | 375 | 695 | 665 | 1,13/0,05 | 1,05/0,02 | 1,05/0,02 | 50 | 35 | 35 | 2,08 |
| 12.96 | 240 | 310 | 630 | 550 | 1,37/0,14 | 1,16/0,06 | 1,27/0,10 | 115 | 100 | 150 | 2,38 |
| 04.97 | 365 | 290 | 555 | 500 | 0,47/0,17 | 1,31/0,1 | 1,40/0,15 | 135 | 175 | 200 | 2,56 |
| 08.97 | 485 | 245 | 495 | 485 | 1,73/0,24 | 1,47/0,17 | 1,44/0,16 | 180 | 235 | 215 | 2,68 |
| 12.97 | 605 | 195 | 430 | 480 | 2,18/0,34 | 1,70/0,23 | 1,46/0,17 | 230 | 300 | 220 | 2,78 |
| 04.98 | 730 | 135 | 330 | 475 | 3,15/0,50 | 2,21/0,34 | 1,47/0,18 | 290 | 400 | 225 | 2,86 |
| 08.98 | 850 | 100 | 280 | 415 | 4,25/0,53 | 2,61/0,42 | 1,69/0,23 | 325 | 450 | 285 | 2,93 |
| 12.98 | 970 | 75 | 205 | 350 | 5,67/0,75 | 3,56/0,55 | 2,0/0,30 | 350 | 525 | 350 | 2,99 |
| 04.99 | 1095 | 60 | 165 | 300 | 7,08/0,85 | 4,42/0,64 | 2,33/0,37 | 365 | 565 | 400 | 3,04 |
| 08.99 | 1215 | 55 | 130 | 250 | 7,73/0,88 | 5,62/0,77 | 2,80/0,45 | 370 | 600 | 450 | 3,09 |
| 12.99 | 1335 | 50 | 105 | 200 | 8,50/0,93 | 6,95/0,84 | 3,50/0,54 | 375 | 625 | 500 | 3,13 |

продовження таблиці 2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|------|----|----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|-----|------|
| 04.00 | 1460 | 25 | 80 | 130 | 17,0/1,23 | 9,13/0,96 | 5,38/0,73 | 400 | 650 | 570 | 3,17 |
| 08.00 | 1580 | 25 | 65 | 85 | 17,0/1,23 | 11,2/1,04 | 8,24/0,92 | 400 | 665 | 615 | 3,20 |
| 12.00 | 1700 | 35 | 45 | 65 | 12,1/1,08 | 16,2/1,21 | 10,8/1,03 | 390 | 685 | 635 | 3,23 |
| 04.01 | 1825 | 25 | 30 | 50 | 17,0/1,23 | 24,3/1,38 | 14,0/1,15 | 400 | 700 | 650 | 3,26 |
| 08.01 | 1945 | 15 | 20 | 35 | 28,3/1,44 | 36,5/1,56 | 20,0/1,30 | 410 | 710 | 665 | 3,29 |
| 12.01 | 2065 | 10 | 15 | 25 | 42,5/1,63 | 48,7/1,69 | 28,0/1,45 | 415 | 715 | 675 | 3,32 |
| 04.02 | 2190 | 15 | 10 | 0 | 28,3/1,45 | 73,0/1,86 | 0 | 410 | 720 | 700 | 3,34 |
| 08.02 | 2310 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 425 | 730 | 700 | 3,36 |
| 12.02 | 2430 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

В цілому, обґрунтована нами індикаторна залежність за графоаналітичним виглядом $\lg S_0/S_t = At$, як свідчить досвід її використання, надає можливість вірогідного прогнозу часу затоплення шахти або кар'єру до значень менш 0,01 $S_0 (S_0/S_t > 100)$. Головним чином це пов'язано з тим, що розрахунки за графоаналітичною залежністю часового простеження підйому рівня $S_t^* = f(\lg t)$ базуються на припущенні постійного припливу води у шахту $Q_{ш}$, яке за свідченням залежності (2.6) є коректним приблизно для 10% загального часу підйому рівня t .

Співставлення тестових розрахунків фільтраційних і ємнісних параметрів за результатами обробки вищенаведених графоаналітичних залежностей надають можливість зробити висновок про доцільність їх сумісного використання для підвищення вірогідності прогнозів швидкості та часу затоплення шахт, особливо в умовах значної мінливості $Q_{ш,t}$.

Крім того, ділянки перегину (скачку) графіків $\lg \frac{S_0}{S_t} = f(t)$ доцільно використати для орієнтовної оцінки додаткових втрат або надходжень вод $\pm V$ у шахту, що затоплюється, на базі орієнтовної залежності

$$\pm V = Q_t \times t \quad (2.7),$$

де: Q – величина експлуатаційного шахтного притоку на глибині змін залежності $\lg \frac{S_0}{S_t} = f(t)$, $m^3/добу$; t – час відновлення рівня (скачку) підземних вод до попередніх значень, діб.

Виконані розрахунки геофільтраційних та балансових параметрів шахтних полів свідчать, що розроблений метод комплексного аналізу режимних даних простеження підйому рівнів підземних вод при затопленні шахт надає можливість більш чітко діагностувати вплив перетоків у суміжні шахти, зміни фільтраційного стану міжшахтних ціликів та перемичок. Необхідність удосконалення гідродинамічних методів обробки режимних даних при затопленні шахт, як складних ТГФС,

обумовлюється також зростанням їх кількості та формуванням ризиків надзвичайних ситуацій [4, 27, 52, 88, 90]. Нижче наведені результати використання вищезазначеної індикаторної залежності $\lg S_0/S_t=f(t)$ (табл. 2.3) для умов затоплення одного із флюсово-доломітових кар'єрів у Докучаєвському районі Донецької області (дані спостережень Кизиловой О. Т., 1996-2005).

Таблиця 2.3.

Дані режимних спостережень за підйомом рівнів підземних вод у кар'єрі Дальній (Донецька область, Докучаєвський район).

| Дата заміру рівнів (рік) | Час від початку підйому рівня t , діб | Величина залишкового зниження рівня S_t , м (S_0 - початкове зниження рівня) | S_0/S_t | $\lg S_0/S_t$ | Величина підйому рівня S_t , м | $\lg t$ |
|--------------------------|---|---|-----------|---------------|----------------------------------|---------|
| 1996 | 0 | 101,1= S_0 | 1,0 | 0 | 0 | - |
| 1997 | 365 | 86,1 | 1,17 | 0,07 | 15,0 | 2,56 |
| 1998 | 730 | 50,1 | 2,1 | 0,32 | 51,0 | 2,86 |
| 1999 | 1095 | 21,3 | 4,75 | 0,68 | 79,8 | 3,04 |
| 2000 | 1460 | 4,5 | 2,25 | 1,35 | 96,6 | 3,17 |
| 2001 | 1825 | 1,0 | 101,1 | 2,01 | 100,0 | 3,26 |

Аналіз просторово-часових змін рівнів підземних вод при затопленні шахт Центрального району Донбасу засвідчив про стійку тенденцію їх підйому, в т.ч. при затопленні ш. «Юнком» з камерою атомного вибуху (глибина 903м) та у шахтах прилеглих до Горлівського хімзаводу та хімічно отруєної шахти «Олександр-Захід». Виконана обробка даних динаміки підйому рівнів підземних вод у процесі активного затоплення 20 вугільних шахт Центрального району Донбасу дозволила встановити, що за період 2017-2018 р.р.(≈ 242 доби) величина підйому рівнів підземних вод варіювала в межах 13.0-261.0 м при змінах величини швидкості від 0.0 до 2.57 м/добу (табл. 2.4).

Таблиця 2.4.

Загальний підйом рівнів підземних вод при затопленні шахт Центрального району Донбасу
(за період 01.12.2017- 01.07.2018)

| Назва шахти | Абс. Висн. Поверхні | Почат. Рівень 01.11. 2017 | Дата заміру рівня затоплення гірничих виробок | | | | | | | | | | Величина та швидкість підйому рівнів за 11.2017-05.18 | |
|----------------------------|------------------------|------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|---------------|---|--|
| | | | 01.12. 2017 | 01.01. 2018 | 01.02. 2018 | 01.03. 2018 | 01.04. 2018 | 01.05. 2018 | 01.06. 2018 | 01.07. 2018 | dH, м | dV, м/добу | | |
| | | | Величина підйому рівнів води при затопленні шахт ЦРД, м | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| ім. Ізотова | +269,1 | - 131,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 13,0 | 0,05 | | |
| ім. Румянцева | +268,5 | - 697,0 | 2,0 | 7,0 | 13,0 | 30,0 | 47,0 | 82,0 | 108,0 | 119,0 | 119,0 | 0,49 | | |
| ім. Калініна | +282,7 | - 620,0 | 25,0 | 50,0 | 80,0 | 145,0 | 170,0 | 178,0 | 218,0 | 261,0 | 261,0 | 1,07 | | |
| Олександр- Захід | +302,5 | - 146,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,0 | 0,0. | | |
| Кондратівська | +279,8 | - 389,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25,0 | 52,0 | 58,0 | 58,0 | 0,23 | | |
| Угледорська | +274,6 | - 198,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 13,0 | 21,0 | 33,0 | 34,0 | 34,0 | 0,14 | | |
| № 3, 4 Олек- санрівська | +225,5 | - 189,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,0 | 6,0 | 18,0 | 25,0 | 26,0 | 26,0 | 0,10 | | |
| Булавінська | +245,6 | - 180,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 9,0 | 17,0 | 18,0 | 18,0 | 0,07 | | |
| Ольховатська | +258,0 | - 52,0 | 6,0 | 12,0 | 24,0 | 40,0 | 49,0 | 70,0 | 77,0 | 87,0 | 87,0 | | | |
| ім. Гагаріна | +192,0 | - 57,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 27,0 | 31,0 | 31,0 | 31,0 | 31,0 | 0,12 | | |

продовження таблиці 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|--------------------|---------|---------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Комсомолець | +208,0 | - 237,0 | 25,0 | 35,0 | 54,0 | 85,0 | 96,0 | 120,0 | 134,0 | 148,0 | 148,0 | 0,61 |
| ім. Леніна | +216,0 | - 224,0 | 12,0 | 30,0 | 45,0 | 72,0 | 83,0 | 107,0 | 121,0 | 135,0 | 135,0 | 0,55 |
| Кочегарка | +255,1 | - 224,0 | 12,0 | 30,0 | 45,0 | 72,0 | 83,0 | 107,0 | 136,0 | 135,0 | 135,0 | 0,55 |
| ім. Гасвого | +264,5 | - 589,0 | 6,0 | 15,0 | 45,0 | 72,0 | 116,0 | 128,0 | 136,0 | 183,0 | 183,0 | 0,75 |
| ім. К. Маркса | +225,9 | - 521,0 | 7,0 | 7,0 | 12,0 | 52,0 | 39,0 | 79,0 | 110,0 | 126,0 | 126,0 | 0,52 |
| Красний Профінтерн | +237,0 | - 529,0 | 18,0 | 24,0 | 43,0 | 103,0 | 125,0 | 134,0 | 165,0 | 216,0 | 216,0 | 0,89 |
| Красний Октябрь | +195,0 | - 283,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,0 | 39,0 | 35,0 | 35,0 | 0,14 |
| Юнком | +212,0 | - 735,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 130,0 | 157,0 | 157,0 | 2,57 |
| Полтавська | + 284,0 | + 33,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 4,0 | 11,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 0,05 |
| Єнакіївська | +283,5 | + 31,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 13,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 0,06 |
| № 2-біс (ругтна) | + 240 | - 211,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -19,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -19,0 | -19,0 | 0,0 |

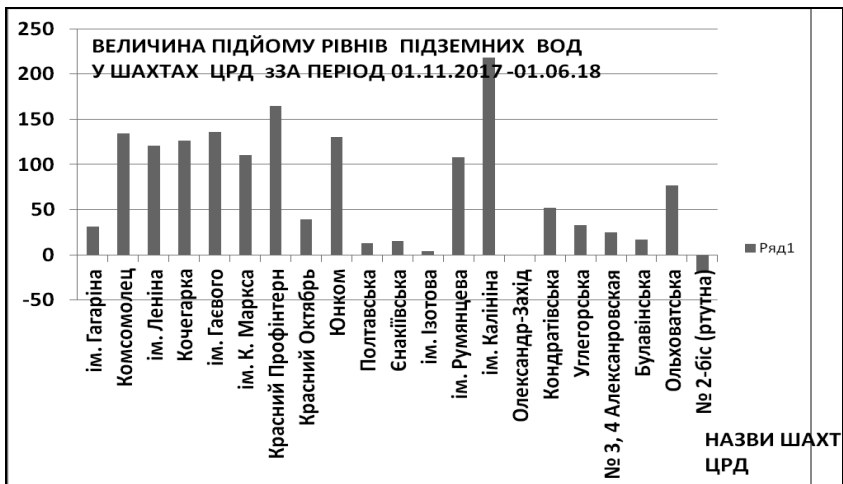


Рис.2.2.Динамика затоплення шахт Центрального району Донбасу за період 01.11.2017-01.06.2018рр. (м)

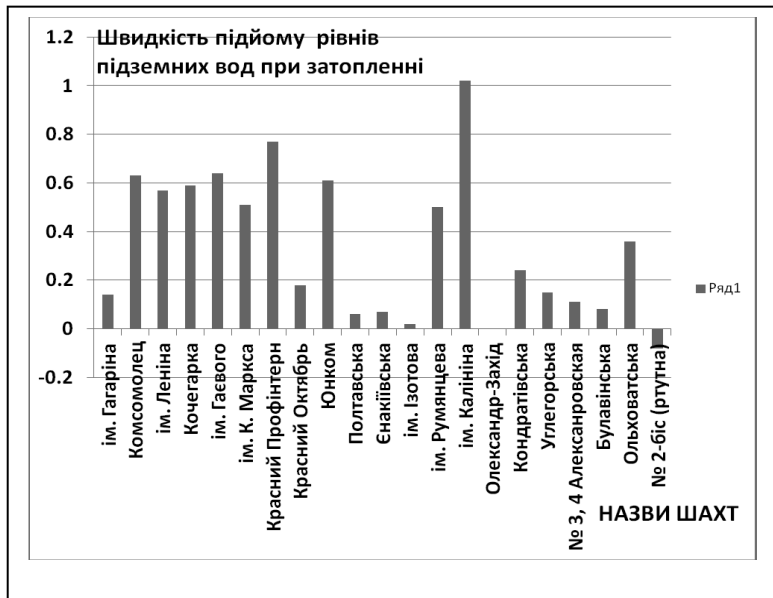


Рис.2.3.Швидкість затоплення шахт центрального району Донбасу (м/добу)

При цьому швидкість висхідного руху поверхні підземного потоку змінювалася від 0.2-1.0 м/добу на початку дослідного періоду до 0.03-1.70 м/добу наприкінці (табл.2.4, рис. 2.2, 2.3). Привертає увагу факт суттєвого збільшення швидкості підйому рівнів при затопленні ш. «Юнком» (127÷30м/місяць, травень-червень 2018р.), що скоріше усього пов'язано з підпорним впливом сусідніх практично затоплених шахт «Красний Октябрь» та «Полтавська», початкове перевищення водної поверхні в яких сягало 452 м та 770 м водного стовпа (4.5 та 7.7 Мпа відповідно) (додаток 6).

Аналіз гідрогеофільтраційного режиму підйому рівня у ключових (типових) шахтах «Юнком», «Калініна», «Профінтерна», «Гаєвого» та інших за аналітичною залежністю, що розроблена і апробована для умов Донбасу д.т.н. Є.О. Яковлєвим (додаток 7) вказує на відносну однорідність та стійкість режиму затоплення шахт Центрального району Донбасу (ЦРД), в т.ч. наближених до об'єктів підвищеної небезпеки (ш. «Юнком», Микитівського ртутного рудника, Горлівського хімзаводу, гірничих виробок ш. «Александр-Захід», забруднених високоокисичними сполуками, та інших).

Отримані дані дозволяють зробити наступні висновки щодо активізації небезпечних змін еколого-геологічного стану регіону Донбасу за умов прискореного збільшення некерованого прояву затоплення шахт :

- збільшення площ підтоплення у містах і селищах з небезпечними деформаціями житлових і промислових споруд, в тому числі внаслідок прояву техногенних землетрусів (гідрогеомеханічних поштовхів);
- зростання ризику додаткового забруднення поверхневих і підземних джерел питного водопостачання;
- розвиток нових шляхів міграції вибухонебезпечного метану та токсичних газів (двоокису вуглецю, радону та ін.), в т.ч. в межах житлової і промислової забудови;
- формування додаткових загроз катастрофічних притоків води у діючі шахти підконтрольної сторони внаслідок некерованих перетоків при затопленні шахт на непідконтрольній стороні

(«Торецьквугілля» у Донецькій області, «Первомайськвугілля», «Лисчанськвугілля» у Луганській області та інших);

- можливість руйнування трубопроводів, каналів та гідротехнічних споруд регіональної поверхневої системи питно-господарського водопостачання «Вода Донбасу» (забезпечення до 90% населення) внаслідок зниження міцності порід підгрунтя на ділянках підтоплення та перезволоження;
- скорочення площ ділянок та кількості ресурсів прісних підземних вод місцевого формування.

Вважаємо за необхідне звернути увагу, що вищезазначений небезпечний вплив затоплення шахт може суттєво активізуватися у періоди осінньої 2018 року та весінньої 2019 року повеней з одночасним збільшенням перетоку різноманітних техногенних і природних високо мінералізованих підземних вод та забруднень з невідконтрольній території.

З метою встановлення часу небезпечного збільшення перетоку забруднених вод з невідконтрольній території та можливого погіршення безпеки життєдіяльності уявляється необхідним:

1) термінове (2018-2019р.р.) виконання за участі ДЕІ Мінприроди, ІТГІП НАН України, УкрНДІ цивільного захисту ДСНС, ДНВП «Геоінформ» Держгеонадр поглибленого аналізу змін рівневого і гідрохімічного режиму підземних вод у зоні впливу затоплення шахт на невідконтрольній території з визначенням місць потенційного забруднення об'єктів питного водопостачання (свердловин, колодязів, джерел та інших) і ділянок для збільшення використання захищених від забруднення підземних горизонтів;

2) водно-екологічне обстеження (2018-2019р.р.) місцевих (резервних) джерел питно-господарського водопостачання в межах ділянок з підвищеним ризиком забруднення внаслідок затоплення шахт на невідконтрольних територіях (за аналогією з роботами 2016 р. за підтримки Центру гуманітарного діалогу ім. Анрі Дюнан, Швейцарія по обстеженню резервних джерел питного водопостачання);

3) розробка заходів по запобіганню надзвичайних ситуацій водно-екологічного походження внаслідок аварійного збільшення водоприпливів у діючі шахти та регіонального погіршення якості води у питно-господарських джерелах на підконтрольних територіях у Донецькій та Луганській областях;

4) обґрунтування пропозицій по розширенню інформаційної повноти екологічного моніторингу підземних і поверхневих водних об'єктів на основі обладнання спостережних свердловин, створення натурних і математичних моделей природно-техногенних геосистем «шахтний комплекс – довкілля», використання технологій ГІС та ДЗЗ – дистанційного зондування Землі (супутникова радіолокація осідань поверхні та витоків забруднених підземних вод).

Виконаний аналіз свідчить, що використання запропонованої методики дозволяє вже на початкових стадіях виявити зміни гідрогеофільтраційного режиму і часу затоплення шахт і кар'єрів та обґрунтувати за необхідності випереджаючі захисні заходи.

Крім того, встановлено, що значне осереднення гідрогеологічних параметрів у процесі гірничо-видобувних робіт дозволяє використовувати вищезазначені залежності при прогнозі часу затоплення шахт і кар'єрів методами гідрогеологічної аналогії.

Слід відзначити, що суттєвому підвищенню вірогідності оцінок гідрогеофільтраційних умов затоплення шахт і кар'єрів може сприяти використання даних ДЗЗ, які характеризуються широким комплексом оброблення та дешифрування зображень, серед яких для умов гірничодобувних районів з затопленням шахт та кар'єрів можна виділити наступні:

- прив'язка до змін рельєфу (топооснови);
- оцінка змін гідрографічної мережі;
- аналіз зміни умов на границях гідрогеологічних структур та в межах шахтних полів, у зонах техногенного живлення поверхневих і підземних вод, зв'язку тектонічних структур і гідрографічної мережі.

Поверхневі води. Виконані протягом 2014-2018 рр. дослідження Мінприроди України, ІТГП НАН України, УкрНДІ ЦЗ ДСНС, ДНВП «Геоінформ» Держгеонадр та ін. засвідчили, активізація затоплення шахт та наслідки впливу збройного конфлікту на водовідведення стічних вод вкрай негативно позначилася на якості поверхневих вод та режимі поверхневих водотоків. Загальний ресурс поверхневих вод Донбасу формується басейнами річок Дніпра, Сіверського Дінця та малих річок Приазов'я.

