



# СТАЛИЙ РОЗВИТОК:

ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ. ЗБАЛАНСОВАНЕ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Колективна монографія

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.  
ЗБАЛАНСОВАНЕ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

Колективна монографія

Київ  
Яроченко Я.В.  
2024



Міністерство освіти і науки України  
Львівська обласна державна адміністрація  
**Національний університет «Львівська політехніка»**  
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола  
Західний науковий центр НАН України і МОН України  
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

# **СТАЛИЙ РОЗВИТОК: ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ. ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

Колективна монографія

*За редакцією проф. Мальованого М. С.*

Київ  
Яроченко Я.В.  
2024

УДК 502.17

С 76

DOI <https://doi.org/10.51500/7826-56-8>



Міністерство освіти і науки України  
Львівська обласна державна адміністрація  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола  
Західний науковий центр НАН України і МОН України  
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

*Рекомендовано Вченою радою  
Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління  
(протокол № 5-24 від 12.11.2024 року)*

*Відповідальний за випуск:*

**Вронська Н. Ю.** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка».

*Рецензенти:*

**Пляцук Л. Д.** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій Сумського державного університету.

**Шмандій В. М.** доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та біотехнологій Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського.

**Адаменко Я. О.** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

**Масікевич Ю. Г.** доктор біологічних наук, професор, професор кафедри гігієни та екології Буковинського державного медичного університету.

С 76      **Сталий розвиток:** захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : кол. монографія / [авт. кол. : Русин І., Дячок В., Скиба В., Вознюк Н. та ін.] / за ред. проф. Мальованого М. С. — Електрон. дан. — Київ : Яроченко Я. В., 2024. — 420 с. : рис., табл. — on-line.

**ISBN 978-617-7826-56-8 (on-line)**

Монографію присвячено освітленню результатів наукових доповідей, оголошених на VIII Міжнародному конгресі (16-18 жовтня 2024, Україна, Львів) де було розглянуто наукові дослідження авторів у сфері: екології, екологічної та цивільної безпеки, туризму, підприємництва та біржової діяльності тощо.

Рекомендовано для науковців, викладачів, аспірантів, докторантів тощо.

**УДК: 502.17**

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>РОЗДІЛ 1 «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ<br/>СТАЛОГО РОЗВИТКУ».....</b>                                                                                                                    | <b>5</b>   |
| 1.1. <b>Русин І.Б., Дячок В.В.</b><br>Роль пасивної технології зелених дахів у сталому<br>розвитку.....                                                                                        | 6          |
| 1.2. <b>Скиба В., Вознюк Н.</b><br>Управління якістю поверхневих вод у контексті сталого<br>розвитку.....                                                                                      | 23         |
| 1.3. <b>Скиба В., Ганчук М., Аюбова Е.</b><br>Світовий досвід інтеграції екологічної освіти (освіти для<br>сталого розвитку) в систему вищої освіти.....                                       | 72         |
| 1.4. <b>Лукашов Д.В., Тесьолкіна Т.С.</b><br>Особливості функціонування біогеохімічних циклів Cu, Ni<br>та Cd в умовах екосистем грабових дібров середнього<br>Придніпров'я.....               | 107        |
| 1.5. <b>Євдокимов С.О.</b><br>Інноваційна модернізація кіберфізичних систем для підтримки<br>сталого розвитку.....                                                                             | 149        |
| 1.6. <b>Saienko T.V., Dudar T.V.</b><br>Ukraine is Facing Environmental and Ethical Problems of the<br>World.....                                                                              | 167        |
| 1.7. <b>Bobro N.</b><br>Implementation of the Digital University Concept to Achieve<br>Sustainable Development.....                                                                            | 181        |
| 1.8. <b>Гачкевич А.</b><br>Концепція екологічних прав: підхід Васака щодо поділу прав<br>людини на покоління.....                                                                              | 193        |
| 1.9. <b>Мокрий В.І., Казимира І.Я., Арустамян Е.М.,<br/>Бондарь В.І.</b><br>ГІС-технології забезпечення сталого розвитку<br>НПП «Північне Поділля».....                                        | 207        |
| <b>РОЗДІЛ 2 «ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРЕЖЕННЯ<br/>БІОРІЗНОМАНІТТЯ, МОНІТОРИНГ, АУДИТ, СИСТЕМНИЙ<br/>АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ, ПЕРСПЕКТИВНІ<br/>ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ».....</b>                | <b>221</b> |
| 2.1. <b>Федонюк В.В., Іванців Я.В., Федонюк М.А., Іванців В.В.</b><br>Розробка інтерактивної карти «Кліматичні зміни в<br>Черемському ПЗ» та оцінка впливу цих змін на<br>біорізноманіття..... | 222        |

|       |                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.2.  | <b>Мудрак К.В., Березіна Н.О.</b><br>Оптимізація впливу на довкілля протиожеледних матеріалів.....                                                                                                                      | 238 |
| 2.3.  | <b>Гайдучок О.Г., Кануннікова Н.О., Томашевський Р.С., Воробйов Б.В., Сакун А.О.</b><br>Застосування пристроїв для очищення та дезінфекції води в умовах надзвичайних екологічних ситуацій.....                         | 254 |
| 2.4.  | <b>Дячок В.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т.</b><br>Вплив диоксиду сульфуру на процеси поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікроводоростями.....                                                              | 277 |
| 2.5.  | <b>Петрушка К.І., Мальований М.С., Петрушка І.М., Бондар О.І.</b><br>Методи визначення індексів небезпеки для ґрунтів забруднених токсичними сполуками внаслідок військових дій в Україні на прикладі міста Львова..... | 301 |
| 2.6.  | <b>Назаревич Л.Є., Назаревич А.В., Ніщименко І.М., Назаревич Р.А.</b><br>Про сейсмічну уразливість території України.....                                                                                               | 327 |
| 2.7.  | <b>Мадані М.М.</b><br>Обезпилювання повітря виробничих приміщень підприємств деревообробки.....                                                                                                                         | 345 |
| 2.8.  | <b>Криховець О.В.</b><br>Моніторинг нітратного забруднення джерельної води.....                                                                                                                                         | 392 |
| 2.9.  | <b>Уланов М.М.</b><br>Дослідження технологічної, екологічної та економічної доцільності великомасштабного виробництва низьковуглецевого водню в Україні.....                                                            | 404 |
| 2.10. | <b>Петрук В.Г., Гавадза С.В., Єрмаков В.М., Петрук Р.В., Лубенська Н.В.</b><br>Аналіз перспектив постмайнінгу гірничорудних об'єктів та декарбонізації і екологізації мінерально-сировинних ресурсів Вінниччини.....    | 420 |

## **АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ПОСТМАЙНІНГУ ГІРНИЧОРУДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ І ЕКОЛОГІЗАЦІЇ МІНЕРАЛЬНО- СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ ВІННИЧЧИНИ**

**Петрук В.Г.**, Вінницький національний технічний університет, Вінниця,  
Україна

**Гавадза С.В.**, Вінницький національний технічний університет, Вінниця,  
Україна

**Єрмаков В.М.**, Державна екологічна академія післядипломної освіти та  
управління, Київ, Україна

**Петрук Р.В.**, Вінницький національний технічний університет, Вінниця,  
Україна

**Лубенська Н.В.**, Бохумський технічний університет ім. Георга Агріколи,  
Бохум, Німеччина

### **Abstract**

The paper analyzes the environmental aspects of mineral extraction and proposes measures to improve the environmental safety of mining in Vinnytsia region. The assessment and calculations of the technogenic impact of mining activities on air, risks and health of the population, aquatic ecosystems, soils, climate, flora and fauna are described. Measures have been developed to minimize the environmental impact of mining activities.

An overview of the mineral resources of Vinnytsia region is provided, promising deposits for industrial development are analyzed, post-mining measures for mining facilities are studied, environmental problems associated with mining activities are analyzed, the impact of mining operations on erosion processes, soil degradation, and local climatic conditions was investigated. The environmental risks associated with technological processes of mining were analyzed, and the use of "green" technologies was reviewed to improve the environmental condition of mining facilities and mining activities, and to predict positive socio-economic effects.

The purpose of the work is to develop a set of environmental safety measures for mining enterprises of the Vinnytsia region, which would ensure the sustainable functioning of the mining industry with minimal impact on ecosystems.

