

**Економіка галузей первинного сектору**

Данило ЧЕРЕВАТСЬКИЙ,
Влад МИХНЕНКО,
Мирослава СОЛДАК

**ТРИВИМІРНІ БРАУНФІЛДИ:
ТРАГЕДІЯ ШАХТАРСЬКИХ ГРОМАД****Резюме**

Процеси активної реструктуризації гірничодобувної галузі у багатьох країнах супроводжувались фізичним закриттям підприємств з усуненням екологічних і соціальних наслідків їх функціонування. Стереотип плаского, поверхового сприйняття браунфілдів, які сформовані у районах з розвинутою гірничорудною промисловістю, переважає. Такий підхід ризикований як у плані екології, так і в аспекті економічних втрат на територіях концентровано-го розміщення шахт. У статті обґрунтовано важливість сприйняття браунфілдів у тривимірному просторі з урахуванням геологічних деформацій, динаміки підземних водних і газових потоків, потенціалу гравітаційної й геотермічної енергетики. Запропоновано тривимірний вугільний браунфілд трактувати як робочі або виведені з експлуатації виробничі майданчики з будівлями, спорудами та інфраструктурою на денній поверхні, а також природні ландшаф-

© Данило Череватський, Влад Михненко, Мирослава Солдак, 2023.

Череватський Данило, доктор наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу, Інститут економіки промисловості НАН України, м. Київ, Україна. ORCID: 0000-0003-4038-6393 Е-мейл: cherevatskyi@nas.gov.ua

Михненко Влад, PhD, доцент і науковий співробітник факультету безперервної освіти та Коледжу Св. Петра, Оксфордський університет, м. Оксфорд, Велика Британія. ORCID: 0000-0001-8944-0608 Е-мейл: vlad.mykhnenko@conted.ox.ac.uk

Солдак Мирослава, к. е. н., старший науковий співробітник, учений секретар, Інститут економіки промисловості НАН України, м. Київ, Україна. ORCID: 0000-0002-4762-3083 Е-мейл: soldak@nas.gov.ua

ти, які зазнають негативного впливу геологічних, гідродинамічних і газодинамічних процесів, властивих порушенню надр через діяльність шахт/гірничих розрізів. Повторне використання і рециклінг накопичених у межах браундфілдів промислових відходів не можуть бути запорукою виживання шахтарських міст. Депопуляцію неможливо зупинити економічними інструментами, тому стратегія розвитку шахтарських міст має передбачати цивілізовану реструктуризацію згідно з ідеями «розумного» убування.

Ключові слова

Вугільні регіони, вугільна промисловість, екологічні ризики, «розумне» убування, тривимірні браунфілди, шахтарське місто.

Класифікація за JEL: O18, O38, Q32, R11.

1 рисунок, 26 джерел літератури.

Постановка проблеми та огляд літератури

Французькому письменнику Мішелю Турньє приписують фразу: «Географію створив Бог, а історію – Диявол». Прикладом зазначеної діалектики можуть виступати грінфілди (greenfields – цілинні поля, проекти «з нуля»), що залежать саме від географії, тобто природи, і браунфілди (brownfields – занедбані забудовані території) – те, що відбулось з грінфілдами внаслідок цивілізаційного освоєння, об'єкти з обмеженнями на подальше використання чи розвиток.

Браунфілди знижують якість життя та конкурентоспроможність не тільки окремих муніципальних утворень, а й цілих регіонів (Wang et al., 2023); спонукають їхніх жителів до міграції в райони із кращими умовами навколишнього середовища; відвертають інтерес потенційних інвесторів до розвитку громад. За деякими оцінками, у світі під забудовою знаходиться 5 мільйонів браунфілдів (Hou et al., 2023), що потребують «...повернення землі в корисне

використання та очищення забрудненого ґрунту та ґрунтових вод» (Grimski & Ferber, 2001), хоча сформовані у районах з розвиненою гірничорудною промисловістю такі об'єкти є справжніми техногенними родовищами.

Ландшафтне, пласке, двомірне сприйняття браунфілдів переважає, навіть незважаючи на те, що гірничі підприємства залишають після себе великі сліди на землі та величезні підземні простори, чи то в Сілезії (Krzysztofik et al., 2012), чи то в Кузбасі (Cehlár et al., 2019). Post-Mining, що означає фізичне закриття підприємства з усуненням екологічних і соціальних наслідків його існування, є декларованим трансфертом «від чорного до зеленого» у контексті тих самих пласких браунфілдів. Ян Фроуз з колегами в Чехії (Frouz et al., 2008), Джефф Скоузен і Карл Зіппер (Skousen & Zipper, 2014) розглядають тему рекультивациі земель після припинення гірничих робіт на сході США. З огляду на розповсюдженість гірничої промисловості у світі корпус дослідників постмайнінгової тематики об'єднує представників і Європи, й Америки, а також Східної Азії (Zhao et al., 2009) та Південної Африки (Limpitlaw et al., 2005).

