

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003498

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-12-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Красовський Сергій Анатолійович

2. Serhii A. Krasovsky

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 183

Назва наукової спеціальності: Технології захисту навколишнього середовища

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Технології захисту навколишнього середовища

Дата захисту: 05-09-2024

Спеціальність за освітою: технології захисту навколишнього середовища

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 08.080.058

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070743

**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070743

**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 87.26

**Тема дисертації:**

1. Розробка технології фіторекультивуації відвалів відходів вуглевидобування
2. Development of technology for the phytoremediation of coal dumps

**Реферат:**

1. Дисертаційна робота присвячена розробленню технологічних рішень фіторекультивуації відвалів відходів вуглевидобування зі зменшенням антропогенного впливу на довкілля. Виконано аналіз техногенного впливу на екосистему під час процесів вуглевидобування. Проведений теоретичний аналіз сучасних технологій фіторекультивуації вугільних відвалів в Україні та в світі. Виконанні польові роботи на відвалах відходів вуглевидобування, які вже пройшли етап фіторекультивуації, для аналізу рослинного покриву на даній території. Досліджено процеси фітостабілізації та фітоекстракції на субстратах шахтної породи. Для реалізації експериментальних досліджень виконано фізико-хімічний аналіз субстратів шахтної породи відібраних з відвалів вуглевидобування шахти «Павлоградська» та шахти «ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК «Павлоградвугілля». Були виміряні такі показники як: рН, питома електропровідність субстрату (ЕС), кількість поживних речовин та концентрації рухливих форм. Отримані результати свідчать про те, що

досліджувані субстрати шахтної породи мають низький вміст поживних речовин. Концентрація таких елементів, як Co, As, Cu, Pb, Mn та Zn перевищують норми ГДК. Вміст рідкоземельних елементів у субстраті шахтної породи відібраної з шахти «ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» визначений методом ІЗП-МС. Мас-спектральний аналіз рідкоземельних елементів в пробах, відібраних з вугільного відвалу, дозволив встановити, що ці елементи присутні в породі. Аналіз на водорозчинні рідкоземельні сполуки при двох різних розчинах (рН = 7 та рН = 5) дозволив встановити, що дані елементи потрапляють у навколишнє середовище із водними розчинами, що в свою чергу полегшує доступ рослин до даних елементів. Згідно з отриманими результатами при підвищеному рН розчину концентрація рідкоземельних елементів відповідно збільшується. Виконана низка експериментів щодо біовилуговування важких металів в культуральних середовищах з бактеріями *A. ferrooxidans*, що імітує процес кислотного дренажу в гірських породах відвалів вуглевидобування. Встановлено, що внаслідок бактеріальної активності спостерігається поступове зниження рН в культуральних середовищах через ріст бактерій, внаслідок чого важкі метали вилуговуються в розчин. Обґрунтовано вибір рослин для фіторекултивації відвалів відходів вуглевидобування, з урахуванням ефекту фітостабілізації та фітоекстракції на підставі вивчення та аналізу фізико-хімічних показників досліджуваного субстрату шахтної породи.

2. An analysis of technogenic impact on the ecosystem during coal mining processes was performed. A theoretical analysis of modern technologies of phytoremediation of coal dumps in Ukraine and in the world was conducted. Carrying out field work on the dumping of carbon sequestration waste, which has already passed the stage of phytorecultivation, for the analysis of the vegetation cover in the given territory. Phytostabilization and phytoextraction processes on the mine rock substrate were investigated. For the implementation of experimental research, a physico-chemical analysis of the studied substrates selected from coal mining waste dumps from the Mine Pavlogradska and Mine the Heroes of the Cosmos was carried out. Such indicators as: pH, specific electrical conductivity of the substrate (EC), amount of nutrients and concentration of mobile forms were measured. The obtained results indicate that the studied substrates have low pH, EC and low nutrient content. The concentration of such elements as: Co, As, Cu, Pb, Mn and Zn exceed the TLV norms. The content of rare earth elements in the substrate of mine rock selected from the Mine the Heroes of the Cosmos. ICP-MS analysis of rare earth elements in samples taken from a coal dump allowed to establish that these elements are present in the rock. The analysis of watersoluble rare earth elements at two different solutions (pH = 7 and pH = 5) made it possible to establish that these elements enter the environment with aqueous solutions, which in turn facilitates the access of plants to these elements. According to the obtained results, the concentration of rare-earth elements increases accordingly when the pH of the solution is increased. A number of experiments were performed on bioabsorption and bioleaching of heavy metals in culture media with *A. ferrooxidans* bacteria. It was established that as a result of bacterial activity there is a gradual decrease in pH in culture media due to bacterial growth, as a result of which heavy metals are leached into the solution. The choice of plants for phytorecultivation of coal mining waste dumps is substantiated, taking into account the effect of phytostabilization and phytoextraction, based on the study and analysis of the physico-chemical parameters of the substrate under study. It is proposed to use the following plants for the phytorecultivation of coal mining waste dumps: *Triticum aestivum* L., *H. murinum* L., *B. japonicas*, *B. inermis* holub, *Avena fatua* L., *Dactylis glomerata* L., *B. ramosa*, *P. sativum* L., *T. pratense* L., *S. alba* L., *Capsella bursa-pastoris* L. The studied plants showed their stress resistance to the specific climatic conditions of the steppe zone of Ukraine and were also resistant to the influence of heavy metal salts on their biometric indicators. The influence of physical and chemical factors of the environment on the physico-chemical parameters of the studied substrate and the influence of these factors on the growth indicators of phytoremediant plants were investigated. It was recorded that biochar in concentrations of 10%, 15% and 20% of the substrate did not have a particular effect on such parameters as pH and EC. The growth test showed that the research plants *Avena fatua* L., and *B. Leyss* showed better vegetative results at a concentration of 15% biochar to the substrate, which allows considering biochar as an auxiliary element for the biological reclamation process. The effect of acidification of the substrate on the migration of chemical elements in the substrate, filtrate and in plants was analyzed. It has been recorded that at a pH value of more than 4, there is an increased mobilization of such elements as: Co, As, Cu, Pb,