Keywords: mining, post-mining, minerals, environmental assessment, environmental safety, air, soil, aquatic ecosystems.

## **Вступ**

Вінниччина багата не тільки своїми чорноземами, але й різноманітними мінерально-сировинними ресурсами і, у першу чергу, невичерпними промисловими запасами гранітів, каолінітів, вапняків, пісковиків та інших корисних копалин. Усі вони переважно добре доступні для видобування і знаходяться майже на поверхні території області. Разом з тим, видобування та промислове використання цих запасів здійснюється не у повній мірі внаслідок обмеження фінансових та інвестиційних ресурсів, а на даному етапі – російської війни в Україні. Усі вони так чи інакше чинять тиск на довкілля, соціальну сферу і потребують уваги з боку держави. Разом з тим, багато із розвіданих родовищ мають значну перспективу їх освоєння в промислових масштабах, а вироблені кар'єри та прилеглі ландшафти потребують невідворотних постмайнінгових заходів, зокрема по їх декарбонізації, екологізації та зеленій трансформації (Снісар, Бент & Яцун, 1991; Кабінет Міністрів України, 1999, 2017; Швейцарсько-український проект DESRO, 2020; Петрук Р., Петрук В. & Кравець, 2021; Рудько & Яковлєв, 2020; Андрєєв, 2016; Рудько, 2006; Петрук В., Петрук Р., Іщенко & Гавадза, 2023; Петрук В., Єрмаков, Лубенська & Петрук Р., 2023; Єрмаков, Яковлєв, Чумаченко, Петрук, Дятел, Карпенко & Лубенська, 2024; Распутна, 2011; Давидова & Левицька, 2006; Бакка, Гуменюк & Редчиць, 2004; Звіт з оцінки впливу на довкілля, 2019, 2021; Руденко, 2011; Сергєєв & Білецький, 2008).

**Актуальність теми** зумовлена екологічними проблемами гірничодобувної діяльності у Вінницькій області та необхідності розробки ефективних природоохоронних заходів, впровадження сучасних екологічно

орієнтованих технологій постмайнінгу, а також створення системи управління відходами і відвалами, рекультивації порушених земель, захисту водних ресурсів і зменшення викидів забруднювальних речовин у повітря.

**Новизна одержаних результатів** полягає у створенні інтегрованої моделі екологічного управління та постмайнінгу гірничодобувних підприємств області, яка базується на поєднанні сучасних технологічних рішень, нормативних вимог та економічних інструментів стимулювання екологічної відповідальності.

**Мета роботи** полягає в розробці комплексу заходів екологічної безпеки та постмайнінгу гірничодобувних підприємств Вінницької області, які б забезпечували стале функціонування видобувної галузі із мінімальним впливом на екосистеми.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі **завдання**:

1. Дослідження екологічних аспектів гірничого видобутку і мінерально-сировинних ресурсів у Вінницькій області та аналіз сучасного стану постмайнінгу корисних копалин в регіоні.

2. Оцінка техногенного впливу видобувної діяльності на навколишнє середовище, зокрема на повітря, водні ресурси, ґрунти та біорізноманіття.

3. Аналіз механізмів забезпечення екологічної безпеки видобутку корисних копалин із використанням сучасних технологій і управлінських рішень.

4. Розроблення науково-практичних рекомендацій та заходів мінімізації техногенного впливу видобувної діяльності, включаючи рекультивацію земель, очищення водних ресурсів та впровадження «зелених» технологій і механізмів постмайнінгу.

5. Обґрунтування економічної доцільності впровадження екологічних та постмайнінгових заходів у діяльність гірничодобувних підприємств Вінниччини.

## **Характеристика мінерально-сировинних ресурсів Вінниччини**

На території області геологічною службою України виявлено та розвідано велику кількість родовищ корисних копалин, зокрема: флюорити (Бахтинське родовище), фосфорити (Жванське), буре вугілля (Бруслинівське), гранати (Слобідське), радонові мінеральні води (Хмільницьке та Немирівське), первинні каоліни (Велико-Гадомиринецьке та Глухівецьке), крейдоподібних вапняків і опок для випилювання стінових блоків (Немійське, Гальжбіївське), високоякісного трепелу (Могилів-Подільське, Шлишковецьке). У цих же відкладах формується знаменита вода «Регіна». При цьому палеогенові поклади містять пласти бурого вугілля та торфу (Бруслинівське, Оратівське, Філіопольське родовища), а також понад 300 родовищ будівельної сировини (вапняки, піски, глини тощо) та понад 20 родовищ прісних та мінеральних вод (Бронницьке, Садковецьке та ін.). Але, зрозуміло, що основною корисною копалиною у нашій області є граніти Українського кристалічного масиву (щита, фундаменту), складеного архей-протерозойськими метаморфічними та магматичними породами, вік яких сягає 1,5 - 3,5 млрд. років. Крім того, в області є породи гнейсів, кристалічних сланців, мігматитів, чарнокітів, ендербітів, дайків габбро-діапазів та інших корисних копалин з глибинами залягання від безпосередніх виходів на поверхню до 150-300 м вглиб і більше. Глибина поширення самих кристалічних порід сягає іноді десятки кілометрів. Вони пронизані жилами кварцитів, слюди, подекуди з лінзами бурого вугілля. Є на території Вінницької області алмази (Тиврівщина, Оратівщина та Липовеччина). Знайдені розсипи золота у алювії Дністра, а також прояви міді, цинку, свинцю та полімінерали у Могилів-Подільському та Мурованокуриловецькому районах. Відомі також проявлення молібдену, вольфраму, нікелю, кобальту, ртуті, а також графіту, рідкоземельних та радіоактивних елементів.

Значні поклади високоякісної алюмінієвої сировини, крім каоліну, розвіданих бокситів біля с.Велика Кісниця Ямпільського району. Залізні руди виявлені біля с. Петрик Літинського району, хоча із незначними обсягами

поклади, що не можуть мати промислових масштабів. Також на Вінниччині зосереджені значні запаси титано-цирконієвих руд: ільменіту, рутилу, лейкосену, циркону (Зеленоярське родовище поблизу с. Новоживотів Оратівського району), які залягають або неглибоко (10-40 м), або й зовсім виходять на поверхню з вмістом цих рудних матеріалів до 200-500 кг на тонну піщаної суміші і їх запаси вимірюються сотнями тисяч тонн.

Запаси бурого вугілля області оцінюються близько 50 млн. тонн (Оратівське, Бруслинівське родовища) та біля с. Гущинці Калинівського району на глибинах від 6 до 76 м. Зольність такого вугілля сягає 18-30%, теплота згоряння становить  $5-6 \cdot 10^3$  ккал/кг. Це вугілля містить 10% бітумів та 20-25% смол і воно добре брикетується навіть без зв'язувальних речовин.

Особливої уваги заслуговує Бахчинське родовище флюоритів ( $\text{CaF}_2$ ) у Мурованокуриловецькому районі, які застосовуються з успіхом у багатьох галузях, але найбільше у металургії, як флюсуюча добавка, що значно знижує температуру плавлення руд. Вміст  $\text{CaF}_2$  у рудах від 11 до 41%. Крім того, на цьому родовищі є кварцево-польові шпати.

Фосфорити на Вінниччині в основному представлені у Могилів-Подільському районі у вигляді конкрецій кулястої, жовтої, зернової та черепашкової форм. Кулясті фосфорити розміром 5-25 см, що мають вміст  $\text{P}_2\text{O}_5$  до 34-38%, придатні для виготовлення суперфосфату і фосфоритного борошна і донедавна видобувались біля сіл Бернашівка і Теклівка Могилів-Подільського району. З огляду на незначну рентабельність вітчизняних фосфоритів та слідів апатитів, сьогодні Україна їх поставляє переважно з Казахстану та Алжиру. Апатити на Вінниччині (с. Тропове Могилів-Подільського району) доволі збіднені (2-4,2%), тому не виявляють промислового інтересу. Кулясті фосфорити розвідані також біля с. Жван Мурованокуриловецького району, що містять жовтові та зернисті фосфорити з концентрацією в рудах від 2 до 9%, а у збагачених концентратах і до 14-16%, проте переробка їх на даному етапі є нерентабельною. При цьому фосфоритне борошно містить до 30-40%

глауконіту з концентрацією  $K_2O$  до 6-7% і може слугувати відмінним калійно-фосфатним добривом.