Незважаючи на популярність таких підходів, стереотипи плаского, поверхового сприйняття браунфілдів на територіях концентрованого розміщення шахт є ризикованим як у плані екології, так і в аспекті економічних втрат. Регіональна специфіка потребує переходу в третій вимір, урахування геологічних деформацій, динаміки підземних водних і газових потоків.

Мета роботи – визначення поняття тривимірних браунфілдів, властивих їм екологічних ризиків і економічних можливостей.

Методологія

Отримані у роботі результати абстрагування, спостережень, аналізу й синтезу становлять зміст теоретичних досліджень. Джерелом даних стану утворень, які отримали назву тривимірних браунфілдів, є матеріали кабінетних та польових досліджень відомих в Україні гідрогеологів, зокрема Е. О. Яковлева (OSCE, 2017; Довгий та ін., 2019; Яковлев, 2017). Автори використали положення теорії Нобелівської лауреатки Елінор Остром щодо Ресурсів спільного користування («Common Pool Resources») (Ostrom, 1990; 2002) для обґрунтування закономірностей розвитку тривимірних браунфілдів у насичених гірничими підприємствами регіонах США та України.

Результати дослідження

Розрізи (кар'єри) – відкриті гірничі роботи – це наочні 3D-браунфілди. Вони відрізняються від розробок родовищ корисних копалин шахтним способом, що підтримують *ілюзію* цілісності денної поверхні – такий собі звичайний ззовні природний ландшафт або промисловий пейзаж, де лише шахтні копри і терикони видають присутність гірничого підприємства. Проте складена авторами карта з *реальними* географічними координатами (рис. 1), що притаманна вуглевидобувним містам (Торецьк, Горлівка, Єнакієве) Центрального району Донбасу, передає картину підземного нагромадження – від геодезичної відмітки гирла ствола «плюс» 150-300 м над висотою моря до горизонту «мінус» 1200 м нижче нуля (рівня моря). Характеристики шахтних стволів відповідають даним роботи спеціалістів Організації з безпеки та співробітництва в Європі щодо впливу та ризиків військового конфлікту на довкілля сходу України (OSCE, 2017, с. 48).

За нашою трактовкою тривимірний браунфілд – це чинні або виведені з експлуатації виробничі майданчики з будівлями, спорудами та інфраструктурою на денній поверхні, а також природні ландшафти, які знаходяться під негативним впливом геологічних, гідродинамічних і газодинамічних процесів, властивих порушенню надр через діяльність функціонуючих або виведених з експлуатації шахт/розрізів.

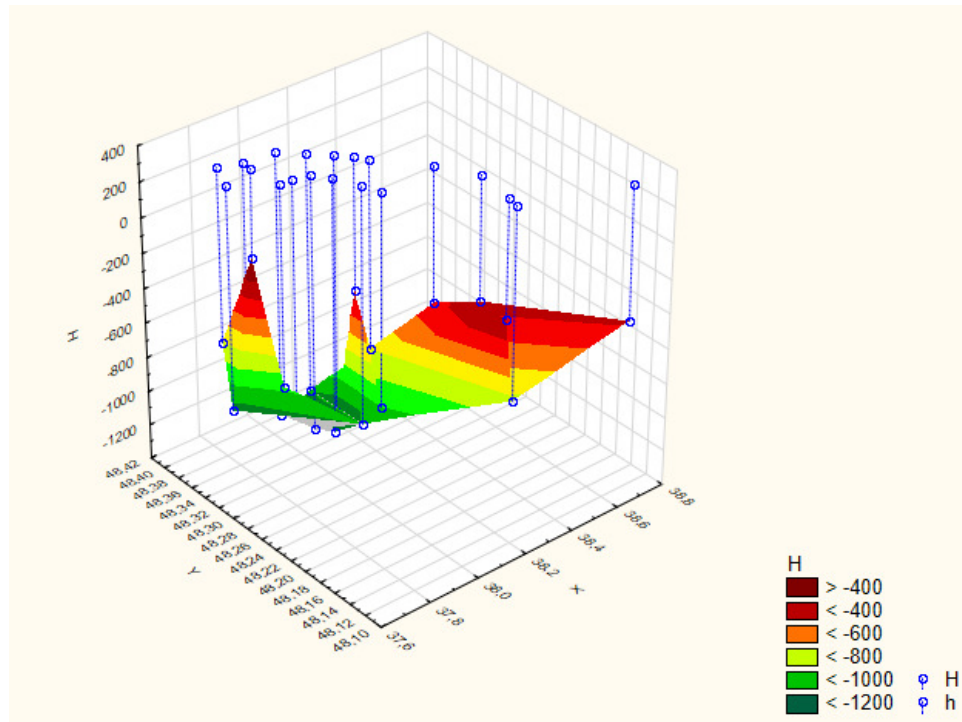
За сучасних умов не тільки Центральний район Донбасу, а майже весь український Донбас становить тривимірний браунфілд – на денну поверхню протягом 150 років інтенсивного вуглевидобування з-під землі вилучено майже 10 млрд куб. м вугілля й порід. Порушення рівноваги надр відбулося на площі, яка в шість разів перевищує територію такої країни, як Люксембург, – 15 тис. кв. км.

