

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ПІНДЕР ВОЛОДИМИР ФЕДОРОВИЧ**

*УДК 504.54.056+504.064.2+581.14+632.151+712.24*

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**РЕКУЛЬТИВАЦІЙНІ ЗАХОДИ ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ  
ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ НА ДОВКІЛЛЯ**

спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека, галузь знань 101 – Екологія

Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів

мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ В. Ф. Піндер

Науковий керівник:

**Попович Василь Васильович**

доктор технічних наук, доцент

Львів 2021

## АНОТАЦІЯ

*Піндер В. Ф.* Рекультиваційні заходи зниження техногенного впливу породних відвалів вугільних шахт на довкілля. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека» (101 «Екологія»). – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2021.

Дисертаційна робота присвячена дослідженням особливостей природної фітомеліорації та екологічного стану піонерної сукцесії за участю *Pinus sylvestris* L. на породних відвалах вугільних шахт у межах Малого Полісся.

У наш час основним способом поводження із відвальною породою, при видобуванні вугілля, є складування у відвали (терикони). Така ситуація призводить до значного техногенного пресингу на довкілля і живі організми та виникнення екологічної катастрофи загалом. Для зменшення техногенного навантаження на біоту, породні відвали рекультивують. Проте, в умовах недостатнього фінансування рекультиваційних робіт в Україні, більшість породних відвалів піддаються природному заростанню (природна фітомеліорація).

Екологічна ситуація у Малому Поліссі є однією з найважчих на Львівщині, що викликано техногенним впливом на довкілля таких галузей промисловості, як вуглевидобувна, вуглезбагачувальна та хімічна. Велика частина земель району зайнята породними відвалами вугільних шахт.

У результаті проведених досліджень встановлено екологічні умови протікання піонерної сукцесії за участю *Pinus sylvestris* L. та ландшафто-трансформуючі чинники фітомеліоративних процесів на поверхні породних відвалів вугільних шахт Малого Полісся. Розроблено типізацію териконів досліджуваного регіону, з врахуванням екологічних чинників, у відповідності до якої запропоновано 8 рівнів ієрархічного розподілу: за розміром III категорії – великі (займають площу більше 10 га), середні (5-10 га), малі (0,3-5 га); за

формою – неправильної форми та правильної форми (рекультивовані); в залежності від відсипання породи типізовані на терикони діючі та не діючі тощо.

Встановлено, що процеси горіння породи у відвалі протікають неоднаково та залежать від давності відсипання терикону, наявності технології складування, геометричних параметрів відвалів. Температура субстрату на поверхні терикону ПАТ «Львівська вугільна компанія» влітку 2018 року становила  $+21,2^{\circ}\text{C}$  -  $+64,4^{\circ}\text{C}$ . Самозаймання рослинності на териконах вугільних шахт виникає в результаті самочинного горіння внаслідок поступового накопичення тепла. Лабораторно встановлено, що температура займання зразку *Pinus sylvestris* L., яка розвивалася на бічній поверхні цього ж відвалу складає  $+225^{\circ}\text{C}$ , а самозаймання –  $+475^{\circ}\text{C}$ . За результатами дослідження жаростійкості встановлено, що високий її рівень зафіксований у живців *Pinus sylvestris* L., яка зростає на віддалі 100 м від терикону «Шахти №3 Великомоствівська» (сумарна кількість балів 112). Середній рівень жаростійкості виявлено у *Pinus sylvestris* L., яка зростає на поверхні терикону ПАТ «Львівська вугільна компанія» – 118 балів. Найнижчий рівень жаростійкості – у зразка зростаючого на поверхні терикону «Шахти №3 Великомоствівська», який становить 132 бали.

Водний баланс хвої *Pinus sylvestris* L. залежить від умов місцезростань та найнижчий на поверхні породних відвалів «Шахти №3 Великомоствівська» і відвалу ПАТ «Львівська вугільна компанія» (3,36% і 3,89% відповідно). З покращенням умов в пониженні терикону, де вже присутні фітомеліоративні процеси, рівень вологозабезпечення зростає – 4,24% і 3,9% відповідно. Високі показники зафіксовані на віддальх 100 м від досліджуваних териконів – 4,67% і 4,17%. Максимальний рівень водного балансу зафіксовано у найсприятливіших умовах місцезростань за 2 км на південь від гірничопромислового регіону в сосновому борі (контроль) – 6,76%.