Вінниччина також славиться своїми запасами каолінів (Велико-Гадоминецьке та Глухівецьке родовища), які після збагачення використовуються при виробництві паперу, пластмас, гуми, кераміки, фаянсу і фарфору, а також в парфумерній промисловості. За запасами каоліну на Вінниччині зосереджено близько половини розвіданих обсягів первинних каолінів України. Основним із них є Глухівецьке родовище первинних каолінів, у якому і до сьогодні видобувається понад 1 млн. тонн каоліну-сирцю, а також понад 200 тис. тонн збагаченого кварцового піску. При цьому, як відомо, в родовищах каолініту (крім найбільш крупних, що вище зазначені, ще Жежелівське, Турбівське та Рогізнянське) міститься переважно від 45 до 60% піску у вигляді  $SiO_2$  та, власне, білої глини – каоліну (20- 35%) у вигляді значною мірою  $Al_2O_3$  з невеликими включеннями оксидів титану, заліза, магнію, кальцію, калію, натрію та сірки (оксидів титану – в околі відсотка, а решта – соті відсотка). Висока білизна і дисперсність каолінового концентрату з родовищ Вінниччини визначають основні напрямки його використання: для наповнення і покриття вищих сортів паперу, а також як наповнювач білої і кольорової гуми. Встановлена придатність його для виробництва радіотехнічних виробів, ультрамарину, електротехнічного силуміну, недротяних резисторів. У зв'язку з низькою механічною міцністю, у виробках тонкої і електрокераміки каолін може використовуватися, в основному, як добавка (20-50%) до більш міцного, наприклад, просянівського каоліну.

Комплекс досліджень, виконаних недавно французькими і українськими лабораторіями та Гренобльським паперовим центром для визначення білизни, абразивності, реології, кристалографії, гранулометричного розподілу часток каоліну підтвердив, що концентрати з первинного каоліну Великогадоминецького родовища не поступаються перед кращими всесвітньо відомими марками каолінів для крейдування паперу, які виробляють компанії "Інгліш Чайна Клейз" (ІЧК), Англія та "ДжорджіяКаолін" (ДК), США. Об'єм міжнародної

торгівлі каоліном складає приблизно 6 млн. тонн на рік, з них 50-60% припадає на торгівлю каоліном для виробництва паперу. Є на території області також чимало родовищ вторинної каолінової сировини та копалень з потужними запасами, зокрема Паланківське поблизу Вапнярки, але вони до цього часу не набули промислових масштабів.

На Вінниччині є також значні поклади вапняків, які, з одного боку, використовуються на цукрових заводах (вапняковий камінь, як фільтр забрудненої бурякової маси), а, з іншого боку, для випалювання вапна. Розвідані запаси вапняків складають понад 40 млн. тонн. Крім того, вапняки використовують для виробництва цементу та силікатної цегли. Сировиною для виробництва вапна в області служать неогенові вапняки сарматського ярусу, які містять 85-99%  $\text{CaCO}_3$ , не більше 5-8%  $\text{SiO}_2$ , 2-3 %  $\text{MgO}$  та незначну кількість інших оксидів. А ще вапнякове борошно можна успішно використовувати для вапнування (нейтралізації) ґрунтів з підвищеною кислотністю. Крім того, щільний вапняк розпилюють на стінові блоки, які використовують у будівництві. Вапняки поширені на значній території області від Бару і Жмеринки до Крижополя та південно-західних її околиць. Їх ресурси необмежені.

Як вапняки, так і запаси гранітів у області практично невичерпні. Варто при цьому наголосити, що на Вінниччині, у Калинівському районі розташоване єдине в Україні детально розвідане Слобідське родовище гранату із запасами в 673 тис. тонн. Це поруч із Іванівським родовищем граніту. Гранату у граніті близько 27%. Мікротвердість гранатів 1400-1500 кг/мм<sup>2</sup>. Гранат – це чудовий абразив і є досить вартісним мінералом, який відноситься до силікатів острівної структури і, здебільшого, складається із оксидів кремнію, іонів заліза, ванадію, марганцю, алюмінію, титану, хрому, а також ітрію тощо. Крім того, у Талаліївському родовищі (Погребіщенський район) розвідані поклади опалу – твердого гідрогелю оксиду кремнію, близького до кварцу, що має художньо-декоративні якості з ефектом гри кольорів, як при опалесценції. Тут середній вихід опалу в пеліканітах на 1м<sup>3</sup> породи до 1,4 кг. Вартість благородного опалу

сягає іноді до декількох сотень доларів і більше за 1 карат (0,2 г). З пеліканітів є можливість одержання низькотемпературного швидко твердіючого склोलітового цементу, що переважає аналоги з діатомітів і трепелів.

На Вінниччині, зокрема на Лукашівському родовищі (Літинщина), розвідані запаси флюгопіту і мусковіту – малозалізистих слюд, що використовуються в електро- та радіотехнічній промисловості, як теплоізоляційний матеріал. Поблизу с. Райгородок (Гайсинський район) виявлено також слюдяний вермікуліт. Територія області багата запасами керамічної сировини – трепелу та кварцових пісків для виробництва скла, а також цементної сировини, тобто вапняків і глин, тонкозернистих пісків та суглинок (Рівське та Тартакське родовища, Жмеринський район). У виробництві цементів можуть застосовуватись, як добавки, деякі відходи, зокрема: фосфогіпс колишнього Вінницького хімзаводу, зола і шлаки Ладижинської ТЕС, а також відходи цукрозаводів у вигляді дефекату.

Отже, запаси гранітів поширені на всій території області. При цьому, хоч і Вінниччина поступається за якістю кристалічних порід монолітного каменю перед Житомирщиною, але за запасами та кількістю гранітних кар'єрів вона є одним із лідерів в Україні, зокрема сировини для виробництва щебеню та бутового каменю. Відтак, в області розвідано 83 родовища буто-щебеневої сировини із сумарними запасами понад 440 млн. м<sup>3</sup>. При цьому освоєно 48 родовищ. Тут за обсягами виділяються Жежелівське родовище (18425 тис.м<sup>3</sup>), Сабарівське (13659), Стрижавське (14322), Кузьминецьке (14915), Демидівське (54203), Кальницьке (19110), Іванівське (33256), Писарівське (16447), Староживотівське (15537), Витавське (24720), Ладижинське (15210) та ін. Більшість із них нині розробляються і експлуатуються у вигляді кар'єрів і спецкар'єрів.

Досить поширена на території Вінницької області і цегельно-черепична сировина для облицювальної та пустотілої цегли, керамічних блоків, але більшість цегельних заводів Вінниччини виробляють повнотілу ординарну цеглу марки 75-100. В області функціонує понад 100 цегельних заводів з

сумарною потужністю далеко за 100 млн. штук цегли на рік. Розвідано понад 160 родовищ цегельної сировини, освоєно 76, а понад 40 кар'єрів розробляються. При цьому кращою цегельно-черепичною сировиною є неогенові глини Придністровської смуги з найбільш відомим Вендичанським родовищем (11096 тис. м<sup>3</sup>) та іншими родовищами лесовидних четвертинних суглинків та бентонітових глин, що містять оксиди: переважно SiO<sub>2</sub> 50-60%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ≈ 10-20%, а також CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та ін. Із цих глин виготовляють, крім цегли, і керамзит, як легкий заповнювач, а також пінобетони (ніздрюваті бетони) та ін.

На території області також поширені піщані родовища і кар'єри із сумарним балансом понад 60 млн.м<sup>3</sup>. При цьому вивчено та оцінено понад 100, а експлуатуються понад 30 родовищ мілкозернистих пісків. Деякі із них потребують збагачення (промивання). Піски найкращої якості розташовані на Дністровських терасах, зокрема: Вендичанське, Немійсько-Юрковецьке, Дзигівське родовища та ін. Грубозернисті піски техногенного походження накопичуються на Глухівському та Турбівському каолінових заводах після збагачення каоліну.

