

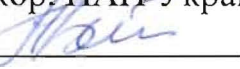
УДК 622.278.273.2
№ держреєстрації 0116U008041
Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19
тел./факс: (0562) 47-32-09, телекс 14-34-57



ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з наукової роботи,
Ін-кор. НАН України


_____ О.С. Бешта
» _____ 2018 р.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МАЛОВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ВИДОБУВАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ ТА МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ
по темі ГП-487
(остаточний)

Науковий керівник НДР
к.т.н.


_____ П.Б. Саїк
« 04 » _____ 2018 р.

2018

Рукопис закінчений 4 липня 2018 р.

Результати роботи розглянуто Вченою радою НТУ «Дніпровська політехніка»
№9 від 5 липня 2018 р.

РЕФЕРАТ

Звіт з НДР: 245 с., 73 рис., 18 табл., 2 додатки, 193 літ. джерел.

Метою роботи є наукове обґрунтування та розробка енергоефективних маловідходних технологій видобування вуглеводневої та мінеральної сировини шляхом зміни її агрегатного стану фізико-хімічним втручанням з урахуванням особливостей зміни геомеханічного стану середовища для підвищення повноти вилучення корисних компонентів.

Об'єкт наукової роботи, науково-технічної (експериментальної) розробки – енергоефективні маловідходні технології видобування вуглеводневої та мінеральної сировини.

Предмет наукової роботи, науково-технічної (експериментальної) розробки – закономірності протікання процесів термохімічної переробки твердих видів палива, гідратуутворення, формування штучних газогідратів, вилуговування з окремих видів мінеральної сировини з урахуванням геомеханічного стану середовища. Фундаментальна проблема, на вирішення якої спрямовано проект – недосконалість традиційних методів видобутку мінеральної сировини призводить до підвищення собівартості кінцевих продуктів.

При виконанні роботи застосовано комплексний підхід, що включає аналіз і узагальнення літературних та інформаційних джерел відносно вітчизняного й закордонного досвіду розробки і термохімічного перетворення вуглеводневої та мінеральної сировини; комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану масиву гірських порід; фізичне моделювання процесу вилуговування; аналітичні та експериментальні дослідження термодінамічних умов гідратуутворення та процесів термохімічної переробки камяного вугілля шляхом підземної газифікації камяного вугілля.

Перелік посилань

1. Стрелина, Е.Н., & Йоненко, А.И. (2014). Современные проблемы развития угольной промышленности Украины в контексте энергетической независимости страны. *Ефективна економіка*, (4).
2. *Ресурси твердих горючих копалин України станом на 01.01.2011 р.* (2011). Київ: Державне науково-виробниче підприємство “Державний інформаційний геологічний фонд України”.
3. Рудько, Г.І., Литвинюк, С.Ф., & Ловінюков, В.І. (2012). Геолого-економічна оцінка вугільних родовищ України. *Мінеральні ресурси України*, (3), 23-28.
4. Бузило, В.И., Кошка, А.Г., & Сердюк, В.П. (2012). *Технология селективной отработки тонких угольных пластов*. Днепропетровск: Национальный горный университет.
5. Бойко, Н.Г., Зборщик, М.П., & Бойко, Д.Е. (2008). Повышение суточной нагрузки лавы при выемке тонких пологих пластов. *Наукові праці ДонНТУ*, 16(142), 16-26.
6. Ляшенко, О.Ф., & Макаров, В.М. (2003). Досвід і перспективи використання техніки нового технічного рівня на вугільних шахтах України. *Проблеми загальної енергетики*, (9), 16-21.
7. Petlovanyi, M.V., Lozynskyi, V.H., Saik, P.B., & Sai, K.S. (2018). Modern experience of low-coal seams underground mining in Ukraine. *International Journal of Mining Science and Technology*. Article in press. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.05.014>
8. Smirnov, A., & Piliugin, V. (2015). Evolution of modern mining systems of longwall thin flat coal seams. *Mining of Mineral Deposits*, 9(1), 7-14. <https://doi.org/10.15407/mining09.01.007>
9. Харченко, В.В., Овчинников, Н.П., Сулаев, В.И., Гайдай, А.А., & Русских, В.В. (2014). *Процессы очистных работ на пластах угольных шахт*. Днепропетровск: Национальный горный университет.
10. Подземная механизация. (2012). *Энергетика Украины*. Режим доступу <http://uaenergy.com.ua/post/12433>
11. Бурчаков, А.С., Жежелевский, А.С., & Ярунин, С.А. (1989). *Технология и механизация подземной разработки пластовых месторождений*. Москва: Недра.
12. Гребьонкін, С.С., Павлиш, В.М., & Махов, Г.Г. (2009). Експериментальні дослідження кінематичних систем механізованого кріплення для тонких крутих вугільних пластів. *Науковий вісник НГУ*, (8), 26-29.
13. Гринев, В.Г., & Череповский, П.В. (2011). Исследование влияния убывающей отдачи и издержек производства на выбор рациональных параметров

