

SYNCHRO-MINING: CASE STUDY

Г.Г. Півняк, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна
О.І. Амоша, Інститут економіки промисловості НАН України, Україна
О.М. Шашенко, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна
Д.Ю. Череватський, Інститут економіки промисловості НАН України, Україна
Л.В. Бородай, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна

Виконано аналіз варіантів побудовань Synchro-Mining з використанням методу кейсів.

Обґрунтовано, що в основу феномена Synchro-Mining раціонально покласти примат самого існування гірничодобувного підприємства (шахти, рудника, кар'єру, свердловини).

Зазначені у статті уточнення сприяють більш чіткому визначенню предмета Synchro-Mining: диверсифікація основної діяльності підприємства, що проводиться синхронно з Mining у формі вертикальної інтеграції різнопрофільних бізнесів (ієрархічний спосіб виробництва), або у вигляді гетерархій (мережевого капіталізму) чи індустриальних парків.

*Mining the act, process, or industry of
extracting coal, ores, etc, from the earth
Collins English Dictionary*

*Mining: the process or business of working mines
The dictionary by Merriam-Webster*

*Гірнича справа – діяльність, пов'язана
з видобуванням з надр корисних копалин...
Гірничий закон України*

Mining в тлумаченні Collins English Dictionary, так само як і Гірничого закону України, це видобування корисних копалин, того ж вугілля, з надр.

У 2018 року обсяг світового видобутку вугілля перевищив 8 млрд т [1]. У промислових масштабах цією діяльністю займається понад 60 країн, на частку 10 з яких припадає майже 9/10 цілого.

Хоча виробнича потужність будь-якої з 50-ти інших великих за видобутком вугілля національних економік не перевищує 100 млн т на рік, саме Mining є для них головним способом задоволення потреб у твердому паливі та шихті для коксування, оскільки потік вугільної продукції через міжнародні торговельні майданчики становить не більше 15-17% від загального обсягу виробництва [2].

Імпорт вугілля, особливо енергетичних марок, – це пристанок переважно тих країн, які згорнули національний вуглевидобуток.

За економічними мотивами це зробили Японія та європейські країни з віковими традиціями гірництва – Франція, Бельгія, Нідерланди, Люксембург. У тому ж ряду Велика Британія, остання шахта якої – Kellingley – була закрита в 2015 році, і Німеччина, останню шахту якої – Prosper-Haniel – закрито в 2018 році. На черзі закриття в 2019 році останньої шахти Іспанії.

Така доля була вготована і вугільній промисловості України: в плани вищого керівництва СРСР входила швидка і масова ліквідація шахтного фонду на Донбасі [3]. У 1980-х роках цьому завадили складності соціального і політичного характеру, а потім розпад самого Радянського Союзу.

Процеси активної реструктуризації гірничодобувних галузей у багатьох країнах викликали до життя поняття Post-Mining (фізичне закриття підприємства з «виправленням» екологічних і соціальних наслідків його існування) та велику кількість наукових робіт з цієї тематики. Так, стаття групи чеських авторів, присвячена проблемам ґрунтового і біологічного відновлення території після припинення видобутку і переробки копалин [4], за

даними Google Scholar з 2008 р. була процитована 262 рази; робота іншої групи чеських дослідників [5] з 2012 р. 95 разів згадана в працях послідовників; стаття американських авторів J. Skousen і С. Е. Zipper [6] – 35 разів з 2014 р. і т.д. Є в цій різноплановій колекції і робота, присвячена захворюваності на рак легенів в регіонах Аппалачського вугільного басейну, які перебувають на стадії Post-Mining [7], а географія тих, хто опрацьовує зазначену тематику, охоплює і Європу, і Америку, про що було згадано, і Китай [8], і Південну Африку [9].

Необхідність підтримки вуглевидобутку в складних українських гірничо-геологічних і економічних умовах спонукали вчених Національного гірничого університету (нині НТУ «Дніпровська політехніка») на вироблення оригінальної ідеології комплексного вирішення господарських, екологічних, соціальних проблем депресивних гірничодобувних регіонів, що отримала назву Synchro-Mining [10, 11].

Розпочаті в 2010 р. дослідження, в 2012 році призвели до концепції стратегічного розвитку промислових регіонів та сталого функціонування гірничодобувних підприємств на основі синхронних з їх видобувною діяльністю проектів диверсифікації, що реалізують інноваційні технології хімічної переробки вугілля, глибокого очищення шахтних вод, видобутку метану, підземної газифікації позабалансових запасів вугілля, що знаходяться в тонких пластах, переробки відвалів, альтернативної енергетики та ін.