Територія області також багата покладами торфу. Особливо багато його зосереджено в північно-західній частині Вінниччини. Розвідані і числяться на державному балансі 47 родовищ із загальним запасом понад 9,5 млн.тонн. Найбільші ділянки – Згарівське (с.Багринівці) та Війтівцеве родовища. Вінниччина багата також якісними мінеральними та прісними водами, зокрема лікувальними радоновими водами Хмільника та Немирова. Вони здебільшого знаходяться у тріщинуватій зоні кристалічних порід докембрію. Відносяться до типу гідрокарбонатних магнієво-кальцієвих з мінералізацією 0,4-0,8 г/дм<sup>3</sup>.

Отже, на Вінниччині розвідано понад 750 родовищ корисних копалин, багато з яких розробляються і експлуатуються, зокрема: апатити – 1, вапняки – 90, вода мінеральна – 69, вода прісна – 44, вугілля буре – 4, глина – 36, гранати – 1, граніти – 107, каолін – 17, кварц – 1, крейда – 4, опока – 5, пісковики і піски – 96, суглинки – 273, торф – 38, трепел – 4, польовий шпат – 3, фосфорити – 1, фосфатна крейда – 7 (Снісар та ін., 1991; Кабінет Міністрів України, 2017;

Швейцарсько-український проект DESRO, 2020; Петрук та ін., 2021; Петрук В., Петрук Р. та ін., 2023; Петрук В., Єрмаков та ін., 2023).

### **Перспективні родовища для промислового освоєння**

Подаємо аналіз переліку найбільш перспективних родовищ, які не експлуатуються, але які можуть бути сприятливими для розробки і видобутку корисних мінерально-сировинних ресурсів. Це, у першу чергу, Зеленоярське титано-цирконієве родовище металевих руд, а також розвідані і ті, що експлуатуються, поклади первинних каолінів, оскільки теперішні родовища задовольняють лише на 4-10% західноєвропейський ринок. Заслужують на увагу також Бахтинське родовище флюориту, поклади фосфатно-глауконітових руд та фосфатної крейди, трепелу, вапнякового каменю. Не використовується у повній мірі наш найбільший в Україні потенціал гранітних ресурсів. Крім того, родовища торфу практично не використовуються ні для енергетичних цілей, ані для сільськогосподарських чи дачних потреб.

Мінерально-сировинний потенціал області використовується далеко не в повній мірі, особливо протягом останніх років. Деякі перспективні види сировини досі залишаються взагалі не освоєними. Повністю зупинені роботи на десятках родовищ, що розроблялися раніше, в тому числі і на окремих родовищах якісної сировини, з сприятливими умовами видобутку, розташованих у вигідних транспортних умовах.

При цьому область, як було зазначено вище, багата на неметалеві корисні копалини. В першу чергу, це родовища первинних каолінів, які є одними з найбільших і найкращих не тільки в Україні а й у Європі. В області на сьогодні виробляється близько 70 тис. тонн каолінового концентрату, що складає 10-15% від рівня початку 80-х років. Найбільше в Україні за запасами Бахтинське родовище флюориту може стати сировинною базою цього необхідного для вітчизняної металургії компоненту.

Поклади фосфатно-глауконітових руд та фосфатної крейди можуть бути використані для виготовлення місцевих фосфорних добрив та меліорантів.

Разом з тим, вважаємо, що на цих родовищах фосфоритів може бути організоване добування і виробництво фосфоритно-глауконітового борошна без додаткового збагачення, яке можна з успіхом використовувати у сільськогосподарському виробництві.

Найкращі в Україні за якістю трепели та найбагатші з відомих проявлення опалу слід розглядати як перспективні види сировини, які можуть бути освоєні після довивчення.

Як відомо, область займає одне з перших місць в Україні за запасами придатного для розпилювання вапнякового каменю – дешевого, екологічно чистого і ефективного будівельного матеріалу. Перспективним є розробка родовищ, на яких можливе випилювання блоків відкритим способом та освоєння нового типу пиляного каменю – крейдоподібних вапняків і опоковидних порід.

Заслужують уваги окремі родовища облицювального каменю – гранітів і пісковиків, на яких при незначних затратах може бути організовано виробництво колотих та тесаних виробів: бруківки, бордюрів, східців, плит тощо. Крім того, запаси гранітів для виробництва щебеню в області майже невичерпні, тоді як західніше та південніше, аж до державного кордону і далі, родовищ граніту взагалі немає. Це питання також актуальне у зв'язку з початком будівництва міжнародних транспортних коридорів.

Не зважаючи на значне поширення і великі запаси досить якісного вапнякового каменю, як вапняки, так і сам камінь для цукрових заводів та Ладизинського заводу силікатної цегли завозиться з інших областей. Так само в область завозиться облицювальна цегла, керамічні блоки і черепиця, хоча раніше вони успішно виготовлялися в Вендичанах та в інших місцях. Також завозиться у Вінницю з інших областей звичайний митий річковий пісок, хоча на її околицях є в достатній кількості і піски, і вода для їх перемивання.

В області, за винятком керамзитового гравію, не виробляються теплоізоляційні будівельні матеріали, хоча в достатній кількості є сировина для виробництва, наприклад, пінобетонних виробів.

Мінеральні лікувальні та столові води інтенсивно почали освоюватися тільки останнім часом. Якщо майже на усіх відомих родовищах лікувально-столових вод ведеться розлив, або йде підготовка до нього, то значна кількість потужних джерел та свердловин з вивченими високоякісними столовими водами ще не використовуються. Окремі з них розташовані в досить вигідних транспортних умовах. Перелік найбільш перспективних об'єктів приведено в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1

Найбільш перспективні детально розвідані родовища,  
що на даний час не експлуатуються

| Район                                                    | Родовище                      | Сировина                  | Запаси,<br>тис.м <sup>3</sup><br>(тонн) |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| 1                                                        | 2                             | 3                         | 4                                       |
| <b>ТИТАНО-ЦИРКОНІЄВА СИРОВИНА</b>                        |                               |                           |                                         |
| Оратівський                                              | Зеленоярське                  | титано-цирконієві<br>руди | (nx10 <sup>5</sup> )                    |
| <b>КАОЛІНИ</b>                                           |                               |                           |                                         |
| Козятинський                                             | Велико-Гадомирнецьке          | каолін первинний          | (210 000)*                              |
|                                                          | Жежелівське                   | каолін первинний          | (24 090)                                |
| <b>КАМІНЬ ДЛЯ ПИЛЯНИХ СТИНОВИХ БЛОКІВ</b>                |                               |                           |                                         |
| Томашпільський                                           | Стінянське                    | вапняк-черепашник         | 42 154                                  |
|                                                          | Стіна (Русавське)             | вапняк-черепашник         | 9 883                                   |
| Могилів-Подільський                                      | Немійське                     | кремниста крейда          | 903                                     |
| Шаргородський                                            | Деребчинське (діл.Адамівська) | вапняк-черепашник         | 6 251                                   |
| <b>ВАПНЯКИ ДЛЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВАПНА</b>                     |                               |                           |                                         |
| Могилів-Подільський                                      | Немійське                     | вапняк                    | (6 706)                                 |
| Томашпільський                                           | Вила                          | вапняк                    | (95 450)                                |
| Жмеринський                                              | Рівське                       | вапняк                    | (10 706)                                |
| <b>СИРОВИНА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАПНЯКОВОГО БОРОШНА</b>     |                               |                           |                                         |
| Ямпільський                                              | Гальжбіївське                 | крейда                    | (3 845)                                 |
| <b>СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ І БУТОВОГО КАМЕНЮ</b> |                               |                           |                                         |
| Жмеринський                                              | Демидівське                   | граніт                    | 54 203                                  |
|                                                          | Володимирівське               | граніт                    | 12 196                                  |
| Літинський                                               | Малинівське                   | ендербіт<br>(гранодіорит) | 5 785                                   |
| Гайсинський                                              | Кузьминецьке                  | граніт                    | 14 915                                  |
| Калинівський                                             | Павлівське                    | граніт                    | 6 530                                   |
| Іллінецький                                              | Дашівське                     | граніт                    | 5 900                                   |
| Ямпільський                                              | Цекинівське                   | галька, гравій            | 1 020                                   |