- добычи угля. *Физико-технические проблемы горного производства*, (14), 173-180.
14. Гребёнкин, С.С., Янко, С.В., & Павлыш, В.Н. (2011). *Справочник горного инженера угольной шахты с крутым (крутонаклонным) залеганием пластов*. Донецк: Вик.
 15. Горбачев, Г.И. (2012). Пути совершенствования технологических схем отработки наклонных и крутонаклонных угольных пластов с изменяющимся углом залегания на малых глубинах. *Геотехнічна механіка*, (97), 186-192.
 16. Литвинов, Ю.Г., Радул, В.А., & Пронин, Ю.Н. (2011). Механизированная выемка угля на шахтах Центрального района Донбасса. *Уголь Украины*, (6), 17-19.
 17. Алишев, А.И., Коломиченко, В.А., & Литвинов, Ю.Г. (1998). Опыт отработки крутых пластов щитовыми агрегатами. *Уголь Украины*, (3), 9-11.
 18. Хорина, В.Н. (1967). *Машины и оборудование для угольных шахт*. Москва: Недра.
 19. Брюханов, А.М., Мхатвари, Т.Я., & Тимофеев, Э.И. (2011). Перспективы повышения эффективности угледобычи в щитовых лавах. *Уголь Украины*, (7), 3-6.
 20. Бабиюк, Г.В., & Ермаков, А.Н. (2010). Интенсификация производства на угольных шахтах. *Науковий вісник НГУ*, (1), 29-32.
 21. Качурин, Н.М. (2005). *Геоэкологическое обоснование добычи угля на малых глубинах*. Москва: Изд-во МГГУ.
 22. Качурин, Н.М. (2005). *Расчет и проектирование гидромеханических исполнительных органов проходческих комбайнов*. Москва: Изд-во МГГУ.
 23. Ходырев, Е.Д., Дрибан, В.А., & Анциферов, А.В. (2012). Частичная отработка охранных угольных целиков с помощью бурошнековой установки. *Наукові праці УкрНДМІ НАН України*, (10), 288-295.
 24. Григорян, А.А., Голеев, Г.Г., & Каплан, А.В. (2014). Развитие технологий добычи малоценных запасов углей. *Рациональное освоение недр*, (4), 23-27.
 25. Сарычев, В.И., Рябов, Г.Г., & Сушков, С.Л. (2014). Селективная отработка участков шахтных полей с ограниченными запасами в Подмосковном угольном бассейне. *Известия вузов. Науки о Земле*, (4), 109-122.
 26. Krasnyk, V. (2016). Designing cutting tools of mining machines for coal auger mining. *Mining of Mineral Deposits*, 10(3), 13-19. <https://doi.org/10.15407/mining10.03.013>
 27. Кузьменко, А.М., Петлёванный, М.В., & Усатый, В.Ю. (2015). *Твердеющая закладка при отработке рудных крутых залежей в сложных горно-геологических условиях*. Днепропетровск: Национальный горный университет.

28. Петлєваний, М.В. (2012). Влияние структуры закладочного массива на его прочность. В *Матеріалах Міжнародної науково-практичної конференції «Школа підземної розробки»* (с. 253-258). Дніпропетровськ: Національний гірничий університет.
29. 29. Мао, Р.Н., Zhai, В., & Ding, L. (2012). Coal mine underground horizontal extension transfer machine. *Advanced Materials Research*, (591-593), 464-467. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.591-593.464>
30. Охрименко, В.А. (1974). *Подземная гидродобыча угля*. Москва: Недра.
31. Атрушевіч, О.А. (1999). Гідротехнологія – економічно вигідна технологія видобутку вугілля. *Вугілля*, (10), 12-15.
32. Кузнецов, А.С., Дуденко, И.И., Друпов, Н.А. (2005). О применении тонких струй высокого давления для выемки угля. *Уголь Украины*, (7), 3-5.
33. Lozynskiy, V., Dichkovskiy, R., Saik, P., & Falshtynskiy, V. (2018). Coal seam gasification in faulting zones (heat and mass balance study). *Solid State Phenomena*, (277), 66-79. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.277.66>
34. Lozynskiy, V., Saik, P., Petlovanyi, M., Sai, K., & Malanchuk, Y. (2018). Analytical research of the stress-deformed state in the rock massif around faulting. *International Journal of Engineering Research in Africa*, (35), 77-88. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.35.77>
35. Ovchynnikov, M., Ganushevych, K., & Sai, K. (2013). Methodology of gas hydrates formation from gaseous mixtures of various compositions. *Annual Scientific-Technical Collection – Mining of Mineral Deposits*, 203-205. <https://doi.org/10.1201/b16354-37>
36. Sai, K., & Ganushevych, K. (2014). Utilization of mine methane and their transportation in gas hydrates state. *Mining of Mineral Deposits*, 8(3), 299-307. <https://doi.org/10.15407/mining08.03.299>
37. Malashkevych, D., Sotskov, V., Medyanyk, V., & Prykhodchenko, D. (2018). Integrated evaluation of the worked-out area partial backfill effect of stress-strain state of coal-bearing rock mass. *Solid State Phenomena*, (277), 213-220. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.277.213>
38. Kuz'menko, O., Petlyovanyy, M., & Stupnik, M. (2013). The influence of fine particles of binding materials on the strength properties of hardening backfill. *Annual Scientific-Technical Collection – Mining of Mineral Deposits*, 45-48. <https://doi.org/10.1201/b16354-10>
39. Petlovanyi, M.V., & Medianyky, V.Y. (2018). Assessment of coal mine waste dumps development priority. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 28-35. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-4/3>
40. Kuzmenko, O., Petlyovanyy, M., & Heylo, A. (2014). Application of fine-grained binding materials in technology of hardening backfill construction. *Progressive*

Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining, 465-469.
<https://doi.org/10.1201/b17547-79>

41. Савчук, В.С., Приходченко, В.Ф., & Кузьменко, О.О. (2012). Вплив метаморфізму та петрогенетичних властивостей вугілля на процес гідрогенізації. *Геотехнічна механіка*, (102), 318-326.
42. Мєнасова, А.Ш., Слободянюк, С.О., & Гребенюк, М.Ф. (2010). Про деякі аспекти виконання пошуково-оціночних робіт на кам'яне вугілля в Північному Донбасі. *Мінеральні ресурси України*, (3), 17-19.
43. Патент №2333930 на полезную модель, Россия, МПК С10G 1/06. *Способ гидрогенизации угля*. (2018). Шарыпов, В.И., Береговцова, Н.Г., Барышников, С.В., Дорогинская, А.Н., & Кузнецов, Б.Н.; заяв. 10.03.1998; опубл. 20.09.1999; Бюл. №26. – 4 с.
44. Патент №107554 на винахід, Україна, МПК С10G 1/06, С10J 3/00, С10J 3/46, С10K 3/00. *Спосіб гідрогенізації вугілля*. (2015). Оршанський, Ю.Р., Рудика, В.І., Абдуллін, С.Ю., Цимбал, А.О., Деркач, Д.О., & Федак, С.П.; заявник і власник патенту ДП «Державний інститут по проектуванню підприємств коксохімічної промисловості», ДП «Гипрококс». – №а201408595; заяв. 28.07.2014; опубл. 12.01.2015; Бюл. №1. – 4 с.
45. Ковтун, Г., Степанов, А., & Матусевич, Г. (2008). Комплексне використання вугілля для виробництва рідкого палива, газу та електроенергії. *Вісник НАН України*, (4), 68-75.
46. Подоляк, К.К. (2012). О возможности повышения эффективности процесса гидрогенизации угля. *Геотехнічна механіка*, (103), 166-172.
47. Глущенко, И.М. (1990). *Теоретические основы технологии горючих ископаемых*. Москва: Металлургия.
48. Саранчук, В.І., Ільяшов, М.О., Ошовський, В.В., & Білецький, В.С. (2008). *Основи хімії і фізики горючих копалин*. Донецьк: Східний видавничий дім.
49. Бутузова, Л.Ф., Шевкопляс, В.М., & Сафін, В.О. (2014). Можливості оптимізації стандартного процесу напівкоксування низькометаморфізованого вугілля. *Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімічна і хімічна технологія*, 1(22), 174-183.
50. Гаймур, К.С. (2016). *Прогнозування розитку коксохімічної галузі України*. Харків.
51. Іванов, С.В., Манчук, Н.М., & Борсук, П.С. (2010). *Загальна хімічна технологія: промислові хіміко-технологічні процеси*. Київ: Видавництво Національного авіаційного університету «НАУ-друк».
52. Ранський, А.П., & Тітов, Т.С. (2011). Екологічно безпечна реагентна переробка сірковуглецю головної фракції коксохімічних виробництв. *Наукові праці ВНТУ*, (4), 1-8.

53. Брик, Д.В., Гвоздекевич, О.В., & Кульчицька-Жигайло, Л.З. (2013). Геотехнологія спалювання вугільних блоків відпрацьованих шахт для отримання теплової енергії. *Углекислотный журнал*, (1-2), 73-78.
54. Жолудєв, С.В. (2011). Підземні газифікація та спалювання бурого вугілля з використанням підземних вод. *Вісник ДНУ ім. О. Гончара*, 19(32), 91-96.
55. Колоколов, О.В. (2000). *Теория и практика термохимической технологии добычи и переработки угля*. Днепропетровск: НГА Украины.
56. Гаркуша, И.С. (1964). *Подземная газификация углей*. Москва: Недра.
57. Фальштинський, В.С. (2009). *Удосконалення технології свердловинної підземної газифікації вугілля*. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет.
58. *Подземная газификация углей. Труды института и производственный опыт*. (1965). Москва: Недра.
59. Перов, М.О., Макаров, В.М., & Новицький, І.Ю. (2012). Перспективи підземної газифікації вугілля при відпрацюванні його залишкових запасів на шахтах України. *Проблеми загальної енергетики*, (2), 58-64.
60. Blinderman, M.S., Saulov, D.N., & Klimenko, A.Y. (2008). Forward and reverse combustion linking in underground coal gasification. *Energy*, 33(3), 446-454. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.10.004>
61. Tokimatsu, K., Tsuboi, S., Iritani, J., & Onozaki, M. (2014). Costs and performance of an oxygen-blown IGCC plant with CCS on a first-of-a-kind basis in Japan. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, (27), 203-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.05.012>
62. Shuqin, L. (2007). Groundwater pollution from underground coal gasification. *Journal of China University of Mining and Technology*, 467-472.
63. Kuzmenko, O., & Petlovanyi, M. (2015). Substantiation the expediency of fine gridding of cementing material during backfill works. *Mining of Mineral Deposits*, 9(2), 183-190. <https://doi.org/10.15407/mining09.02.183>
64. Ісаєнков, О.О., Ляшок, Я.О., & Ісаєнкова, Ю.В. (2010). Можливість підземної газифікації вугілля стати промисловою технологією. *Проблеми гірничої технології*, 143-149.
65. Shaobo, L., Feng, H., & Jie, L. (2005). Technology and application prospect of underground coal gasification. *Natural Gas Industry*, 25(7), 119-125.
66. Stuermer, D.H., Ng, D.J., & Morris, C.J. (1982). Organic contaminants in groundwater near an underground coal gasification site in northeastern Wyoming. *Environmental Science & Technology*, 16(9), 582-587. <https://doi.org/10.1021/es00103a009>
67. Richardson, R.J., & Singh, S. (2012). Prospects for underground coal gasification in Alberta, Canada. *Proceedings of the ICE-Energy*, (3), 125-136.