У природних умовах основне живлення річки Донбасу отримують за рахунок атмосферних опадів і, перш за все, за рахунок весіннього танення снігів, яке забезпечує 40-80 % їх стоку. Живлення з підземних вод є значним лише в межах Донецького кряжу, де за рахунок глибокого врізу долини річок дренують водоносні горизонти у кам'яновугільних і покривних відкладах.

Досить значну роль у живленні річкового стоку відіграють дренажні (шахтні) води [52]. Загальна кількість скидів цих вод у поверхневі водотоки за станом на 1995 р. складала біля 25 м³/с, а на сучасний період (за розрахунками авторів) – 24,2 м³/с або 87,0 тис.м³/год.

Слід зазначити, що промислові об'єкти, розташовані у Донбасі, на початку 2000-х років, скидали в річки близько 70 м³/с (252 м³/год.). При цьому для житлово-побутового і промислового використання з річок забирається відповідно біля 39 м³/с (140 м³/год.).

Визначення впливу вугледобувних підприємств на формування поверхневого стоку базувалося на зіставленні природних показників режиму річок в непорушеному стані з такими показниками в умовах техногенного впливу (табл. 2.5). Проте вирішення цього завдання було ускладнено такими обставинами:

Таблиця 2.5.

Масштаби вугледобувних робіт по основних річкових басейнах
Донбасу (станом на 2012-2013 рр.)

| Річкові басейни | | Площа впливу шахтних полів, тис. км ² | Обсяги скиду шахтних вод за 2012 р., тис. м ³ /год. | Видобуток вугілля за 2013 р., млн. т/рік | Всього шахт з водо-відливом: діючих/ закритих | Модуль скиду шахтних вод, м ³ /год. На км ² |
|-------------------------|----------|--|--|--|---|---|
| Річок Дніпро- Самара | | 1,59 | 14,70 | 18,17 | 31 / 4 | 0,8 |
| Річки Сіверський Донець | | 2,29 | 30,18 | 18,09 | 65 / 29 | 1,1 |
| Малих річок | Кальміус | 0,64 | 11,63 | 6,04 | 18 / 9 | 1,7 |
| | Міус | 1,50 | 30,46 | 9,67 | 69 / 18 | 1,8 |
| Загалом по Донбасу | | 6,02 | 86,97 | 51,96 | 183 / 61 | 1,3 |

- Розробка вугільних родовищ в Донбасі, яка супроводжувалася осушенням гірничого масиву і скидом дренажних вод у поверхневі водотоки, почалася понад 130 років тому. Водночас системне вивчення гідрологічного режиму річок Донбасу започатковано лише у другій половині 40-х років минулого сторіччя, тобто на той час техногенна складова вже існувала і жодних спроб виділити і оцінити її не було зроблено.
- Відсутні багаторічні системні дані щодо обсягів скидів шахтних вод у річки. Для річок Донбасу характерний надзвичайно великий діапазон значень витрат у різні періоди року. При такому діапазоні витрат питання зіставлення є досить складним, оскільки в період повені вплив скиду шахтних вод може бути незначним, а в меженний – визначальним. Тому для зіставлень

можуть бути використані лише середньо-багаторічні витрати річок, або витрати 50% забезпеченості.

Для річок Донбасу, особливо Приазов'я, характерний природний широкий діапазон вмісту розчинних солей. Мінералізація води в них змінюється від (0,2-0,3) г/дм³ в період водопілля до (3,5-5,0) г/дм³ в межень. При мінералізації шахтних вод переважно (2,0-4,0) г/дм³ їх скид у поверхневі водотоки може мати як негативний, так і позитивний ефект.

У Донбасі є велика кількість підприємств з водомісткими технологіями і значними обсягами скидів, що втричі перевищує обсяги скидів шахтних вод (з промислово-міських агломерацій скидається до 70 м³/с або 252 м³/год.).

Для забезпечення житлово-комунальних потреб з 1958 року каналом Сіверський Донець – Донбас подавалося до 35 м³/с води, а з початку вісімдесятих років минулого століття – до 45 м³/с води каналом Дніпро-Донбас. Після використання цієї води і незворотних технологічних втрат значна її кількість скидається у річки, цілком змінюючи витратну частину річкового стоку. На жаль, всі існуючі гідрологічні довідники не враховують цих обставин. В них наведені лише результати обробки багаторічних матеріалів без вилучення техногенної складової живлення.

Зазначені обставини дещо знижують достовірність проведених оцінок, проте навіть на тлі їх прояву у багатьох випадках вплив підприємств вугледобувного комплексу на формування поверхневого стоку є показовим.

Підземні води. В регіональному плані умови накопичення ресурсів і формування якості підземних вод Донбасу є складними і різноманітними. Специфіка гідрогеологічних умов різних зон Донецької і Луганської областей на сучасному етапі формування є результатом складної взаємодії геологічних (склад водоносних порід, їх розчинність та ін.), фізико-географічних (кількість опадів, розвиток річкової мережі, клімат та ін.) та, в останні десятиріччя техногенних (дренування шахтами, кар'єрами, водозаборами, інфільтрація техногенних забруднень та ін.) чинників.

В той же час слід відмітити окремі регіональні закономірності у розповсюдженні підземних вод, їх ресурсів та якості. Так в зонах неглибокого і відкритого залягання вугленосних порід («відкритий Донбас – центральна і східна частини Донецької та південно-західна частина Луганської областей») характерними є розвиток тріщинувато-пористих вод з достатньою промитістю водоносних порід до глибини 100-200 м. Північні регіони Донецької і Луганської областей мають гідрогеологічну структуру артезіанського басейну з поверховим розвитком водоносних горизонтів у пухких осадових породах. При цьому нижні горизонти (3-й, 4-й від поверхні) вміщують мінералізовані (солоні) води, які обумовлюють підвищений вміст солей у шахтних водах і їх забруднюючий вплив на річки, джерела, колодязі та перший від поверхні ґрунтовий водоносний горизонт.

Підземні води зустрічаються у всіх стратиграфічних комплексах порід. Дніпровський та Дніпровсько-Донецький (з Донецько-Донським) артезіанські басейни багаті на прісні підземні води, які формуються у мезо-кайнозойських відкладах. У Донецькій гідрогеологічній складчастій області запаси підземних вод приурочені до водоносних комплексів юрських, тріасових, нижньопермських і кам'яновугільних відкладів (табл. 2.6).

Головними природно-техногенними факторами формування ресурсів прісних підземних вод в межах басейнів підземних вод Донбасу та їх взаємодії з поверхневим стоком є специфіка структурно-тектонічної будови, розчленування рельєфу для зон активного водообміну з урахуванням водозбірних площ і границь геологічних структур для зон уповільненого водообміну та вплив шахтного водовідливу на формування депресійних лійок і скидів у річковий стік рр. Сіверського Донцю, Лугані, Кальміусу та ін..

Прогнозні ресурси підземних вод питної якості у Донецькій області дорівнюють 2,4 млн.м³/добу, в т.ч. розвіданих із затвердженням запасів 1,1 млн.м³/добу (115 ділянок); на сучасний період загальний підземний водовідбір сягає 0,34 млн.м³/добу або 14% від загальної кількості прогнозних ресурсів. Епізодичні

забруднення природними сполуками відмічалось у 2015 році на 34 водозаборах (збільшення сухого залишку, жорсткості, сульфатів, хлоридів, заліза, марганцю).

Таблиця 2.6.

Сукупні дані про вугледобувне навантаження по гідрогеологічних областях і басейнах (на 1.01.2014 р.)

| Гідрогеологічні області, артезіанські басейни (АБ) | Площа, км ² | | | |
|--|------------------------|---------------|-----------|---------------------|
| | регіону | шахтних полів | міст, смт | міст, смт на шахтах |
| Донецька складчаста область | 22 963 | 4 219 | 2272 | 963,9 |
| Дніпровський АБ | 8 743 | 649 | 114,9 | 14,3 |
| Дніпровсько-Донський АБ | 311 | - | - | - |
| Донецько-Донський АБ | 4 343 | 28 | 281,5 | 21,9 |
| Гідрогеологічна область УЩ | 3 931 | - | 48,5 | - |
| Причорноморський АБ | 789 | - | 12,2 | - |
| Всього | 41 080 | 4 896 | 2729 | 1 000,1 |

Луганська область відноситься до найбільш забезпечених прогнозними ресурсами прісних підземних вод (4,8 млн.м³/добу) та їх розвіданістю 98 ділянок із запасами 1,9 млн.м³/добу або 40%. Забруднення відмічалось у 2015р. на 12 водозаборах (сухий залишок, жорсткість, залізо, марганець, нітрати, феноли, амоній). Зменшення забруднення обумовлено більшою захищеністю внаслідок наявності регіональних водотривів (слабо проникних шарів). Як приклад оцінки вразливості підземних вод можна привести таку оцінку для Стаханівсько-Первомайській гірничо-міської агломерації (додаток 8).

В цілому більшість районів Донецької і Луганської областей мають значний резерв розвіданих і перспективних ділянок підземних вод питної якості, які доцільно підготувати для експлуатації як резервні або базові прояви на період порушення комплексом «ВД» внаслідок негативної дії:

- чинників бойових дій;
- витоків забруднених вод із численних шахт що затоплюються;
- можливих надходжень забруднень при повенях, підвищених опадах, не санкціонованих скидах у питно-господарські водосховища та інші поверхневі водні об'єкти у басейні р. Сіверський Донець.

Серед рекомендацій, підготовлених у 2017 році в рамках проекту ОБСЄ «Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України» є рекомендації на сьогодні, завтра і післязавтра [62] :

СЬОГОДНІ – це дії зі зниження рівня екологічних ризиків, реалізація яких необхідна в найближчому майбутньому:

- Регулярне уточнення і оновлення інвентаризації об'єктів промисловості і комунального господарства, які вже стали джерелами серйозної екологічної небезпеки або можуть ними стати в результаті бойових дій
- Ухвалення першочергових заходів для зниження ризику від найбільш великих промислових і комунальних джерел екологічної небезпеки, включаючи підтримку достатніх сил і засобів реагування на надзвичайні ситуації на небезпечних ділянках
- Реалізація політичних заходів для недопущення бойових дій в районах розташування джерел підвищеної екологічної небезпеки, міжнародного моніторингу ситуації, а також проведення стосовно джерел підвищеної небезпеки необхідних профілактичних заходів

ЗАВТРА – це дії з відновлення природоохоронної діяльності в регіоні, які повинні стати частиною державних завдань в середньостроковій перспективі:

- Відновлення та зміцнення організаційної та законодавчої основ природоохоронної діяльності в умовах конфлікту
- Відновлення, розширення і автоматизація екологічного моніторингу і екологічної звітності

- Відновлення та модернізація системи поводження з промисловими і комунальними відходами
- Модернізація використання та організація охорони поверхневих вод регіону на основі басейнового підходу, відновлення і модернізація системи водопостачання та водовідведення
- Забезпечення діяльності об'єктів природно-заповідного фонду з урахуванням необхідності відновлення їх ділянок, порушених військовими діями
- Відновлення порушених земель інших категорій, водних об'єктів, лісових насаджень і ползахисних смуг
- Ліквідація наслідків перерозподілу і погіршення якості шахтних вод, модернізація принципів і практики експлуатації, закриття та рекультивация шахт
- Прискорене впровадження в практику дислокованих на території регіону підрозділів Збройних сил України та Національної гвардії принципів і методів зниження впливу оборонної діяльності на довкілля
- Розширення інформаційно-просвітницької діяльності в галузі охорони довкілля в зоні конфлікту

ПІСЛЯЗАВТРА – це дії з «озеленення» Донбасу у віддаленому майбутньому:

- Створення комплексної концепції економічної перебудови Донбасу на основі принципів «зеленої» економіки та ефективної адаптації до кліматичних змін
- Широке обговорення концепції з органами центральної та регіональної влади, місцевого самоврядування, представниками промисловості, бізнесу та громадськості.

З цими рекомендаціями важко не погодитись. Ми бачимо, що перебудова Донбасу на основі принципів «зеленої» економіки з урахуванням затяжного характеру збройного конфлікту віднесена на «післязавтра». Без сумнівів, важливим діями, рекомендованими на «завтра» є відновлення і модернізація системи водопостачання, які, на нашу думку, має спиратися на наявні ресурси поверхневих і підземних вод.

Зважаючи на зростання за умов продовження конфлікту загрози збільшення територіальних руйнівних змін важливих для життя складових навколишнього середовища Донбасу (гідросфера, приземна атмосфера, геологічне середовище, біорізноманіття) насамперед внаслідок розвитку процесу некерованого (аварійного) затоплення шахт і ризику втрати природно-ресурсного потенціалу для його майбутнього екологічно збалансованого розвитку, вважаємо за потрібне рекомендувати:

1. Виконати комплексний екологічний аудит зони впливу військового конфлікту та прилеглих територій з визначенням переліку та стану природних ресурсів (земельних, водних, мінерально-сировинних, біотичних та ін.) як основи екологічно збалансованого розвитку регіону.
2. Розпочати комплекс науково-дослідних робіт з обґрунтування гранично-припустимих змін довкілля та техногенних навантажень за умов реструктуризації Донбасу.
3. Терміново організувати роботи, залучивши інститути НАН України, ДСНС та Міністерства екології та природних ресурсів, з відновлення екологічного моніторингу зони впливу військових дій та прилеглих територій із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), контактного моніторингу та математичного моделювання можливих сценаріїв розвитку ситуації на Донбасі.
4. Провести перемовини щодо унеможливлення воєнно-техногенного впливу на системи водовідливу та вентиляції шахт, щоб запобігти катастрофічним порушенням умов функціонування об'єктів критичної інфраструктури (систем енерго- та тепловодопостачання, залізниці, нафтогазопроводів, руйнівних деформацій і підтоплення житлових і промислових об'єктів денної поверхні тощо).
5. Розробити державну програму з розвитку систем підземного водопостачання на базі захищених від поверхневого забруднення ресурсів підземних вод.

2.2. Просторове моделювання в ГІС змін параметрів річкових басейнів у гірничодобувних регіонах на стадії пост-майнінгу

В науково-методичному плані фаза скорочення шахт та зміни еколого-геодинамічних параметрів рівноважного стану гірничодобувних районів, як вже відзначалось, отримала назву “пост-майнінгу (post mining)”. Гірничодобувні райони (ГДР) Донецького та Карпатського регіонів відрізняються найбільшим впливом на гідроекологічні параметри транскордонних річкових басейнів Сіверського Донця та Тиси внаслідок прискореного процесу затоплення шахт, підйому рівнів підземних вод та активізації небезпечних процесів осідань і зрушень донної поверхні, зсувних та карстово-провальних процесів [2, 6, 15, 94, 111]. Виконані дослідження показали, що стадія пост-майнінгу (СПМ) розвинутих (“старих”) ГДР має ряд загальних закономірностей переходу верхньої зони геологічного середовища (ГС), як головного “депо” техногенних порушень надр, у новий рівноважний стан. В цьому відношенні, солерудники Карпатського регіону (Стебницький Львівської області, Калуський Івано-Франківської області, Солотвинський Закарпатської області) в умовах авто-реабілітаційного затоплення шахт і кар’єрів формують прискорене руйнування гірничих виробок, породного масиву і донної поверхні з активним проявом основних параметрів СПМ.

В цих умовах отримані дані супутникової радіолокації поверхні Солотвинської гірничопромислової агломерації (2016 р., місяця ЄС) [111] надають можливість вперше в умовах України виконати просторове моделювання в ГІС змін гідроекологічних параметрів річкових басейнів за умови СПМ та прояву основних закономірностей переходу породного масиву у новий рівноважний стан.

Упродовж багатьох років Солотвинський рудник кам’яної солі, був унікальним родовищем, пов’язаним з сольовим штоком, що обумовило підвищену чутливість сольового масиву до вилучення соляних мас та порушення рівноваги природного поля

геомеханічних напружень. Його гірничі виробки комплексно використовувались, як для видобутку мінеральної сировини, так і для лікування хворих на бронхіальну астму, завдяки насиченості повітря лікувальними аерозолями солі та мікроелементами. Бальнеологічний потенціал лікувальних підземних камор Солотвинського родовища не має аналогів в світі.

За часи активної та тривалої експлуатації Солотвинського родовища в межах соляного штоку на площі до 3 км² були збудовані та припинили своє існування, внаслідок затоплення до 9 шахт. З 1809 по 1955 рік експлуатувалася шахта №7, що розташована у центральній частині куполу. Її затоплення під час повені 1966 р. (об'єм затоплених виробок складає 1,7 млн. м³) можна вважати початком процесу зниження гідрогеомеханічної стійкості верхньої зони Солотвинського соляного штоку внаслідок його геомеханічного розвантаження та зростаючого зволоження.

В межах полів затоплених шахт активно розвиваються просідання донної поверхні, які мають довгостроковий характер в умовах зростаючих деформацій та зволоження соляного тіла (додаток 9).

В результаті затоплення шахт № 8 та № 9 відбувається активізація деформаційного поля техногенно-порушеної частини соляного штоку у напрямках, відповідно, Солотвинської агломерації та зсувного схилу г. Магура, яка активно забудовується, що збільшує еколого-техногенні загрози безпеки життєдіяльності населення та об'єктам критичної інфраструктури.

Також потрібно зазначити, що деформаційне поле з розвитком карстово-провальних систем (на відміну від Донбасу) суттєво впливає на зміну екологічного стану річкового басейну річки Тиси, що є найбільшою річкою Закарпатської області. Через Тису по території області проходить і так званий транзитний стік, вона тече в межах не тільки України, а й Угорщини, Сербії, частково по кордону між Україною і Румунією та Угорщиною.

Використовуючи технології космічного моніторингу (інтерферометрії), польового магнітно-електричного обстеження та моделювання у ГІС, авторами було проведено аналіз просторово-

часової структури та балансу осідань донної поверхні і розраховано розвиток карстової воронки, що відбувається в режимі площинно-радіального розвитку пружно-пластичних та пластично-текучих деформацій центральної частини соляного штоку, що пов'язана з найбільшим карстовим провалом шахти №7.

Вхідними даними слугували результатами наземної радіолокаційної інтерферометрії для спостереження за змінами деформації земної поверхні (додаток 10), проведеної консультативною місією Євросоюзу в Україні у 2016 році [111].

За результатами моделювання, виявлено закономірну залежність, що має лінійний характер та демонструє стійкий зв'язок між вертикальною (осідання) та горизонтальною (площа інтервалу осідань) деформаціями донної поверхні поля шахти №7 (рис. 2.4) [94].

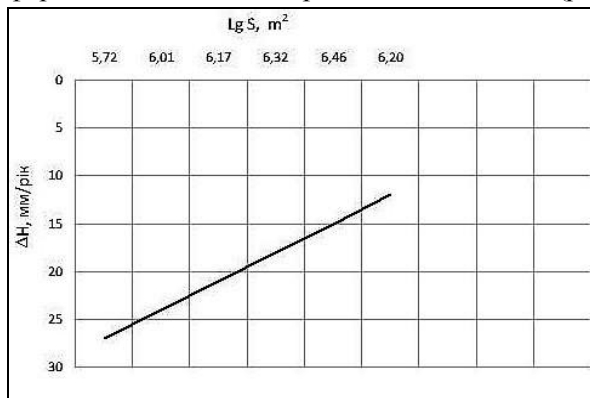


Рис. 2.4. Плоско-радіальний розвиток карстової деформації донної поверхні зони впливу поля шахти №7

Відповідно, збільшення глибини карстоутворення та пластифікації соляового масиву в контурі гірничих виробок шахти № 7, що наближена до селища Солотвино, призведе до збільшення небезпечних деформацій донної поверхні, та як наслідок, додаткового руйнування житлових та промислових будівель, інженерних мереж та суттєвого підсилення загрози безпеки життєдіяльності населення.

Виконаний кореляційний аналіз гірничо-геологічних характеристик транскордонних річкових басейнів Тиси та

Сіверського Донця засвідчив, що також значним впливом гірничодобувних робіт на морфодинаміку водозбору відрізняється басейн р. Сіверський Донець у Донбасі [2, 94].

Багаторічна гірничодобувна діяльність в Донбасі вкрай негативно позначилася на якості поверхневих вод та режимі стоку поверхневих водотоків. Річки української частини Донбасу належать до трьох річкових басейнів – Сіверського Донця, Дніпра та Азовського моря. У природних умовах основне живлення річки Донбасу отримують за рахунок атмосферних опадів і, перш за все, за рахунок весіннього танення снігів, яке забезпечує 40-80 % їх стоку. Живлення з підземних вод є значним лише в межах Донецького кряжу, де за рахунок глибокого врізу долини річок дренують водоносні горизонти у кам'яновугільних і покривних відкладах.

Тому досить значну роль у живленні річкового стоку відіграють дренажні (шахтні) води. Загальна кількість скидів цих вод у поверхневі водотоки за станом на 1995 р. складала біля 25 м³/с, а на сучасний період (за розрахунками авторів) – 15 м³/с або 550 млн. м³/год. При цьому для житлово-побутового і промислового використання з річок забирається за орієнтовними даними 2013 р. до 40 м³/с (140 тис. м³/год.).