Продовження таблиці 1

| 1                                                        | 2                                   | 3                     | 4        |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------|
| <b>СИРОВИНА ДЛЯ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ, БЛОКІВ ТА ЧЕРЕПИЦІ</b> |                                     |                       |          |
| Могилів-Подільський                                      | Вендичанське-2                      | глина                 | 2 026    |
| Жмеринський                                              | Тартацьке                           | глина                 | 4 849    |
|                                                          | Жмеринське                          | глина                 | 766      |
| Піщанський                                               | Дмитрашків-Трудівське               | глина                 | 3 358    |
| Козятинський                                             | Козятинське                         | суглинок              | 1 129    |
| Калинівський                                             | Іванівське                          | суглинок              | 782      |
| <b>ПІСКИ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ</b>                       |                                     |                       |          |
| Вінницький                                               | Бохоницьке                          | пісок                 | 1 706    |
| Липовецький                                              | Приборівське                        | пісок                 | 1 828    |
| Гайсинський                                              | Гунчанське                          | пісок                 | 687      |
| <b>ПІЩАНО-ГРАВІЙНІ СУМІШІ</b>                            |                                     |                       |          |
| Ямпільський                                              | Цекінівське                         | пісок, гравій, галька | 1 020    |
| <b>ПІСКИ ДЛЯ СИЛКАТНИХ ВИРОБІВ ТА ПІНОБЕТОНІВ</b>        |                                     |                       |          |
| Липовецький                                              | Халявинське                         | пісок тонкозернистий  | 1 561    |
| Могилів-Подільський                                      | Ізраїлівське                        | пісок тонкозернистий  | 657      |
| <b>ТОРФ</b>                                              |                                     |                       |          |
| Літинський                                               | Згарівське (діл.Згар-2)             | торф низинний         | (2 005)  |
| Хмільницький                                             | Війтівцеве (Центральна част.)       | торф низинний         | (1 019)  |
| Барський                                                 | Рівське (діл."Н-1")                 | торф низинний         | (258)    |
| <b>ПРІСНІ ПІДЗЕМНІ ВОДИ</b>                              |                                     |                       |          |
| Вінницький                                               | Вінницьке                           | вода прісна           | 16 900** |
| Жмеринський                                              | Жмеринське (діл.Жуків.,Південна)    | вода прісна           | 2 000**  |
| Гайсинський                                              | Гайсинське (діл.Північна)           | вода прісна           | 12 200** |
| Козятинський                                             | Козятинське (діл.Вернигор., Сокол.) | вода прісна           | 12 10**  |
| Липовецький                                              | Липовецьке                          | вода прісна           | 3 800**  |
| Погребищенський                                          | Погребищанське (діл.Ляхів.,Білаш.)  | вода прісна           | 7 600**  |
| Тростянецький                                            | Тростянецьке (діл. Летківка)        | вода прісна           | 4 00**   |
| Тульчинський                                             | Тульчинське                         | вода прісна           | 6 200**  |

\* - запаси частини родовища, розташованої на території Вінницької області

\*\* - м<sup>3</sup> на добу.

Таблиця 2

Перспективні попередньо розвідані і нерозвідані родовища та проявлення найбільш актуальних видів сировини, що не експлуатуються.

| Район                                                | Родовище               | Сировина                       | Запаси<br>(C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub> )<br>тис.м <sup>3</sup> (тн) | Ресурси,<br>тис.м <sup>3</sup><br>(тн) |
|------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                                                    | 2                      | 3                              | 4                                                                      | 5                                      |
| <b>ФЛЮОРИТ</b>                                       |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Мурованокуриловецький                                | Бахтинське             | флюорит                        | (14 445)                                                               | (25 000)                               |
| <b>ФОСФАТНА СИРОВИНА</b>                             |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Мурованокуриловецький                                | Жванське               | фосфорно-<br>глауконітова руда | (5 376)                                                                |                                        |
|                                                      | Бахтинське             | фосфатна крейда                |                                                                        | (30 000)                               |
| Могилів-Подільський                                  | Немійське              | фосфатна крейда                |                                                                        | (5 000)                                |
| <b>КАОЛНИ ПЕРВИННІ</b>                               |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Козятинський                                         | Чубинське              | колін первинний                | (770 000)                                                              |                                        |
|                                                      | Гурінське              | колін первинний                | (180 000)                                                              |                                        |
|                                                      | Туча-<br>Миколаївське  | колін первинний                |                                                                        |                                        |
| Тиврівський                                          | Рогізнянське           | колін первинний                | (1 850)                                                                |                                        |
| 1                                                    | 2                      | 3                              | 4                                                                      | 5                                      |
| <b>КАОЛНИ ВТОРИННІ</b>                               |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Томашпільський                                       | Паланківське           | колін вторинний                |                                                                        | (5 000)                                |
| <b>ТРЕПЕЛ</b>                                        |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Могилів-Подільський                                  | Шлишковецьке           | трепел                         | 1 000                                                                  | 4 500                                  |
|                                                      | Могилів-<br>Подільське | трепел                         | 232                                                                    | 2 400                                  |
| <b>ОПАЛ</b>                                          |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Погребищенський                                      | Талалаївське           | опал                           |                                                                        |                                        |
| Козятинський                                         | Глуховецьке            | опал                           |                                                                        |                                        |
| <b>ДЕКОРАТИВНО-ОБЛИЦЮВАЛЬНИЙ КАМІНЬ</b>              |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Хмільницький                                         | Березнянське           | граніт світло-сірий            |                                                                        | 3 000                                  |
| Ямпільський                                          | Порогівське            | пісковик білий                 | 340                                                                    |                                        |
| <b>КАМІНЬ ДЛЯ ПИЛЯНИХ СТИНОВИХ БЛОКІВ</b>            |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Ямпільський                                          | Великокісницьке        | Крейдоподібний вапняк          |                                                                        | 5 000                                  |
|                                                      | Оксанівське            | крейдоподібний<br>вапняк       |                                                                        | 5 000                                  |
| <b>СИРОВИНА ДЛЯ КЕРАМЗИТУ І БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ</b> |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Могилів-Подільський                                  | Лядовське              | аргіліт                        |                                                                        | 3 000                                  |
| <b>ПІСКИ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ</b>                   |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Калинівський                                         | Мізяківське            | пісок                          |                                                                        | 3 000                                  |
| Вінницький                                           | Сосонське              | пісок                          |                                                                        | 7 000                                  |
| <b>ПІСКИ ДЛЯ СИЛКАТНИХ ВИРОБІВ ТА ПІНОБЕТОНІВ</b>    |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Могилів-Подільський                                  | Немійське              | пісок тонкозернистий           |                                                                        | 5 000                                  |
| Жмеринський                                          | Рівське                | пісок тонкозернистий           |                                                                        | 3 000                                  |
| <b>МІНЕРАЛЬНІ СТОЛОВІ ВОДИ</b>                       |                        |                                |                                                                        |                                        |
| Піщанський                                           | “Княжна”               | вода джерельна                 |                                                                        | >1 000*                                |
| Томашпільський                                       | “Шумилівська”          | вода джерельна                 |                                                                        | >1 000*                                |
| Чернівецький                                         | “Шипіт”                | вода джерельна                 |                                                                        | >1 000*                                |

Продовження таблиці 2

| 1                 | 2                   | 3                    | 4   | 5        |
|-------------------|---------------------|----------------------|-----|----------|
| Мур.Куриловецький | “Регіна”, дж.№2, №3 | вода джерельна       | 68* |          |
| Жмеринський       | “Лебедине озеро”    | вода з арт.свердлов. |     | >100*    |
| Вінницький        | “Стрижавчанка”      | вода з арт.свердлов. |     | бл. 100* |
|                   | “Вороновицька *     | вода з арт.свердлов. |     | бл. 100* |

\* - м<sup>3</sup> на добу.