68. Ray, S.K., & Ghosh, A.K. (2010). Cleaner energy production with underground coal gasification-a review. *Journal of the Institution of Engineers (India)*, 3-9.
69. Tokimatsu, K., Tsuboi, S., Iritani, J., & Onozaki, M. (2014). Costs and performance of an oxygen-blown IGCC plant with CCS on a first-of-a-kind basis in Japan. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, (27), 203-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.05.012>
70. Cheung, K.P. (2014). Hong Kong special administration region, China: going for extensive underground development in coming decades. IACUS2014, Nanjing, China.
71. Review of the feasibility of underground coal gasification in the UK. *Cleaner fossil fuels programme*. Available at <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.berr.gov.uk/files/file19143.pdf>
72. Kraass, U. (1983). Special aspects of underground coal gasification in Western Europe. *Improved Techniques for the Extraction of Primary Forms of Energy*, 145-145. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6649-9_17
73. Патент №103861 на винахід, Україна, МПК С10J 3/02, Е21В 43/24, Е21В 43/295. *Спосіб підземної газифікації пласта твердого палива*. (2013). Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Долженко, В.О., & Кауфман, Е.Л.; заявник і власник патенту ПАТ «Донецьксталь»-металургійний завод». – №а201300069; заяв. 02.01.13; опубл. 25.11.13; Бюл. №22. – 4 с.
74. Патент на винахід №89850, Україна, МПК Е21В 43/295. *Спосіб підземної газифікації твердого палива*. (2010). Бондаренко, В.І., Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Табаченко, М.М., Медяник, В.Ю., & Руських, В.В.; заявник і власник патенту Національний гірничий університет. – а200803912; заяв. 28.03.08; опубл. 10.03.10; Бюл. №5. – 4 с.
75. Патент на винахід №50753, Україна, МПК Е21В 43/00. *Спосіб підземної газифікації потужних пластів твердого палива*. (2010). Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Табаченко, М.М., Кошка, Д.О., & Лозинський, В.Г.; заявник і власник патенту Національний гірничий університет. – u200912713; заяв. 07.12.09; опубл. 25.06.10; Бюл. №12. – 4 с.
76. Патент на винахід №98285, Україна, МПК Е21В 43/295. *Спосіб управління станом гірського масиву при газифікації твердого палива в шахтних умовах*. (2012). Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Ільяшов, М.О., & Гуків, Ю.О.; заявник і власник патенту ПАТ «Донецьксталь»-металургійний завод». – а201110236; заявл. 22.08.11; опубл. 25.04.12; Бюл. №8. – 4 с.
77. Патент на винахід №50867, Україна, МПК Е21В 43/295. *Спосіб рекуперації тепла при підземній газифікації твердого палива*. (2010). Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., & Табаченко, М.М.; заявник і власник Національний гірничий університет. – опубл. 25.06.10; Бюл. №12. – 4 с.

78. Крейнин, Е.В. (2004). *Нетрадиционные термические технологии добычи трудноизвлекаемых топлив: уголь, углеводородное сырье*. Москва: Недра.
79. Колоколов, О.В., Табаченко, М.М., & Єйшинський, О.М. (2000). *Теорія і практика термохімічної технології видобутку та переробки вугілля*. Дніпропетровськ: Національна гірнича академія України.
80. Гайко, Г.И., Шульгин, П.Н., & Заев, В.В. (2012). Моделирование тепловых процессов в подземном газогенераторе методом конечных элементов. *Сборник научных трудов ДонГТУ*, (36), 61-70.
81. Гавриленко, Ю.М., & Петрушин, О.Г. (2009). Особливості застосування методу скінченних елементів для моделювання процесів зрушення масиву гірських порід і земної поверхні у просторовій постановці. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Гірничо-геологічна*, (9), 211-229.
82. Луценко, Ю.В., Шаршанов, А.Я., & Яровий, Е.А. (2008). Математическая модель образования горючих газов при подземной газификации угля. *Проблемы пожарной безопасности*, (28), 105-115.
83. Крейнин, Е.В. (1982). *Подземная газификация углей*. Москва: Недра.
84. Крейнин, Е.В. (2010). *Подземная газификация углей: основы теории и практики, инновации*. Москва: Недра.
85. Гайко, Г.И., Заев, В.В. & Шульгин, П.Н. (2012). *Утилизация тепловой энергии при подземной термохимической переработке угольных пластов*. Алчевск: ДонГТУ.
86. Бондаренко, В.И. (2011). *Обоснование критериев пригодности и параметров газификации угольных пластов Соленовского месторождения и пластов шахт МПО «Кузбасс»*. Отчет о НИР. Днепропетровск: Национальный горный университет.
87. Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., & Станьчик, К. (2009). Обґрунтування параметрів матеріального і теплового балансу шахтного експериментального підземного і теплового балансу шахтного експериментального підземного газогенератора. *Форум гірників*, 77-83.
88. Левенберг, В.Д., Ткач, М.Р., & Гольстрем, В.А. (1991). *Аккумуляция тепла*. Киев: Техника.
89. Джишкариани, Т.С., & Бжалава, Н.П. (2005). Компьютерное моделирование расчета процессов газификации ископаемых углей. *Энергия*, 3(35), 24-28.
90. Конарев, В.В. (2000). Метан угольных месторождений – пора заняться им всерьез. *Уголь Украины*, (2), 3-7.
91. Булат, А.Ф., & Чемерис, И.Ф. (2005). Направления энерготехнологической переработки метана угольных месторождений. *Геотехнічна механіка*, (32), 67-74.

