

АНОТАЦІЯ

Богомаз О.П. Обґрунтування параметрів технології використання геотермальної енергії для інтенсивної рекультивації деградованих територій гірничих підприємств.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 184 Гірництво. – Державний вищий навчальний заклад "Донецький національний технічний університет", Покровськ, 2021.

Дисертацію присвячено обґрунтуванню параметрів видобутку теплової енергії надр та очищення скидів шляхом вирішення трьох основних наукових завдань, що пов'язані зі встановленням закономірностей теплопереносу змін температури води в геотермальній системі в залежності від розмірів свердловин; збільшенням вмісту порошку графіту в глино-графітовій суміші від непропорційного збільшення коефіцієнта теплопровідності; взаємозв'язком складу води і динаміки зростання біомаси в певному інтервалі температур.

Ідея дисертації полягає у застосуванні параметрів технології використання геотермальної енергії для управління процесом нарощування біомаси та для вирішення екологічних питань ліквідованих гірничих підприємств.

Метою роботи є обґрунтування основних параметрів технології використання геотермальної енергії для інтенсифікації відновлення біологічного різноманіття на промислових майданчиках ліквідованих шахт та у вироблених просторах кар'єрів з одночасним очищенням стоків.

У роботі були поставлені та вирішені такі завдання: проаналізовано існуючі технології відновлення біологічного різноманіття на промислових майданчиках ліквідованих шахт та у вироблених просторах кар'єрів; здійснено аналітичне обґрунтування та визначено закономірності використання геотермальної енергії для інтенсифікації відновлення

біорізноманіття на техногенно-деградованих територіях; обґрунтовано параметри технологічних процесів використання геотермальної енергії для інтенсивної рекультивації деградованих територій гірничих підприємств; узагальнено аналітично-експериментальні залежності стосовно ефективного використання геотермальної енергії для відновлення біологічного різноманіття на промислових майданчиках ліквідованих шахт та у вироблених просторах кар'єрів.

Об'єктом дослідження в роботі був процес енергообміну між водним потоком і гірничим масивом при роботі свердловинного геотермального теплообмінника.

У роботі використано комплексний підхід, що включає: аналіз і узагальнення відомих досліджень присвячених питанням відновлення біологічного різноманіття на техногенно-деградованих територіях; розрахунково-аналітичний метод при визначенні основних параметрів запропонованої технології; теоретичні дослідження перенесення теплоти від породного масиву до теплоносія у свердловинному геотермальному теплообміннику; лабораторні дослідження теплопровідних властивостей глино-графітової суміші та аналіз якості води; експериментальні дослідження приросту біомаси прибережно-водної рослинності; обробка, аналіз та інтерпретація отриманих результатів.

В дисертаційній роботі було розроблено спосіб прискореного відновлення деградованої території промислових майданчиків ліквідованих шахт з одночасним очищенням відкачуваних шахтних вод за рахунок використання ерліфтною установки, яка дозволить регулювати температуру води, що видається з шахтних теплообмінників.

Також, розроблено технологію відновлення біологічного різноманіття відпрацьованих кар'єрів, шляхом створення у виробленому просторі біологічної споруди з геотермальними свердловинами, де для очищення вод пропонується використовувати вищі водні рослини.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Вперше встановлено закономірність, що полягає в збільшенні не менше ніж у 10 разів коефіцієнта теплопередачі у свердловинному теплообміннику за рахунок додавання шару речовини, що має підвищений коефіцієнт теплопровідності, завтовшки не менш ніж 10% від діаметра зовнішньої труби.

2. Вперше визначено прийнятний діапазон температури води – $+12...+22^{\circ}\text{C}$, який необхідно підтримувати в біоочисному спорудженні, що дозволить забезпечити ефективний цілорічний приріст біомаси, а, отже, буде сприяти інтенсивному нарощуванню родючого шару на техногенно-порушених територіях. При цьому накопичення родючого шару відбувається в 1,57 раза швидше ніж без використання підземного тепла. При температурі води вище $+26^{\circ}\text{C}$ та нижче $+5^{\circ}\text{C}$ ріст біомаси в біоочисному спорудженні припиняється.

3. Вперше встановлено, що при додаванні порошку графіту до 50% (мас.) відбувається збільшення коефіцієнта теплопровідності глино-графітової суміші. Він склав $10,17 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ та $15,89 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ для сухої та зволоженої суміші відповідно, що на 108,83% та 157,12% більше в порівнянні з теплопровідністю сухої бентонітової глини. Вміст графіту понад 50% у зволоженій глино-графітовій суміші призводить до зниження коефіцієнта теплопровідності через гідрофобні властивості графіту.

Наукова новизна підтверджується трьома патентами на корисну модель.