Зараз у системі водного стоку річкових басейнів та місцевих басейнів підземних вод відбуваються комплексні зміни денної поверхні, що за умови обмежень збройного конфлікту на Сході України вимагає використання технологій ДЗЗ та ГІС, враховуючи зростання ековпливу розосередженого стоку забруднених вод із шахт, що затоплюються.

Визначення прогнозного впливу вугледобувних підприємств на формування поверхневого стоку, в першу чергу басейну р. Сіверський Донець, якій зараз є джерелом 90% питно-господарського водопостачання (ПГВ) для селищ та міст Донецької області та 60% Луганської областей., зараз ускладнено внаслідок зниження рівня регіонального водно-екологічного моніторингу.

Для виконання своєчасних ліквідаційних та захисних заходів в зонах впливу затоплених шахт ДП “Солотвинський солерудник” та вугільних шахт Донбасу, згідно з рекомендаціями Дослідних Місії Євросоюзу (2016, 2017 рр.) необхідно провести:

- удосконалення моніторингу природно-техногенної системи (ПТГС) на основі дистанційних даних, фізико-математичних моделей, геолого-геофізичного обстеження та впровадження програми з розробки експертизи з використанням матеріалів радіолокаційної інтерферометрії та магнітно-електричного обстеження (метод вимірів природних імпульсів електромагнітного поля Землі);
- розробку і впровадження першочергових захисних заходів;
- визначення гранично-припустимих змін геологічного середовища, як головного елемента безпеки природно-техногенних геосистем (ПТГС) “техногенний об’єкт – навколишнє середовище”;
- систематичну оцінку ризику безпеки життєдіяльності.

2.3. Ревізія доступних запасів корисних копалин, необхідних для промисловості

В сучасних умовах моніторинг стану мінерально-сировинної бази території Донбасу є ускладненим через недоступність прямого обліку значної кількості об’єктів. Через неможливість прямо фіксувати погашення та втрати корисних копалин, моніторинг може здійснюватись за допомогою дистанційних та непрямих методів, що дасть можливість хоча б загального обліку запасів корисних копалин та об’єктів, які продовжують експлуатацію.

За результатами опрацювання даних довідкових джерел ДНВП Геоінформ розраховані такі показники як частка сировинної бази окремих видів корисних копалин у загальних показниках МСБ регіону; частка залучених у промислове освоєння об’єктів; частка видобутку регіону у загальних показниках видобутку по Україні (таблиця 2.7).

Таблиця 2.7

Головні показники структури МСБ

| Назва адміністративних областей | Загальна кількість родовищ | Кількість родовищ, які експлуатуються | Частка по видам корисних копалин, % |
|---|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Донецька | | | |
| Всього родовищ | 689 | 291 | 42,24* |
| Корисні копалини паливно-енергетичного комплексу | | | 48,60 |
| Руди чорних і кольорових металів | 6 | | 0,87 |
| Гірничохімічні корисні копалини | 9 | 4 | 1,31 |
| Корисні копалини для виробництва будівельних матеріалів | 144 | 45 | 20,90 |
| Нерудні корисні копалини для металургії | 23 | 16 | 3,34 |
| Води питні та технічні, мінеральні та термальні | | | 24,98 |
| Води питні та технічні, мінеральні та термальні | 36 | 9 | 7,80 |

**позначені частка залучених у промислове освоєння об'єктів по областях*

За ступенем промислового освоєння наявних розвіданих запасів корисних копалин Донецький регіон належить до групи із масштабним залученням розвіданих запасів у розробку із показником більше 40%. За кількістю видів корисних копалин, які обліковуються (за розвіданими запасами) Донецька область належить до групи областей із значним різноманіттям корисних копалин (більше 30 видів). Крім наведених вище класифікацій для структури МСБ має велике значення чим забезпечуються показники кількості запасів та залучення в промислове освоєння родовищ. Донецька область включена до групи регіонів із

значною перевагою корисних копалини паливно-енергетичного комплексу та наявністю інших видів корисних копалин стратегічного значення.

Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ. Природна метаноносність вугленосних відкладів змінюється, в середньому, від 5 до 30 м³/т сухої беззольної маси.

Щорічно вугільні шахти Донбасу викидають в атмосферу великий обсяг метану, що призводить не тільки до втрат цінної корисної копалини, а й до погіршення стану навколишнього середовища.

Видобуток вугільного газу-метану в Україні вимагає проведення значних науково-дослідних робіт, впровадження ефективних технологій і технічних засобів для розвідки і видобутку газу-метану з вугільних родовищ [57]. Мабуть, в умовах згортання видобутку вугілля, треба перевести дегазацію вугільних пластів в самостійний вид діяльності з видобутку газу метану і оцінити її прибутковість.

Флюсова сировина. Родовища флюсових та доломітизованих вапняків для металургії розвідані в межах Донецької складчастої споруди, Українського щита та Кримської складчастої області. В південно-західній частині Донецької складчастої споруди, в зоні її зчленування з Приазовським мегаблоком Українського щита, зосереджено 41,7 % запасів флюсових вапняків і 16,2 % запасів доломітизованих вапняків [57]. Державним балансом запасів корисних копалин України враховані запаси 20 родовищ та 3-х об'єктів обліку флюсових вапняків, у т. ч. 19 родовищ вапняку звичайного (немагnezіального) і 4 комплексні – вапняку звичайного (немагnezіального) та доломітизованого (магnezіального). Родовища розташовані в Дніпропетровській, Донецькій, Одеській, Херсонській областях та в автономній республіці Крим. Найбільшими з них є Оленівське, Новотроїцьке, Каракубське, Родниківське (Донецька область) та Гасфортське в Криму. Розробляються на даний час 15 родовищ та 2 об'єкти обліку флюсових вапняків. Враховуючи вкрай гостру ситуацію, що

склалася в забезпеченні металургії України флюсовими вапняками, необхідно виконати комплексне техніко-економічне і екологічне зіставлення варіантів відпрацювання крупних родовищ південного Донбасу, що залягають на великих глибинах і на орних землях.

Літій. У зв'язку з приєднанням України до планів ЄС переходу на відновлювану енергетику і широкого використання літію для отримання і зберігання електроенергії, оцінка сировинної бази цього металу стає дуже актуальною. В останні десятиріччя на території України відкриті родовища літєвих руд, які пов'язані з рідкіснометальними пегматитами протерозойського віку [57]. В Західному Приазов'ї розвідані родовища Крута Балка і Шевченківське, в центральній частині УЩ виявлені і оцінені Полохівське петалітове родовище та Станкуватське, Новостанкуватське, Липнязьке і Надія – сподумен-петалітові рудопрояви. В рідкіснометальних пегматитах родовищ, крім літію, встановлені тантал, ніобій, рубідій, цезій, олово, берилій. Відомі також прояви літію в сподуменвміщуючих пегматитах Криворізько-Кременчуцької зони (Жовторіченська і Комендантська ділянки). Потенційним джерелом літію є гідротермальномінені граніти Пержанського рудного поля та грейзени Вербинського вісмут-молібденового прояву.

Державним балансом запасів корисних копалин України обліковуються два родовища: Шевченківське родовище сподуменових руд та Полохівське родовище петалітових руд, які не розробляються.

Германій. Германій важливий хімічний елемент, що використовується в сучасних технологіях. Як супутній корисний компонент, він присутній у вугіллі кам'яновугільних родовищ Донецького та Львівсько-Волинського басейнів, а також в лігнітах Закарпаття.

Погашення (списання) запасів германію здійснювалося через відпрацювання запасів кам'яного вугілля в Донецькому басейні. В Україні, починаючи з 1992 року, немає промислового вилучення германію на коксохімзаводах і теплових електростанціях, які

використовують коксівне і енергетичне вугілля, внаслідок застарілості обладнання, яке демонтоване [57].

Державним балансом запасів корисних копалин України обліковані 220 об'єктів з запасами германію в кам'яному вугіллі Донецького і Львівсько-Волинського басейнів по діючих шахтах і шахтах, що будуються та резервних ділянках для будівництва і реконструкції шахт, а також ділянках перспективних для розвідки, вільних ділянках поблизу діючих шахт, закритих шахтах.

Сланцевий газ. Раніше, внаслідок прогнозованих екологічних наслідків, нами не схвалювалися плани початку розробки сланцевого газу в Україні [20]. Проте його видобуток розглядається як альтернатива видобутку і використанню вугілля, яке характеризується значно більш масштабним негативним впливом на довкілля. Тому, в сучасних умовах, можливо, відношення до сланцевого газу слід змінити, попередньо ретельно оцінивши вплив його видобутку на запаси підземних вод питного водопостачання, залучити інвесторів з країн, що володіють відповідними технологіями, та почати видобуток сланцевого газу на Юзівській площі у Донбасі (м. Слов'янськ).

2.4. Організація моніторингу стану геологічного середовища

Організація системи моніторингу стану геологічного середовища (ГС) Донбасу після закінчення війни є необхідною умовою для проведення екологічної реабілітації його території. Спочатку треба провести оцінку динамічного розвитку факторів погіршення екологічного стану ГС внаслідок проведених бойових дій і стихійного масового затоплення шахт. Необхідним є виконання наступних заходів:

1. Створення «Центру моніторингових досліджень Донбасу», у складі якого головним має бути підрозділ, відповідальний за ведення і обслуговування постійно діючої моделі ГС Донбасу – системи екологічного моніторингу на базі географічної інформаційної системи (ГІС) як автоматизованої системи збору, зберігання і обробки інформації, що працює в режимі реального часу.

2. Відновлення (точніше створення нових) мереж спостережень за станом складових ГС, як основних постачальників інформації для постійно діючої моделі ГС Донбасу.

3. Розробка математичних гідрогеологічних моделей для підвищення вірогідності прогнозів підйому рівнів підземних вод та обґрунтування заходів з екологічної реабілітації територій і прогнозу надзвичайних екологічних ситуацій (НЕС).

4. Районування території за рівнем ризику НЕС природного і природно-техногенного походження та розробка й обґрунтування складу і послідовності першочергових захисних заходів для їх попередження і ліквідації.

5. Проведення комплексного соціально-еколого-техногенного обстеження зон впливу регіонального підйому рівнів підземних вод внаслідок стихійного закриття шахт, в тому числі з залученням технологій ДЗЗ, експресних газо-геохімічних і геофізичних зйомок та наступним виділенням ділянок небезпечних змін геологічного середовища (підтоплення, забруднення водозаборів питних вод, підвищення міграції вибухонебезпечних газів та ін.).

6. Створення басейнових і територіальних схем керування

рівнями підземних і поверхневих вод шляхом комплексного використання горизонтальних і вертикальних (в тому числі шахтних) дренажів, а також максимального відновлення дренажної здатності річково-басейнової мережі.

7. Обґрунтування першочергових та довгострокових заходів з реагування на переважаючі впливи змін екологічного стану територій Донбасу на структуру економіки, склад зайнятості місцевого населення, потенціал сталого розвитку.

8. Оцінка доступних запасів марок вугілля, необхідних для роботи промисловості відповідно до стратегії розвитку країни, запланованої структури промисловості й трансформацій в енергетичній сфері та гірничо-металургійному комплексі.

9. Використання нетрадиційних природних ресурсів місцевого походження з метою пом'якшення наслідків скорочення видобутку вугільної сировини та диверсифікації місцевої економіки з метою зниження залежності від вугільної галузі.

НАПРЯМИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Фундаментальне значення для розвитку мінерально-сировинного комплексу має теорія виснаження, основні положення якої вперше були сформовані Г. Хотеллінгом [101], і яка надає розуміння того, що на певному етапі мінеральна сировина закінчуються внаслідок фізичного й економічного виснаження запасів природних родовищ. Поступово це веде до занедбання в економіці країн цілих галузей виробництва, пов'язаних з МСК. Для України зараз актуальними є проблеми дефіциту вуглеводневої сировини і вугілля, скорочення експорту продуктів переробки залізних руд, величезних фінансових ресурсів потребує вирішення екологічних проблем у гірничодобувних регіонах. Використання природних ресурсів у державі з мінеральної сировини зміщується у бік земельних ресурсів, між якими існує певна залежність, оскільки частина вилучених із агропромислового виробництва ресурсів занята відходами гірничодобувної і переробної промисловості чи забруднена [19].

Проведені дослідження та узагальнення численних літературних даних дозволяє авторам зупинитись на окремих важливих аспектах подальшого розвитку Криворізького басейну, насамперед пов'язаних із планами і проблемами реформування енергетичної сфери України. Ключове значення у цьому контексті має рециклінг сировини і переробка відходів МСК. Наприклад, сталь переробляється на 100%, що означає, що її можна повторно переробляти в один і той же матеріал з такою ж якістю знову і знову. Розрахунки показують, що при її рециклінгу йде значна економія енергії та сировини (більше 1400 кг залізної руди, 740 кг коксівного вугілля та 120 кг вапняку зберігаються для кожної тони сталевого лому, перетвореного в нову сталь) [108]. Прогнозується, що світовий ринок металобрухту до 2020 року досягне 793 млн. т внаслідок зростання попиту на сталь та більш широкого використання електродугових печей у виробництві сталі.

3.1. Інновації у гірничо-металургійному комплексі

Особливо важливого значення проблема рециклінгу металеві сировини набула у Криворізькому басейні. Вона може вирішуватися двома шляхами: екстенсивним та інтенсивним. Перший пов'язаний з відомим і традиційно поширеним використанням металобрухту. З переходом країни на ринкові умови ведення бізнесу значна частка вітчизняного чорного і кольорового металобрухту експортується. Металургійний комплекс втратив монополію на використання відносно дешевої сировини у вигляді металевих брухту, а перерозподіл його між споживачами, що працюють в Україні і за її межами складається на користь останніх. Металургійні підприємства України вимушені знаходити інші шляхи для компенсації втрат необхідних обсягів, в першу чергу за рахунок використання інноваційних вітчизняних наукових розробок. Найбільш перспективними напрямками рециклінгу на підприємстві АрселорМіттал Кривий Ріг (АМКР), на думку авторів, є вилучення і використання металу з обмасленої прокатної окалини (ОПО), відходів переробки сталеплавильного шлаку та збагаченого мартенівського і конвертерного шлаку (ЗШ).

В даний час вказані залізовмісні відходи використовуються у виробництві залізорудного агломерату. Нераціональність даного підходу очевидна. Сталь ($Fe_{мет.}$) у даному випадку спочатку окисляють до стану вюститу (FeO), магнетиту (Fe_3O_4) і, в меншій мірі, гематиту (Fe_2O_3) в процесі спікання агломерату. При цьому витрачають дорогі енергоносії: природний газ і кокс. Після цього, вже у доменному процесі оксиди заліза знову відновлюють і насичують вуглецем при виробництві чавуну (Fe_3C), втрачаючи значні енергетичні, матеріальні і фінансові ресурси. Кінець кінцем чавун, вже у конвертерному виробництві, переплавляють у сталь ($Fe_{мет.}$), з якої і починався весь процес.

Ще більш нераціональним є матеріальний баланс даних процесів. Обмаслена прокатна окалина на 10-15% складається з нафтопродуктів. Для її агломерації додається ще й торф. Згорання

масляно-торф'яної суміші при виробництві агломерату є технологічно зайвою і, зрештою, шкідливою втратою обох енергоносіїв. У кінцевому результаті воно приводить до налипання продуктів неповного згорання нафтопродуктів на елементах конструкції ексаустерів (витяжних вентиляторів агломераційної фабрики) та виходу їх з ладу внаслідок дисбалансу. Це потребує додаткових витрати на ремонт ексаустерів і скорочення терміну їх служби або встановлення додаткового устаткування для забезпечення повного згорання вказаних енергоносіїв.

Аналогічно, зайвий, а часто і шкідливий матеріал потрапляє на агломерацію у складі ЗШ. Даний продукт містить лише 38-42% металу. Останнє – шлак. Вище було вказано на нераціональне використання енергоносіїв для технологічно непотрібного окислення сталі у агломераційному процесі. Додаткові втрати коксу АМКР несе ще й на спікання, а потів і виплавці у доменних печах шлаку, вміст якого у ЗШ сягає 60%. Він знову потрапляє у шлакові відвали, а звідти - до агломераційного виробництва.

Надмірна кількість силікатів і кварцу надходить до аглодоменного виробництва також у складі агломераційної руди, залізородного концентрату, відсіву агломерату, металургійних шламів тощо. Якісні показники даної залізородної сировини не відповідають актуальним вимогам і спричиняють надмірне шлакоутворення. Свого часу рециклінг металургійних відходів не був передбачений проектним рішенням у повній мірі. Передбачені та збудовані потужності (наприклад корпус зневоднення шламів) згодом зруйнували задля металолому. Крім того, сучасне обладнання провідних світових компаній не розраховане на відходи з надмірним вмістом заліза і тому теж не відповідає реаліям АМКР. Нераціональна і невиправдана циркуляція надмірних обсягів шлакоутворюючої мінеральної сировини у металургійному циклі комбінату приводить до перевитрат енергоносіїв, зниження якості кінцевої продукції та є важким тягарем для економіки підприємства.

Вказаних значних втрат можна уникнути, використавши наступні інноваційні рішення, метою яких є отримання з вторинної сировини максимально цінних продуктів, повна переробка відходів і комплексне використання всіх продуктів переробки.

Рециклінг обмасленої прокатної окалини. ОПО утворюється в прокатних станах металургійних комбінатів як результат динамічної і термічної обробки прокату з застосуванням водоемульсійної суміші. За хімічним складом її варто віднести до матеріалів з високою металургійною цінністю: вміст Fe в ній на 7-8% вище, а вміст SiO₂ в 2,5-3,0 рази нижче порівняно з вітчизняним концентратом. Але ОПО містить до 30% водомалярної частини, що ускладнює її транспортування і зберігання. Окалина важко дезінтегрується й погано змішується з іншими компонентами шихти агломераційних фабрик. Тому значна кількість окалини не використовується. Темпи утворення і накопичення ОПО на металургійних підприємствах України перевищують існуючі обсяги її рециклінгу. Так на Криворізькому меткомбінаті в різні роки вироблялось від 20 до 50 тис. т даної сировини. Наразі в акумулюючій ємності АМКР заскладовано до 700000 т обмасленої прокатної окалини. Існують і інші місця її довгострокового зберігання.

Пошук ефективних способів утилізації ОПО в умовах України має важливе технологічне, екологічне та економічне значення [49].

Досліджена ОПО Криворізького металургійного комбінату компанії АМКР. Вивчена окалина поточного виробництва з відстійників блюмінгу №2, а також складована для зневоднення та довгострокового зберігання у карті №4 ставка-відстійника №1.

ОПО поточного виробництва представляє собою двофазну багатокомпонентну в'язку систему оксидів і гідроксидів заліза в водно-малярній емульсії. Тверда фаза складається з вюститу, магнетиту, невеликої кількості мартиту, а також домішок металевого заліза, триміту, кристобаліту і кварцу. Частинки прокатної окалини деформовані, містять багато тріщин, пустот та інших дефектів (рис. 3.1). Масильні матеріали адсорбовані на поверхні і всередині

частинок. Розмір частинок твердої фази (рудної складової) - 100% гранулометричного класу менше 160 мкм.

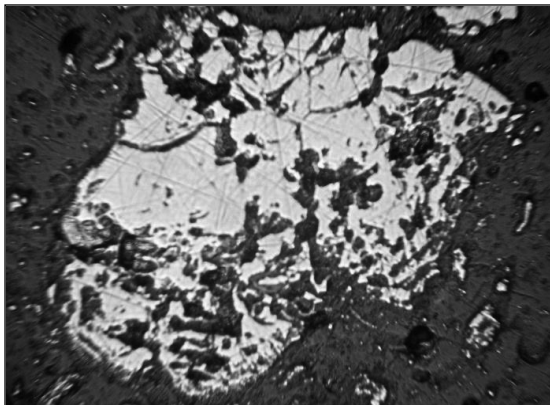


Рис. 3.1. Розтріскана пориста частка магнетиту зі складу ОПО. Відбите світло. Збільшення 180^x.

Склад ОПО поточного виробництва наступний (мас. %): масло - 5-20; вода - 5-15; оксиди Fe- 65-90; співвідношення FeO/Fe₂O₃ ~7:3 по масі. В значно меншій кількості (не більше 1,0-1,5 мас. %) у складі ОПО присутні оксиди кальцію, магнію, алюмінію і кремнію.

Заскладована ОПО досліджена у розрізі карти №4 ставка-відстійника АМКР. За даними меткомбінату, в карті заскладовано 98013,5 м³ або від 280 до 350 тис. т суміші ОПО і металургійних шламів. Для вивчення штучного покладу і відбору проб були пробурені кілька дослідних свердловин ручного буріння. Потужність шару окалини становила у середньому 7 м. З поверхні він перекритий шаром металургійних шламів з уламками шлаків, осадових вапняків, суглинків і глин, потужністю в 1 м (рис. 3). Нижче знаходиться перехідна зона потужністю 0,5-1,0 м, складена сумішшю ОПО і шламів, що поступово переходить у шар відносно чистої ОПО. Шлам бурий, буро-чорний у верхній частині пухкий сипучий, нижче пастоподібний обводнений. ОПО сажо-чорна, буро-чорна сильно обводнення масляниста текуча з характерним запахом нафтопродуктів.