Звичайне шахтарське містечко у Донецькій області з вірогідністю на 95% займає територію площею $5,7 \pm 2,9$ кв. км і нерідко формується поряд із самим підприємством (наприклад місто Білицьке з населенням, яке перевищує 10 тис. осіб, при однойменній шахті). Щільність населення в м. Білицьке становить 4,95 тис. осіб/кв. км, майже як у німецькому Рурі, зразка старопромислових територіальних утворень, хоча сам Добропільський район, до якого адміністративно входить місто, має щільність населення 170 осіб/кв. км (розраховано авторами за Brinkhoff, 2023; див. також Amosha et al., 2018).

Міста в цих районах виникали у результаті злиття гірничих поселень. Під містом Донецьк, наприклад, на повністю підробленій шахтами території площею більше 385 кв. км, знаходяться господарства 12 незакритих і 17 ліквідованих, починаючи з 1961 р., підприємств. Історія активного місцевого вуглевидобування розпочинається в XIX ст. Під Горлівкою, 127 кв. км, на частки площі міста, що знаходиться над вибраним простором, а це 70%, перебувають виробки 10 формально не виведених з експлуатації і залишки 5 закритих шахт (Довгий та ін., 2019).

Рисунок 1

Карта розміщення стволів шахт Центрального району Донбасу



Примітка: Y – північна широта, град.; X – східна довгота, град., H – вертикальна координата, м

Освоєння вугільного родовища за британською традицією розпочиналося з того, що Акціонерне товариство – Компанія, яка отримала право видобутку копалини, облаштувала так званий Вугільний табір: церкву, театр, магазин, житлові бараки. Так потім було і в США, і в Австралії, і на дореформеному Донбасі. Тобто Компанія була не тільки власником шахти, а й Управителем всього 3D-браунфілду з прерогативою і зобов'язанням забезпечення як технологічних (насамперед дренажу) надр, так і побутових (персонал, мешканці) потреб.

Стан «вугільного табору» після припинення експлуатації родовища й відходу «управителя» (Компанії) детально описала американська антропологиня Кетлін Стюарт у книзі «Простір на узбіччі дороги. Культурна поетика в

«іншій» Америці». Занедбані шахтні селища у Західній Вірджинії (Аппалачський кам'яновугільний басейн). Ключова риса картини економічного колапсу для нас така: «шахтні води, які виступили на поверхню» (Stuart, 1996).

За схемою Елінори Остром, яку вона надала у контексті ресурсів спільного користування (РСК), селянський господар прагне самотужки осушити болото під пасовище і він один здійснює великі витрати для досягнення результату, котрим буде користуватися вся громада (Ostrom, 1990). Ситуація, коли той, хто здійснював дренажні роботи, складає повноваження, а ті, кому потрібно пасовище, не беруть їх на себе, може спричинити трагедію для сільської громади, що взагалі, за термінологією американського біолога Гарретта Хардіна, є «трагедією загального майна» (Hardin, 1968). За такою аналогією управитель, який залишав вугільний табір, зняв із себе зобов'язання з дренажу «пасовища», тобто відкачування шахтних вод, внаслідок цього браунфілд (офіційно або за замовчуванням) перетворився на ресурс спільного користування і наврочена Хардіним трагедія загального майна стала трагічною реальністю для цієї шахтарської громади.