Практичне значення отриманих результатів полягає:

1) в обґрунтуванні параметрів технології використання геотермальної енергії для інтенсивної рекультивації деградованих територій гірничих підприємств;

2) у вдосконаленні, стосовно до дренажного водовідведення ліквідованих «мокрим» способом шахт, схеми ерліфтного водовідливу, що дозволяє регулювати температуру відкачуваної води змінюючи глибину її

відбору з шахтного стовбура. Це дозволяє практично забезпечити цілорічну роботу біоплато;

3) у розробці рекомендацій щодо поліпшення теплост'єму в системі породний масив – водне середовище у біоочисному спорудженні шляхом заповнення затрубного простору глино-графітовою сумішшю з масовою часткою графіту до 50%, що дозволить зменшити довжину свердловини в 1,7 рази.

В роботі розроблені рекомендації які прийняті до дослідно-промислового використання при очищенні шахтних вод, а також включені до проекту реструктуризації підприємства ВП «Шахта «5/6» ДП Мирноградвугілля».

Наукові та практичні результати роботи використовуються у навчальному процесі ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» під час викладання дисциплін: «Захист навколишнього середовища при ліквідації підприємств ПЕК», «Рекультивация земель», «Використання альтернативних джерел енергії в ПЕК».

Ключові слова: вироблений простір кар'єрів, шахта, рекультивация, деградована територія, геотермальний теплообмінник, вищі водні рослини, ерліфт, теплопровідна суміш.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових фахових виданнях України

1. Чепак О., Kostenko V., Zavyalova O., Pokalyuk V. Mitigating the adverse environmental impact resulting from closing down of mining enterprises. *Mining of Mineral Deposits*. 2018. Vol. 12, № 3. P. 105–112. <https://doi.org/10.15407/mining12.03.105> (наукометр.база *Web of Science*).

2. Чепак О., Kostenko V., Zavyalova O., Determination of hydraulic parameters for geothermal heat exchanger. *Геотехнічна механіка: міжвід.зб.наук.праць*. 2018. Вип.140. С. 166–176.

3. Чепак О., Kostenko V., Zavyalova, O., Tavrel M. Determination parameters of geothermal heat-exchangers for biological treatment facilities *Геотехнічна механіка: міжвід.зб.наук.праць*.2018. Вип.141. С. 61-69.

Публікації у періодичних наукових виданнях інших держав які входять до ОЕС та розвитку та/або ЄС

4. Чепак О., Kostenko V., Zavyalova E. Sposób oczyszczania wód kopalnianych i przywracania różnorodności biologicznej terenów zdegradowanych. *Inżynieria Ekologiczna*. 2019. Vol.20, № 3. P. 20–24.

Публікації у яких додатково відображено зміст дисертації

5. Чепак О.Р. Zavyalova E.L. Zhurbinskiy D.A. Kostenko T.V, Heavy accumulation of fertile soil layer in the mined-out space of opencast using geothermal energy. *Scientific and technical journal "Metallurgical and Mining Industry"*. 2016. Vol. 10. P. 8 –15 . (*Index Copernicus*)

6. Костенко В.К., Завьялова Е.Л., Чепак О.П. Выявление динамики роста гидробионтов при различных температурах воды и воздуха на примере камыша. *Екологія Донбасу: невійськова загроза Україні: збірник наукових праць*. Покровськ: ДВНЗ "ДонНТУ". 2016. С. 66–73.

Патенти:

7. Спосіб видобування геотермального тепла: пат. на корисну модель. 91730 Україна: МПК F24J3/08. № u 2014 02110; заявл. 03.03.2014; опубл. 10.07.2014. Бюл. №13.

8. Спосіб очищення стічних шахтних вод і відновлення біорізноманіття на техногенно порушених територіях: пат. на корисну модель 132678 Україна: МПК C02F1/24 (2006.01), C02F 3/32 (2006.01). № u2018 08675; заявл. 13.08.2018; опубл. 11.03.2019. Бюл. №5.

9. Пристрій для очищення стічних шахтних вод і відновлення біорізноманіття на техногенно порушених територіях: пат. на корисну модель 131453 Україна: МПК C02F1/24 (2006.01), C02F 3/32 (2006.01). № u2018 08688; заявл. 13.08.2018; опубл. 10.01.2019. Бюл. №1.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. Костенко В.К, Завьялова Е.Л., Чепак О.П. Восстановление биологического разнообразия в выработанных пространствах карьеров. *Проблемы недропользования*: сб. науч. тр. Междунар. форум-конкурс молодых ученых, 23–25 апреля 2014 г. Санкт-Петербург, 2014. Ч. II. С. 131–133.

11. Костенко В.К, Завьялова Е.Л., Чепак О.П. Использование геотермальной энергии для повышения эффективности биоочистки сточных вод цементного предприятия. *Проблемы недропользования*: сб. науч. тр. Междунар. форум-конкурс молодых ученых, 22–24 апреля 2015 г. Санкт-Петербург, 2015. Ч. II. С. 32–35.

12. Костенко В.К. Обоснование параметров технологии восстановления биологического разнообразия в выработанном пространстве карьеров с использованием геотермальной энергии. *Проблемы недропользования*: сб. науч. тр. Междунар. форум-конкурс молодых ученых, 20–26 апреля 2016 г. Санкт-Петербург, 2016. Ч. II. – С. 106 – 109.