Synchro-Mining відрізняє прагнення максимально повно виконати ключові заходи, які традиційно входять у Post-Mining, не постфактум (після консервації або ліквідації підприємства), а на активній стадії функціонування шахти.

Ідея, схоже, витала в повітрі: майже в той же час відомі у вітчизняній вугільній промисловості фахівці опублікували статті в стилі Synchro-Mining про тривимірні індустріальні парки на базі шахти [12, 13].

Разом з тим, слід визнати, що незважаючи на ідеологічну близькість та відповідність концепції Synchro-Mining практично всім європейським програмним документам – Програмним цілям Європейської Мережі гірничовидобувних регіонів, Стратегії розвитку гірничодобувної галузі Європи, Концепції формування європейських технологічних платформ, Стратегії використання природних ресурсів на основі сталого розвитку Європейської комісії – її поширення виявилось не настільки активним, як передбачалося і як вона того заслуговує.

Посилань на базову деклараційну статтю [10], зроблених вітчизняними дослідниками з моменту опублікування, виявилось трохи більше двох десятків, а для зарубіжних авторів, якщо не брати до уваги однієї російської публікації [14], літературні джерела щодо Synchro-Mining залишилися практично непоміченими, хоча тексти англійською мовою в мережі доступні [15, 16].

Зазначене можна пояснити недостатньо чітким розумінням в науковому середовищі суті Synchro-Mining, що перешкоджає консолідації на цьому напрямку сил вітчизняних вчених, зайнятих у сфері гірничої промисловості. А для бізнес-структур невисока рентабельність вуглевидобутку обумовлює великі інвестиційні ризики, що позбавляють комерційного сенсу впровадження інноваційних технологій, хоч би і самих новітніх.

Викладене обумовило мету роботи, якою є уточнення предмета Synchro-Mining і розкриття додаткових мотивацій нової ідеології для бізнес-структур.

Вивчення питання показало, що неточності в розумінні ідеології виходять з самого поняття Mining (Гірництво).

За визначенням Гірничого закону України та Collins English Dictionary, що стоять на первинності видобутку корисної копалини з надр, доречно говорити про три стадії експлуатації родовищ: Pre-Mining (розвідка, будівництво гірничодобувного підприємства); власне Mining (експлуатація шахти, розрізу, рудника, кар'єру, свердловини etc.) і Post-Mining. Тобто, є видобуток – є Mining, немає видобутку – Post-Mining.

Якщо ж виходити з примату шахти, заданого визначенням словника Merriam-Webster: є шахта – є Mining, немає шахти – Post-Mining.

Шахта Affinity Mine із Західної Вірджинії (Аппалачі, США), потужна, неглибока з великими запасами коксівного вугілля преміум-класу, до того як її в 2009 році придбав український Метінвест, понад чверть століття простояла покинута. За версією Collins English Dictionary це ситуація Post-Mining, за версією словника Merriam-Webster – цілком ще Mining: шахта не ліквідована, запаси не вичерпані.

Тому для вирішення поставленого завдання буде доречним скористатися методом Case Study (*англ.* Case method, кейс-метод ситуаційного аналізу), тобто методом аналізу конкретних, реальних економічних, соціальних та бізнес-ситуацій.

Case 1. Електростанції на базі шахт

Електростанції на базі шахт є варіантом диверсифікації основної діяльності гірничого підприємства.

В Україні тема паливно-енергетичних комплексів на базі шахти як об'єктів теплової енергетики отримала розвиток в дев'яностих роках ХХ століття [17, 18]. В даний час більш актуальні шахтні пікові електростанції (сховища енергоресурсів). У Німеччині, наприклад, ведеться активне опрацювання проекту трансформації закритої, – такої, що припинила видобуток вугілля, – шахти Prosper-Haniel в гідроакумулюючу електростанцію (ГАЕС) потужністю 200 МВт [19]. Прийшов час споруд, про доцільність яких співробітник Національного гірничого університету М.М. Табаченко висловлювався ще в 2000 році [20].

Йдеться про те, щоб при дефіциті електроенергії в мережі воду з водозбірника на поверхні перепускати через турбіну в підземний простір, одночасно виробляючи генерацію електрики, а при профіциті електроенергії – викачувати з шахти.