Аналогічну верстувату будову мають відстійники і на інших меткомбінатах України. За результатами дослідного буріння на площі Авіловських відстійників Макіївського комбінату, ОПО укладена на водостійкий шар бентонітових глин, а перекривають ОПО, послідовно, шари доменних і мартенівських шламів та суглинків.

Хімічний склад шламу в інтервалі глибин 0-1,0 м наступний, %: Fe_{зар.} -47,35; CaO - 7,54; SiO₂ - 8,62; C - 5,00; масло – не виявлено; волога - 17,20. Хімічний склад ОПО наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Хімічний склад ОПО і продуктів її переробки, мас. %

| Елементи і сполуки | Проби | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Fe _{зар.} | 70,83 | 53,3 | 71,6 | 70,23 |
| FeO | 34,6 | 28,5 | 43,48 | 23,10 |
| Fe ₂ O ₃ | 68,79 | 44,57 | 54,02 | 74,73 |
| SiO ₂ | 0,39 | 6,96 | 0,43 | 0,31 |
| масло | 3,57 | 13,96 | 0,30 | 0,41 |
| молога | 10,0 | 20,22 | 0,01 | 0,01 |

Примітки: пр. 1- ОПО з накопичувача прокатного стану; 2- суміш шламу і ОПО, карта №4, дослідна свердловина, інтервал 1,2-3,4 м; пр. 3 – очищена окалина прокатного стану; 4 – очищена і збагачена окалина з карти № 4.

Сформований в карті поклад складається з суміші природних і техногенних мінералів, що входять до складу шламу і ОПО. Тому в різних ділянках карти і на різних глибинах загальний вміст заліза в суміші може змінюватися від 47 (шлам) до 70 (окалина) мас. %. Використання даного продукту в агломераційної шихті призводить до підвищеного зносу технологічного обладнання, екологічно небезпечно і економічно не вигідно.

Мінеральний склад твердої компоненти ОПО простий (табл. 3.2). У ній домінують вюстит і магнетит, що містять дрібні включення реліктового металевого заліза. У свою чергу їх виділення в більшій чи меншій мірі окислені до гематиту і магхеміту. Рідко спостерігається гетит і інші гідроксиди заліза.

Таблиця 3.2.

Мінеральний склад твердої компоненти ОПО

| Матеріал | Вміст, об'ємні % |
|------------------------------|---------------------|
| залізо металеве | 1 |
| вюстит | 23 |
| магнетит | 56,9 |
| гематит, магхеміт | 18 |
| кварц, тридіміт, кристобаліт | 0,4 |
| Гідроксиди заліза | 0,7 |

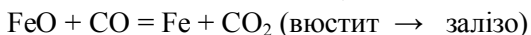
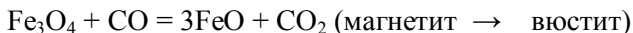
Дослідження складу і властивостей ОПО дозволили запропонувати інноваційну технологію її переробки методом безкисневої дистиляції [8]. У запропонованій технології використовується можливість термічної переробки ОПО з отриманням з неї високоякісного залізорудного концентрату із загальним вмістом Fe 70-72 мас. %, нафтопродуктів і технічної води. Продукти переробки екологічно безпечні. В якості сировини для їх виробництва може бути в повному обсязі використана як поточна, так і за складована ОПО. Принцип роботи установки оснований на нагріванні ОПО в безкисневій атмосфері до повного видалення води і масел теплом від спалювання горючих продуктів ОПО, що утворюються при її переробці. Для спалювання використовується нагріте атмосферне повітря, в якому розпилюється масло і газоподібні продукти переробки ОПО. Підігрів повітря здійснюється теплом зовнішньої поверхні технологічних апаратів установки.

Повне видалення води і масел в безкисневій атмосфері здійснюється послідовно: спочатку в пристрої зневоднення при температурі 105°C видаляється вода, а потім в пристрої знемаснення при температурі 360°C видаляються всі масла. При температурі близько 360°C від 3 до 5% заліза відновлюється з оксидного в металевий стан. При підвищенні температури до 800°C всі оксиди відновлюються до металевого заліза. Вода після видалення з ОПО повертається в зворотний цикл комбінату. Вся

парогазова фракція, що утворюється при безкисневій дистиляції ОПО, використовується як паливо. Топкові гази після очищення стандартною системою фільтрів надходять в атмосферу.

Частина масла при високій температурі без доступу кисню перетворюється в кокс. Утворення коксу призводить до цементації і зміцнення залізовмісного продукту, а відновлення оксидів - ще й до збільшення загального вмісту заліза в кінцевому продукті. Цей матеріал має необмежене використання в металургії, наприклад для виробництва залізородного агломерату або металізованих брикетів.

Склад виробленого продукту: оксиди заліза, залізо кричневе, вуглецевмісний продукт, волога. Легкі компоненти, що утворюються при піролізі і коксуванні масел, нейтралізуються в процесі відновлення оксидів (гематиту і магнетиту) до вюститу і металевого заліза за формулами:



Відновлення оксидів заліза до FeO і, частково, до Fe здійснюється шляхом окислення CO, що є відновником. Ніякими шкідливими виділеннями процес не супроводжується, так як надлишок в системі магнетиту і вюститу здатний прореагувати зі значно більшою кількістю CO, в порівнянні з тою, що утворюється при згоранні масел, а CO₂ є природним компонентом атмосфери.

Спосіб і установка для переробки ОПО захищені патентами і пропонуються до впровадження на підприємствах чорної металургії. Вони не використовують природний газ і інші енергоносії, а також воду; екологічно безпечні і економічні. Головна перевага інновації - рециклінг заліза і нафтопродуктів, що містяться в ОПО, без втрат залізородної сировини і енергоносіїв.

Лабораторні випробування очищення ОПО АМКР показали вихід дуже світлих фракцій масел, що значно відрізняються від топкового мазуту. Спалювання таких масел виробляє значно меншу кількість шкідливих викидів і вимагає менш складного газоочисного устаткування стандартного типу. Отримані світлі

фракції масел можуть розглядатися як альтернатива використанню природного газу в металургійному процесі.

Рециклінг шлаків чорної і кольорової металургії. Одним з напрямків підвищення конкурентоспроможності української економіки є повторне використання відходів чорної і кольорової металургії. Вони доступні для відпрацювання, метал, що міститься в них, може бути використаний у металургійному виробництві, а глибоко очищений від металів шлак має дуже хороші в'язучі властивості і придатний для виробництва сучасних конкурентоспроможних будівельних матеріалів.

Сутність технічного рішення. Інноваційна технологія безвідходної переробки техногенної сировини базується на досягненнях фізики твердого тіла і наномінералогії. Процеси реалізуються в вихровому повітряно-мінеральному потоці і супроводжуються глибокої трансформацією морфології і властивостей мінеральних часток сировини, що переробляється.

Ланцюг апаратів розробленої установки включає ряд стандартних вузлів: транспортери, рукавний фільтр, каскад грохотів, живильники, бункери-накопичувачі. Додатково спроектовані (конструктор Ю.Д. Чугунов) і встановлені: роторний млин, повітряний циклон, комплект пилеосаджувальних камер, магнітні і гравітаційні сепаратори. Окремі апарати установки зібрані в єдиний ланцюг. Завантаження шлаку і повітря здійснюється через приймальний пристрій. Для вивантаження передбачені кілька випускних вузлів, по одному для кожного продукту.

Установка працює в такий спосіб. Вихідний металургійний шлак через захисний грохот подається на подрібнення в роторний млин. У робочій камері роторного млина матеріал подрібнюється до розкриття корольків металу, які направляються в приймальний бункер для металу. Утворений в результаті дроблення і подрібнення шлаку пил (розмір часточок менше 0,010 мм) збирається в рукавному фільтрі. Матеріал розміром 0,1-0,010 мм сепарується на магнітних і гравітаційних повітряних сепараторах

для отримання дрібних частинок металу, концентрату рудних мінералів і очищеного від металу і рудних мінералів шлаку, що складається з силікатів, карбонатів і скла. Продуктами переробки металургійних шлаків є: 1) чистий метал, 2) оксиди металів (для шлаків чорної металургії), 3) сульфід металів (для шлаків кольорової металургії), 4) очищений і подрібнений шлак.

У процесі переробки досягається ефект селективного саморуйнування шлаку, видалення шару електростатичних зарядів з поверхні частинок і глибока спрямована трансформація зерен металу і рудних мінералів. Це підвищує ефективність сепарації полімінеральної суміші. Саморуйнування досягається в результаті зіткнення шматочків шматків вихідного матеріалу між собою, а також з ротором і бронею млина у вихровому режимі руху, що створюється обертовим ротором.

Дрібні (<0,005 мм) частинки утворюються в процесі дроблення і подрібнення шлаку. Кожна з них має електростатичний (кулонівський) заряд «+» або «-». Заряджений пил утримується електростатичними силами на поверхні більших зерен матеріалу. Формується оболонка, яка істотно знижує градієнт фізичних властивостей зерен різного складу і перешкоджає поділу металевих, рудних і не рудних часточок між собою.

Конструкція установки дозволяє відокремити дрібні заряджені частинки від більших мінеральних і металевих зерен. Суміш очищених від пилу матеріалів направляється на магнітну і гравітаційну сепарацію. Пил з високими поверхнево активними властивостями збирається в окремий продукт [35, 85, 86].

У складі подрібненого металургійного шлаку метал, оксиди і сульфід металів, нерудні мінерали мають різну форму. Вона може наближатися до кулі (ізометрична форма) або бути схожою на голку, пластину, дошку і т.д. Зустрічаються скелетні кристали і складно влаштовані дендрити. Це ускладнює поділ рудних і не рудних мінералів, призводить до забруднення концентратів порожньою породою і втратою металів у відходах.

В результаті мінералого-технологічних досліджень різних за складом руд і промислових відходів розроблена концепція глибокої спрямованої зміни морфології мінеральних часток в вихровому повітряному потоці [33, 34, 87, 103]. Це дозволило перетворити зерна складної морфології в ізометричні частки, близькі за зовнішнім виглядом до куль. При цьому відмінності за магнітною сприйнятливістю, питомою вагою та іншими фізичними властивостями металів, рудних мінералів і порожньої породи підвищилася. В результаті ефективність процесу сепарації зростає.

Обладнання для рециклінгу відходів виготовляється у мобільному модульному варіанті. Продуктивність дослідно-промислового модулю становить до 5 т/год, промислового близько 20 т/год, залежно від типу шлаку. Загальна продуктивність фабрики визначається кількістю модулів і може становити до 10 млн. тон сировини в рік і більше (додаток 11).

Приклади використання технології. *Шлаки від виробництва чавуну і сталі* після багаторазової переробки і вилучення великих і середніх шматків металу (скрапу), включають дрібні виділення металу (0-5 мм), а також вюстит, магнетит і інші оксиди заліза. Ці компоненти перешкоджають подальшому використанню шлаку у якості будівельного матеріалу. Крім того в ньому ще залишається досить високий загальний вміст заліза (загалом вище 20%), в різній мінеральній формі, яке необхідно повернути в металургійний процес.

Наведена вище технологія і устаткування були використані для переробки сталеплавильного шлаку комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг». В результаті переробки металургійних відходів вироблені три продукту: 1) металевий, 2) залізорудний концентрат із загальним вмістом заліза 67-68%, 3) сухий пил для виробництва будівельних матеріалів (додаток 12).

Традиційна практика переробки мартенівського і конверторного цеху передбачає виробництво з них шлаку збагаченого (ШЗ). ШЗ має розмір часток від 0 до 20 см і містить до 40% заліза у вигляді металевих корольків і більше 60% шлаку. Він використовується в

шихті агломераційних фабрик АМКР для виробництва залізорудного агломерату.

Недоліками використання ШЗ у виробництві агломерату і чавуну є:

1. Високий зміст в ньому шкідливих домішок P, SiO₂ і Al₂O₃.
2. Перевитрата коксу спочатку за рахунок окислення металевого заліза при спіканні агломерату, а потім повторного відновлення його в доменному процесі.
3. Малі обсяги використання при значних резервах виробництва.

Криворізьким відділом ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України» розроблена інноваційна технологія й устаткування для переробки ШЗ. Вона забезпечує виробництво металу безпосередньо з ШЗ, без виготовлення залізорудного агломерату і використання доменного процесу. Відходи переробки направляються у виробництво цементу, бетону та інших будівельних матеріалів (рис. 3.2).

Обсяги переробки ШЗ за пропонованою технологією не обмежені. Це призведе до різкого зростання попиту на ШЗ і збільшення обсягів його виробництва підрядними організаціями, підніме ефективність рециклінгу металургійних відходів в цілому. Використання інновації дозволить АМКР наростити пряме використання залишків металу, що міститься у складі шлаку, мінаючи агломераційний і доменний процеси.

Шлаки ферромарганцевого виробництва містить металеве залізо, феромарганець, оксиди заліза і марганцю, силікати, карбонати, скло та інші компоненти. В результаті їх переробки вироблено чотири продукти: 1) легована марганцем сталь, 2) концентрат феромарганцю, 3) силікатний пісок, 4) карбонат-силікатний пил. У другому продукті міститься не більше 5% металевого титану. Оксиди титану та заліза, шлак, скло, солі та ін. - понад 95%. Гранулометрія продукту: 0-2,0 мм. У ньому переважають скоринки, порожнисті зерна, землясті і зернисті агрегати неправильної форми. У кожному зерні присутні кілька мінеральних фаз.

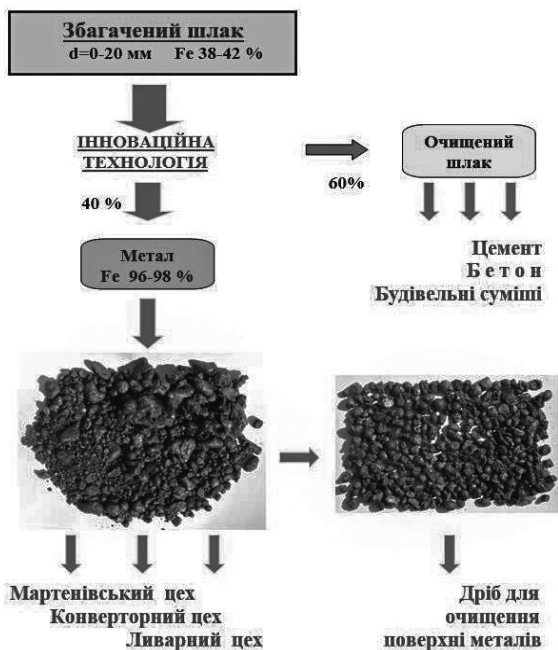


Рис. 3.2. Принципова схема переробки збагаченого шлаку і напрямки використання її продуктів.

Переробка шлаку від виплавки бронзи і латуні з брухту кольорових металів показала, що вони мають близький склад і технологічні властивості і можуть перероблятися по черзі, в різних режимах, але на одному і тому ж обладнанні.

Продукт подрібнення в роторному млині, що має розмір частинок + 0,1 мм проходить кілька циклів просівання, додаткового подрібнення, магнітної і гравітаційної сепарації і очищення. При цьому з надрешітного продукту накопичується очищений від шлаку метал, а підрешітний продукт подрібнюється і розділяється на наступному грохоті. Очищений від металу шлак різних гранулометричних класів об'єднується в один продукт. В

результаті рециклінгу шлаку виготовляються три товарних продукти:

1. Очищений від металів і сплавів шлак.
2. Метало-оксидний продукт (вихід 8-10%; вміст міді 60-70%, в середньому 65%; вилучення металу 46,9%).
3. Металевий продукт (вихід 5-6%; вміст міді 96-98%; вилучення металу 42,8%).

Золошлаки сміттєспалювальних заводів є новим типом промислових відходів в Україні. Але вони як і в інших країнах мають тенденцію до збільшення обсягів накопичення. Відомо, що після спалювання 1 т сміття утворюється 200 кг золошлаків. З точки зору вмісту цінних металів, відходи від спалювання сміття мають значні перспективи рециклінгу за умови збереження екології промислових регіонів.

Золошлаки сміттєспалювальних заводів являють собою суміш різноманітних металів (Pb, Cu, Zn, Ag, Au, Mo, Sb, Fe та ін.) і мінералів у вигляді шматків від декількох десятків сантиметрів до кількох мікрон. З них частково вилучають цінні метали, але значна частина токсичних металів все ж залишається у складі відходів. Тому золошлаки не використовуються у будівництві і головно направляється на переробку до спеціалізованих підприємств або захоронюються з високим рівнем захисних заходів

Обидва варіанти призводять до істотного подорожчання процесу спалювання сміття. Запропонована технологія і устаткування дозволяють переробляти даний матеріал на місці його утворення. За межі сміттєспалювального заводу вивозяться лише метали і очищений золошлак для утилізації на металургійних підприємствах і заводах, що виробляють будівельні матеріали. Продукти переробки представлені в таблиці 3.3, з якої видно, що золошлаки є джерелом цінних металів: заліза, алюмінію, свинцю, міді та інших. Додаткова обробка очищених золошлаків сміттєспалювального заводу дозволяє виділяти в окремий продукт також легкі хімічні елементи (Mo, Sb та ін.) для яких існують

значні обмеження по вмісту в сировині для промислового використання [97].

Таблиця 3.3.

Результати комплексної переробки золошлаків
сміттєспалювального заводу

| Продукти | Вихід продуктів, кг/т |
|--|-----------------------|
| 1. Алюміній (95-98 % Al) | 20,0 |
| 2. Мідь, бронза, латунь (95-98 % металів) | 5,0 |
| 3. Металеве залізо | 13,0 |
| 4. Магнетитовий концентрат (65-67 % Fe) | 32,0 |
| 5. Скло, кераміка, кварцовий пісок (крупність 0,1-1,0 мм) | 410,0 |
| 6. Пілоподібний вапняково-силікатний продукт (крупність 0-0,1 мм) | 520,0 |
| Разом | 1000,0 |

Використання відходів шахтного видобутку залізної руди у Криворізькому басейні. Криворізький басейн є лідером за запасами і обсягами видобутку агломераційної руди в Україні. Значні масштаби виробництва залізорудної сировини супроводжуються попутної видобутком пустих порід проходки та нарізки підземних виробок. На підприємствах підземного видобутку найбільша частка їх направляється на рекультивацію (засипку) відпрацьованих кар'єрів та зон обвалення шахт. На території гірничих відводів шахт, де немає відпрацьованих кар'єрів та зон обрушення, вміщуючі породи зберігаються на складах пустих порід. З метою зменшення об'ємів розміщення пустих порід проводяться пошуки шляхів (методів) щодо можливості комплексної промислової переробки, повторного використання і утилізації пустих порід, утворених від видобутку залізної руди.

Досвід гірничодобувних підприємств України, Канади, Швеції, Індії та інших країн свідчить, що видобуток залізних руд завжди супроводжується накопиченням пустих скальних порід. Як правило, в них міститься значна домішка руд заліза, кольорових

металів, рідкоземельних елементів та інших корисних компонентів. Принципи поводження з відходами шахт розроблені на міжнародному, національних та регіональних рівнях. Вони передбачають забезпечення консультативної допомоги та поширення передового досвіду в галузі управління шахтних відходів [114]. Для того, щоб гірничодобувна діяльність стала більш прийнятною для довкілля, важливо вести видобуток корисних копалин в манері, яка є більш екологічно чистою, економічно доцільною і соціально спрямованою. Обсяг твердих відходів видобутку і переробки мінеральної сировини, є однією з основних проблем забруднення в гірничодобувній промисловості. У Кривому Розі стає все важче знайти місце для розташування цих величезних обсягів. Тому способи раціонального використання пустих порід, утворених при видобутку залізної руди повинні бути знайдені і мають бути різноманітними, як у інших гірничих регіонах світу [100,110].

Накопичені пусті породи є дорогими в управлінні, з ними пов'язані екологічні ризики, технологічні та соціальні проблеми. В Україні і за кордоном використовуються наступні напрямки повторного використання пустих порід, що накопичуються при видобутку залізних руд [13,15-18]:

- а) додаткове вилучення мінералів заліза і руд;
- б) рекультивация кар'єрів і зон обрушення;
- в) закладка відпрацьованих камер;
- в) створення ландшафтного дизайну;
- г) використання у дорожньому будівництві;
- є) виробництво цементу і бетону.

Шляхи використання пустих порід, утворених при видобутку залізних руд залежать від їх якості. Найбільш багаті залізом відходи повторно використовуються для виплавки чавуну і сталі. Пусті породи у більшості країн використовують для рекультивации кар'єрів і зон обрушення шахт.

На підприємствах Криворізького залізорудного басейну способи використання пустих порід менш різноманітні. Найбільша

частка їх направляється на рекультивацію (засипку) відпрацьованих кар'єрів та зон обвалення шахт.