Екологічний стан піонерної сукцесії і фітомеліоративні процеси залежать від стану експлуатації породних відвалів вугільних шахт – діючий, згаслий, рекультивований. Розраховані коефіцієнти фітомеліоративної ефективності, які показали, що найнижчі значення  $K_{FM}$  притаманні вершинам породних відвалів –

$K_{FM} = 2,1$  для ПАТ «Львівська вугільна компанія» і  $K_{FM} = 3,6$  для Шахти №3 (пов'язано із вітровою ерозією та збідненим мінеральним складом субстрату). На бічних експозиціях схилів, коефіцієнти фітомеліоративної ефективності дещо вищі, особливо із північного боку –  $K_{FM} = 4,5$  для ПАТ «Львівська вугільна компанія» і  $K_{FM} = 4,65$  для Шахти №3 (вища вологість, ніж на інших експозиціях схилів та вершині). На відстані 100 м від підніжжя в північному напрямі коефіцієнти фітомеліоративної ефективності набули найбільших значень ( $K_{FM} = 5,55$  для ПАТ «Львівська вугільна компанія» і  $K_{FM} = 6,55$  для Шахти №3), що пояснюється сприятливішими едафо-кліматичними умовами.

Поліпшення умов місцезростання та відновлення рослинного покриву можна забезпечити шляхом терасування схилів, перекриття насипними ґрунтами шахтної породи. Флористичне ядро рослинного покриву породних відвалів формують лучні і синантропні види із широким діапазоном толерантності, здатні витримувати несприятливі екологічні умови. Типологічну схему рослинного покриву породних відвалів шахт можна представити у вигляді чотирикутника, у центрі якого розташовані лучна і синантропна рослинність, а в кутах: 1. бореальна і псаммофільна; 2. неморальнолісова; 3. гідрофільна; 4. лучно-степова і кальцепетрофільна.

Гірничотехнічний етап рекультивації необхідно передбачати лише для діючих териконів. Згасаючі терикони вже піддаються природному заростанню *Pinus sylvestris* L. (північні та західні експозиції схилів), тому гірничотехнічний етап слід здійснювати у місцях зсувів та там, де відсутній трав'яний покрив.

**Ключові слова:** породний відвал, ландшафт, екологічний стан, піонерна сукцесія, фітомеліорація, сосна звичайна, газостійкість, солестійкість, жаростійкість.

## Список публікацій здобувача

### *Статті у наукових фахових виданнях, які входять до наукометричної бази*

#### *Scopus:*

1. Skrobala, V., Popovych, V., **Pinder, V.** Ecological patterns for vegetation cover formation in the mining waste dumps of the Lviv-Volyn coal basin. *Mining of Mineral Deposits.* 2020. №14(2). P. 119-127.

<https://doi.org/10.33271/mining14.02.119>

*Особистий внесок – аналіз літературних джерел, збір та визначення гербарних зразків, формулювання цілей, узагальнення висновків.*

#### *Статті у наукових фахових виданнях України:*

2. Босак П. В., Попович В. В., **Піндер В. Ф.**, Стокалюк О. В. Температура займання та самозаймання найпоширеніших деревних порід териконів. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2020. Вип. 30(5). С. 53-58.

<https://doi.org/10.36930/40300509>

*Особистий внесок – польові дослідження, відбір матеріалів для досліджень, постановка завдання.*

3. **Піндер В. Ф.**, Попович В. В. Рекультивація породних відвалів ліквідованих шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2017. Вип. 27(3). С. 113-116. <https://doi.org/10.15421/40270325>

*Особистий внесок – польові дослідження, аналіз нормативних документів, формулювання висновків.*

4. Попович В. В., Підгородецький Я. І., **Піндер В. Ф.** Типологія териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2016. Вип. 26(8). С. 238-243. <https://doi.org/10.15421/40260837>

*Особистий внесок – аналіз літературних джерел, розробка типологічної схеми.*

5. Попович В. В., **Піндер В. Ф.** Особливості проведення гірничотехнічного етапу рекультивації териконів у межах Львівсько-Волинського вугільного

басейну. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2016. №14. С. 93-101.