Mn, Zn and Cr, which may threaten the environment. The studied plants *H. murinum* L., and *B. japonicus* showed good germination rates. In a direct comparison, *H. murinum* L., was characterized by better growth characteristics (longer roots and shoots) compared to *B. japonicus*, especially in highly acidic conditions. At the same time, *H. murinum* L., mainly accumulated the studied elements in the roots, while *B. japonicus* demonstrated a significantly greater root-shoot transfer.

### **Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

**Підсумки дослідження:** Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

### **Публікації:**

- Ковров О.С., Клімкіна І.І., Самарська А.В., Красовський С.А. (2020). Лабораторне дослідження процесу біовилуговування важких металів як явища кислотного шахтного дренажу. Збірник наукових праць НГУ. № 60, с.150–161.
- Красовський С.А. Ковров О.С., Клімкіна І.І. (2021). ФітореMediaція вугільних відвалів Західного Донбасу. Збірник наукових праць НГУ. № 65, с. 170–178.
- Красовський С.А. Ковров О.С., Клімкіна І.І. (2021). Визначення фізико-хімічних параметрів вугільного відвалу ДТЕК ШУ «Героїв космосу». Екологічні науки №6 (39). с. 137-140.
- Красовський С.А. Ковров О.С., Клімкіна І.І. (2022) Аналіз на вміст рідкоземельних елементів відвалу вуглевидобування ДТЕК ШУ «Героїв космосу» з подальшою перспективою біовилуговування. Техногенно екологічна безпека №11(1/2022).-С.18-22. DOI: 10.52363/2522-1892.2022.1.3
- Красовський С.А., Ковров О.С., Клімкіна І.І., Віхе О., Хальмаєр Г., (2022) Вплив важких металів на ростові показники Wall barley (*Hordeum murinum*) та Japanese brome (*Bromus japonicus*). Збірник наукових праць НГУ. №68-17. – С. 184-192.
- Зворигін К.О., Красовський С.А., Ковров О.С (2022). Вивчення залежності росту *Bromopsis inermis holub* від різного поливу та кількості важких металів у ґрунті. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова-2022-№2 (489) – с. 89-95
- Красовський С.А., Ковров О.С., Клімкіна І.І. (2022). Вплив біочару на фітореMediaційні властивості *Avena fatua* та *Bromus inermis leys.* Збірник наукових праць НГУ №70 с.192-199.
- Красовський С.А., Ковров О.С (2022). Вплив солей важких металів Pb та Cd на вегетативні показники *Triticum aestivum* L. Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека», 12(2/2022) с. 32-36
- Krasovskyi S. Kovrov O. (2023) Study of plant sets with further development of phytoremediation technology. Ecological Sciences №3 (48). pp.176-181.
- Ковров О.С., Красовський С.А., Сушко З.Л. (2023) Обґрунтування параметрів біологічної рекультивациі відвалу шахти для зменшення викидів вуглепородного пилу в атмосферу. Екологічні науки №4(49) с.97-104
- Krasovskyi S., Kovrov O., Klimkina I. Wiche O. (2022). Impact of substrate acidification on the plant availability of some trace elements in a coal waste material. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 17(1):171-178.
- Красовський С.А., Ковров О.С., Клімкіна І.І., Огляд технологій фіторекультивациі відвалів вуглевидобування. ІХ Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих

вчених "МОЛОДЬ: НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ". 25 листопада – 27 листопада 2020 року с. 73-74