Як і у випадку з Affinity Mine, є тонкощі класифікації. Оскільки видобуток вугілля не ведеться, то проект допустимо класифікувати як відповідний ідеології Post-Mining, але оскільки шахта фізично не закрита, стволи і виробки використовуються в технологічному процесі, то це можна і раціонально віднести до Synchro-Mining.

Сама Ханнелоре Крафт (Hannelore Kraft), прем'єр-міністр федеральної землі Північний Рейн-Вестфалія, вважає це збереженням у статусі учасника енергоринку найбільшого центру національної промисловості [21].

Те саме справедливо і щодо естонського проекту в Муузі (Muuga), який пов'язаний з перепуском води, взятої із морської затоки, що знаходиться поруч, через гідравлічні турбіни в виробки відпрацьованого гранітного кар'єру [22].

Не менш перспективними накопичувачами енергії є й сховища стисненого повітря (Compressed air energy storage, CAES).

У світі є дві працюючі газотурбінні електростанції з підземними пневмоакумуляторами – одна поблизу німецького Ханторфа (Huntorf), інша – біля американського Макінтоша (McIntosh, штат Алабама). Електрогенеруючі частини цих станцій, потужністю відповідно 290 і 110 МВт, знаходяться на денній поверхні, а високооборотні сховища стисненого повітря (каверни природного походження) – на глибині 600-800 м.

Характерно, що ці електростанції під категорію Synchro-Mining не підпадають через відсутність не тільки Mining як такого, а й власне шахти в традиційному уявленні, чого не скажеш про проект RICAS 2020, що в даний час виконує консорціум великих європейських компаній з бюджетним фінансуванням близько 1,4 млн євро з перетворення непрацюючої шахти, яка знаходиться в Австрії, у сховище стисненого повітря для наземної електростанції [23].

Case 2. Видобуток і збагачення вугілля

Два підприємства на Донбасі – шахтоуправління «Покровське» і «Шахта ім. А.Ф. Засядька» – здійснюють видобуток вугілля металургійного призначення. Відмінність у їх діяльності полягає в тому, що шахтоуправління «Покровське», яке перебуває у володінні компанії «Донецьксталь», рядове вугілля як товар передає за допомогою транспортної установки на переробку збагачувальній фабриці «Свято-Варваринська», тобто іншій юридичній особі, що належить тій же компанії «Донецьксталь»; а компанія «Шахта ім. А.Ф. Засядька» володіє і експлуатує заблоковані між собою шахту і збагачувальну

фабрику ЦЗФ «Київська», і в кінцевому підсумку продукцією підприємства є вугільний концентрат.

При практично аналогічних технологіях видобутку і переробки вугілля перша шахта реалізує режим Mining, а друга – Synchro-Mining, оскільки синхронно з видобутком вугілля здійснює і його збагачення.

Щодо цього показовим є аспект переробки відходів збагачення.

Якщо це робиться в комплексі «Шахта-ЗФ», то розвиток циркулярної економіки (зменшення виходу відходів та їх повернення в цикл виробництва) є проявом Synchro-Mining. Утилізація ж високозольних вугільних матеріалів, накопичених у хвостосховищах відокремлених від шахт збагачувальних фабрик [24], є класичним Post-Mining, але ніяк не Synchro-Mining.

Case 3. Видобуток і утилізація метану

Провідні вуглевидобувні країни – США, Канада, Австралія, Китай – вирішують проблему дегазифікації вуглепородного масиву за допомогою попередньої підготовки – заздалегідь, до початку очисних робіт на цій ділянці шахтного поля, бурять свердловини з поверхні і такими копальнями за 5-8 років до проведення гірничих робіт істотно знижують концентрацію газу, маючи при цьому товарний метан і значну комерційну віддачу. Це класичний Mining метану, але не Synchro-Mining.

Але, для того, щоб насиченість масиву метаном зменшилася на 50%, необхідно близько 10 років, яких нині існуючі українські компанії не мають. Тому в ш/у «Покровське» для ефективної дегазації пластів очисні роботи в просторі і в часі поєднують зі спорудженням свердловин з поверхні. І це є діяльність шахти в режимі Synchro-Mining.

Метан, отриманий чи способом традиційного Mining, чи при поєднанні бурових і очисних робіт, утилізований на когенераційній енергоустановці, в шахтній котельній або в пришахтній автозаправці, підводить комплекс під категорію Synchro-Mining.