*Особистий внесок – аналіз проблеми, польові дослідження, вимірювання вологості субстратів.*

6. Попович В. В., **Піндер В. Ф.** Горіння териконів як ландшафтно-трансформуючий чинник зростання регіональної екологічної небезпеки. *Збірник наукових праць «Пожежна безпека»*. 2016. №29. С. 116-124.

*Особистий внесок – аналіз літературних джерел, постановка завдання, статистичний аналіз показників шахт.*

### **Публікації апробаційного характеру:**

1. **Піндер В. Ф.**, Попович В. В. Особливості розвитку сосни звичайної на породних відвалах вугільних шахт як екологічного чинника підвищення якості довкілля. *«Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України» : Матеріали II Всеукраїнської наукової конференції (м. Миколаїв, 18-19 вересня 2020 року)*. 2020. С. 138-140.

*Особистий внесок – польові дослідження, аналіз екологічних умов росту сосни звичайної.*

2. Попович В., **Піндер В.** Екологічна роль сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у підвищенні екологічної безпеки породних відвалів вугільних шахт. *Сталий розвиток – стан та перспективи: Матеріали II Міжнародного наукового симпозиуму SDEV'2020 (м. Львів - смт Славське, 12-15 лютого 2020 року)*. 2020. С. 101-102.

*Особистий внесок – формулювання цілей досліджень, аналіз екологічної небезпеки породних відвалів.*

3. **Піндер В. Ф.**, Попович В. В. Особливості термічних режимів у породних відвалах вугільних шахт. *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (м. Черкаси, 18-19 травня 2017 року)*. С. 234-235.

*Особистий внесок – аналіз літературних джерел, польові дослідження.*

4. **Піндер В. Ф.**, Попович В. В. Моніторинг девастрованих ландшафтів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Матеріали XIII Міжнародної науково-техн. конференції "Авіа-2017" (м. Київ, 19-21 квітня 2017 р.)*. С. 29.30-29.33.

*Особистий внесок – аналіз літературних джерел, постановка завдання, польові дослідження.*

5. **Піндер В. Ф.** Самозаймання териконів та його вплив на довкілля. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: XII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів (м. Львів, 24 березня 2017 р.)*. 2017. Ч.1. С. 308-309.

*Особистий внесок – аналіз літературних джерел, узагальнення висновків.*

6. **Піндер В. Ф.**, Попович В. В. Биологическая рекультивация породных отвалов угольных шахт Нововолынского горнопромышленного района. *Проблемы природоохранной организации ландшафтов: материалы между. науч.-практ. конф. / Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ. Новочеркасск, 2017*. С. 328-333.

*Особистий внесок – формулювання цілей досліджень, узагальнення висновків.*

7. **Піндер В. Ф.** Фітомеліорація та рекультивація териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *New Horizons: Achievements of Various Branches of Science. Proceedings of 1<sup>st</sup> International Scientific Conference. Morrisville, Lulu Press. 2016*. P. 148-151.

## ABSTRACT

Pinder V. F. Reclamation measures to reduce the technogenic impact of waste heaps of coal mines on the environment. - Qualifying scientific work as a manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences (Ph.D.) on a specialty 21.06.01 " Ecological safety" (101 "Ecology"). – Lviv State University of Life Safety of Ukraine State Emergence Service, Lviv, 2021.

The dissertation is dedicated the research of the ecological state of pioneer succession with the participation of *Pinus sylvestris* L. on waste heaps of coal mines and features of natural phytomelioration within Male Polissia.

Nowadays, the main way of handling mineral waste, when mining coal, is storage in dumps (heaps). This situation leads to significant man-made pressure on the environment and living organisms and the emergence of ecological disaster in general. To reduce the man-made load on the biota, waste heaps are reclaimed. However, in conditions of insufficient funding for reclamation works in Ukraine, most waste heaps are subject to natural overgrowth (natural phytomelioration).