### Заходи посмайнінгу гірничорудних об'єктів

Постмайнінг на гірничодобувних підприємствах, насамперед на занедбаних шахтах та інших об'єктах хімічної, металургійної, теплової та енергетичної промисловості, передбачає пожевавлення, відновлення та рекультивацію порушених територій, включно з різноманітними процесами очищення, методами фіторемедіації та повторним використанням забруднених і порушених територій, ґрунту та ландшафту, процесом створення нових можливостей для розвитку економічної та соціальної інфраструктури на місцях розташування цих об'єктів. Постмайнінг також спрямований на зниження негативного впливу на довкілля та здоров'я людини і створення нових можливостей для розвитку спільноти. Діяльність та операції після видобутку призводять до створення різноманітних економічних і соціальних об'єктів, таких як парки, спортивні майданчики та зони відпочинку. Під час вибору списку об'єктів, що найбільше заслуговують на увагу на сьогодні, було враховано такі чинники: потреба в сировині або продукції з неї; якість і запаси сировини; гірничотехнічні умови родовища; географічне й економічне становище; наявність транспорту та інших засобів зв'язку; вартість землі, екологічні аспекти та ін.

### Екологічні проблеми, пов'язані з гірничою діяльністю

Розробка кар'єрів веде до деградації земель і втрати родючості. Видобуток корисних копалин, особливо відкритим способом, призводить до втрати родючих ґрунтів. Це серйозна проблема, оскільки родючі землі в регіоні Вінниччини мають велике сільськогосподарське значення. Відсутність

належних заходів з рекультивації призводить до ерозії та зсувів ґрунту, які погіршують стан навколишніх територій. Під час видобутку корисних копалин також утворюється велика кількість порожньої руди, яка відкладається на поверхні землі у вигляді відвалів. Вони можуть порушувати природний ландшафт і негативно впливати на якість ґрунту через вимивання токсичних речовин. Під час видобутку мінералів, зокрема граніту, глини та піску, дрібні частинки породи потрапляють у воду, підвищуючи каламутність річок і водойм. Це негативно позначається на екосистемах, таких як річки Південний Буг і Дністер, що протікають територією регіону. Використання хімікатів під час переробки руди та інших корисних копалин може призвести до забруднення ґрунтових вод важкими металами, такими як свинець, кадмій і ртуть. Інтенсивне відкачування води з кар'єрів може призвести до падіння рівня води, що тягне за собою брак води в сусідніх населених пунктах, особливо під час літніх посух. Крім того, видобуток і транспортування корисних копалин супроводжується значним пилоутворенням. Зокрема, під час видобутку граніту та піску дрібні частинки викидаються в повітря і забруднюють атмосферу. Використання важкої техніки та робота в кар'єрах призводять до викидів парникових газів, таких як  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  та ін. Це сприяє забрудненню повітря та збільшенню викидів, зокрема вуглекислого газу. Розробка кар'єрів супроводжується високим рівнем шуму і чинить негативний вплив на здоров'я жителів прилеглих районів і диких тварин. Для видобутку корисних копалин потрібні великі площі землі, що може призвести до втрати місць проживання багатьох видів рослин і тварин. Відкачування води і порушення природного ландшафту змінюють водний баланс території, впливаючи на рослинність і водні організми. Втрата природного середовища існування може призвести до скорочення чисельності рідкісних і зникаючих видів флори і фауни, зокрема видів, занесених до Червоної книги України. Водночас, після закінчення видобутку багато кар'єрів залишаються без відповідних заходів з рекультивації. Це призводить до утворення відкритих кар'єрів, які є джерелом забруднення та небезпечні для людей і тварин. Рекультивація потребує значних коштів, але

через низький рівень фінансування компанії часто не в змозі провести всі необхідні роботи з рекультивації. Забруднення повітря і води, шумове забруднення і низький рівень ґрунтових вод негативно позначаються на здоров'ї місцевих жителів. Через розробку родовищ втрачаються рекреаційні зони, оскільки території, які раніше використовувалися для відпочинку і туризму, перестають бути придатними для використання. У результаті зросла соціальна напруженість, і місцеві жителі часто виступають проти гірничодобувних проєктів через їхній негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Крім того, у регіонах Винничини, де ведеться видобуток граніту, вапняку та пісковика, часто утворюються:

- а) яри через підвищений поверхневий стік;
- б) у районах, розташованих поблизу кар'єрів, спостерігається значна вітрова ерозія через нестійкі відвали та значний пиловий стік;
- в) відбувається деградація ґрунту, оскільки родючий ґрунт змішується з порожньою породою і робить їх непридатними для сільськогосподарського використання.

### **Вплив гірничих робіт на ерозійні процеси та деградацію ґрунтів**

Видобуток корисних копалин, особливо відкритим способом, має значний вплив на ерозію та деградацію ґрунтів. Це проявляється у зміні фізичних і хімічних властивостей ґрунту, підвищуючи його вразливість до зовнішніх впливів. Під час розкривних робіт видаляється поверхневий шар родючого ґрунту та його структура. Тому територія стає більш схильною до ерозії під впливом води і вітру. У багатьох випадках відвали, що залишилися після розкривних робіт, не утворюють ґрунтового профілю. Їхня поверхня нестабільна і легко руйнується під впливом дощу і вітру. Ерозія ґрунту – один із найбільш руйнівних наслідків гірничодобувної діяльності, який значно посилюється через порушення природного покриву, зміну рельєфу та відсутність рослинності, яка раніше стабілізувала ґрунт. Водна ерозія виникає,

коли частинки ґрунту вимиваються потоками води. Вона характерна для районів із значною кількістю опадів і великими ухилами, де поверхневий стік більш інтенсивний.

Причини посилення водної ерозії внаслідок видобутку корисних копалин переважно такі:

1) видалення рослинності, а рослинність затримує водний потік і захищає ґрунт від ерозії. Коли родючі шари видаляються, ґрунти оголюються і стають вразливими для опадів;

2) формування схилів і відвалів, які мають нестійку структуру і часто бувають крутими, що призводить до швидкого стоку води;

3) порушення водного балансу – природні зміни рельєфу впливають на напрямок потоку, а локальна концентрація води спричиняє і створює умови для утворення ярів і балок, втрати родючого ґрунту та забруднення води.

Тому рекомендовані заходи для боротьби з водною ерозією:

1) створення терасованих схилів для зниження швидкості поверхневого стоку;

2) гідропосів (посів трав і чагарників) на схилах і в пониженнях;

3) встановлення дренажних систем для контролю стоку води.

Крім того, вітрова ерозія – це переміщення частинок ґрунту під дією вітру. Вона інтенсивніша на відкритих сухих ділянках, особливо на піщаних і запорошених ґрунтах. Водночас, кар'єри, відвали та місця розкопок створюють великі відкриті простори, куди вітер легко переносить частинки ґрунту. Кар'єрні майданчики є джерелом пилу, що розноситься вітром, особливо в посушливі періоди. Вітрова ерозія забирає легкі частинки, залишаючи голі, важкі ґрунти, які схильні до водної ерозії. Водна ерозія, з іншого боку, вимиває структуру ґрунту, роблячи його більш сприйнятливим до вітрової ерозії. Таким чином, коли обидва види ерозії поєднуються, територія швидко опустелюється і стає важко відновлюваною. Таким чином, водна і вітрова ерозія є серйозними проблемами в гірничодобувних районах, таких як Вінниччина. Для боротьби з цими явищами необхідно вживати комплексних заходів, включно з

рекультивацією земель, відновленням рослинного покриву та інженерними рішеннями щодо стабілізації ґрунту. Це дасть змогу знизити темпи розвитку ерозії та поліпшити екологічний стан постраждалих районів. Вискоб корисних копалин також порушує природний баланс поживних речовин у ґрунті. Забруднення важкими металами, сульфатами та іншими хімічними речовинами робить ґрунт токсичним для рослин. Крім того, використання важкої техніки ущільнює ґрунт, знижуючи його аерацію і водопроникність. Це перешкоджає росту рослин і знижує біологічну активність ґрунтових мікроорганізмів. Під час окислення сульфідних порід (наприклад, піриту) утворюється сірчана кислота, яка знижує рН ґрунту, роблячи його непридатним для більшості рослин. Таким чином, гірничі роботи можуть значно змінити природний стан ґрунтів, але їхній негативний вплив можна звести до мінімуму, якщо дотримуватися сучасних екологічних стандартів і відновлювати порушені ділянки.