Те ж саме справедливо і для підземної газифікації вугілля. Для того, щоб адаптувати комплекс під архітектуру Synchro-Mining, необхідна утилізаційна частина, якою можуть виступати розташована на поверхні шахти електростанція або хімічна фабрика для подальшого перетворення синтез-газу. Тільки в такому випадку можливо говорити про синхронне ведення двох різнопрофільних виробництв, а не про звичайний Mining синтез-газу способом підземної газифікації вугілля.

Case 4. Synchro-Mining і вертикальна інтеграція

Зосереджені в руках одного власника паливно-енергетичні технологічні комплекси на базі вугільних шахт, ті ж електростанції на синтез-газі; когенераційні модулі на шахтному метані; теплоелектроцентралі малої і середньої потужності на вугільному паливі та ін., в принципі, є не тільки ієрархічними утвореннями, побудованими за принципами Synchro-Mining, а й вертикально-інтегрованими структурами з позитивними і негативними рисами, про які свого часу Бенгт Карлоф (Bengt Karlof) зауважив, що «Проблеми, пов'язані з надмірною вертикальною інтеграцією, турбують М. Горбачова в Кремлі не менше, ніж директорів «Дженерал Моторс» в Детройті»[25, с. 163].

В умовах низької прибутковості, а то й збитковості вугільного виробництва, досягнення рентабельності технологічного комплексу в цілому може виявитися нездійсненим завданням, що позбавляє Synchro-Mining комерційного сенсу.

Згадані в другому кейсі комплекси «Шахта-ЗФ» за чинником власності в обох випадках є вертикально-інтегрованими структурами, але лише один з них, як було показано, належить до зразків Synchro-Mining.

Case 5. Synchro-Mining і промислові парки

Еко-індустріальний парк Red Hills EcoPlex (округ Чокто, штат Міссісіпі, США), що має в своєму складі шахту і теплову електростанцію потужністю 440 МВт, не є ані прикладом Synchro-Mining, ані прикладом вертикально-інтегрованої структури, оскільки ні компанія, яка експлуатує ТЕС, ні інші учасники парку, а це цегляний завод і різноманітні агрофірми, комерційно свою діяльність з Mining твердого палива не синхронізують. Це група

розрізаних між собою економічних агентів, які використовують на правах учасників парку водяну пару, скиди теплової енергії, золу та шахтну породу [26].

Інша справа індустриальний парк, який має у своєму складі зблоковані на одному промисловому майданчику вугільну шахту та електростанцію (на твердому або газовому паливі, що використовує підземні енергетичні сховища та ін.), що належать різним власникам, які виступають технологічно пов'язаною гетерархічною структурою.

Гетерархія принципово відрізняється від традиційної фірми-ієрархії тим, що управління її функціонуванням регулюється двома або більше рівними за значущістю керуючими центрами.

Перевагою індустриально-паркової системи є можливість залучення інвестиційних ресурсів та потенційний синергізм, що виявляється в можливості використання золи електростанції для закладки виробок; шахтної води – в системі охолодження котлоагрегатів; шахтного метану – як палива підсвічування і т.д. При цьому власне шахта є не тільки постачальником паливних ресурсів та матеріалів, але й великим споживачем електричної і теплової енергії.

Гетерархічне підґрунтя заснованих на ідеології Synchro-Mining побудовань завдяки властивим мережевому капіталізму можливостей здатне викликати інтерес бізнес-структур – тих же енергетичних корпорацій – до участі в діяльності індустриальних парків, а також суттєво підняти потенціал збиткового державного сектора вітчизняної вугільної промисловості [27].

Для реалізації таких можливостей в 2014 році Дніпровською політехнікою на відкритій технологічній платформі було запропоновано програмний проект Synchro-Mining, що сприяє активізації створення техно- та індустриальних парків.

У 2015 році держави-члени ООН прийняли Порядок денний щодо сталого розвитку до 2030 р. Цей програмний документ містить 17 цілей, спрямованих на ліквідацію злиднів, збереження ресурсів планети та забезпечення благополуччя для всіх. Показово, що ідеологія Synchro-Mining близька 7-ми (із 17-ти) Глобальним цілям сталого розвитку, а саме:

7 (Забезпечення доступу до недорогих, надійних, стійких і сучасних джерел енергії для всіх);

8 (Сприяння поступальному, всеохоплюючому та сталому економічному зростанню, повній і продуктивній зайнятості та гідній праці для всіх);

9 (Створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохоплюючій і сталій індустриалізації та інноваціям);

11 (Забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст і населених пунктів);

12 (Забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва);

15 (Захист та відновлення екосистем суші та сприяння їх раціональному використанню, раціональне лісокористування, боротьба з опустелюванням, припинення і повернення назад (розвертання) процесу деградації земель та зупинка процесу втрати біологічного різноманіття);

17 (Зміцнення засобів здійснення й активізація роботи в рамках Глобального партнерства в інтересах сталого розвитку).