92. Кузаря, С.В., Дрозник, И.Д., & Кафтан, Ю.С. (2005). Извлечение шахтного метана и защита окружающей среды. *Уголь Украины*, (6), 13-15.
93. *BP Statistical Review of World Energy*. (2013). The editor BP Statistical Review of World Energy BP p.l.c., 1 St James's Square. London SW1Y 4PD, UK.
94. Дмитриев, А.М. (1982). *Проблемы газоносности угольных месторождений*. Москва: Недра.
95. *О перспективах добычи в России угольного газа*. (2016). Газпром. Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/-production/extraction/metan/>
96. *Газпром собирается добывать метан из угольных пластов*. (2016). Газпром. Режим доступа: <http://www.coal.in.ua/news/3183-gazprom-sobiraetsya-dobyvat-metan-iz-ugolnyx.html>
97. Гресов, А.И. (2006). *Геолого-промышленная оценка ресурсов метана угольных бассейнов Приморья*. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук: 25.00.16. Владивосток: Тихоокеанский океанологический институт.
98. Нефтяной рынок России и стран СНГ: Приложение к справочнику «Нефтяная промышленность» в 3 томах. (2000). *Т. 1. Добыча и переработка нефти*. Москва: ВНИИОЭНГ.
99. Соколов, Б.А., Гайнанов, А.Г., Несмеянов, Д.В., & Серегин, А.М. (1973). *Нефтегазоносность морей и океанов*. Москва: Недра.
100. Михайлов, В.А., Курило, М.В., & Омельченко, В.Г. (2009). *Горючі корисні копалини України*. Київ: КНТ.
101. Примушко, С.І., Білошапська, Т.Д., & Величко, В.Ф. (2014). *Мінеральні ресурси України*. Київ: Геоінформ.
102. Плачкова, С.Г., Плачков, І.В., & Дунаєвська, Н.І. (2006). *Енергетика: історія, сучасність і майбутнє*. Київ: Енергетика.
103. Петлёванный, М.В., & Гайдай, А.А. (2017). Анализ накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки. *Геотехнічна механіка*, (136), с. 147-158.
104. Півняк, Г.Г., Бондаренко, В.І., Максимова, Е.О., Сай, К.С., Овчинніков, М.П., & Ганушевич, К.А. (2015). *Газогідрати. Гідратоутворення та основи розробки газових гідратів*. Дніпро: Літограф.
105. Bondarenko, V., Sai, K., Prokopenko, K., Zhuravlov, D. (2018). Thermodynamic and geomechanical processes research in the development of gas hydrate deposits in the conditions of the Black Sea. *Mining of Mineral Deposits*, 12(2), 104–115. <https://doi:10.15407/mining12.02.104>
106. Ганушевич, К.А. (2015). *Обґрунтування технологічних параметрів отримання газогідратів з метану вугільних шахт*. Дисертація на здоб. наук. ступ.

канд. техн. наук: 05.15.02. Дніпро: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет».

107. Bondarenko, V., Sai, K., & Ganushevych, K. (2015). Mathematical model development of hydrate formation process intensification based on the results of experimental studies. *Mining of Mineral Deposits*, 9(2), 259-266. <https://doi.org/10.15407/mining09.02.259>
108. Мойсишин, В.М., Наумко, І.М., & Пилипець, В.І. (2013). *Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі потокових технологій буріння свердловин*. Київ: Наукова думка.
109. Павлюк, М., Наумко, І., & Рибчич, І. (2006). Геолого-технологічні передумови виділення першочергових об'єктів з видобутку метану в межах північної зони дрібної складчастості Донбасу. *Геологія і геохімія горючих копалин*, (3-4), 38-57.
110. *Стратегия развития ядерной энергетики*. (2018). ГП «НАЭК «ЭНЕРГО-АТОМ». Режим доступа: http://www.energoatom.kiev.ua/ru/about/strategy/nuclear_power_engineering
111. *Plaxis 3D*. (2017). Режим доступа: http://www.arcada.com.ua/infot/po/arch/plaxis_3d.html
112. *FLAC 3D. Explicit continuum modeling of non-linear material behavior in 3D*. (2017). Режим доступа: <http://www.itascacg.com/software/flac3d>
113. *Flac/Slope*. (2017). Режим доступа: <http://geotechpedia.com/Software/Show/352/FLAC-Slope>
114. *ЛІРА-Windows*. (2017). Режим доступа: <http://www.softstore.by/articles.php?lng=ru&pg=102>
115. *Leapfrog*. (2017). Режим доступа: <http://www.leapfrog3d.com/ru>
116. *Ansys – система конечно-элементного анализа*. (2017). Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php>
117. Жидков, А.В. (2006). *Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования*. Нижний Новгород.
118. Попков, Ю.Н., Прокопов, А.Ю., & Прокопова, М.В. (2007). *Информационные технологии в горном деле*. Новочеркасск: ЮРГТУ.
119. Павленок, І.В. (2006). *Метод скінчених елементів в задачах опору матеріалів і лінійної теорії пружності*. Суми: Вид-во СумДУ.
120. Sivertsen, B. (2006). Air pollution impacts from open air burning. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, (92), 449-458. <https://doi.org/10.2495/wm060471>
121. Khlopytskyi, O. (2014). State, problems and prospects of ash-slag waste recycling of ukrainian thermal power stations. *ScienceRise*, 4/2(4), 23-28. <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2014.28511>