Поступова механізація вугільної промисловості Західної Вірджинії, що прискорилася після Другої світової війни, призвела до значної раціоналізації зайнятості. Якщо 1950 р. на підприємствах штату працювало 127 000 шахтарів, то до кінця ХХ ст. це число різко зменшилось до менше, ніж 18 000, хоча видобуток вугілля досяг рекордних показників: у 1997 р. у Західній Вірджинії видобуто понад 180 млн т вугілля. До 2023 р. цей обсяг скоротився до 96,45 млн т, а кількість зайнятих шахтарів – до 12 500 (Lewis, 2023). Більш глибокі підземні поклади вугілля за умов високомеханізованого виробничого процесу вимагають постійного збільшення капіталовкладень у видобуток, що призводить до різкого зниження рентабельності підприємств. Волатильність (мінливість) цін на вугілля на світових ринках змусила багатьох власників вугільних підприємств залишити свою діяльність в Аппалачах, і зумовила довготривалу економічну депресію, що охопила цілу вугільну провінцію (Amosha et al., 2018). Ситуація в Західній Вірджинії, якщо відкинути випадок придбання українським Метінвестом шахти Affinity Mine зі значними покладами металургійного вугілля преміумкласу, яка понад чверть століття була в закинутому стані, так і не поліпшилася: разом з Міссісіпі регіон все ще є другим найбіднішим штатом США.

Проте неправильно тлумачити занепад шахтарських громад лише в контексті ресурсів спільного користування (РСК). Так, на території Донецької області у межах осідання земної поверхні знаходиться 63% підтоплених земель; у таких зонах перебувають 23 міста (загалом в Україні 35 міст) (Геоінформ України, 2013). Водночас для запобігання деформації поверхні ніде не використовують закладку вибраного простору. Але, якщо на прикладі з вугільним табором, громада мала можливість взяти на себе дренаж браунфілду (навіть за умов придбання або оренди стаціонарного технологічного компле-

ксу у складі підйомної установки і підземної насосної станції), то закладка вибраного підземного простору не може бути делегована громаді.

Дилема, що виникає, замикає акторів у стані «поганої» рівноваги. Теоретично таку ситуацію можна вирішити через переформатування, яке дасть змогу усунути стимули до поведінки, що нагадує безквитковий проїзд «зайцем», і зробить стратегію кооперації панівною для всіх учасників (Hess & Ostrom, 2003, p. 117). Але свобода користування загальними ресурсами веде до руйнування (Hardin, 1968, p. 1244).

Поширення поняття РСК на 3D-браунфілди, які потрібні для життєдіяльності великій кількості суб'єктів, у науковому аспекті оригінальні. Хоча, треба віддати належне Г. Хардіну, який напрацюванням із теорії ігор наблизився до цього. У грі під назвою «Розподілити втрати, привласнити прибутки» (The Commonize Costs-Privatize Profits Game, CC-PP Game) розглядаються екологічні проблеми, пов'язані, зокрема, з видобутком корисних копалин, у контексті виснаження природних ресурсів або збільшення забруднення.

Стиль закриття шахт американськими підприємцями суттєво відрізняється від стилю їхніх європейських колег. Європейські стандарти закриття шахти мають забезпечити максимальне повернення ландшафту в допромисловий стан: «від чорного – до зеленого». Докладаються зусилля для вирішення екологічних та соціальних питань, що зумовлені існуванням браунфілду.

Досвід провідних держав Європи з екологічної та соціально-економічної реструктуризації «старих» вуглевидобувних районів (Великобританія, Німеччина, Франція) показує, що період після видобутку корисних копалин тривалий і потребує великих – практично довічних – витрат (до 300 млн євро щорічно, за досвідом німецького Рура) (Довгий та ін., 2019, с. 24). Після закриття в Рурі всіх кам'яновугільних шахт залишено 6 водовідливних та 3 дегазацийних шахт, які мають утримувати рівень мінералізованих вод вугленосної товщі на глибинах 250–320 м, що дає змогу уникнути загрози накопичення вибухових концентрацій метану на поверхні (Довгий та ін., 2019, с. 43).

За українським законодавством, всі екологічні й соціальні питання вугільних шахт, що підлягають ліквідації, мають бути вирішені за рахунок власника. Саме державі в Україні належала найбільша частина шахтного фонду – переважно занедбані й збиткові підприємства. Коштів на реалізацію проектів із закриття шахт, навіть набагато скромніших, ніж у Рурі, не вистачає, особливо на соціальні та екологічні статті. Але виникла ситуація, що гібридна війна на Сході України усунула й того хрестоматійного господаря, «що прагне самотужки осушити болото» – через втрату урядового контролю над територіями розміщення шахт, дренаж багатьох тривимірних браунфілдів було припинено. Процес затоплення шахти починається за 6–96 годин (з огляду на ємність водозбірників) після знеструмлення насосів. У вересні 2015 р. в результаті втрати енергопостачання внаслідок бойових дій, підйом рівня під-

земних вод у вертикальному стволі шахти «Первомайська» (Луганська область) становив 20 см на добу, що врешті-решт призвело до підтоплення територій у трьох містах з населенням 80 тис. осіб (OSCE, 2017). Заповнення водою вибраного підземного простору нерідко викликає просідання земної поверхні з деформацією будівель і споруд та може призвести до виходу на поверхню вибухонебезпечних (метан) і радіоактивних (радон) газів.