Виконаний у роботі з використанням кейсів аналіз варіантів побудови Synchro-Mining показав властиву самій ідеології багатоаспектність, а то й суперечливість, що обумовлює складність її сприйняття не тільки практиками, а навіть підготовленими вченими.

Обґрунтовано, що в основу феномена Synchro-Mining раціонально покласти тлумачення Mining (Гірництва) у версії словника Merriam-Webster, заснованого на приматі існування гірничодобувного підприємства (шахти, рудника, кар'єру, свердловини etc.): Mining існує незалежно від видобутку корисних копалин до тих пір, поки фізично не ліквідовано саме підприємство.

Таким чином, Synchro-Mining – це диверсифікація основної діяльності гірничодобувного підприємства, яка проводиться синхронно з Mining, будь-то в напрямку збагачення вугілля

або руди, виробництва і акумуляції електричної і теплової енергії, заздалегідь проведених заходів Post-Mining, комерційного видобутку метану, глибокого очищення шахтних вод, розвитку циркулярної економіки та ін., як у формі вертикальної інтеграції різнопрофільних бізнесів (ієрархічний спосіб виробництва), так і у вигляді гетерархій (мережевого капіталізму), чи індустріальних парків.

Найбільш актуальним у ситуації нерентабельності вуглевидобутку і системних неплатежів за спожиту електроенергію, що склалася в державному секторі вугільної промислової України, може стати Synchron-Mining, націлений на досягнення енергетичної автаркії вугледобувних підприємств.

Ідеологія Synchron-Mining у формі розгорнутих у трьох вимірах індустріальних парків сприятиме залученню інвестиційних ресурсів бізнес-структур, тих же великих корпорацій, як учасників.

Для поглиблення і поширення теорії Synchron-Mining доцільно поставити в рамках відомчої тематики відповідну науково-дослідну роботу, провести спеціалізовані міжнародні форуми (конференції, круглі столи та ін.), видати монографії, комплекс статей, в тому числі, на англійській мові.

Отримані результати сприятимуть об'єднанню на єдиній ідеологічній базі фахівців-практиків і вчених різних країн світу із сфер галузевої, академічної та університетської науки.

Для активізації залучення інвесторів – перш за все з числа енергетичних компаній, що прагнуть обладнати і мати у власності енергетичні сховища – раціонально підтримувати і популяризувати у бізнес-середовищі розгорнуту в Дніпровській політехніці програмну платформу Synchron-Mining.

З метою саморозвитку нової парадигми функціонування гірничих підприємств має сенс відкрити під егідою МОН і НАН України при патронажі великих вітчизняних корпорацій – ДТЕК, Метінвест, Донецьксталь і ін. – міжнародний навчально-дослідний інститут Synchron-Mining International, а також звернутися до провідних в світі гірничопромислових корпорацій з пропозицією про підтримку руху Synchron-Mining в різних басейнах на різних континентах.

Список літератури

1. BP Statistical Review of World Energy 2019 | 68th edition. URL <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
2. Amosha O., Zaloznova Y., Cherevatskyi D. Regimeology of coal Markets //Scientific Bulletin of National Mining University. – 2018. – №. 2.
3. Стырикович М.А., Синяк Ю.В. Исследования дальних перспектив развития энергетики // Вести Академии наук СССР.– 1986.– № 4.– С. 46-54.
4. Frouz J. et al. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in Post mining sites //European journal of soil biology. – 2008. – Т. 44. – №. 1. – С. 109-121.
5. Tropek R. et al. Technical reclamations are wasting the conservation potential of post-mining sites. A case study of black coal spoil dumps //Ecological Engineering. – 2012. – Т. 43. – С. 13-18.
6. Skousen J., Zipper C. E. Post-mining policies and practices in the Eastern USA coal region //International Journal of Coal Science & Technology. – 2014. – Т. 1. – №. 2. – С. 135-151.
7. Hendryx M., O'Donnell K., Horn K. Lung cancer mortality is elevated in coal-mining areas of Appalachia //Lung Cancer. – 2008. – Т. 62. – №. 1. – С. 1-7.
8. Zhao Y. (ed.). Post-Mining of Association Rules: Techniques for Effective Knowledge Extraction: Techniques for Effective Knowledge Extraction. – IGI Global, 2009.
9. Limpitlaw D. et al. 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. – 2005. – Т. 13.
10. Півняк Г.Г., Пілов П.І., Пашкевич М.С., Шашенко Д.О. Synchron-mining: цивілізоване

вирішення проблеми сталого функціонування гірничодобувних регіонів //Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2012. – №. 3. – С. 131-138.