122. Li, L., Xu, L.J., & Chen, D.M. (2013). Connotation and technology system of green mining of manganese resources. *Advanced Materials Research*, (734-737), 540-545. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.734-737.540>
123. Yang, L. (2003). Clean coal technology – study on the pilot project experiment of underground coal gasification. *Energy*, 28(14), 1445-1460. [https://doi.org/10.1016/s0360-5442\(03\)00125-7](https://doi.org/10.1016/s0360-5442(03)00125-7)
124. Kapusta, K., Stańczyk, K., Wiatowski, M., & Chećko, J. (2013). Environmental aspects of a field-scale underground coal gasification trial in a shallow coal seam at the experimental mine Barbara in Poland. *Fuel*, (113), 196-208. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.05.015>
125. Dubiński, J., & Turek, M. (2015). Basic aspects of productivity of underground coal gasification process. *Archives of Mining Sciences*, 60(2), 443-453. <https://doi.org/10.1515/amsc-2015-0029>
126. Lozynskyi, V.H., Dychkovskyi, R.O., Falshtynskyi, V.S., & Saik, P.B. (2015). Revisiting possibility to cross disjunctive geological faults by underground gasifier. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 22-27.
127. Колоколов, О.В., Табаченко, Н.М., & Эйшинский, А.М. (2000). *Теория и практика термохимической технологии добычи и переработки угля*. Д.: НГА Украины.
128. Колоколов, О.В., & Табаченко, Н.М. (1999). *Геотехнологические способы разработки месторождения полезных ископаемых*. Д.: НГА Украины.
129. Колоколов, О.В., Табаченко, Н.М., & Эйшинский, А.М. (1992). *Математические алгоритмы термохимической геотехнологии*. Д.: ДГА Украины.
130. Falshtynskyi, V.S., Dychkovskyi, R.O., Lozynskyi, V.G., & Saik, P.B. (2013). Determination of the technological parameters of borehole underground coal gasification for thin coal seams. *Journal of Sustainable Mining*, 12(3), 8-16.
131. Tabachenko, M., Saik, P., Lozynskyi, V., Falshtynskyi, V., & Dychkovskyi, R. (2016). Features of setting up a complex, combined and zero-waste gasifier plant. *Mining of Mineral Deposits*, 10(3), 37-45.
132. Засульский, А.Н., & Константиныди, М.Д. (1990). Интенсивность горения огневого забоя при применении технологии подземного сжигания угля. *Прогрессивные технологические схемы разработки полезных ископаемых*, 40-46.
133. Saik, P.B., Dychkovskyi, R.O., Lozynskyi, V.G., Malanchuk, Z.R., & Malanchuk Ye.Z. (2016). Revisiting the underground gasification of coal reserves from contiguous seams. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (6), 60-66.

134. Saik, P., Falshtynskyi, V., Dychkovskyi, R., & Lozynskyi, V. (2015). Revisiting the preservation of uniformity advance of combustible face. *Mining of Mineral Deposits*, 9(4), 487-492
135. Sundramoorthy, J.D., Hammonds, P., Lal, B., & Phillips, G. (2016). Gas hydrate gas hydrate equilibrium measurement and observation of gas hydrate dissociation with/without a KHI. *Procedia Engineering*, (148), 870-877. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.476>
136. Бондаренко, В.І., Максимова, Е.О., Сай, К.С., Овчинніков, М.П., & Ганушевич, К.А. (2015). *Газогідрати. Гідратоутворення та основи розробки газових гідратів*. Дніпропетровськ, Україна: Літограф, 218 с. http://lib.nmu.org.ua/catalog/site/view.html?doc_id=628680
137. Demirbas, A. (2010). *Methane gas hydrate. Green energy and technology*. London, United Kingdom: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-872-8>
138. Goyal, A., Stagner, J., & Ting, D.S.-K. (2016). Gas hydrate potential and development for methane storage. *Methane and Hydrogen for Energy Storage*, 137-153. https://doi.org/10.1049/pbpo101e_ch8
139. Bondarenko, V.I., & Sai, K.S. (2018). Process pattern of heterogeneous gas hydrate deposits dissociation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 21-28. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-2/4>
140. Carroll, J. (2014). *Natural gas hydrates: A guide for engineers*. Oxford, United Kingdom: Elsevier.
141. JOGMEC/NRCan/Aurora. (2018). *Mallik gas hydrate production research program*. [online]. Available at: <http://mallik.nwtresearch.com/index-2.html>
142. MH21 Research Consortium. (2018). *Research consortium for methane hydrate resources in Japan*. [online]. Available at: <http://www.mh21japan.gr.jp/english/>
143. Uddin, M., Wright, F., Dallimore, S., & Coombe, D. (2014). Gas hydrate dissociations in Mallik hydrate bearing zones A, B, and C by depressurization: Effect of salinity and hydration number in hydrate dissociation. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, (21), 40-63. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2014.07.027>
144. Saik, P., Petlovanyi, M., Lozynskyi, V., Sai, K., & Merzlikin, A. (2018). Innovative approach to the integrated use of energy resources of underground coal gasification. *Solid State Phenomena*, (277), 221-231. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.277.221>
145. Bondarenko, V., Svetkina, O., & Sai, K. (2018). Effect of mechanoactivated chemical additives on the process of gas hydrate formation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6(91)), 17-26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123885>