### **Техногенний вплив на ґрунтовий покрив та екосистеми**

Гірничодобувна промисловість чинить значний антропогенний та техногенний вплив на ґрунтовий покрив і екосистеми, особливо в районах із високою інтенсивністю гірничих робіт. Розробка кар'єрів знищує ґрунтовий покрив шляхом механічного руйнування. Гірничі роботи часто повністю змінюють поверхню землі. У результаті руйнуються природні ландшафти та знищуються раніше існуючі екосистеми. Родючі шари ґрунту, що формувалися століттями, стають непридатними для сільського господарства та відновлення. Процес розробки кар'єрів змінює рельєф місцевості. Кар'єри створюють штучні пагорби та котловани, які змінюють напрямок потоку води, спричиняючи заболочування та висихання сусідніх територій. Відкриті ділянки, не вкриті рослинністю, більш схильні до водної ерозії під час дощів, що призводить до утворення ярів. Вітрова ерозія розносить дрібний пил на великі відстані, забруднюючи сусідні території. Це призводить до сильного хімічного забруднення ґрунту. Пил, багатий на оксиди металів, сульфати та інші хімічні

сполуки, накопичується на поверхні ґрунту, роблячи його непридатним для росту рослин. Це також призводить до біологічної деградації ґрунту, оскільки мікроорганізми, що підтримують родючість ґрунту, гинуть. Під час руйнування гірських порід утворюються сульфати, сульфіти та сульфіді, які реагують із водою, утворюючи сірчану та сірчисту кислоту. Така вода не тільки забруднює ґрунт, а й проникає крізь підземні пласти, завдаючи шкоди на більшій території. Наприклад, у гранітних відкладеннях у районі Жмеринки залишилися великі порожнини, які поступово заповнюються дощовою та ґрунтовою водою. Однак, у цих озерах часто міститься велика кількість токсичних речовин, що робить їх непридатними для використання. Водночас, у радіусі декількох кілометрів від гірничодобувних підприємств спостерігається деградація ґрунтів, а пил, що утворюється під час транспортування матеріалів, накопичується на сільськогосподарських угіддях, знижуючи врожайність.



Рис. 1. Вибухові роботи на Сабарівському кар'єрі, що поблизу Вінниці

### **Вплив видобутку на локальні кліматичні умови**

Забруднення приземного шару повітря в районі кар'єрів, спричинене викидами обладнання і техніки, що працює в кар'єрі, значною мірою залежить від погодних умов. Концентрація забруднювальних речовин у повітрі може різко зростати в певні періоди, коли погодні умови сприяють їх накопиченню на поверхні атмосфери. Для видобутку корисних копалин використовується

гірничче обладнання, допоміжне устаткування і технічні транспортні засоби, що працюють на дизельному паливі. Під час згоряння палива в двигунах внутрішнього згоряння обладнання та техніки відбувається викид в атмосферу парникових газів, таких як діоксид вуглецю, оксиди азоту та ін.

### **Аналіз екологічних ризиків, пов'язаних із технологічними процесами видобування**

Для розроблення ґрунту використовуються гірничі та транспортні системи: екскаватори завантажують розкривні породи і перевозять їх на полігон. Розкривні породи вантажаться бульдозерами і гусеничними екскаваторами. Наприклад, піщаник розробляється бульдозерами з розпушувачами, іноді з використанням людської сили. Для відокремлення блоків від сипучого матеріалу використовують екологічно чисті, невибухонебезпечні руйнівні речовини (лужна порошкоподібна речовина на основі оксиду кальцію, змішаного з водою). Як уже згадувалося вище, під час видобутку і переробки корисних копалин в атмосферу викидаються забруднювальні речовини, в основному у вигляді зважених часток. З іншого боку, максимальна приземна концентрація забруднювальних речовин на межах санітарно-захисної зони не повинна перевищувати санітарних норм, установлених для всіх забруднювальних речовин, з урахуванням фонових концентрацій. Таким чином, після закінчення видобутку корисних копалин потрібне проведення гірничо-біологічної рекультивації для відновлення земель, порушених гірничими роботами. Це охоплює формування стійкого рельєфу, нанесення родючого шару ґрунту і посадку рослинності та інших агро-технічних заходів.

### **Використання «зелених» технологій для покращення екологічного стану гірничорудних об'єктів і видобувної діяльності на них**

Зелені технології забезпечують сталий розвиток і мінімізують негативний вплив гірничих робіт на навколишнє середовище. Їх впровадження – ключ до вирішення екологічних проблем, викликаних експлуатацією природних

ресурсів. Основні сфери застосування «зелених» технологій охоплюють енергоощадні технології, утилізацію відходів, очищення води, зниження забруднення повітря, екологічну регенерацію та відновлення, автоматизацію та цифровізацію, а також використання сонячних батарей, вітряних турбін, теплових насосів і геотермальних електростанцій для задоволення потреб в енергії. Крім того, впровадження «зелених» технологій може сприяти зниженню екологічних ризиків, раціональному використанню ресурсів і відновленню навколишнього середовища. Впровадження цих технологій у видобувну промисловість – крок до сталого (збалансованого) розвитку та збереження екосистем для майбутніх поколінь.

Також необхідно максимально збільшити переробку та утилізацію відходів, а саме:

- 1) впровадити системи очищення кар'єрної води та забезпечити її повторне використання в технологічному циклі;
- 2) впровадити технології розділення та переробки твердих відходів, включно з металами та полімерами.

Необхідно також застосовувати технології очищення води, зокрема:

- 1) використання біологічних фільтрів для видалення забруднювальних речовин;
- 2) будівництво очисних споруд для відстоювання і фільтрації кар'єрної води перед її скиданням у водойми.

При цьому рециркуляція води знижує потребу у свіжій воді та запобігає її забрудненню. Зниження забруднення повітря також вимагає:

- 1) використання електротранспорту та обладнання з низьким рівнем викидів CO<sub>2</sub>;
- 2) розпилення води або екологічних розчинів для зниження пилоутворення; 3) використання систем контролю викидів в атмосферу для дотримання екологічних стандартів та ін.

### **Прогнозування позитивних соціально-економічних ефектів**

Економічні вигоди, за прогнозами, включають зниження витрат підприємств, сприяння розвитку місцевих підприємств і збільшення податкових надходжень. Економія витрат підприємств може бути досягнута за рахунок таких заходів:

1) зниження витрат на закупівлю нових матеріалів – використання розкривних порід у будівництві та на полігонах може знизити вартість матеріалів на 20-30%, оскільки вони замінюють щебінь, гравій і ґрунт;

2) економія на утилізації відходів – обсяг відходів зменшується, а значить, знижуються витрати на їхнє зберігання й транспортування на полігони;

3) заходи енергоефективності, наприклад, повторне використання розкривних порід знижує енергоспоживання при їхньому видобутку й транспортуванні.

Крім того, залучення місцевих підприємств і підрядників до транспортування, сортування та утилізації залишків ґрунту, а також розширення сектора послуг. У результаті вжитих заходів зросте попит на послуги з технічного обслуговування та логістики. Підвищення економічної активності призведе до збільшення податкових надходжень до місцевого бюджету, які можуть бути використані для реалізації соціальних програм та інфраструктурних проєктів. Очікується, що соціальний вплив включатиме створення нових робочих місць, нові можливості для громад, поліпшення умов життя, поліпшення інфраструктури, наявність робочої сили на полігоні та будівельних роботах, а також стимулювання розвитку проєктів з перероблення та повторного використання відходів.

### **Поліпшення умов життя населення**

Для цього рекомендуються такі заходи:

1) скорочення площі сміттє-звалищ поліпшить екологічну ситуацію і позитивно позначиться на здоров'ї місцевого населення;

2) відновлення ландшафту створить умови для нових рекреаційних зон і сільськогосподарського землекористування;

3) зростання економічної активності стимулюватиме розвиток інженерних мереж, соціальних об'єктів і житла;

4) підвищення якості інфраструктури передбачає будівництво доріг та інвестиції в інфраструктуру;

5) відновлення біорізноманіття також покращує екологічну ситуацію тощо.

### **Естетичне покращення ландшафтів видобувних територій**

Відновлені території створюють сприятливі умови для розвитку рекреаційних зон. Компанії, що реалізують екологічні рішення, матимуть кращу репутацію серед місцевого населення, що сприятиме зміцненню довіри та підтримки. Очікувані результати представлені в таблиці 3.