13. Костенко В.К, Завьялова Е.Л., Чепак О.П. Восстановление биологического разнообразия в выработанном пространстве Амвросиевского

карьєра. *Екологічні проблеми топливно-енергетичного комплексу: зб. наук. праць V регіон. конф., 29–30 квітня 2014 р.* Донецьк: ДонНТУ, 2014. С. 25-30.

14. Костенко В.К., Зав'ялова О.Л., Чепак О.П. Відновлення біологічного різноманіття в вироблених просторах кар'єрів. *Проблеми екологічної безпеки: матер. XII Міжн. наук.-техн. конф. Кременчук: КрНУ, 2015. С. 85.*

15. Костенко В.К., Чепак О.П. Визначення умов проходження води через геотермальний теплообмінник в біоочисному спорудженні. *Геотехнології і охорона праці у гірничій промисловості: зб. матеріалів VII регіональної науково-практичної конференції, 10 грудня 2015 р.* Красноармійськ: КП ДВНЗ "ДонНТУ", 2015. С. 106–111.

16. Костенко В.К. Чепак О.П. Технологія відновлення біологічного різноманіття у виробленому просторі кар'єрів з використанням геотермальної енергії. *Екологія та екологічна безпека: матеріали науково-практичної конференції всеукраїнського конкурсу, 16–18 бер. 2016 р.* Полатва: ПолНТУ, 2016. С. 83.

17. Костенко В.К., Зав'ялова О.Л., Чепак О.П. Інтенсивне накопичення родючого шару у виробленому просторі кар'єру з використанням геотермальної енергії *Проблеми екологічної безпеки: матер. XIV Міжн. наук.-техн. конф. Кременчук: КрНУ, 2016. С. 60.*

18. Костенко В.К., Зав'ялова О.Л., Чепак О.П. Експериментальні дослідження залежності росту вищих водних рослин від температури води на прикладі очерету звичайного. *Екологічні проблеми паливно-енергетичного комплексу: матер. регіон. наук. практик. конф., 17–18 травня 2017 р.* Покровськ: ДВНЗ ДонНТУ, 2017. С. 37–39.

19. Kostenko V., Zaviialova O., Chepak O. Biodiversity restoration technology in the abandoned quarries. *Current problems of environmental protection.* Katowice: University of Silesia, 2017. P.101.

20. Костенко В.К., Зав'ялова О.Л., Чепак О.П. Експериментальне дослідження впливу динаміки зростання очерету звичайного на якість води у водоймі. *Екологія/Ekology*: зб. Наук. праць Шостого Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю, 20–22 вер. 2017. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 110.

21. Чепак О.П., Зав'ялова О.Л., Костенко В.К. Експериментальне визначення оптимального температурного режиму росту гідробіонтів на прикладі очерету звичайного. *Проблеми екологічної безпеки*: матер. XV Міжн. наук.-техн. конф. Кременчук: КрНУ, 2017. С. 43

22. Чепак О.П., Зав'ялова О.Л., Костенко В.К. Повышение эффективности очистки стоков и восстановления грунтов на ликвидированных горнодобывающих предприятиях. *Проблеми екології та енергозбереження в суднобудуванні*: матеріали XII Міжн. наук.-техн. конф. Миколаїв: НУК, 2017. С. 91–94.

23. Kostenko V., Zavialova O., Chepak O. Ecologic approach to the restoration process at areas degraded by mining operations. *Applied Biotechnology in Mining: Proceedings of the International Conference*, April 25–27 2018. Dnipro: NTU Dnipro Polytechnic, 2018. P. 82.

24. Чепак О.П., Костенко В.К. Рекультивация промышленных территорий порушенных гірничими роботами. *Проблеми техніки і технології переробних виробництв*: зб. доп. IV наук.-практ. конф. 16 трав. 2018 р. Покровськ: ДВНЗ ДонНТУ, 2018. С. 106–107

25. Чепак О.П., Костенко В.К., Зав'ялова О.Л. Ефективність використання вищих гідробіонтів для зниження мінералізації шахтних вод. *Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*: зб. мат. 5-го Міжн. конгресу. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 151.

Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві: [2, 3, 14, 15,] – постановка завдання, обґрунтування досліджень, проведення математичних розрахунків; [5, 6, 18, 20, 21, 25] – постановка завдання

дослідження, проведення експерименту залежності росту вищих водних рослин від температури води на прикладі очерету звичайного, аналіз результатів; [1, 17] – обґрунтування актуальності досліджень, теоретичні дослідження накопичення родючого шару у виробленому просторі кар'єрів; [4, 8, 9] – розробка способу та пристрою для очищення стічних шахтних вод і відновлення біорізноманіття на техногенно-порушених територіях; [22, 23, 24] – постановка завдання, обґрунтування досліджень рекультивації промислових територій порушених гірничими роботами; [7] – планування та проведення експерименту з визначення теплопровідних властивостей глинографітової суміші, аналіз результатів; [9-13, 14, 16, 19] – обґрунтування актуальності досліджень, розробка технології відновлення виробленого простору кар'єрів.