За даними петрографічних досліджень пустих порід ш. «Октябрська», матеріал складається з наступних різновидів гірських порід і, частково, руд (табл. 3.4).

Таблиця 3.4.

Петрографічний склад пустих порід ш. Октябрська

| Породи | Вміст, % |
|---|----------|
| кварцити мартит-силікатні PR _{1SX} ^{4f} | 23 |
| кварцити мартитові PR _{1SX} ^{5f-6f} | 12 |
| джеспіліти (кварцити тонкошаруваті) PR _{1SX} ^{5f} | 14 |
| кварцити дисперсногематитові червоно шаруваті | 11 |
| руда мартитова PR _{1SX} ^{5f-6f} | 4 |
| магнетитові кварцити PR _{1SX} ^{1f-2f} | 2 |
| сланці серицит-хлоритові PR _{1SX} ^{5s} | 10 |
| тальк-карбонатні породи | 2 |
| аркозові пісковики | 3 |
| філіти | 2 |
| амфіболіти | 8 |
| граніти | 9 |
| сума | 100 |

Проаналізовані різні варіанти комплексної переробки і використання даного матеріалу. Розглянута можливість використання без переробки, з переробкою за межами шахт та на їх території.

А. Використання без переробки пустих порід.

Нижче наведено аналіз можливостей, напрямків і методів утилізації без суттєвої переробки пустих порід шахтного видобутку у Криворізькому басейні.

1. *Додаткове вилучення мінералів заліза і руд.* В даний час додаткове вилучення мінералів заліза і руд метод сухої магнітної

сепарації (СМС) використовується тільки на ш. «Родіна» ПАТ «Кривбасзалізрудком». Метод СМС розрахований на переробку сирої руди з невеликим вмістом заліза (46-56%). Вміст заліза в пустих породах попутного видобутку значно менший (32-40%). Тобто для широкого використання даний метод є непридатним. Розглядається застосування методу сухої магнітної сепарації тільки для рудної маси з вмістом заліза 46-56%, пусті породи при цьому не застосовуються.

2. *Рекультивація кар'єрів і зон обрушення.* Місцем рекультивації пустих порід можуть бути зони обвалення шахт, що знаходяться в межах міста Кривого Рогу. В місцях, де відпрацьовані кар'єри відсутні, пусті породи, утворені при видобутку руди розміщуються на складах пустих порід. Варіанти доставки пустих порід до місць рекультивації обмежені. Доставка гірничої маси потужним технологічним автомобільним транспортом через міські автомобільні дороги з асфальтним покриттям загального призначення обмежені вимогами безпеки дорожнього руху. Будівництво технологічних доріг, в свою чергу, потребує значних капіталовкладень та часу.

Комбіноване перевезення пустих порід автомобілями, завантаження у залізничні вагони, розвантаження в автомобілі, розгрузка в зоні рекультивації складне у технологічному плані, потребує створення додаткових завантажувально-розвантажувальних площадок, механізмів, і надзвичайно дорогої у використанні.

3. *Закладка відпрацьованих камер* широко використовується при підземному видобутку залізних руд. На поверхні готується закладочна суміш. Потім її транспортують вниз де відбувається заповнення вільних відпрацьованих виробок. Наразі близько 55% запасів відпрацьовуються за допомогою підповерхового обвалення та 45% підповерхової камерної системи розробки з відбійкою руди глибокими свердловинами. Висота поверху що відпрацьовується становить 75м.

Видобуток руди з закладкою відпрацьованих камер є більш прогресивної системою, але значні глибини ведення гірничих робіт

перешкоджають її використання. Одна з проблем – транспортування закладочної суміші з поверхні на глибини, більші ніж 1200 м. Процес технологічно складний і економічно затратний, незважаючи на екологічні та соціальні переваги. Крім того, у якості закладочного матеріалу не використовується залізорудна сировина (мартитова та дисперсногематит-мартитова руда, залізісті кварцити), а також тальк-вмісні сланці, що входять до складу пустих порід і загалом складають більше 50% їх вмісту. Тому використання пустих порід у якості закладки відпрацьованого простору не має значного поширення у Криворізькому басейні.

4. *Ландшафтний дизайн* – мистецтво і практичні дії з озеленення, благоустрою, організації садово-паркових насаджень, газонів, гірок, застосуванню малих архітектурних форм у зеленому будівництві. Головне завдання ландшафтного дизайну – створення гармонії, краси в поєднанні з вигодами використання інфраструктури будівель, згладжування конфліктності між урбанізаційними формами і природою [72, 102]. За його допомогою оформлюють території навколо будівель, захищають клумби, декорують дефекти в саду, відсипають доріжки тощо.

Пусті породи від видобутку залізної руди мають задовільні декоративні властивості. Вони використовуються у Кривому Розі при благоустрої житлових масивів, площ, Ботанічного саду НАН України, тощо. Червоно шаруваті кварцити, «тигрове око» та багато інших різновидів природного каменю, що відноситься до пустих порід, утворених при видобутку залізних руд, у Кривому Розі використовуються у декоративно-прикладному мистецтві.

Виготовлення ювелірних виробів і поробок з пустих порід, що мають задовільні декоративні властивості могло б частково вирішити проблему використання пустих порід, та мало б соціальне спрямування. Все ж створення ландшафтного дизайну та використання у декоративно-прикладному мистецтві не може споживати пусті породи шахтного видобутку у значних обсягах. Транспортування їх в інші регіони вимагає значних

капіталовкладень, тому даний напрямок практично обмежений малими обсягами споживання пустих порід.

5. Використання пустих порід у дорожньому будівництві можливо лише для плагіоклазових гранітів, аркозових пісковиків і амфіболітів, загальний вміст яких у складі пустих порід не перевищує 20%. Їх можливо використовувати лише частково для відсіпки доріг другорядного значення, деяких промислових майданчиків у промисловому будівництві, зведенні дамб хвостосховищ.

6. Виробництво цементу і бетону з пустих порід криворізької серії широкомасштабно випробувано за часів Радянського Союзу. Визначені також фактори, що його обмежують. Масштабному (як тоді планувалось) використанню дешевого бетону завадила лещадність порід, що виникли за рахунок перетворень шаруватих первинно осадових порід в умовах регіонального метаморфізму. Після подрібнення вони утворюють сплюснені уламки. Використання такого щебеню приводить до значного перерозходу цементу і економічно невігідно у будівництві.

Від даного напрямку використання пустих порід, утворених під час видобутку залізної руди, будівельники відмовились раніше, недоцільно його реанімувати і в нових ринкових умовах. Раціональне виробництво бетону з пустих порід шахтного видобутку можливо за умови забезпечення кубоподібної форми щебеню та попереднього вилучення і роздільного використання залізорудної складової пустих порід - мартитових руд, мартитових, мартит-силікатних дисперсногематитових та магнетитових кварцитів, загалом 66%. В такому разі виробництво різноманітних бетонів (важких, легких, декоративних, теплоізолюваних тощо) може бути високорентабельним та високопродуктивним (масштабним). Тобто для виробництва будівельних матеріалів пусті породи шахтного видобутку без попередньої переробки не придатні.

Б. Використання з переробкою пустих порід.

Існують два варіанти переробки пустих порід підземного видобутку залізних руд з метою подальшого використання: за межами шахт та на їх території.

Додаткове вилучення мінералів заліза і руд відомими методами вимагає транспортування пустих порід на один з гірничозбагачувальних комбінатів м. Кривий Ріг, та подальшого складування і збереження відходів збагачення. Крім того, ГЗК збагачують лише магнетитові кварцити, частка яких у складі пустих порід підземного видобутку не перевищує 2-3%. Переробку і збагачення пустих порід з загальним вмістом заліза 32-40 %, пов'язаного з окисленими кварцитами, теоретично, міг би виконати КГЗКОР, але проектна даний час не реалізовано. Таким чином переробку і утилізацію пустих порід за межами шахт відомими методами здійснити неможливо.

Можливості переробки і комплексного використання пустих порід на місці їх утворення. Гематитові кварцити, схожі за хімічним і мінеральним складом з пустими породами шахт, збагачувались свого часу у Жовтих Водах (хвостосховище «Балка Т»). Відходи закритої нині ш. ім. Валявка збагачувались тов. «Підряд». Продукти збагачення: гематитовий концентрат 62-64% заліза і хвости, що знову повертались до хвостосховища або відвалу для подальшого зберігання. Дані варіанти переробки пустих порід могли б забезпечити часткове скорочення обсягів накопичення пустих порід (орієнтовно, на 20 %). Але вони потребують додаткового розходу води та організації і багаторічного обслуговування хвостосховищ і відвалів для зберігання вологих відходів в межах міста Кривий Ріг.

Використання інноваційних розробок і методів. Для розширення сфери використання пустих порід підземного видобутку розглядаються й інші сучасні методи переробки мінеральної сировини. До них відноситься запропонована авторами технологія магнітно-гравітаційного збагачення у вихровому повітряно-мінеральному потоці. Для апробації даної

розробки створено діючу лабораторну установку. Випробування її проводилися в різні роки шляхом збагачення руд чорних (Fe, Mn, Cr,) кольорових (Cu, Zn, Pb), благородних (Au, Ag) і рідкоземельних (титан-цирконієві розсипи Малишевського родовища, Україна) металів, а також техногенних руд (відходи від видобутку агломераційних залізних руд кар'єрів «Південний» ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та «Механобр» заводу ім. Ілліча, шлаки чорної і кольорової металургії, хвосты збагачення руд золота, заліза, марганцю) і інших корисних копалин. Також виконані експерименти по сепарації хвостів попереднього збагачення бідних залізних руд. В результаті проведених випробувань отримані концентрати, що як правило, перевершували за якістю продукти збагачення тих же руд традиційними технологіями. Додатково з вихідної сировини вилучена значна кількість раніше втрачених мінералів заліза. Інші сухі продукти сепарації виявились придатними для виробництва широкого спектру будівельних матеріалів. Спосіб збагачення, пристрій і окремі його вузли захищені патентами, обговорені на вітчизняних і зарубіжних конференціях та опубліковані у науково-технічній літературі [20, 32, 86, 87, 103].

Сепарацію проводили, використовуючи контрастність фізичних властивостей породо-, і рудоутворюючих мінералів, таких як твердість і міцність, щільність, крихкість або пластичність, магнітна сприйнятливність, геометричні характеристики частинок і ін. Висока ефективність переробки комбінованим гравітаційно-магнітним методом забезпечується особливим способом підготовки вихідної сировини в роторно-відцентровому млині, при якому відбувається високоселективне руйнування зростків, а також одночасна зміна форми рудних частинок і ефективна сепарація матеріалу в повітряному вихровому потоці для широкого спектру гранулометричних класів частинок.

Встановлено, що за мінеральним, петрографічним складом і технологічними властивостями проби пустих порід поділяються на дві групи: а) породи нарізки видобутку шахти з високим вмістом

мінералів заліза; б) породи проходки відділу капітального будівництва, з високим вмістом кварцу і різноманітних силікатів.

Вказані групи порід підіймаються на поверхню роздільно (по черзі, одна за одною) та змішуються на складі пустих порід. У заскладованому матеріалі близько 80% становлять породи групи а) і біля 20% - групи б).

Для визначення оптимальних технологічних параметрів збагачення виконано серію лабораторних випробувань. У різних режимах роботи збагачувального модуля встановлено оптимальне співвідношення ступеню подрібнення вихідної породи (клас крупності, мм), індукції магнітного поля (Тл) і швидкості повітряного потоку (м/с) для виділення в загальний концентрат гетиту, гематиту і магнетиту. На рис. 3.3 наведена принципова схема збагачення і комплексної переробки залізовмісних пустих порід шахтного видобутку (різних за складом залізистих кварцитів, мартит-силікатних сланців і залізних руд).

Силікатні пусті породи (граніти, аркози, філіти, амфіболіти і тальк-карбонатні сланці), що надходять від проходки гірничих виробок, можуть перероблятися за наступною принциповою технологічною схемою (рис. 3.4).

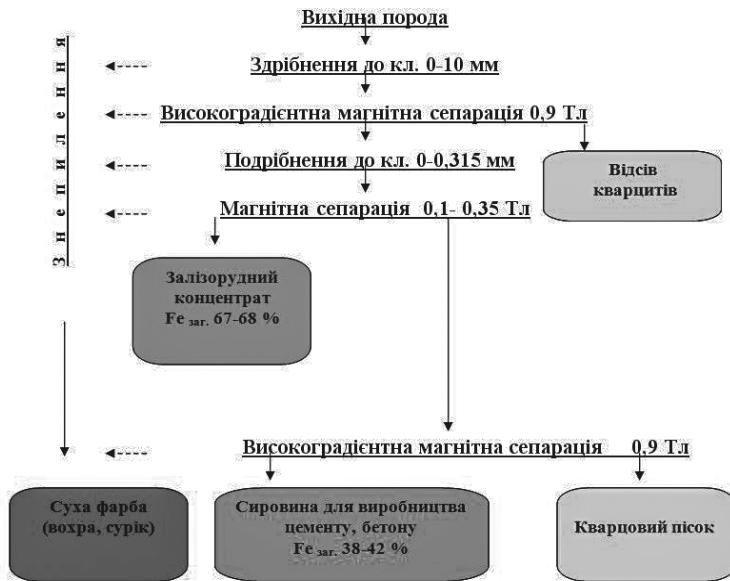


Рис. 3.3. Принципова технологічна схема комплексної переробки залізовмісних порід нарізки шахтного видобутку в Кривбасі



Рис. 3.4. Принципова технологічна схема переробки силікатних порід проходки підземних виробок Кривбасу (гранітів, аркоз, філітів, амфіболітів, силікатних і тальк-карбонатних сланців) у вихровому повітряно-мінеральному потоці

Зважаючи на значне перевищення вмісту різноманітних залізистих кварцитів і руд, встановлена можливість спільної переробки вказаних порід, без розподілу їх на петрографічні різновиди. Попередня двостадійна сепарація пустих порід класу 0-40 мм у магнітному полі 0,9 Тл і 0,4-0,6 Тл дозволяє виділити кінцеві товарні продукти: кубовидний щебінь, відсів силікатних порід та агломераційну руду. Наступне подрібнення і магнітна сепарація отриманого матеріалу у класі 0-0,315 мм забезпечить виробництво залізородного концентрату, кварцового піску, сировини для будівельної промисловості. Гравітаційна сепарація у повітряному вихровому потоці забезпечить знепилення продуктів на всіх етапах подрібнення і сепарації та утворення тонкодисперсного продукту для виробництва сухих фарб, цементу тощо (рис. 3.5).

Рециклінг в об'єднаному потоці вміщуючих порід більш економічний. В даному разі можливий незначний перерозподіл продуктів переробки за їх виходом. Вихід залізородного концентрату навіть збільшиться за рахунок вилучення оксидів заліза з талькових та силікатних сланців, амфіболітів, та магнетитових кварцитів, що іноді потрапляють до порід проходки відділу капітального будівництва.

Продукти переробки можуть використовуватись для внутрішніх технологічних та господарських потреб, а також для реалізації на сторону (продаж). Рекомендована технологія забезпечує комплексну переробку 100% пустих порід поточного видобутку і розміщених на рудних дворах шахт Кривбасу, без утворення нових відходів. Таким чином, шахти отримають місця для розташування обладнання і складів для накопичення і відправки продуктів переробки пустих порід.

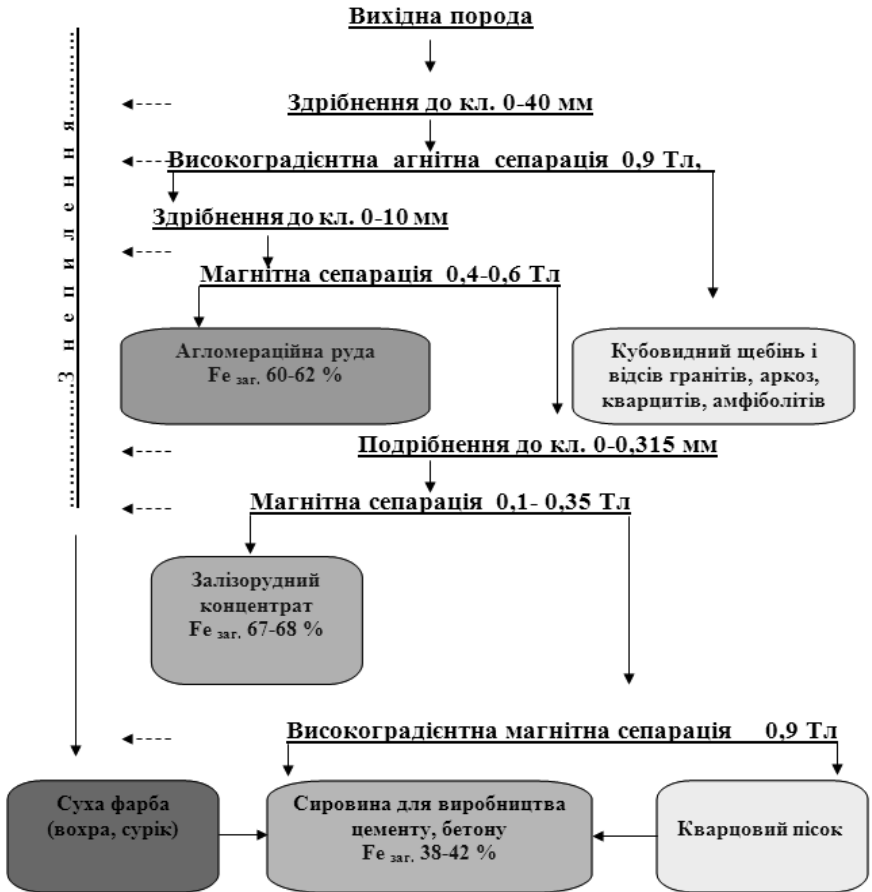


Рис. 3.5. Принципова схема спільної промислової переробки порід нарізки (переважно гематитових кварцитів і некондиційних руд) та проходки (граніти, сланці тощо) підземних виробок Криворізького басейну.

Характеристика продуктів переробки пустих порід ш. Октябрська в лабораторних умовах наведена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

Продукти переробки вміщуючих порід ш. Октябрська

| Продукт | Вихід, % | Масовий вміст Fe, % |
|--|----------|---------------------|
| Залізовмісні породи нарізки | | |
| залізорудний концентрат | 30-40 | 67-68 |
| щєбінь, відсів, пісок | 25-32 | 5-10 |
| сировина для виготовлення цементу і бетону | 18-24 | 38-42 |
| суха краска (вохра, сурик) | 13-18 | 15-30 |
| сума | 100 | |
| Силікатні породи проходки | | |
| щєбінь, відсів | 20 | |
| пісок | 20 | |
| сировина для виробництва цементу і бетону | 60 | |
| сума | 100 | |

Роль вологи. Волога пустих порід, підготовлених до збагачення і переробки за розглянутою технологією не повинна перевищувати 6-8 %. У такому стані сировина задовільно сепарується і розділяється на окремі продукти. Даним умовам відповідають видобуті пусті породи, що зберігаються на поверхні. Окремі операції, з яких розпочинається переробка сировини можливо виконувати і при вищій вологості матеріалу. Це стосується подрібнення та попередньої магнітної сепарації у класі мінус 40 мм. Дана частина технологічного циклу може виконуватись в умовах підвищеної вологості, тобто у підземних гірничих виробках. Обладнання може бути встановлено на вибраних горизонтах з метою первинної переробки пустих порід та виробництва з них кубоподібного щєбеню, відсіву і піску. З метою закладки відпрацьованих камер до них необхідно додати лише цемент, воду і приготувати суміш для закладки безпосередньо на місці виконання робіт.

Роль лугів, хлору, сірки та фосфору. Як показали виконані експерименти, шкідливі хімічні елементи при переробці пустих порід шахтного видобутку концентруються у пилоподібних продуктах, що використовуються для виробництва цементу, бетонів та інших будівельних матеріалів, а також сухих фарб. В даних матеріалах мінерали вказаних хімічних елементів є корисною добавкою, що підвищує їх споживчі властивості. Залізорудний концентрат та агломераційна руда, навпаки, очищаються від шкідливих домішок з підвищенням якості і, відповідно, ціни реалізації.

В результаті проведених випробувань і технологічних експериментів підтверджена можливість ефективної і високорентабельної промислової переробки пустих порід шахтного видобутку з виробництвом наступних продуктів: а) кубовидного щебеню як наповнювача бетону; б) залізорудного концентрату; в) сухої краски (сурик, вохра); г) кварцового піску; д) цементу, різних видів бетону та інших будівельних матеріалів; є) асфальту, тощо, а також сортової агломераційної руди.

Очікуваний загальний прибуток від реалізації продуктів переробки пустих порід за видами продуктів розподіляється наступним чином (рис. 13 додатків).

Найбільший прибуток від переробки пустих порід може скласти виробництво сировинних матеріалів для цементної промисловості, залізорудного концентрату і сухої фарби, а найменший – від реалізації щебеню, відсіву і піску. На результати попередніх підрахунків вплинули вихід і ціна реалізації продуктів переробки.