11. Шашенко А.Н., Пилов П.И., Пашкевич М.С., Ковров А.С. Post-Mining: технологический аспект стратегического развития горнодобывающих регионов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – № 5-6. – С. 24-26.

12. От промышленного предприятия к промышленному парку: смена парадигмы на примере ш/у «Покровское» / А.И. Амоша, О.Д. Кожушок, В.В. Радченко, Е.Н. Халимендинов, Д.Ю. Череватский, Е.А. Юшков // Економіка промисловості. – 2013. – № 1-2. – С. 13-17.

13. Ильяшов М. А., Левит В. В., Череватский Д. Ю. Трёхмерные промышленные парки: определение, особенности и направления развития //Экономика промышленности. – 2015. – №. 1 (69).

14. Черняховский О.И., Антипов О.А. Экономические аспекты природопользования. Отдельные статьи. Горный информационно-аналит. бюл. (науч.-техн. журнал) – 2015 – № 10 (спец. вып. 43).– М. : Изд-во «Горная книга». – 24 с.

15. Falshtynskiy V. S. et al. Determination of the technological parameters of borehole underground coal gasification for thin coal seams //Journal of sustainable mining. – 2013. – Т. 12. – №. 3. – С. 8-16.

16. Pivnyak G. et al. Energy Efficiency and Economic Aspects of Mining Wastes Utilization within the Closed Cycle of Underground Gas Generator //Advanced Engineering Forum. – Trans Tech Publications, 2017. – Т. 25. – С. 1-10.

17. Кабанов А.И., Филиппов А.М., Череватский Д.Ю., Разумный Ю.Т. Принципы построения технологических блоков «Шахта-ТЭС»// Уголь Украины. –1996. – №5-6.– С. 5-9.

18. Булат А.Ф., Чемерис И.Ф., Кибкало М.Н. Малая энергетика – основа диверсификации деятельности угледобывающих предприятий// Уголь Украины.- 1999.- №10.- С.17-20.

19. Амоша А.И., Пайонк К., Череватский Д.Ю., Стиблий А.В. Опыт реорганизации шахт в гидроаккумулирующие электростанции // Уголь Украины.– 2018 – № 6.– С. 3-7.

20. Табаченко Н.М. Гидроаккумулирующая электростанция на закрываемых шахтах // Уголь.– 2000.– № 9.– С. 43-44.

21. Erikson A. Germany shows the world how to make Electricity in a Disused Coal Mine [Electronic Resource]. – The mode of Access: <http://www.collective-evolution.com/2017/03/31/how-to-make-electricity-in-a-disused-coal-mine/>.

22. Menéndez J. et al. Underground Pumped-Storage Hydro Power Plants with Mine Water in Abandoned Coal Mines //Proceedings of the IMWA 13th International Congress. – 2017. – С. 6-13. [Electronic Resource]. – The mode of Access: http://www.imwa.info/docs/imwa_2017/IMWA2017_Menendez_6.pdf

23. Design Study for Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage (AA-CAES). URL <https://www.sintef.no/en/projects/ricas-2020-design-study-for-advanced-adiabatic-com/>.

24. Amosha O., Lyakh O., Soldak M., Cherevatskyi D. Institutional determinants of implementation of the smart specialisation concept: case for old industrial coal-mining regions in Ukraine // Journal of European Economy.– 2018.– Vol. 17.– № 3 (66). July-September.– P. 305-332.

25. Карлоф Б. Деловая стратегия / Б. Карлоф.– М.: Экономика, 1991.– 239 с.

26. Gibbs D., Deutz P. Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development // Journal of Cleaner Production.– 2007.– Vol. 15.– Iss. 17.– P. 1683-1695.

27. Амоша А.И., Залознова Ю.С., Череватский Д.Ю. Угольная промышленность и гибридная экономика: моногр. – Киев: НАН Украины, Ин-т економіки пром-сти, 2017. – 196 с.