- Krasovskyi S. Phytoremediation of reclaimed coal dumps in Western Donbas. The 16th International Forum for Students and Young Researchers, "WIDENING OUR HORIZONS" April 21-22, 2021, p. 168-169
- Красовський С.А. Токсичний вплив важких металів на фізіологічні процеси рослин. «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи». Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції 26 березня 2021 р. С.79-81
- Красовський С.А., Ковров О.С., Клімкіна І.І., Використання процесів фіторемедіації для біовилуговування хімічних елементів з відвалів вуглевидобування. «Міжнародний науковий симпозиум «Тиждень еколога – 2021» 18-20 жовтня 2021 с.158-160
- Красовський С. Аналіз фізико-хімічних параметрів відвалу вуглевидобування шахти «Героїв Космосу». IX Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "МОЛОДЬ: НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ". Дніпро, 11-12 листопада 2021 року с.170-171
- Красовський С., Ковров О., Клімкіна І. Аналіз вмісту водорозчинних хімічних елементів з відвалу вугільної шахти. II Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» присвячена 203-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
- Красовський С., Ковров О., Клімкіна І. Хальмаер Г. Використання рослин піонерів Wall barley (*Hordeum murinum*) та Japanese brome (*Bromus japonicus*) для подальшої фітостабілізації відвалу вуглевидобування. The 7th international youth congress sustainable development: environmental protection. energy saving. Sustainable environmental management, 10-11 лютого, 2022 Львів. с. 164
- Krasovskyi S. Environmental impact of metals resulting from military activities: Ukraine. Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "МОЛОДЬ: НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ". 23-25 листопада, 2022 Дніпро, 249-2508.
- Krasovskyi S. Modeling of the process of migration of chemical elements in coal dumps. Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту». Харків 8-9 грудня 2022 року
- Zvoryhin K., Krasovskyi S. Prospects for the use of phytoremediation for land restoration after hostilities. Світ наукових досліджень. Збірник наукових публікацій міжнародної Мультидисциплінарної наукової інтернет-конференції. 16-17 лютого 2023р
- Красовський С.А., Прижигалінська Є.О., Борисовська О.О. Удосконалення технології складування твердих побутових відходів у Дніпропетровській області. Збірник матеріалів 13 міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених «Наукова весна»-2023 1-3 березня
- Krasovskyi S., Prospects of mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. Збірник матеріалів 13 міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених «Наукова весна»-2023 1-3 березня
- Krasovskyi S., Possibility of using microorganisms for phytoremediation of coal dumps in Western Donbas. Світ наукових досліджень. Збірник наукових публікацій міжнародної Мультидисциплінарної наукової інтернет-конференції. 16-17 березня 2023р
- Krasovskyi S., Zvoryhin K., The importance of green energy in wartime. XVII Екологічна безпека держави. Тези доповідей XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів 20 квітня 2023 року
- Красовський С., Зменшення впливу відвалів відходів вуглевидобування на навколишнє середовище методом ремедіації. Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Безпечна, комфортна та спроможна територіальна громада» (11-13 жовтня 2023 р.) с.89-90
- Красовський С., Ковров О., Хальмаер Г. Перспективи використання рослинних сетів для вдосконалення технології фіторемедіації. Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «МОЛОДЬ: НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ», 22-24 листопада 2023 р. с.362-363.

- Красовський С.А. Біологічна рекультивация як метод післявоєнної екологічної відбудови України. IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження», 7-8 грудня 2023 р. с.167-169
- Ковров О.С., Красовський С.А. Спосіб біологічної рекультиваци відвалів відходів вуглевидобування : пат. на корисну модель 155114 U Україна : E21C 41/32 (2006.01). № u 2023 03413; заявл. 12.07.2023; опубл. 17.01.2024, Бюл. № 3.

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0120U102078, 0123U101759, 0124U000357

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ковров Олександр Станіславович
2. Oleksandr S. Kovrov

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.15.09

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:** ;<https://ecology.nmu.org.ua/ua/Personal/Kovrov.php>

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070743

**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Черниш Єлизавета Юріївна
2. Yelizaveta Y. Chernysh

**Кваліфікація:** д. т. н., доц., 21.06.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4103-4306

**Додаткова інформація:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55906737000>

**Повне найменування юридичної особи:** Сумський державний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 05408289

**Місцезнаходження:** вул. Харківська, буд. 116, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Луньова Оксана Володимирівна

2. Oksana Lunova

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 21.06.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний університет "Житомирська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 05407870

**Місцезнаходження:** вул. Чуднівська, буд. 103, Житомир, Житомирський р-н., 10005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Петльований Михайло Володимирович

2. Mykhailo V. Petlovanyi

**Кваліфікація:** к. т. н., к.т.н., доцент, 05.15.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-8911-4973

**Додаткова інформація:** [http://mining.in.ua/2021vol15\\_4\\_15.html](http://mining.in.ua/2021vol15_4_15.html);

<https://doi.org/10.33271/mining14.04.066>

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070743

**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