146. Bondarenko, V., Svietskina, O., & Sai, K. (2017). Study of the formation mechanism of gas hydrates of methane in the presence of surface-active substances. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(6(89)), 48-55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112313>
147. Дядин, Ю.А., & Гушин, А.Л. (1998). Газовые гидраты. *Соросовский образовательный журнал*, (3), 55-64.
148. Пригожин, И. (2001). *Введение в термодинамику необратимых процессов*. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика».
149. Пригожин, И., & Николис, Дж. (1973). Биологический порядок, структура и неустойчивости. *Успехи физических наук*, 109(3), 517-527.
150. Хаазе, Р. (1967). *Термодинамика необратимых процессов*. Москва: Мир.
151. Бюргер, М.Д. (1971). Фазовые переходы. *Кристаллография*, 16(6), 10-84.
152. Сергиенко, Л.В., Гладкая, Е.В., Павлов, И.О., Житленок, Д.М. (2012). Особенности формирования зон скопления свободного метана в подрабатываемом углепородном массиве с учетом взаимодействия естественной и техногенной трещиноватости. *Геотехническая механика*, (101), 56-62.
153. Древинг, В.П. (1954). *Правило фаз*. Москва: МГУ.
154. Лариков, Л.Н., & Фальченко, В.М. (1968). Механизм влияния фазовых превращений на диффузию. *Диффузия в металлах и сплавах*, 333-340.
155. Сирота, Н.Н. (1969). *Механизм и кинетика кристаллизации*. Минск: Наука и техника.
156. Третьяков, Ю.Д. (1974). *Точечные дефекты и свойства неорганических материалов*. Москва: Знание.
157. Светкина, Е.Ю., & Франчук, В.П. (2003). Температурные эффекты при вибронагружении. *Науковий вісник НГУ*, (1), 70-72.
158. Гриднев, В.Н., Ивасишин, О.М., & Мешков, Ю.Я. (1973). Условия образования метастабильного аустенита при нагреве стали с дефектной структурой. *Физика металлов и металловедение*, 35(3), 562-566.
159. Ovchynnikov, M., Ganushevych, K., & Sai, K. (2013). Methodology of gas hydrates formation from gaseous mixtures of various compositions. *Annual Scientific-Technical Collection – Mining of Mineral Deposits*, 203-205. <https://doi.org/10.1201/b16354-37>
160. Walsh, M.R., Koh, C.A., Sloan, E.D., Sum, A.K., & Wu, D.T. (2009). Microsecond simulations of spontaneous methane hydrate nucleation and growth. *Science*, 326(5956), 1095-1098. <https://doi.org/10.1126/science.1174010>
161. Sloan, E., & Koh, C. (2007). *Clathrate hydrates of natural gases*. New York, United States: CRC Press, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781420008494>

162. Саїк, П.Б., Лозинський, В.Г., Петльованій, М.В., Сай, К.С., & Стрижаков, Є.М. (2018). Сучасний підхід до освоєння енергетичних ресурсів залишених та некондиційних запасів вугілля. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, (54), 152-168.
163. Bhutto, A.W., Bazmi, A.A., & Zahedi, G. (2013). Underground coal gasification: from fundamentals to application. *Progress in Energy and Combustion Science* 2013, 39(1), 189-214.
164. Falshtynskiy, V., Dychkovskiy, R., Saik, P., & Lozynskiy, V. (2014). Some aspects of technological processes control of in-situ gasifier at coal seam gasification. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane And Ores Mining*, 109-112. <https://doi.org/10.1201/b17547-20>
165. Bondarenko, V., Falshtynskiy, V., & Dychkovskiy, R. (2009). Synthetic stowing of rockmass at borehole underground coal gasification (BU CG). *Deep Mining Challenges*, 169-179.
166. Falshtynskiy, V., Saik, P., Lozynskiy, V., Dychkovskiy, R., & Petlovanyi, M. (2018). Innovative aspects of underground coal gasification technology in mine conditions. *Mining of Mineral Deposits*, 12(2), 68-75. <https://doi.org/10.15407/mining12.02.068>
167. Казак, В.Н., Орлов, Г.В., Попов, В.И. (1960). Деформация горных пород над выгазованным пространством угольного пласта. *Научные труды ВНИИ Промгаза*, (4), 162-165.
168. Колоколов, В., & Лубенец, Н. (2000). О допустимой подработке весьма сближенных пластов на шахтах Западного Донбасса. *Науковий вісник НГАУ*, (4), 97-99.
169. Yang, L. (2004). Study on the model experiment and numerical simulation for underground coal gasification. *Fuel*, 83(4), 573-584.
170. Perkins, G., Sahajwalla, V. (2006). A numerical study of the effects of operating conditions and coal properties on cavity growth in underground coal gasification. *Energy & Fuels*, 20(2), 596-608.
171. Daggupati, S., Mandapati, R.N., & Mahajani, S.M. (2010). Compartment modeling for flow characterization of underground coal gasification cavity. *Engineering Chemistry Research*, 50(1), 277-290.
172. Petlovanyi, M. (2016). Influence of configuration chambers on the formation of stress in multi-modulus mass. *Mining of Mineral Deposits*, 10(2), 48-54. <https://doi.org/10.15407/mining10.02.048>.
173. Khomenko, O., Kononenko, M., & Petlyovanyu, M. (2014). Investigation of stress-strain state of rock massif around the secondary chambers. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*, 241-245. <https://doi.org/10.1201/b17547-43>