Наслідки підйому шахтних вод суттєво різняться від браунфілду до браунфілду. Якщо у шахті ім. Ізотова в м. Горлівка за період з грудня 2017 р. по травень 2018 р. рівень води піднявся на 13 м, то в Горлівській шахті ім. Румянцева підйом відбувся на 119 м, а в шахті ім. Калініна – 261 м; єнакіївські шахти Полтавська та Єнакіївська мали підйом води відповідно 13 і 15 м, тоді як шахта ім. Карла Маркса продемонструвала збільшення рівня вод на 112 м, а шахта «Красний Профінтерн» – на 216 м (Довгий та ін., 2019, с. 55–57).

Особливістю тривимірних браунфілдів є здатність розповсюджувати негативні геологічні та екологічні ефекти на великі відстані, навіть через кордони й будь-які лінії розмежування. Буровугільний кар'єр Турув (Kopalnia Węgla Brunatnego, KWB, Turów), з річним видобутком 8 млн т вугілля і об'ємом розкритих порід 35 млн куб. м, знаходиться у південно-західній частині польської території, а Чехія та Німеччина відчувають негативні транс-кордонні геологічні та гідрологічні ефекти (просідання земної поверхні й зниження рівня ґрунтових вод). Шахти на непідконтрольній уряду України території, а це 80% національного шахтного фонду, за гіпсометрією знаходяться вище, тому ризик екокатастрофи перестає бути проблемою лише «тієї частини Донбасу» – шахти, що працюють на українському боці відчувають підвищені гідравлічні тиски. Крім того, значна частина шахт пов'язана гірничими вибірками (так званими «збійками» – «Первомайськвугілля» у Луганській обл., «Торецьквугілля» у Донецькій обл.). Тому некерований підйом рівнів підземних вод за схемою «мокрої консервації» з часом збільшує негативний вплив на вугільні підприємства, міста та селища, прилеглі до лінії розмежування об'єкти критичної інфраструктури.

Наприклад, у 2018 р. вже відбувся руйнівний прорив води у шахту «Золоте» з боку шахти «Первомайська», що знаходиться на непідконтрольній уряду території у Луганській області; зараз аналогічна критична ситуація формується в зоні шахт «Торецька» та «Центральна» (ДП «Торецьквугілля», Донецька обл.). Отже, частина Донбасу, яка базується на тривимірних браунфілдах, потребує вироблення спільного блага – здійснення дренажу. Але існують дві очевидні підмножини – ті, хто бере участь у створенні спільного блага (експлуатує шахтні водовідливи), й ті, хто уникнув цього (відключив підземні насосні станції). За теорією РСК, така дилема замикає акторів у стані «поганої» рівноваги. Інституціональна рівновага, як попереджав Дуглас Норт, не означає, що всі гравці задоволені наявними правилами і домовленостями, просто їм не вигідно міняти гру (North, 1991). До зміни правил пово-

дження з тривимірними браунфілдами фізично можуть спонукати підземні шахтні води, що підіймаються вгору.

У гірничі виробки шахт Донбасу (понад 200 об'єктів) регулярно прибуває до 760 млн куб. м води щорічно, тобто щосекунди майже 25 куб. м. Тільки геологічна регіональна депресія рівнів підземних вод (читай водовідливи) була фактором підтримки відносної рівноваги еколого-геологічних умов. Вона служила попередженню процесів підтоплення/затоплення земель, прилеглих міст і селищ на ділянках осідання земної поверхні над гірничими виробками, була протидією активізації виділення вибухонебезпечних газів та ін. (Яковлев, 2017).

Порушення еколого-геологічної рівноваги загрожує не тільки підтопленням і затопленням міст і селищ, забрудненням підземних і поверхневих водозаборів, а й може спричинити локальні землетруси, руйнування об'єктів критичної інфраструктури (трубопроводів, ліній електропередач, доріг, мостів, будівель та споруд), що найбільш небезпечно у Донецькій і Луганській областях, де знаходяться 4 тис. хімічних, металургійних та ін. підприємств, серед яких Микитівський ртутний комбінат і шахта Юнком із капсулою ядерного вибуху в надрах. Некероване затоплення шахт через осідання й деформацію денної поверхні може перевести нестійку регіональну природно-техногенну геосистему в катастрофічний еколого-техногенний стан. Так, аварія, 1989 р. на шахті Олександр-Захід з отруєнням великої кількості шахтарів і гірничорятувальників вказує на потужність порушень, спричинених потраплянням хімічних речей з наземних заводів у гірничі виробки (OSCE, 2017, с. 12).