Отже, впровадження технології магнітно-гравітаційного збагачення і переробки у вихровому повітряно-мінеральному потоці повністю вирішить проблему переробки пустих порід поточного видобутку шахтами Криворізького басейну. Вона забезпечує економію енергетичних і матеріальних ресурсів, суттєво підвищує рентабельність підземного видобутку залізної руди, знижує вміст шкідливих домішок Р, К, Na, Cl в товарній руді й концентраті.

Рециклінг вторинної мінеральної сировини за новітніми технологіями є безвідходним процесом. Він забезпечує виробництво чорних і кольорових металів з відходів і здійснюється без участі металургійного процесу, води, флотаційних і інших хімічних реагентів. Очищена від металів і шкідливих хімічних елементів природна і техногенна мінеральна сировина може бути використана у виробництві сучасних будівельних матеріалів і конструкцій. Устаткування компактне і встановлюється безпосередньо біля накопичувачів відходів, шлакових відвалів або на рудному дворі. Повторне використання компонентів промислових відходів скорочує витрати на придбання руди, брухту, флюсів та інших сировинних матеріалів, поліпшує умови праці робітників і економіку підприємства, зберігає природу промислових регіонів.

Реструктуризація гірничо-металургійного комплексу на основі впровадження інноваційних технологій дозволяє оптимізувати використання енергоносіїв і сировинних матеріалів. Головною особливістю їх застосування являється відмова від громіздких затратних операцій і капітального будівництва. Енергозбереження і комплексна переробка вторинної мінеральної сировини знижують ризики, пов'язані з коливанням цін на ринку продукції, підвищенням екологічних платежів тощо. Значні позитивні зміни відбуваються у соціальній сфері за рахунок зменшення і в кінцевому результаті повної відмови від накопичення відходів, підвищення якості життя і покращення стану довкілля в межах території зі значним промисловим навантаженням.

3.2. Оптимізація ресурсної частини на засадах сталого розвитку

За визначенням Міжнародної комісії з проблем навколишнього природного середовища і сталого розвитку (1987 рік) *«Сталим можна назвати такий розвиток, який веде до задоволення нагальних потреб суспільства без зменшення можливостей майбутніх поколінь задовольняти їх потреби»*. Це

означає те, що соціально-економічний розвиток має здійснюватись таким чином, щоб мінімізувати негативні наслідки виснаження природних ресурсів і погіршення якості довкілля з метою їх збереження для майбутніх поколінь. Втрати ресурсів мають бути повністю компенсовані.

Поняття сталого розвитку світового суспільства в цілому і окремих держав має на увазі збалансованість трьох складових розвитку: економічної, екологічної і соціальної. Зростання економіки у більшості випадків збільшує екологічне навантаження на навколишнє природне середовище, яке воно витримує до певних меж, обумовлених асиміляційним потенціалом території, що є причиною відсутності суттєвих змін геоекосистем [20, та ін.]. Це справедливо як для країни в цілому, так і для її окремих гірничодобувних регіонів.

Встановлені загальні рекомендації для використання ресурсів надр, які не містять диференціації по видам користування надрами або регіональним критеріям¹ [58]:

- формування завершених багатогалузевих комплексів на базі поглибленої переробки сировини, використання у виробництві замкнутих 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 великотоннажних 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

¹ Питання, що стосуються перших трьох пунктів для умов Криворізького басейну розглянуті переважно вище у розділі 3.1.

сировини на принципах еколого-економічної доцільності їх освоєння.

Такі рекомендації більше стосуються міжгалузевих об'єктів, які пов'язані з використанням мінеральної сировини, ніж напряму впливають на користувачів надр, серед яких виділяють геологічні підприємства, добувні підприємства, гірничо-металургійні підприємства, користувачів надр не пов'язаних з видобуванням корисних копалин та ін.

Тим більше майже не обговорюється і не є невирішеним питання розвитку МСБ в регіональному масштабі. В регіональних аспектах МСБ має відповідати не лише загальнодержавним напрямам, а також забезпечувати збалансовану структуру і раціональність використання надр в межах окремих областей, районів. Важливим напрямком з точки зору раціонального використання надр є комплексне освоєння родовищ. Висновки щодо комплексного освоєння залізородних родовищ Кривбасу зводяться до наступного [64]:

1. Характеристики освоєння залізородних 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 геологічних, 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.

Перспективним напрямком, що забезпечує безвідходне виробництво продукції є порошкова металургія, яка охоплює виробництво металевих порошків, а також виробів з них, або їхніх сумішей з неметалевими порошками [66]. Серед наявних різноманітних способів обробки металів вона займає своє особливе місце, тому що дозволяє не тільки робити вироби різних форм і призначень, але і створювати принципово нові матеріали, одержати які іншими шляхом украй важко або взагалі неможливо. Порошкова металургія успішно конкурує з литтям, обробкою тиском, різанням та іншими методами, доповнюючи або замінюючи їх. Вона застосовується у металообробці на заміну технологій обробки різанням з досягненням значного зниження (у 3-5 разів) показників витрат металів, собівартості виробів і підвищення у 1,5-2 рази продуктивності праці. Завдяки структурним особливостям продукти порошкової металургії більш термостійкі, краще

переносять дію циклічних коливань температури і напруги, а також ядерного опромінювання, що дуже важливе для матеріалів нової техніки. Але в Україні поки що слабо розвиваються недоменні способи виробництва чорних металів, які є екологічно чистими, а саме електрометалургія і порошкова металургія. У безпосередньої близькості до Криворізького басейну у Правобережному зроблена прогнозна оцінка запасів і ресурсів магнетитових залізистих кварцитів, придатних для порошкової металургії [63]. Справа тільки в організації і поширенні виробництв, що застосовують порошкову металургію.

На етапі інтенсивного використання і виснаження родовищ, на якому знаходиться Кривбас, важливим 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 і геолого-екологічних ризиків, плануванням поточних екологічних витрат та передбаченням наслідків їх розробки і відповідних компенсаційних витрат. З іншого боку такі зміни мають бути спрямовані на накопичення фінансових ресурсів на ліквідацію родовищ і екологічну реабілітацію територій.

Усі технологічні інноваційні рішення так чи інакше впливають на соціально-політичний складову сталого розвитку регіону, що відображаються у комплексі соціальних проблем [16]. 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 та загибель шахтарів тощо мають передбачатися і бути відображені у цифрах державної статистики. Особливо це важливо для розробки масштабної довгострокової програми реструктуризації залізорудної промисловості.

3.3. Організація екологічно безпечної роботи гірничо-металургійного комплексу і реабілітація території

Моніторинг порушених площ і стану гідросфери та атмосфери є необхідною умовою забезпечення екологічно нешкідливої діяльності гірничо-металургійного комплексу і реабілітації території Кривбасу.

Провідною умовою попередження надзвичайних екологічних ситуацій, пов'язаних з активізацією техногенної неотектоніки є регіональна система маркшейдерсько-геодезичного моніторингу [22]. При розвитку такої системи у Кривбасі повинні бути створені пункти опорної маркшейдерсько-геодезичної мережі, які б слугували основою для спостережень за розвитком вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків гірських порід. Проте пункти, які були створені ще на початку освоєння гірничодобувних регіонів сьогодні фізично і морально застаріли. Більшість з них потрапили і зони впливу гірничих робіт і, як наслідок, змінили своє положення, а частина їх взагалі ліквідована. Разом з тим слід зазначити, що традиційні маркшейдерсько-геодезичні методи в основі яких лежать теодолітні та нівелірні спостереження сьогодні не забезпечують необхідної точності, а головне оперативності, при проведенні спостережень які б дозволили передбачити розвиток осувів або провалів. Такі явища проявляються раптово, але динаміка їх формування поступова, в даному випадку важливим моментом при їх попередженні є момент фіксації початкової стадії зміщення мас гірських порід, величини яких складають мікрони. В зв'язку з цим виникає нагальна необхідність у пошуках принципово нових методів і засобів маркшейдерсько-геодезичного контролю за станом земної поверхні та штучних споруд з метою попередження та запобігання виникнення надзвичайних ситуацій пов'язаних зі зміщенням масивів гірських порід.

У Криворізькому технічному університеті розроблено та запатентовано прилад для спостереження за зміщенням масивів

гірських порід на основі волоконно-оптичних вимірювальних систем, який дозволяє проводити заміри в тримірному просторі [105].

Упускаючи всі технічні можливості даного приладу слід відмітити, що його застосування дає можливість фіксувати зміщення масивів гірських порід з точністю до 1 мкм у тримірному просторі, а також завдяки використанню кварцових світлопровідних волокон усунути залежність показників від температурних коливань, магнітних та електричних полів.

Обладнання такими приладами пунктів моніторингової маркшейдерсько-геодезичної мережі дозволить оперативно отримувати інформацію ще на початкових стадіях зміщення масивів гірських порід. Це дасть можливість передбачити формування осувів, провалів, просідання окремих ділянок території, деформацію покриття автомобільних доріг, трамвайних і залізничних колій тощо. Відповідно, це дозволить прогнозувати виникнення надзвичайних ситуацій як природного характеру до яких відносяться осуви, провали, осипи, обвали, селеві потоки спричинені проривами гребель тощо, так і техногенних, обумовлених руйнуванням будівель, шляхопроводів, нафтогазопроводів під впливом переміщення масивів гірських порід систем тощо і запобігати їх розвитку.

Запобігти останньому можна лише шляхом створення моніторингової мережі спостереження за змінами природних геологічних процесів і явищ в регіонах і терміновій розробці заходів направлених на ліквідацію факторів, які сприяють розвитку надзвичайних ситуацій пов'язаних з видобутком та переробкою корисних копалин (зсуви, обвали, карст, забруднення поверхневих і підземних вод, вітрова і водна ерозія на відвалах, просідання ґрунту, засолення ґрунтів тощо).

Наведений вище перелік є узагальненням тих питань, які необхідно вирішити в кожному з зазначених напрямків для того щоб можна було науково обґрунтувати модель розвитку гірничодобувних регіонів з врахуванням економічних, екологічних і соціальних проблем. Проте, навіть з такої узагальненої програми

чітко впливає, що майбутнє гірничодобувних регіонів в комплексному використанні їх надр. Вирішення окремих проблем відповідними відомствами, як показує практика, не зможе забезпечити ефективності роботи гірничодобувних комплексів в цілому згідно з екологічними та економічними вимогами часу для цього необхідна узагальнююча модель, яка б враховувала усі проблеми з позиції покращення життєзабезпечення населення регіону.

Для розробки і апробації такої моделі необхідне створення в Криворізькому залізорудному басейні інформаційно-аналітичного центру основна задача якого полягає в моніторингу геологічних, екологічних змін природного середовища, а також економічного стану з метою розробки рекомендацій направлених на прогресивний сталий розвиток регіону.

Необхідною умовою успішного розвитку суспільства за умови потенційної загрози екологічної кризи є отримання об'єктивної і всебічної інформації про просторові дані природного середовища та їх зміни в часі. Найбільш результативним у цьому відношенні, на нашу думку, є створення єдиного інформаційного простору, що дозволяє оперувати як з просторовими даними, так і різними інформаційними базами, які створюються на певний момент, та тими, що зберігаються в різних державних і комерційних структурах. У багатьох роботах науково обґрунтовані напрямки організації та планування діяльності Інформаційно-аналітичного центру геологічного, екологічного та маркшейдерсько-геодезичного моніторингу Криворізького басейну, який не тільки дозволить забезпечити безпеку гірничих робіт і прогнозувати ступінь впливу їх на навколишнє середовище але й забезпечить високий рівень управління регіональними службами.

Метою створення web-порталу «Інформаційно-аналітичний центр геолого-екологічного і маркшейдерсько-геодезичного моніторингу «Кривбас» є комплексний аналіз природно-техногенного стану геологічного середовища Криворізького залізорудного басейну. Для досягнення цієї мети потрібна система

накопичення, відображення та комплексного аналізу геологічної, гірничодобувної, маркшейдерсько-геодезичної та екологічної інформації, отриманої шляхом обробки первинних даних спостережень з промислових об'єктів шляхом застосування новітніх геоінформаційних технологій єдиним структурним підрозділом, яким може являтися Інформаційно-аналітичний центр. Дана система надасть можливість поліпшити інформаційне забезпечення органів державної влади, місцевого самоврядування, інших організацій та відомств, громадськості та підвищить рівень підготовки управлінських рішень в галузі охорони довкілля внаслідок надання наявної та оперативної інформації до Інформаційно-аналітичного центру маркшейдерсько-геодезичного моніторингу Кривбасу. Наукова складова проекту спрямована на забезпечення систематичного інформаційного обміну з об'єктами державного і регіонального рівнів та отримання інтегральної оцінки стану навколишнього природного середовища системами регіонального рівня за допомогою даних спостережень і узагальненої аналітичної інформації про стан земної поверхні, геологічного середовища та вплив на них природно-техногенних чинників.

Функціонування Інформаційно-аналітичного центру забезпечується за допомогою роботи його наступних основних функціональних підсистем:

1. Підсистеми збору та накопичення інформації.
2. Бази даних показників стану геологічного і техногенного середовища:
 - стан промислових об'єктів гірничо-металургійного комплексу;
 - стан об'єктів спеціального призначення;
 - стан природних комплексів, включаючи при поверхневій підвладній діяльності людини породні комплекси літосфери, ландшафти, поверхневі і підземні води, рослинний та тваринний світ тощо;
 - узагальнена інформація (аналітичні висновки, оцінки, прогнози).

3. Підсистеми взаємодії з регіональними системами маркшейдерсько-геодезичного моніторингу.
4. Підсистеми автоматизованої аналітичної обробки даних.
5. Підсистеми адміністрування.

Сукупність підсистем інформаційно-аналітичного центру, а саме, його документації та програмної частини - представлені у вигляді Web-сайту.

Сайт (надалі WEB-портал) надає користувачам можливість ознайомитись із діяльністю центру, переглядати результати його роботи та користуватись додатковими сервісами інформативного характеру.

Результати виконання такого проекту мають бути використані для вирішення першочергових екологічних проблем на державному та регіональному рівнях, налагодження інформаційної взаємодії між об'єктами системи маркшейдерського і геодезичного моніторингу доквілля та забезпечення інформаційних потреб користувачів. Слід підкреслити основні переваги представленої геоінформаційної системи.

Система відповідає запиту часу – відстеження напруженої геодинамічної обстановки гірничодобувного регіону із складними геологічними умовами, прогнозування розвитку, перш за все, негативних процесів і зможе надавати рекомендації щодо ліквідації або зниженню найбільш небезпечних з них. Вона може бути розрахованою на широке коло користувачів, не вимагатиме дорогої комп'ютерної техніки.

Технічні можливості геоінформаційної системи (ГІС) дозволять одночасно звертатися до різних інформаційних фондів, зіставляти необхідні інформаційні шари і, таким чином, проводити необхідний геодинамічний та екологічний аналіз. Кожен користувач зможе створювати свою групу шарів інформації зі своїми стилями відображення. В подальшому ГІС може бути базовою основою для створенні опорної екологічної ГІС м. Кривого Рогу. Сумісне використання даного інформаційного

ресурсу дозволить здійснювати рішення сучасних проблем на якісно новому рівні.

Загалом, мова йде про створення так званої постійно діючої прогностичної моделі геологічного середовища Кривбасу, в основу якої мають бути покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових (гідрогеологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм, та інші).

Прогноз заходів і витрат на подальше освоєння та ліквідацію родовищ. Питання щодо компенсаційної діяльності по завершенню експлуатації родовища та його консервації чи ліквідації вимагає завчасного економічного прогнозування.

Для здійснення прогнозування витрат на ці роботи на вибраних для прикладу двох криворізьких об'єктах – Валявкинському родовищі залізистих кварцитів (кар'єр №3) та Південному кар'єрі багатих залізних руд, за основу був взятий алгоритм дій, що успішно зарекомендував себе на словацьких сидеритових родовищах Мано-Габрієля-Кобельярово (залізорудна площа Нижньої Слани) та Руднянському рудному полі), що припинили свою діяльність на останній межі десятиліть. Аналізом попутних та постліквідаційних екологічних заходів на цих об'єктах були встановлені певні закономірності.

Так, Нижньосланському родовищу характерна більш активна діяльність у сфері відновлення повітряного та водного середовищ (активність відносно останнього має місце і донині), що обумовлено масштабною (до недавнього часу) діяльністю переробного заводу Сидерит Нижня Слана, викиди в повітря та у водойми якого суттєво змінили екологічний фон району. В той час, як активне відновлення геологічного середовища та ґрунтового покриву, зокрема, не вважається доцільним через імовірність відновлення з часом робіт на площі. Для території ж ліквідованого об'єкту в межах Руднянського рудного поля, першочерговою була активна попутна діяльність, пов'язана з рекультивацією земельних відводів, спричинена зміною способу відпрацювання об'єкту та сильним забрудненням ґрунту, бар'єм та сурмою. Відновлення

інших складових НС мало другорядне значення, оскільки обсяги їх забруднення не були критичними.

Проте не зважаючи на відмінності проведених заходів, завершення видобувної діяльності на обох об'єктах супроводжується жорстким контролем, а саме 5-річним моніторингом площ, що зазнали впливу внаслідок гірничих робіт. Дана метода була визнана найбільш ефективною відносно територій, на яких проводилися(ться) роботи подібного роду і які знаходяться у безпосередній близькості до населених пунктів. Останнє потребує можливості миттєвого втручання у процес відновлення НС та використання відповідних методів реабілітації території для захисту населення, що в свою чергу відповідає умовам і досліджуваних криворізьких об'єктів. До переліку заходів, передбачених моніторингом включені: відбори зразків зондами у свердловинах та поверхневих ґрунтових покривів, проб підземних та поверхневих вод, моніторинг свердловинами стану підземних вод, лабораторні роботи із ґрунтами, підземними та поверхневими водами, польові виміри основних параметрів водних режимів, геодезичні роботи, а також проектування, управління та оцінка ризиків для НС.

Необхідність оцінки ступеню екологічного навантаження, що становить ризик для території є одним із пріоритетних напрямків діяльності по завершенню гірничодобувних робіт на родовищі. Беручи до уваги, що її результати тісно пов'язані із обсягами та напрямками подальшої компенсаційної діяльності, прогноз витрат на екологічно-спрямоване освоєння порушених ліцензійних площ є актуальним. І, як доводить словацький досвід, завчасне прогнозування необхідних інвестиційних вливань у даного роду контроль значно спрощує подальше проведення робіт та збільшує імовірність упередження виникнення екологічних небезпек.

Створений автором цієї частини розділу прогноз щодо витрат на моніторинг ліцензійних площ Валявкинського родовища (кар'єр №3) та Південного кар'єру по завершенню їх фактичного життєвого циклу базується на використанні середньозваженої

вартості моніторингу, що проводиться інвесторами на досліджуваних словацьких об'єктах [48].

Розрахунок означеної величини включає різні обсяги витрат на перший рік моніторингу, що є найбільш повним та всеохоплюючим, через необхідність якомога більш точної оцінки стану НС після припинення гірничих робіт, та другий із усіма наступними роками, на кожен з яких виділяється близько 82% від суми, що витрачається на перший рік.

У розгорнутому (загальному) вигляді, використаний вираз для визначення середньозваженої вартості моніторингу має наступний вигляд:

$$\bar{V} = \frac{(V_{N.S.} \times S_{N.S.}) + (V_{Rudn.} \times S_{Rudn.})}{S_{N.S.} + S_{Rudn.}} \quad (3.1)$$

Де: \bar{V} – є середньозваженою вартістю; $V_{N.S.}$ – об'єм інвестиційних вкладень у моніторинг на залізорудній площі Нижньої Слани, €; $S_{N.S.}$ – ліцензійна площа родовища Мано-Габріеля-Кобельярово (залізорудна площа Нижньої Слани), км²; $V_{Rudn.}$ – об'єм інвестиційних вкладень у моніторинг Руднянського рудного поля, €; $S_{Rudn.}$ – ліцензійна площа Руднянського рудного поля, км².

Отримані результати підрахунку наведені в таблиці 3.6 і представлені в еквівалентах міжнародної та вітчизняної валют.

Таблиця 3.6.

Результати підрахунку середньозваженої вартості моніторингу

| Середньозважена вартість моніторингу | | | |
|---|-----------------------|--|-----------------------|
| Перший рік моніторингу після завершення гірничодобувних робіт та консервації чи ліквідації родовища | | Другий та кожен наступний рік моніторингу після завершення гірничодобувних робіт та консервації чи ліквідації родовища | |
| €/км ² | грн. /км ² | €/км ² | грн. /км ² |
| 12 356,43 | 394 046,55 | 10 117,11 | 322 634,64 |

Безпосередній прогноз для вітчизняних об'єктів виконаний через підрахунок інтерпольованих значень витрат на моніторинг, використовуючи середньозважені вартості із врахуванням відсоткової різниці вкладень у той чи інший рік:

$$B_{int} = \bar{V} \times S_{поруш} \quad (3.2)$$

Де: B_{int} – інтерпольоване значення витрат на моніторинг площ вітчизняних родовищ; \bar{V} – середньозважена вартість;

$S_{поруш}$ – площі порушені гірничими роботами та відвалами Валявкинського родовища (кар'єр №3) та Південного кар'єру.