174. Dychkovskiy, R.O., Lozynskiy, V.H., Saik, P.B., Petlovanyi, M.V., Malanchuk, Ye.Z., & Malanchuk, Z.R. (2018). Modeling of the disjunctive geological fault influence on the exploitation wells stability during underground coal gasification. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(4), 1183-1197. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2018.01.012>
175. Emad, M.Z. (2017). Numerical modelling approach for mine backfill. *Sādhanā*, 42(9), 1595-1604. <https://doi.org/10.1007/s12046-017-0702-0>
176. Дичковський, Р.О. (2013). *Наукові засади синтезу технологій видобування вугілля у слабометаморфізованих породах: монографія*. Дніпропетровськ: НГУ.
177. Hoek, E., & Brown, T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34(8), 1165-1186.
178. *Експериментальні дослідження стійкості виїмкових виробок, які повторно використовуються, на пологих пластах Донбасу: Монографія* / [Бондаренко В.І., Ковалевська І.А., Симанович Г.А. та ін.]. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2012. – 426 с.
179. Astafiev, D., Petlovanyi, M., & Maltcev, D. (2015). Effectiveness of reuse mine workings protection by gob packs during selective technology of coal extraction under conditions of Western Donbass. *Materialy Szkoły Eksploatacyj Podzemnej*,
180. Hoek E. (2006). *Practical rock engineering*. Consulting Engineer Inc.
181. *Fast Lagrangian Analysis of Continua*. Online Manual Table of Contents. Itasca Consulting Group, Inc. April 2005. www.itascacg.com
182. Лозинський, В.Г. (2015). *Обґрунтування параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву*. Дис. на здоб. ступ. канд. техн. наук: 05.15.02. Дніпро: НГУ.
183. Emery, X. (2005). Simple and ordinary multigaussian kriging for estimating recoverable reserves. *Mathematical Geology*, 37(3), 295-319.
184. Лозинський, В. Г., Саїк, П. Б., Паваленко, О. В., & Кошка, Д. О. (2010). Аналіз сучасного стану і перспективи промислового застосування свердловинної підземної газифікації вугілля в Україні. В Матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції “Школа підземної розробки” (pp. 351-363). Дніпропетровськ: Національний Гірничий Університет.
185. Фальштинський, В. С., Дичковський, Р. О., Станьчик, К., Свядровські, Є., & Лозинський, В. Г. (2010). Обґрунтування технологічних схем експериментального шахтного газогенератора. *Науковий вісник Національного гірничого університету*, (3), 34-38.
186. Петлёваный, М.В., & Лащенкова, Я.А. (2015). Экологические и технологические аспекты оставления шахтных пород в подземном

- пространстве. В *Матеріалах науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Наукова весна»* (с. 21-22). Дніпропетровськ: Національний гірничий університет.
187. Басок, Б.И., Базеев, Е.Т., Диденко, В.М., & Коломейко, Д.А. (2006). Анализ когенерационных установок. Часть I. Классификация и основные показатели. *Промышленная теплотехника*, 3(28), 83-89.
 188. Саїк, П.Б. (2015). *Обґрунтування параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля зі зближених пластів*. Дис. на здоб. ступ. канд. техн. наук: 05.15.02. Дніпро: НГУ.
 189. Табаченко Н.М., Дычковский Р.Е., Фальштынский В.С., & Саик П.Б. (2011). Когенерационная реализация газа скважинной газификации угольных пластов на традиционных энергоустановках. *Науковий вісник Національного гірничого університету*, (3), 34-41.
 190. Saik, P.V., Petlovanyi, M.V., Lozynskyi, V.H., & Sai, K.S. (2018). Gas hydrate production from generator gas at underground coal gasification. *The Development of Technical Sciences: Problems and Solutions*, (1), 172-175.
 191. Мальцев, Д.В. (2013). *Обоснование параметров буровзрывных работ при разрушении массива ураносодержащих руд*. Дис. на соиск. степ. канд. техн. наук: 05.15.02. Днепропетровск: НГУ.
 192. Чернова, А.П., Бабак, М.И., & Кошик, Ю.И. (2001). *Добыча и переработка урановых руд в Украине*. Киев: АДЕФ-Украина.
 193. Табаченко, М.М., Владико, О.Б., & Хоменко, О.Є. (2012). *Фізико-хімічна геотехнологія*. Дніпропетровськ: НГУ.