Сучасна ситуація із затопленням шахт на Донбасі через більшу площу території, охоплених гірничими роботами, і суттєво більшу глибину (до 3-4 разів), складніша, ніж за часів Другої світової війни. Якщо територія в місцях концентрації вуглевидобування буде масово непридатна для проживання і населення буде змушене покинути її, регіональний геолого-екологічний феномен ризикує перетворитися на національну, а то й міжнародну гуманітарну катастрофу, схожу за Чорнобильську, оскільки катаклізм такого масштабу може викликати незворотні регіональні порушення рівноваги і структури надр як основи функціонування біосфери й безпеки життєдіяльності людини.

Навіть за оптимістичним перебігом подій, соціально-економічні перспективи 3D-браунфілдів варто визнати важкими. До цього схиляє і зарубіжний досвід, не тільки в Аппалачському вугільному басейні, а навіть у таких у минулому успішних індустріальних містах, як Детройт (штат Мічиган) та Клівленд (штат Огайо), «успадкована перешкода» минулого стає причиною економічних невдач у майбутньому. Так само вугільні регіони Англії, Шотландії й Уельсу, згідно з доповіддю благодійного Фонду відродження вугільних родовищ (Beatty et al., 2019), залишаються «травмованими спадщиною минулого». На теренах колишніх вугільних родовищ Сполученого Королівства проживає 5,7 млн осіб. Колишні шахтарські міста та селища досі не оговталися

від закриття шахт. Показники зайнятості, навичок та стану здоров'я населення все ще найнижчі від середнього по країні. І хоча за майже 40 років безробіття скоротилося, все ще є велика кількість осіб, які не працюють через хронічні хвороби й отримують соціальну допомогу. Загалом 42% колишніх вугільних районів входять до 30% найбільш малозабезпечених місць у Британії, і, якщо порівняти з 2010 р., цей показник поліпшився лише на один процентний пункт (Beatty et al., 2019, p. 39).

В Україні вугільні регіони визначаються як такі, на території яких розташовані вугледобувні та вуглепереробні підприємства. Загалом це близько 20 територіальних громад Волинської, Дніпропетровської, Донецької, Луганської та Львівської областей, де проживає близько 850 тис. мешканців. Специфіка вугільної галузі, з її навичками, що не підлягають застосуванню в інших галузях, ускладнює можливість працевлаштування шахтарів. Депопуляція міст є складним явищем (Mukhnenko, 2023), процеси в шахтарських містах відбувалися на тлі зменшення чисельності населення всього регіону, однак часові рамки зниження були різні. Наприклад, у шахтарських містах Донецького регіону різке скорочення населення простежується вже на початку 2000-х років і досягало в деяких містах 11%, тоді як по області – лише на 1%. Процеси убування населення навіть у відносно успішних шахтарських містах пов'язані з певними ризиками розвитку містоутворювальних вугледобувних підприємств. Серед найбільших проблем, що турбують мешканців, поряд з доступністю медичних послуг та їх низькою якістю, дорожнечою тарифів, є незадовільна екологічна ситуація, пов'язана з діяльністю шахт і використаням вугілля для опалення.

Впровадження проектів із циркулярної економіки (рециклінгу накопичених браундфілдів промислових відходів), навіть за наявності ініціативи зацікавлених сторін на місцях не може бути запорукою виживання шахтарських міст, а виступати лише засобом підтримки місцевої громади протягом перехідного періоду. Депопуляцію, як зазначено в праці О. Батунової (Batunova, 2020), неможливо зупинити економічними інструментами, тому стратегія розвитку шахтарських міст має передбачати цивілізовану реструктуризацію згідно з ідеями Smart Shrinking («розумного» убування). Впевнена відповідь на екологічну кризу, яка доволі вірогідна, потребує усвідомленої готовності до неї, для чого необхідно перевірити достовірність геолого-екологічної загрози на Донбасі, розробити й прийняти національний план ліквідації наслідків катастрофи. Відповідна програма першочергових дій має передбачати: утворення міжнародної комісії з оцінювання, зокрема методами дистанційного зондування Землі, вірогідності геолого-екологічної катастрофи на Донбасі й можливих її гуманітарних та економічних наслідків; розробку й прийняття довгострокових фінансово-економічних, адміністративних, екологічних і політичних заходів національного плану з ліквідації наслідків геолого-екологічної катастрофи на Донбасі.