Окрім прогнозних вартостей на кожен рік моніторингу, було визначено й сумарне інтерпольоване значення витрат на п'ять років моніторингу порушених площ кожного з родовищ:

$$B_{int} = \sum_{i=1}^5 B_{int} \quad (3.3)$$

Результати проведених розрахунків представлені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7.

Результати підрахунку інтерпольованого значення витрат на моніторинг площ Валявкинського родовища (кар'єр №3) та кар'єру Південний

| Об'єкт | Інтерпольоване значення витрат на моніторинг порушеної площі | | | | | |
|-----------------------|--|----------|----------------------------------|----------|------------------------|----------|
| | На перший рік | | На другий та кожен наступний рік | | Сумарне на п'ять років | |
| | тис € | тис грн. | тис € | тис грн. | тис € | тис грн. |
| Валявкинське родовище | 59,2 | 1 887,5 | 48,5 | 1 545 | 253 | 8 069,2 |
| Південний кар'єр | 38,7 | 1 233,4 | 31,7 | 1 009,9 | 165,3 | 5 272,8 |

У загальних кошторисах на проведення усіх рекультиваційних робіт та пост ліквідаційних досліджень екологічного спрямування, історично відводиться від 10 до 15% на моніторинг стану навколишнього середовища у межах площ, які зазнавали безпосереднього впливу від видобутку корисної копалини. Даний відсоток не є фіксованим, оскільки залежить від ряду факторів, таких, як: розміри площі, тривалість та інтенсивність негативного впливу родовища на прилеглі території, паралельна активність з порушення та відновлення складових НС, добросовісність надкористувачів та ін. Ілюстративним прикладом пропорційного співвідношення розмірів родовищ та витрат на контроль за станом прилягаючих до нього територій є порівняння сумарних прогнозних витрат на п'ять років моніторингу на криворізьких

об'єктах та сумах, що були витрачені за цей же період на словацьких, де більш суттєві суми фіксуються саме на вітчизняних об'єктах (табл. 3.8).

Таблиця 3.8.

Порівняльні витрати на моніторинг криворізьких та словацьких об'єктів у євро (€)

| | Валявкинське родовище | Південний кар'єр | Залізородна площа Нижньої Слани | Руднянське рудне поле |
|---|-----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Площа, км ² | 4,79 | 3,13 | 3,66 | 8 |
| На перший рік | 59 187,3 | 38 675,63 | 14 010 | 11 600 |
| На другий та наступні роки | 48 461 | 31 666,55 | 11 466 | 9 500 |
| Сумарні витрати на п'ятирічний моніторинг | 253 031,3 | 165 341,83 | 59 875 | 49 600 |

За відсутності чітко фіксованих у звітах передбачуваних екологічних витрат, можливе створення прогнозного загального кошторису, використавши умовний показник в 11% (відсоток обумовлений середніми розмірами родовищ відносно інших криворізьких об'єктів), що буде відводитися на проведення п'ятирічного моніторингу у переліку усіх рекультиваційних робіт та пост ліквідаційних досліджень на Валявкинському родовищі (кар'єрі №3) та Південному кар'єрі. Таким чином, вираховується орієнтовна (можлива) сума усіх екологічних витрат (табл. 3.9), що необхідна для повернення прилеглим, до досліджуваних родовищ, територіям первозданного вигляду.

Таблиця 3.9.

Орієнтовні (можливі) кошториси загальних екологічних витрат на Валявкинському родовищі (кар'єр №3) та Південному кар'єрі

| | Валявкинське родовище | | Південний кар'єр | |
|---------------------------------------|-----------------------|------------|------------------|------------|
| | € | грн. | € | грн. |
| Прогнозні загальні екологічні витрати | 2 300 284,5 | 73 402 080 | 1 503 108 | 47 964 162 |

Враховуючи факт реалізації більшої частини екологічно спрямованих заходів на досліджуваних родовищах паралельно до гірничодобувних робіт, фінальні суми компенсаційної діяльності по завершенню, консервації чи ліквідації родовищ можуть бути змінені в бік зменшення.

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 рекультивативної діяльності. Даний підхід (рис. 3.5) дає можливість суттєво зменшувати об'єми капіталовкладень у пост ліквідаційний період родовищ, коли видобуток уже припинено, але є необхідність нівелювання усіх завданих навколишньому середовищу збитків. Так, 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.

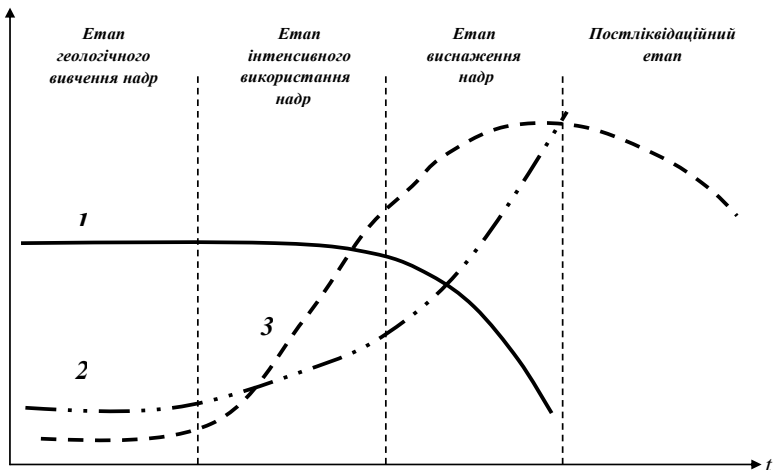


Рис. 3.5. Характерні зміни геологічних та еколого-економічних показників на родовищах за умови паралельної добувної та рекультиваційної діяльності

1 – складність гірничотехнічних умов; 2 – поточні витрати; 3 – інвестування екологічної складової.

Окрім того, проведення означених робіт з початку першої третини етапу інтенсивного використання надр, так чи інакше, сприяє сповільненню ускладнення гірничотехнічних умов, які формально виражаються у змінах не лише глибини відпрацювання родовищ, але і фізико-механічних властивостей самого масиву.

Обрані криворізькі об'єкти є достатньо ілюстративним підтвердженням цього. Оскільки за проведеною раніше оцінкою, Південний кар'єр, віднесений до етапу виснаження надр, він може слугувати прикладом ситуації коли активні роботи з відновлення НС почалися лише з переходом родовища на означену стадію. На сьогоднішній день, це є однією з причин періодичних змін надкористувачів, оскільки можливих суттєвих приростів запасів на об'єкті не передбачується, а необхідність інвестування у екологічну складову стає все більш актуальною.

В свою чергу, не зважаючи на те, що запуск на Валявкинському родовищі (кар'єр №3) паралельної екологічної діяльності 17 років

назад, нині вимагає суттєвих та регулярних додаткових капіталовкладень, це дає можливість максимального нівелювання усіх негативних впливів на довкілля та зведення усієї постліквідаційної діяльності через прогностні 24 роки до 5-річного моніторингу, прогностний кошторис якого наведений, не матиме відчутного впливу на фінальну суму прибутків з видобутку та реалізації корисної копалини.

Підходи до екологічної реабілітації території. 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 екологічний і економічний збитки у Кривбасі неможливо не лише тому, що на практиці неможливо відновити на території використання надр біоценози, які тут були до розробки родовищ. Також неможливо відновити рельєф, геохімічні і гідрологічні умови і багато іншого. 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 [22].

І.М. Малахов [54] 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.

Необхідне наукове обґрунтування і введення у нормативно правову базу проведення гірничих робіт плату за асиміляційний потенціал територій використання надр, яка вже існує у деяких країнах [21]. Накопичення екологічного збитку території починається ще на етапі її геологічного вивчення і триває під час усього періоду експлуатації родовища. Частина цього збитку гаситься (компенсується) за рахунок асиміляційного потенціалу території, а частина за рахунок поточних витрат на екологічну реабілітацію, передбачених розділом проекту робіт «Оцінка впливу на довкілля» (ОВД). У разі введення плати за асиміляційний потенціал, вона повинна концентруватися на екологічних статтях державного бюджету і витрачатися у вигляді дотацій на екологічну реабілітацію територій.

Фінансові ресурси на екологічну реабілітацію, супроводжуючу ліквідацію родовища реально можна зібрати тільки під час його експлуатації за рахунок прибутків від продажу сировини. Для цього доцільно відкрити спеціальний рахунок підприємства, як це зазначалося раниш [46]. Сума накопичених на цьому рахунку коштів має бути дисконтована на увесь період розробки родовища і відповідати реальним майбутнім витратам на екологічну реабілітацію території із створенням комфортних умов для життя людини та існування флори і фауни. Для цього і потрібна геолого-економічна оцінка майбутнього екологічного збитку, накопиченого на етапах геологічного вивчення і експлуатації родовища. Така оцінка повинна проводитися на усіх етапах геолого-економічної оцінки (ГЕО), а розрахунок відрахувань на вищезгаданий спеціальний рахунок – при детальній ГЕО перед початком будівництва гірничодобувного підприємства, коли визначаються

показники економічної ефективності і доцільності його проектування і будівництва. Потім сума цих відрахувань буде уточнюватиметься і коригуватиметься на етапах інтенсивної експлуатації і виснаження родовища [22, 46].

Крім того, серед основних напрямів покращення екологічної ситуації у районах діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу треба відмітити економічну доцільність поступового зміщенні акцентів металургійних комбінатів з використання продуктів переробки залізних руд на металобрухт, а переробних підприємств – на переробку відходів.

Для зазначеного вище зміщення акцентів у діяльності металургійних і переробних підприємств Криворізького басейну, крім нормативно-правової і організаційної основи, потрібні інновації, прикладом яких може бути створення і апробація технології отримання з відходів збагачення гірничо-залізрудних комбінатів кількох типів залізрудного концентрату (магнетитового, гематитового та комплексного магнетит-гематитового) сухим способом з використанням компактних технологічних модулів, у відповідності з вимогами природоохоронних норм і комплексним (без утворення нових відходів) характером виробництва. Якість отриманих концентратів 63-64 мас. % загального заліза, вихід від 10 до 20% [19]. Ці технології потребують подальшого розвитку та удосконалення.

Для покращення екологічної ситуації у Кривбасі має значення очищені від рудних та важких мінералів річкового осаду, хвосту збагачення якого пропонується використовувати у господарській діяльності [3].

Вивчення розподілу важких металів на техногенних об'єктах гірничозбагачувальних комбінатів Кривого Рогу підтвердило висновок інших дослідників про те, що основним джерелом надходження важких металів (ВМ) у ґрунти у Кривому Розі є шлаки і дими металургійних підприємств [23]. Таким джерелом не можуть бути шлами переробних підприємств внаслідок низького вмісту елементів-домішок в породах залізисте-кремневих формацій. Практичним кроком до зменшення забруднення

територій видобутку і переробки залізних руд важкими металами є рекомендація підприємствам, які переробляють вторинну металургійну сировину відмовитись від існуючої надзвичайно шкідливої практики циклічного (багаторазового) залучення відходів у переробку [3]. Більш ефективною і екологічно безпечною є одноразова переробка відходів, з максимальним вилученням залізовмісних мінералів і повним використанням відходів збагачення у будівельній і інших галузях народного господарства [86].

Крім зазначеного вище, у Кривому Розі необхідно активно запроваджувати різноманітні екологічні програми від державного до місцевого рівня з чітким розподілом фінансування заходів, спрямованих на охорону та відновлення окремих складових геологічного середовища [22, 48]. Процеси децентралізації зі зростанням наповнення місцевих бюджетів сприяють цьому. Будь-які програми екологічної реабілітації повинні спиратися на постійно діючу прогнозу модель геологічного середовища Кривбасу, в основу якої мають бути покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових (гідрогеологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм, та інші). При створенні й функціонуванні такої моделі фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально на попередження і вирішення конкретних екологічних проблем, які можуть виникати у випадку реалізації розрахованих у такій моделі найбільших екологічних ризиків.

ВИСНОВКИ

Незважаючи на труднощі сучасного періоду, які обумовлені агресією Росії, ми продовжуємо стверджувати, що Україна при проведенні цілеспрямованої політики може у середньостроковій перспективі зайняти своє місце у світовій економіці як держава, що спеціалізується на розвитку трьох напрямків: 1 - інноваціях в інтелектуальній і високотехнологічній сферах; 2 – сільгоспвиробництві зерна й органічної продукції; 3 – отриманні й експорті дефіцитних на світовому ринку продуктів переробки мінеральної сировини [22].

По факту Україна, як і раніше, залишається сировинною державою, перспективи розвитку якої обмежені в силу довготривалого видобутку і використання мінеральної сировини та початку фізичного і економічного виснаження деяких головних видів корисних копалин, таких як вугілля і залізні руди. Від видобутку вугілля все ще залежать енергетична і металургійна сфери країни. У той же час світ навколо швидко змінюється завдяки новим технологіям, які супроводжують енергетичну революцію. У намаганні уповільнити глобальні кліматичні зміни європейські країни відмовляються від використання викопного палива, в першу чергу від вугілля, і переходять на відновлювані джерела енергії. У цьому напрямку має активно рухатися й Україна, одночасно проводячи реструктуризацію й екологічну реабілітацію основних гірничодобувних регіонів – Донецького кам'яновугільного і Криворізького залізорудного басейнів (першого після деокупації його території, а другого вже зараз).

Для *Донецького кам'яновугільного басейна* в умовах поступового згортання вугільної промисловості й реабілітації його території після війни пропонується здійснення наступних заходів:

1. Створення «Центру моніторингових досліджень Донбасу», у складі якого головним має бути підрозділ, відповідальний за ведення і обслуговування постійно діючої моделі ГС Донбасу – системи екологічного моніторингу на базі географічної інформаційної системи (ГІС) як автоматизованої системи збору, зберігання і обробки інформації, що працює в режимі реального часу.

2. Відновлення (а точніше створення нових) мереж спостережень за станом складових ГС, як основних постачальників інформації для постійно діючої моделі ГС Донбасу.

3. Розробка математичних гідрогеологічних моделей для підвищення вірогідності прогнозів підйому рівнів підземних вод та обґрунтування заходів з екологічної реабілітації територій і прогнозу надзвичайних екологічних ситуацій (НЕС).

4. Районування території за рівнем ризику НЕС природного і природно-техногенного походження та розробка й обґрунтування складу і послідовності першочергових захисних заходів для їх попередження і ліквідації.

5. Проведення комплексного соціально-еколого-техногенного обстеження зон впливу регіонального підйому рівнів підземних вод внаслідок стихійного закриття шахт, в тому числі з залученням технологій ДЗЗ, експресних газо-геохімічних і геофізичних зйомок та наступним виділенням ділянок небезпечних змін геологічного середовища (підтоплення, забруднення водозаборів питних вод, підвищення міграції вибухонебезпечних газів та ін.).

6. Створення басейнових і територіальних схем керування рівнями підземних і поверхневих вод шляхом комплексного використання горизонтальних і вертикальних (в тому числі шахтних) дренажів, а також максимального відновлення дренаючої здатності річково-басейнової мережі.

7. Обґрунтування першочергових та довгострокових заходів з реагування на переважаючі впливи змін екологічного стану територій Донбасу на структуру економіки, склад зайнятості місцевого населення, потенціал сталого розвитку.

8. Оцінка доступних запасів марок вугілля, необхідних для роботи промисловості відповідно до стратегії розвитку країни, запланованої структури промисловості й трансформацій в енергетичній сфері та гірничо-металургійному комплексі.

9. Використання нетрадиційних природних ресурсів місцевого значення з метою пом'якшення наслідків скорочення видобутку вугільної сировини та диверсифікації місцевої економіки з метою зниження залежності від вугільної галузі.

Для *Криворізького залізрудного басейна* в умовах використання застарілих енергоємних технологій у металургійному комплексі,

фізичного і економічного виснаження родовищ та екологічних наслідків їх довготривалої експлуатації пропонується:

1. Поступове зміщення акцентів у роботі металургійних комбінатів з використання продуктів переробки залізних руд на металобрухт, а переробних підприємств – на переробку відходів. Розрахунки показують, що при її рециклінгу йде значна економія енергії та сировини (більше 1400 кг залізної руди, 740 кг коксівного вугілля та 120 кг вапняку зберігаються для кожної тони сталевого лому, перетвореного в нову сталь) [108].

2. Активно запроваджувати різноманітні екологічні програми від державного до місцевого рівня з чітким розподілом фінансування заходів, спрямованих на охорону та відновлення окремих складових геологічного середовища. Програми повинні спиратися на постійно діючу прогнозу модель геологічного середовища Кривбасу, в основу якої мають бути покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових (гідрогеологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм, та інші). При створенні й функціонуванні такої моделі фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально на попередження і вирішення конкретних екологічних проблем, які можуть виникати у випадку реалізації розрахованих у такій моделі найбільших екологічних ризиків.

3. При прогнозі заходів і витрат на подальше освоєння та ліквідацію родовищ використовувати досвід європейських країн у проведенні таких робіт на подібних об'єктах. Статистичний аналіз даних досліджуваних криворізьких родовищ та прогноз екологічних витрат, що матимуть місце по завершенню їх видобувної активності з врахуванням такого досвіду показав доцільність проведення на гірничодобувних об'єктах активної рекультиваційних робіт безпосередньо під час видобутку залізних руд, що дає можливість суттєво зменшувати об'єми капіталовкладень у постліквідаційний період, коли видобуток уже припинено, але є необхідність нівелювання усіх завданих навколишньому середовищу збитків.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Андрієвський І.Д.* Стратегічні напрямки розвитку системи державного управління в сфері вивчення і використання надр / *І.Д. Андрієвський, А.Б. Качинський, М.М. Коржнев, Є.О. Яковлев* // Стратегічна панорама, № 2, 2003. – С.189-197.
2. *Анпілова Є.С.* Інформаційні технології для управління екологічною безпекою поверхневих вод. / *Є.С. Анпілова.* – К.: Азимут-Україна. – 2013. – 104 с.
3. *Беліцька М.В.* Літологія і технологічні властивості донних осадків Дніпровсько-Бузького лиману. / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук за спеціальністю 04.00.21 – літологія. – К.: ДНУ ВМГОР НАНУ. 2016. – 16 с.
4. *Беседа М.І. (гол. ред.).* Огляд з регіональної оцінки еколого-геологічних умов гірничо-промислових регіонів України. – К.: Держкомгеології України. – 1998. – 28 с.
5. Біогазові потужності в Україні зросли на третину (7.01.2019) // <https://www.epravda.com.ua/news/2019/01/7/644085/>
6. *Биченок М.М.* Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. / *Биченок М.М., Трофимчук О.М.* – К.: УІНСіР. – 2002 – 153 с.
7. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г.* Состояние и перспективы развития чёрной металлургии Украины на основе энергосберегающих технологий // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* - 2006. - №2. - С.1 - 6.
8. *Ведмеденко К.І., Чепелев Е.М., Іванченко В.В.* та ін. Спосіб переробки замасної прокатної окалини методом безкисневої дистиляції. Патент України на корисну модель № 38430. Бюлетень №1. 12.01. 2009.
9. Вітрова енергетика України / Матеріал з Вікіпедії // <https://uk.wikipedia.org/wiki>
10. Водень проти електрики. Як японці стали ворогами Ілона Маска (07-05-2017) / <https://ukr.media/auto/303623/>
11. *Гавриленко Ю.Н.* Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / *Гавриленко Ю.Н., Ермаков В.Н., Кренида Ю.Ф., Улицкий О.А., Дрибан В.А.* – Донецк: Норд-Пресс. 2004. – 631 с.