*Таблиця 3*

Приклад прогнозованих результатів від впровадження  
локальних заходів постмайнінгу розкривних порід і відвалів  
навколо одного гірничорудного об'єкту

| Показник                       | До впровадження | Після впровадження | Ефект                                  |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------|
| Зайнятість у регіоні           | 5–7%            | 10–12%             | +5% робочих місць                      |
| Податкові надходження          | 10 млн грн/рік  | 15 млн грн/рік     | +5 млн грн/рік                         |
| Обсяг площ, зайнятих відвалами | 100 га          | 70 га              | -30 га                                 |
| Довжина покращених доріг       | 0 км            | 10 км              | Нові дороги                            |
| Відновлені території           | 0 га            | 50 га              | Збільшення рекреаційних ресурсів тощо. |

Таким чином, реалізація заходів після видобутку корисних копалин з використанням залишкового ґрунту та відвалів дає змогу досягти значних соціально-економічних вигод, включно з економічними вигодами, соціальними вигодами та екологічною стійкістю. Такий підхід сприяє сталому розвитку території та створює умови для підвищення якості життя населення (Рудько &

Яковлев, 2020; Андреев, 2016; Кабінет Міністрів України, 1999; Рудько, 2006; Єрмаков, Яковлев, Чумаченко, Петрук, Дятел, Карпенко & Лубенська, 2024; Єрмаков та ін., 2024; Распутна, 2011; Давидова & Левицька, 2006; Бакка, Гуменюк & Редчиць, 2004; Бакка, 2004; Звіт з оцінки впливу на довкілля, 2019, 2021; Руденко, 2011; Сергеев & Білецький, 2008).

## **Висновки**

Отже, головними завданнями впровадження постмайнінгу, спрямованого і на розширення виробництва на регіональних сировинно-мінеральних ресурсах, і на підвищення безпеки місцевого населення можуть бути такі заходи:

- 1) удосконалення системи прогнозування змін основних життєзабезпечувальних складників довкілля;
- 2) модернізація структури моніторингу з впровадженням математичних компенсаційних моделей діяльності гірничорудних районів та використанням ГІС- технологій тощо;
- 3) наукове обґрунтування граничних змін екологічних параметрів впливних факторів на довкілля та довгострокової екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності;
- 4) забезпечення стійкої експлуатації об'єктів критичної інфраструктури та інші природоохоронні заходи;
- 5) невідкладне виконання робіт в повоєнний період по ревіталізації, рекреації та створення на місці гірничорудних об'єктів привабливих «зелених» зон, впровадження відповідних інноваційно-інвестиційних проєктів з метою створення сучасних соціально-економічних об'єктів;
- 6) реструктуризації гірничих комплексів за прикладом передових країн ЄС.

Крім того, для зменшення негативного впливу гірничого видобутку на довкілля у Вінницькій області можна рекомендувати такі заходи:

- 1) впровадження сучасних екологічних безпечних технологій видобутку та переробки, що допоможе зменшити пилове та хімічне забруднення;
- 2) розробка та реалізація програм рекультивації земель після видобування, що дасть можливість відновлювати природний ландшафт після завершення видобутку копалин;
- 3) підвищення рівня регулярного контролю за дотриманням екологічних стандартів та норм, за якістю повітря, води та ґрунтів, що дозволить своєчасно виявляти і вирішувати екологічні проблеми;
- 4) залучення місцевих жителів до процесу прийняття рішень, що зменшить соціальну напругу і сприятиме врахуванню інтересів мешканців місцевих громад.

### **Список літератури**

- Андрєєв, В. П. (2016). Екологічні проблеми гірничої промисловості. Київ: Інтернаука.
- Бакка, М. Т., Гуменюк, І. Л., & Редчиць, В. С. (2004). Екологія гірничого виробництва: Навчальний посібник. Житомир: ЖДТУ.
- Давидова, І. В., & Левицька, О. К. (2006). Дослідження динаміки процесів самоочищення кар'єрних вод після проведення масових вибухів та їх вплив на забруднення природних водойм. Житомир: ЖДТУ.
- Єрмаков, В. М., Яковлев, Є. О., Чумаченко, С. М., Петрук, В. Г., Дятел, О. О., Карпенко, М. І., & Лубенська, Н. О. (2024). Еколого-техногенні небезпеки і загрози від забруднення приземної атмосфери Донбасу за умови повоєнного постмайнінгу. Київ: ФОП Ямчинський О. В.
- Звіт з оцінки впливу на довкілля Видобування корисних копалин Болтишського родовища гнейсо-гранітів. (2019). Дніпро.
- Звіт з оцінки впливу на довкілля Робочого проекту розробки та гірничотехнічної рекультивації Писарівського-2 родовища пісковика у Могилів-Подільському районі Вінницької області. (2021). Вінниця.
- Кабінет Міністрів України. (1999). Про концепцію поліпшення екологічного

становища гірничодобувних регіонів України. Постанова від 31 серпня 1999 р., №1606.

Кабінет Міністрів України. (2017). Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Розпорядження від 08.11.2017, № 820-р.

Петрук, В. Г., Єрмаков, В. М., Лубенська, Н. В., & Петрук, Р. В. (2023). Ревіталізація, рекреація та постмайнінг гірничодобувної галузі Вінниччини. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Екологічно сталий розвиток урбосистем»* (2–3 листопада 2023 року, Харків), 165–166.

Петрук, В. Г., Петрук, Р. В., Іщенко, В. А., & Гавадза, С. В. (2023). Інтегроване управління постмайнінгом багатотоннажних відходів Вінниччини. *Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»* (7–8 грудня 2023 року, Полтава), 80–82.

Петрук, Р. В., Петрук, В. Г., & Кравець, Н. М. (2021). Аналіз стану інтегрованого управління екологічною безпекою багатотоннажних промислових відходів на Вінниччині. *Екологічні науки*, 1(34), 215–218.

Распутна, Т. А. (2011). Дослідження закономірностей впливу гірничих розробок на водний басейн. *Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки»*, (3)(58), 184–188.

Руденко, О. В. (2011). Відходи гірничо-збагачувального виробництва: особливості при визначенні їх об'єктом обліку. *Європейський вектор економічного розвитку*, (1)(10), 202–207.

Рудько, Г. І. (2006). Ресурси геологічного середовища та екологічна безпека техноприродних геосистем. Київ: ЗАТ «Нічлава».

Рудько, Г. І., & Яковлєв, Є. О. (2020). Постмайнінг гірничодобувних регіонів України як новий напрям еколого-безпечного використання мінерально-сировинних ресурсів. *Мінеральні ресурси України*, (3), 37–44.

Сергєєв, П. В., & Білецький, В. С. (2008). Полігонні і промислові випробування технологій селективної флокуляції вугільних шламів. *Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб.*, (35)(76), 124–131.

- Снісар, Н. Г., Бент, О. І., & Яцун, В. К. (1991). Комплексне використання промислових відходів у Вінницькій області. Маяк.
- Швейцарсько-український проект DESRO. (2020). Регіональний план управління відходами Вінницької області на період до 2030 року. Вінниця.

Наукове online-видання

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.  
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

Колективна монографія  
*За редакцією проф. Мальованого М. С.*

Головний редактор Online-видання  
Науковий редактор Online-видання  
Відповідальна за випуск  
Дизайн та оформлення Online-видання

Яніна Яроченко  
Мирослав Мальований  
Наталія Вронська  
Ліє Гудзик

**Цитування:**

Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : кол. монографія / [авт. кол. : Русин І., Дячок В., Скиба В., Вознюк Н. та ін.] / за ред. проф. Мальованого М. С. — Електрон. дан. — Київ : Яроченко Я. В., 2024. — 420 с. : рис., табл. — on-line. — Режим доступу: <https://liegudzyk.com/stalyy-rozvytok-zakhyst-navkolyshnoho-seredovyshcha-kolektyvna-monohrafiya-2024>



**Видавець:** Яроченко Яніна Володимирівна  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК 6692 від 21.03.2019  
[lie.gudzyk@gmail.com](mailto:lie.gudzyk@gmail.com) / +38 093 923 1410 / Viber & Telegram  
**Lie Gudzyk Studio®** / <https://liegudzyk.com/online-publishing>