Висновки

Панування внутрішнього видобування вугілля обумовлює наявність у багатьох країнах великої кількості браунфілдів у формі шахтних промислових майданчиків, звалищ, териконів і хвостосховищ. У вітчизняній практиці браунфілди часто згадують у контексті територій, які раніше використовували, на відміну від грінфілдів, тобто цілих територій, що не знаходились під забудовою. Але навіть повністю «зелені» ззовні території можуть бути розташовані над гірничими виробками, що може суттєво змінити їхні властивості.

За запропонованим у статті трактуванням, тривимірний браунфілд – це робочі або виведені з експлуатації виробничі майданчики з будівлями, спорудами та інфраструктурою на денній поверхні, а також природні ландшафти, які знаходяться під негативним впливом геологічних, гідродинамічних і газодинамічних процесів, властивих порушенню надр через діяльність шахт/гірничих розрізів.

Донбас внаслідок стоп'ятдесятилітнього ведення гірничих робіт здебільшого перетворився на тривимірний браунфілд – під великими містами знаходяться виробки багатьох активних або закритих підприємств. Відомо два основні підходи до закриття шахт – вільноринковий (*laissez-faire*), що практикується в Північній Америці і більшості країн світу, та європейський, що характеризується високим рівнем державного втручання. Європейські стандарти закриття шахти наполягають на максимальному поверненню ландшафту в допромисловий стан. За такого підходу період після припинення видобутку корисних копалин (*post-mining time*) є тривалим і потребує великих – практично довічних – витрат (до 300 млн євро щорічно за досвідом німецького Рура).

Ситуація з бездренажними тривимірними браунфілдами нагадує «Трагедію загального майна», яку описав Гарретт Хардін (Garrett J. Hardin), і відсилає до теорії Елінори Остром про ресурси спільного користування, коли селянин самотужки прагне осушити болото під пасовище, яке потрібно великій кількості користувачів, а потім залишає цю справу на поталу ледачим сусідам.

Сучасний стан з тривимірними браунфілдами в Україні замикає акторів у стані «поганої» рівноваги. Частина території Донбасу, що ґрунтується на тривимірних браунфілдах, потребує вироблення спільного блага – здійснення відведення і дренажу шахтних вод. Але з початком гібридної війни на Сході України сформувалися дві очевидні підмножини – тих, хто бере участь у створенні спільного блага (експлуатує шахтні водовідливи) – а це підприємства на підконтрольній уряду території, і тих, хто уникає своєї відповідальності (відключив підземні насосні станції).

Властивістю тривимірних браунфілдів є здатність поширювати свої негативні зовнішні ефекти (екстерналії). Шахти на непідконтрольній уряду України території, а їх 80% від національного шахтного фонду, за гіпсометрією знаходяться вище підконтрольних територій, тому ризик екокатастрофи – це вже не проблема лише «окремої частини Донбасу», оскільки шахти на українському боці, що перебувають в роботі, відчують підвищені гідравлічні тиски.

Порушення еколого-геологічної рівноваги несе загрозу не тільки через підтоплення й затоплення міст і селищ, забруднення підземних і поверхневих водозаборів; вони можуть також спричинити локальні землетруси, руйнування об'єктів критичної інфраструктури (трубопроводів, ліній електропередач, доріг, мостів, будівель та споруд), що найбільш небезпечно у Донецькій і Луганській областях, де знаходяться 4 тис. хімічних, металургійних та ін. підприємств. Якщо територія в місцях концентрації вуглевидобування буде масово непридатна для проживання і населення буде змушене покинути її, регіональний геолого-екологічний феномен ризикує перетворитися на національну, а то й континентальну гуманітарну катастрофу.

Навіть за оптимістичним перебігом подій, соціально-економічні перспективи 3D-браунфілдів потрібно визнати тяжкими. До цього також схиляє зарубіжний досвід – у Великій Британії 42% колишніх вугільних районів входять до 30% найменш забезпечених.

Повторне використання і рециклінг накопичених у межах браунфілдів промислових відходів не можуть бути запорукою виживання шахтарських міст. Депопуляцію неможливо зупинити економічними інструментами, тому стратегія розвитку шахтарських міст має передбачати цивілізовану реструктуризацію згідно з ідеями «розумного» убування.