12. *Гребенкин С.С.* Геомеханические и технологические проблемы закрытия шахт Донбасса./ *Гребенкин С.С., Ермаков В.Н., Улицкий О.А. и др.* // Міністерство освіти і науки України. – 2002. - 264 с.
13. *Голуб А.А.* Экономика природных ресурсов / *Голуб А.А., Струкова Е.Б.* – М.: Аспект Пресс, 1998. - 319 с.
14. Дайте країні вугілля! Тенденції галузі, від якої відмовляється Європа / <http://asn.in.ua/ua/news/publishing/62617>
15. *Довгий С.О.* Інформатизація аерокосмічного землезнавства. / *Довгий С.О., Лялько В.І., Трофимчук О.М., Федоровський О.Д. та ін.* – К.: Наукова думка. – 2001. – 607 с.
16. *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.
17. *Довгий С.О.* Енергетично-ресурсна складова розвитку України / *С.О. Довгий, М.І. Євдощук, М.М. Коржнев та ін..* – К.: ЛОГОС, 2010. – 264 с.
18. *Довгий С.О.* Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні / *С.О. Довгий, М.М. Коржнев (наук. ред.), М.М. Курило та ін.* – К.: Ніка-Центр, 2012. – 316 с.
19. *Довгий С.О.* Критерії екологічної і геолого-економічної оцінки та мінералогія відходів гірничо-металургійного комплексу Кривбасу / *С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев (наук. ред.) та ін.* – К.: Ніка-Центр. – 2013. – 226 с.
20. *Довгий С.О.* Мінерально-сировинний комплекс та сталий розвиток України / *С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев (наук. ред.) та ін.* – Київ: Логос, 2014. – 236 с.
21. *Довгий С.О.* Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка / *С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев (наук. ред.) та ін.* – К.: Ніка-Центр, 2016. – 172 с.
22. *Довгий С.О.* Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони / *С.О. Довгий, М.М. Коржнев (наук. ред.), О.М. Трофимчук та ін.* – К.: Ніка-Центр, 2017. – 208с.
23. *Долгова Т.И.* Деградация почвенных систем под воздействием пыления, инициируемого предприятиями горнодобывающего

- комплекса / *Т.И. Долгова* // Разработка рудных месторождений. – 2003. – Вып. 82. – С. 150–159.
24. *Долінський А.А.* Енергозберігаючі технології для промисловості, комунальної та промислової теплоенергетики / *Долінський А.А., Чайка О.І.* //Енергоінформ. - 2004. - №5. – С. 4.
25. *Звягінцева Н.* (11.11.2017) Стартап тижня від АЛЛО: HomeBiogas 2.0 – установка для виробництва біогазу у домашніх умовах // https://blog.allo.ua/ua/startap-tizhnya-vid-allo-homebiogas-2-0-ustanovka-dlya-virobnitstva-biogazu-u-domashnih-umovah_2017-11-40/
26. *Євдощук М.І.* Ресурсний фактор енергетичної стратегії України / *М.І. Євдощук, М.М. Коржнев, М.М. Курило, Є.О. Яковлев* // Стратегічна панорама, 2010, № 1. – С. 27-35.
27. *Ермаков В.Н.* Развитие процессов подтопления земной поверхности под влиянием закрывающихся шахт. / *Ермаков В.Н., Семенов А.П., Улицкий О.А., Котелевец Е.П., Тарахало А.В.* // Уголь Украины, №11-12. – 2001. - С.12-19.
28. Енергозбереження на об'єктах гірничо-металургійного комплексу// www.niss.gov.ua
29. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження КМУ № 145 від 15 березня 2006 р. – К.: Мінпаливенерго, 2006. - 129 с.
30. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії» (04.06.2015) / zakon3.rada.gov.ua/laws/show/514-19
31. *Зеркалов Д.В.* Енергозбереження в Україні. Книга перша: Нормативно - правова основа. Енциклопедичний довідник. - К.: Основа, 2006. - 684 с.
32. *Іванченко В.В.* Перспективи комплексного використання відходів видобутку залізної руди у Кривбасі / *Іванченко В.В., Чугунов Ю.Д.* / Збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» 10-11 листопада 2015 року, м. Київ, с. 98-100.
33. *Іванченко В.В., Чугунов Ю.Д.* Комплексна переробка металургійних шлаків у вихровому повітряно-мінеральному потоці / *Іванченко В.В., Чугунов Ю.Д.* / Тези Національного форуму «Поводження з відходами в

- Україні: законодавство, економіка, технології» 22-23 листопада 2018 року, м. Київ. – С. 186-189.
34. *Иванченко В.В.* Минералого-технологические факторы повышения эффективности оценки природных и техногенных месторождений золота / *Иванченко В.В., Чугунов Ю.Д., Чугунов С.Д.* / Материалы всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Якутск. 1-3 апреля 2014 г. С. 213-217.
 35. *Иванченко В.В., Чугунов Ю.Д., Яцьків Є.В.* Спосіб збагачення матеріалів, що містять дроблені і/або здрібнені магнітні й немагнітні компоненти. Патент України на корисну модель № 105025. бюл. № 4 від 25.02.2016.
 36. *Кармелюк Т.* (01.2017) Європейська енергетика зеленішає – звіт. / <http://bellona.org/news/ukraine/2017-01-yevropeyska-enerhetyka-zelenishaye-zvit>
 37. Китай начал добычу сланцевого газа. (2015). / <http://shust50.livejournal.com/6893549.html>
 38. Китайцы помогут Ахметову заработать на Солнце. (06.04.2018). / <https://oligarh.media/2018/04/06/>
 39. *Коржнев М.М.* Концептуальні основи поліпшення стану довкілля гірничовидобувних регіонів України / *М.М. Коржнев, В.С. Міщенко, В.М. Шестопалов, Є.О. Яковлев.* – К.: РВПС України, 2000. – 75 с.
 40. *Коржнев М.М.* Природно-ресурсний аспект розвитку України / *М.М. Коржнев, Ю.Р. Шеляг-Сосонко, І.Д. Андрієвський та ін.* / Проект програми ООН сприяння сталому розвитку в Україні. – К.: Вид. дім “КМ Academia”, 2001.
 41. *Коржнев М.М.* Природно-ресурсні обмеження розвитку України / *М.М. Коржнев* // Стратегічна панорама, 2005, №1. – С.8-93.
 42. *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.
 43. *Коржнев М.М.* Мінерально-сировинна база України в умовах глобалізації / *М.М. Коржнев, М.М. Курило* // Стратегічна панорама, 2007, № 2. – С.14-21.

44. *Коржнев М.М.* Малосировинна альтернатива розвитку України / *М.М. Коржнев, Ю.Р. Шеляг-Сосонко, Є.О. Яковлев, М.М. Курило* // Стратегічна панорама, 2008, № 3-4. – С. 43-49.
45. *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.
46. *Коржнев М.Н.* Ресурсные и экологические критерии определения ассимиляционного потенциала геологической среды на примере горнодобывающих регионов Украины / *М.Н. Коржнев, М.М. Курило, Н.В. Захарий* // Вестн. Том. гос. ун-та. 2014. № 387. – С. 243–252.
47. *Корнева М.* (14.12.2016). Развитие страны мира отказываются от использования угольных электростанций / *Корнева М.* / <https://infokava.com/51153>
48. *Кошарна С.К.* Геолого-економічна оцінка залізорудних родовищ Криворізького басейну на етапі інтенсивного використання і виснаження запасів. – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук за спеціальністю 04.00.19 – економічна геологія. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка. – 2019. – 23 с.
49. *Кріпак С.М.* Удосконалення технологічних процесів підготовки металургійної сировини з метою утилізації замасленої прокатної окалини. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук. Дніпропетровськ, 2006. – 25 с.
50. *Куліковська О.Є.* Результати калібрування цифрової камери БПЛА за аерознімками тестового полігону / *О.Є. Куліковська, Ю.Ю. Атаманенко, О.К. Копайгора* // Інженерна геодезія. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 65. – С. 218 – 227.
51. *Леценко С.* (13.07.2018) "Зелена" енергетика Ахметова: нова схема мільярдера, щоб нажитися на українцях / *Леценко С.* / https://24tv.ua/ru/zelena_n998598
52. *Лютый Г. Г.* Оцінки впливу вугільних підприємств на річковий стік по території Донбасу / *Лютый Г. Г., Різник Т. О.* // 36. наукових праць УкрДГРІ. – 2006. – № 1. – С. 96–101.
53. *Люта Н. Г.* Екологічний стан довкілля та європейські перспективи України / *Люта Н. Г.* // Мінеральні ресурси України. – 2011. – № 1. – С. 6–11.

54. *Малахов И.Н.* Новая геологическая сила. – Кривой Рог: Отделение морской геологии и осадочного рудообразования, 2009. – 312 с.
55. Мінеральні ресурси України. Щорічник. – К.: ДВНП «Геоінформ України». – 2012. – 263 с.
56. Мінеральні ресурси України. Щорічник. – К.: ДВНП «Геоінформ України». – 2014. – 270 с.
57. Мінеральні ресурси України. Щорічник. – К.: ДВНП «Геоінформ України». – 2017. – 268 с.
58. *Мищенко В.С.* Регіональна політика у сфері надрокористування та її суперечності в Україні / *В.С. Мищенко* // Економіка природокористування і охорони довкілля [зб. наук. пр.] К.: ДУ ІСПСР НАН України. – 2013. – С.48-55.
59. Названо країни, які першими заборонять двигуни внутрішнього згоряння. (11.08.2017). / <https://mmr.net.ua/autoworld/news/52409>
60. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року / Затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 1 жовтня 2014 р. № 902-р.
61. Окупований Донецьк просів на 20-25 сантиметрів. (04.06.2018) / <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/2473457>
62. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. – К.: ВАІТЕ, 2017. - 88 с.
63. *Плотников А.В.* Прогнозная оценка запасов и ресурсов Правобережного района Украинского щита – наиболее перспективной сырьевой базы для качественной металлургии // Горная промышленность./ *Плотников А.В., Курило М.М.* - Спецвыпуск, 2010. – С. 42-47.
64. *Плотников О.В.* Геолого-економічні чинники промислового значення супутніх корисних копалин залізородних родовищ Кривбасу / *Плотников О.В., Курило М.М.* // 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.
65. *Плотников О.В.* Визначення етапу використання надр залізородних родовищ Кривбасу за ресурсними та геолого-екологічними показниками / *Плотников О.В., Курило М.М., Кошарна С.К.*// Мат-ли 5-ої міжнар. наук.-прак. конференції «Надрокористування в

Україні. перспективи інвестування» (м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.). Т. 1.– С. 255- 261.

66. Порошкова металургія / <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
67. Розпорядження КМУ від 03.10.2012 року №829-р Про схвалення техніко-економічного обґрунтування “Ліквідація та екологічна реабілітація території впливу гірничих робіт державного підприємства “Солотвинський солерудник” Тячівського району Закарпатської області””. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/829-2012-%D1%80>
68. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 4 березня 2013 р. № 107-р «Про погодження пропозиції щодо ліквідації державного підприємства “Солотвинський солерудник”»// <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/107-2013-%D1%80>
69. Рудько Г. І. Екологічна безпека вугільних родовищ України./ Рудько Г. І., Бондар О. І., Яковлев Є. О. та ін. – Київ: БукРек, 2016. – 608 с.
70. Різник Т. О. Звіт з НДР «Створення комп’ютерної бази фактографічних і картографічних даних для оцінки впливу гірничодобувних робіт на геологічне середовище Донбасу»./ Різник Т. О., Беседа М. І., Поліновський В. В. та ін. – Держкомгеології України, УкрДГРІ, 2005. – 251 с.
71. Рябчин О.(03.10.18). Новий курс передбачає зменшення енергозалежності України та розвиток інновацій / Рябчин О./ <https://ba.org.ua/>
72. Самоцветы и драгоценные камни Украины. Гематит и джеспилит – Украинский краснополосчатый кварцит./ <http://jewellery.org.ua/stones/games83.htm>
73. Трофимчук О.М. Вітроенергетика – альтернатива марновитратній енергетиці / Трофимчук О.М. // Український світ, 1992, № 1-2. – С. 42-43.
74. Турлікьян Т. (21.11.2015). Для 139 країн світу, в тому числі для України, створено план відмови від викопного палива до 2050 року / Турлікьян Т. / <http://ecotown.com.ua/news/>
75. У Чорнобилі відкрили сонячну електростанцію (2 травня 2018) / https://24tv.ua/u_chornobili_vidkrili_sonyachnu_elektrostantsiyu_n961517

76. Україна в перспективі відмовиться від ядерної енергетики (24.10.2017) / <https://hromadskeradio.org/ru/programs/kyiv-donbas/>
77. Україна активно переходить на сонячну енергію: подробиці. (11.06.2018). / <https://www.obozrevatel.com>
78. Україна отримає на проекти «зеленої» енергетики €250 млн. (19.07.2018) / https://dt.ua/ECONOMICS/ukrayina-otrimaye-na-proekti-zelenoyi-energetiki-250-mln-283477_.html
79. Україна підписала в Давосі угоду за проектом вітроенергетики «Сиваш» (23.01.2019) / https://dt.ua/ECONOMICS/ukrayina-pidpisala-v-davosi-ugodu-za-proektom-vitroenergetiki-sivash-300464_.html
80. Україна і Норвегія домовилися розвивати енергетику (28.01.2019) / <https://ukr.segodnya.ua/economics/enews/ukraina-i-norvegiya-dogovorilis-razvivat-energetiku-1212696.html>
81. Українське місто заявило про сенсаційний намір перейти на 100% відновлюваної енергетики. (26.06.2018). / https://24tv.ua/ukrayina_tag1119
82. *Улицький О.* (жовтень 2017). Аналіз поточної гідрогеологічної ситуації в умовах неконтрольованого затоплення гірничих виробок вугільних шахт та вплив цього процесу на формування якісного складу поверхневих та підземних вод в межах територій Донецької та Луганської областей. Інформаційний матеріал. / *Улицький О., Єрмаков В.* – Київ: НДІ екологічної безпеки і управління Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України. – 2017.
83. *Федосенко Н.* (26.03.2018). Потужності біогазових установок в Україні за останніх три роки зросли майже втричі / *Федосенко Н.* / <https://ecotown.com.ua/news/>
84. *Фороствоєц С.* Водород обвалит цены на нефть («Комментарии», 29.09.14) / *Фороствоєц С.* / <http://www.ugmk.info/art/vodorod-obvalit-ceny-na-neft/0.html>
85. *Чугунов Ю.Д.* Эффективная технология обогащения природных и техногенных руд. / *Чугунов Ю.Д., Иванченко В.В.* // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке. Материалы 1-й Международной научно-практической конференции. Москва, 31 марта 2013 г. – С. 38-40.

86. *Чугунов Ю.Д., Иванченко В.В.* Мобільний збагачувальний агрегат. Патент України на корисну модель № 83761. 25.09.2013. Бюл. № 18.
87. *Чугунов Ю.Д.* Обогащение и комплексная переработка бедных гематитовых руд в воздушном потоке / *Чугунов Ю.Д., Иванченко В.В.* // Международная конференция «Форум горняков – 2013» г. Днепропетровск, 02 - 05 октября 2013 года.
88. *Шестопалов В. М. (гл. ред.)* Водообмен в нарушенных условиях. – К: Наукова думка. – 1991. - 528 с.
89. *Яковлев Е.А.* Расчёт объёма депрессии подземных вод в радиальном потоке./ *Яковлев Е.А.* // Экспресс – информация Мингео СССР «Гидрогеология и инженерная геология», №1. - Москва, 1972. - С.1-7;
90. *Яковлев Е.А.* Новые факторы увеличения инженерно-сейсмогеологического риска при крупномасштабном закрытии шахт./ *Яковлев Е.А., Луцкич А.В., Сляднев В.А.* // Уголь Украины, №2-3. – 2002. - С.28-29;
91. *Яковлев Є.О.* Аналіз динаміки підйому рівня підземних вод при закритті шахт як індикатор сталості режиму її затоплення./ *Яковлев Е.А.* // Матеріали науково-практичної конференції «Сучасний стан навколишнього природного середовища промислових регіонів. Проблеми та шляхи вирішення». Товариство Знання, 2004 р. – С.34-36.
92. *Яковлев Є. О.* Теоретичні основи оцінки часу затоплення шахт і кар'єрів // Мінеральні ресурси України. – 2010, № 2. – С. 35–39.
93. *Яковлев Є. О.* Асиміляційний потенціал геологічного середовища гірничодобувних регіонів України як провідний показник екологічних проблем надрокористування // Мінеральні ресурси України. – № 4, 2015. – С. 37–43.
94. *Яковлев Є.О.* Аналіз розвитку поля карстово-провальних деформацій Солотвинського солерудника. / *Яковлев Є.О., Анпілова Є.С.* // У колективній монографії «Інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: розробки та досягнення до 100-річчя Національної академії наук України» за матеріалами XVII Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 25-26

- вересня 2018 р.) За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон»), 2018. – С. 58-61.
95. Agora Energiewende and Sandbag (2017): Energy Transition in the Power Sector in Europe: State of Affairs in 2016. Review on the Developments in 2016 and Outlook on 2017. / www.sandbag.org.uk
www.agora-energiewende.de
 96. *Aryblia M. and Tsoutsos T.* (2018) Heating and cooling to a certain degree / Energy Atlas: Facts and figures about renewables in Europe 2018. - First English edition, April 2018. – Pp. 28-29. / Енергетичний Атлас Європи
 97. *Chugunov Y, Ivanchenko V.* Technology for enrichment and reprocessing of slag waste incineration plants. Proceedings of XVI Balkan Mineral Processing Congress. Belgrade, Serbia, June 17-19, 2015, v. II, p. 859 - 860.
 98. Energy Atlas: Facts and figures about renewables in Europe 2018 / jointly published by Heinrich Bull Foundation, Berlin; Friends of the Earth Europe, Brussels; European Renewable Energies Federation, Brussels; Green European Foundation, Luxembourg.– First English edition, April 2018. – 56 p. / Енергетичний Атлас Європи
 99. Environmental impacts of coal. (16 March 2015). / <https://www.sourcewatch.org/index.php/>
 100. European Commission. Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities. 2009. Available from: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/mmr_adopted_0109.pdf.
 101. *Hotelling H.* The Economics of Exhaustible Resources // Journal of Political Economy, 1931/ Vol. 39. N 2. P. 137-175.
 102. <http://sankiev.com.ua/shho-take-landshaftnij-dizajn-wikipedija/>
 103. *Ivanchenko Vladislav, Chugunov Yuri, Ivanchenko Alla.* Mineralogy and dry concentration of the ores of hematite and goethite. Proceedings of XVI BALKAN MINERAL PROCESSING CONGRESS. Belgrade, Serbia, June 17-19, 2015, v. I, p. 219 - 222.
 104. *Księżopolski K.* (2018) Neighbors power to all our friends: the inconsistency of policies / Energy Atlas: Facts and figures about renewables in Europe 2018. - First English edition, April 2018. – Pp. 48-49. / Енергетичний Атлас Європи

105. *Kulikovska O. Y.* Innovative solution of mapping process of accident site / *O. Y. Kulikovska, Y. Y. Atamanenko, O. K. Kopayhora* // East European Scientific Journal. Warsaw, Poland. - 2018. - № 3 (31). Part 3. P. 15-22.
106. *Lottermoser, B.G.*, Recycling, Reuse and Rehabilitation of Mine Wastes. Elements, 2011. 7: p. 405-410.
107. *Lottermoser, B.*, Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts, 2012, Springer: New York. p. 400.
108. Minerals and Metals Fact Book – 2016 // Natural Resources Canada. – 2016. – 116 p.
109. *Mohan Yellishetty, Vanda Karpe, E.H. Reddy, Last Ranjith P.G.* Reuse of iron ore mineral wastes in civil engineering constructions: A case study. Resources Conservation and Recycling 52(11):1283-1289 · September 2008.
110. *Rajaram, R. and R.E. Melchers*, Chapter 6: Waste Management, in Sustainable Mining Practices -- A Global Perspective, V. Rajaram and S. Dutta, Editors. 2005, A. A. Balkema Publishers, a member of Taylor & Francis Group: Leiden, The Netherlands. p. 193-230.
111. Risk Assessment Report of Advisory Mission to Ukraine “Solotvyno salt mine area”. Union Civil Protection Mechanism of EU. October 2016. – 134 p.
112. *Sampat P.* (2003) Scrapping Mining Dependence, Worldwatch Institute, 2003.
113. *Turmes C.* (2018) Vision: Looking to be leader / Energy Atlas: Facts and figures about renewables in Europe 2018. - First English edition, April 2018. – Pp. 12-13. / Енергетичний Атлас Європи
114. Van Zyl, D., et al. Mining for the Future. 2002; Available from: [http://www.mining.ubc.ca/mlc/presentations pub/Pub_LVW/68_mftf-mainreport.pdf](http://www.mining.ubc.ca/mlc/presentations/pub/Pub_LVW/68_mftf-mainreport.pdf).

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Довгий Станіслав Олексійович
Трофимчук Олександр Миколайович
Коржнев Михайло Миколайович
Яковлев Євген Олександрович
Чумаченко Сергій Миколайович
Іванченко Владислав Вікторович
Куліковська Ольга Євгенівна
Курило Марія Михайлівна
Анпілова Євгенія Сергіївна
Кошарна Софія Костянтинівна
Стеценко В'ячеслав Валерійович
Чугунов Юрій Давидович

**СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ
ДОНЕЦЬКОГО ВУГІЛЬНОГО І КРИВОРІЗЬКОГО
ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНІВ В УМОВАХ
ТРАНСФОРМАЦІЙ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СФЕРИ**

Текст наведено в авторській редакції.
Оригінал-макет авторський

Підписано до друку 3.03.2019. Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк офсетний.
Умовн. друк. арк. 8,84. Наклад 300 пр. Зам.№34.

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

Видання здійснено за участі ТОВ «Консент».

Віддруковано у ТОВ «Зеніт». 21100, м. Вінниця, вул. 1 Травня, буд.30а.
Свідоцтво №34213919 від 15.08.2005