Список використаної літератури

- Геоінформ України (2013). Активізація небезпечних екзогенних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП. Київ, Х.
- Довгий С. О., Трофимчук О. М., Коржнев М. М., Яковлев Є. О., Чумаченко С. М., Іванченко В. В., Куліковська О. Є., Курило М. Є., Анпілова Є. С., Кошарна С. К., Стеценко В. В., Чугунов Ю. Д. (2019). Стратегічні напрями реструктуризації Донецького вугільного і Криворізького басейнів в умовах трансформації енергетичної сфери. Київ : Ніка-Центр.
- Яковлев Є.О. (2017). Критичні зміни екологічного стану надр Донбасу. *Мінеральні ресурси України*. 2017, 3, 34–39.
- Amosha, O., Lyakh, O., Soldak, M., Cherevatskyi, D. (2018). Institutional determinants of implementation of the smart specialisation concept: case for

- old industrial coal-mining regions in Ukraine. *Journal of European Economy*, 17, 3 (66), 305–332. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2018.03.305>
- Batunova, E. (2020). The twentieth century heritage of shrinking cities. *Territorio*, 64–66.
- Beatty, C., Fothergill, S. and Gore, T. (2019). *The State of the Coalfields. Economic and social conditions in the former coalfields of England, Scotland and Wales*. A report commissioned by the Coalfields Regeneration Trust.
- Brinkhoff, T. (2023). City Population: Online Database. <https://www.citypopulation.de/>
- Cehlár, M., Janočko, J., Šimková, Z., Pavlík, T., Tyulenev, M., Zhironkin, S., Gasanov, M. (2019). Mine sited after mine activity: The brownfields methodology and Kuzbass coal mining case. *Resources*, 8(1), 21.
- Frouz J., Prach K., Pižl V., Háněl L., Starý J., Tajovský K., Materna J., Balík V., Kalčík J., Řehouňková K. (2008). Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in Post mining sites. *European journal of soil biology*, 44, 1, 109–121.
- Grimski, D., Ferber, U. (2001). Urban brownfields in Europe. *Land Contamination and Reclamation*, 9(1), 143–148.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162, 3859, 1243–1248.
- Hess, Ch., Ostrom, E. (2003). Ideas, Artifacts, and Facilities: Information as a Common-Pool Resource. *Law and Contemporary Problems*, 66, 1/2, 111–145.
- Hou, D., Al-Tabbaa, A., O'Connor, D., Hu, Q., Zhu, Y. G., Wang, L., Rinklebe, J. (2023). Sustainable remediation and redevelopment of brownfield sites. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(4), 271–286.
- Krzysztofik, R., Runge, J., Kantor-Pietraga, I. (2012). Paths of environmental and economic reclamation: The case of post-mining brownfields. *Polish Journal of Environmental Studies*, 1, 21, 219–223.
- Lewis, R. L. (2023). *Coal Industry*. e-WV: The West Virginia Encyclopedia, <https://www.wvencyclopedia.org/articles/1349>.
- Limpitlaw, D., Aken, M., Lodewijks, H., Viljoen, J. (2005). *Post-mining rehabilitation, land use and pollution at collieries in South Africa*. Colloquium: Sustainable Development in the Life of Coal Mining, South African Institute of Mining and Metallurgy, Boksburg 13.
- Mykhnenko, V. (2023). Smart shrinkage solutions? The future of present-day urban regeneration on the inner peripheries of Europe. *Applied Geography*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103018>.
- North, D. C. (1991). Institutions. *Journal of economic perspectives*, 5(1), 97–112.

- OSCE (2017). Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. Київ, ВАІТЕ. <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/362581>
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge university press.
- Ostrom, E. (2002). Chapter 24 Common-pool resources and institutions: Toward a revised theory. In *Handbook of Agricultural Economics* (Vol. 2, Part A, pp. 1315–1339). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(02\)10006-5](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(02)10006-5)
- Skousen, J., Zipper, C. E. (2014). Post-mining policies and practices in the Eastern USA coal region. *International Journal of Coal Science & Technology*, 1, 2, 135–151.
- Stuart, K. (1996). *A space on the side of the road: cultural poetics in an «other» America*. Chichester, West Sussex, Princeton University Press.
- Wang, W, Dack, S, Mudway, I, Walder, H, Davies, B, Kamanyire, R, Fecht, D. (2023). Brownfield land and health: A systematic review of the literature. *PLoS ONE*, 18, 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289470>
- Zhao Y., Zhang C., Cao L. (2009). *Post-Mining of Association Rules: Techniques for Effective Knowledge Extraction: Techniques for Effective Knowledge Extraction*. IGI Global.
- Zipper, C. E., Adams, M. B., & Skousen, J. (2021). The Appalachian coalfield in historical context. In C. E. Zipper & J. Skousen (Eds.), *Appalachia's coal-mined landscapes* (pp. 1-26). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57780-3_1

Отримано: 11 жовтня 2023 р.

Рецензовано: 29 жовтня 2023 р.

Рекомендовано до друку: 6 листопада 2023 р.