The ecological situation in Male Polissia is one of the most difficult in the Lviv region, which is caused by the technogenic impact on the environment of such industries as coal mining, coal beneficiation and chemical. Most of the lands of the district are occupied by waste heaps of coal mines.

As a result of the conducted researches the ecological conditions of the pioneer succession with the participation of *Pinus sylvestris* L. and landscape-transforming factors of phytomeliorative processes on the surface of waste heaps of coal mines in Male Polissia were established. Taking into account ecological factors, the typification of heaps of the studied region is developed, according to which 8 levels of hierarchical distribution are offered: on the size of the III category are big (occupied the area more than 10 hectares), average (5-10 hectares), small (0.3-5 hectares); by form, they are irregular form and correct form (reclaimed); depending on the backfill, the rocks are typified on active and inactive heaps, etc.

It is established that the processes of rock combustion in the heap are different and depend on the age of the heap dump, the availability of storage technology, the geometric parameters of the heaps. The substrate temperature on the surface of the heap of PAT "Lviv Coal Company" was + 21.2 ° C - + 64.4 ° C in the summer, 2018. Self-ignition of vegetation on the heaps of coal mines occurs as a result of spontaneous combustion due to the gradual accumulation of heat. It was established in the laboratory that the ignition temperature of the sample of *Pinus sylvestris* L., which developed on the side surface of the same heap, is + 225 ° C, and the spontaneous combustion is + 475 ° C. According to the results of the study of heat



resistance, it was found that its high level was recorded in cuttings of *Pinus sylvestris* L., which grows at a distance of 100 m from the heap "Mine №3 Chervonogradska" (total score is 112 points). The average level of heat resistance was found in *Pinus sylvestris* L., which grows on the surface of the heap of PAT "Lviv Coal Company" - 118 points. The lowest level of heat resistance is in the sample of the mound "Mine №3 Chervonogradska" growing on the surface, which is 132 points.

The water balance of *Pinus sylvestris* L. needles depends on habitat conditions and is the lowest on the surface of waste heaps "Mine №3 Chervonogradska" and the heap of PAT "Lviv Coal Company" (3.36% and 3.89% respectively). With the improvement of conditions in the depletion of the heap, where phytomeliorative processes are already present, the level of moisture supply increases - 4.24% and 3.9%, respectively. High rates were recorded at distances of 100 m from the studied heaps - 4.67% and 4.17%. The maximum level of water balance was recorded in the most favourable conditions of habitats from 2 km on south from the mining region in the pine forest (control) - 6.76%.

The ecological state of pioneer succession and phytomeliorative processes depend on the state of operation of waste heaps in coal mines, it can be operating, extinguished, reclaimed. Phytomeliorative efficiency coefficients were calculated, which showed that the lowest values of  $K_{FM}$  are inherent in the tops of waste heaps -  $K_{FM} = 2.1$  for PAT "Lviv Coal Company" and  $K_{FM} = 3.6$  for Mine №3 (due to wind erosion and depleted mineral status of substrate). At the side slopes, the phytomeliorative efficiency coefficients are slightly higher, especially from the north -  $K_{FM} = 4.5$  for PAT Lviv Coal Company and  $K_{FM} = 4.65$  for Mine №3 (higher humidity than at other slopes and peaks). At a distance of 100 m from the foothills in the northern direction, the coefficients of phytomeliorative efficiency acquired the highest values ( $K_{FM} = 5.55$  for PAT "Lviv Coal Company" and  $K_{FM} = 6.55$  for Mine №3), which is explained by more favourable edapho-climatic conditions.

Improving the conditions of habitat and restoration of vegetation can be ensured by terracing the slopes, covering with loose soils of mine rock. The floristic core of the vegetation cover of waste heaps is formed by meadow and synanthropic species with a wide range of tolerance, able to withstand adverse environmental

conditions. The typological scheme of vegetation of waste heaps of mines can be presented in the form of a quadrangle, in the centre of which there are meadow and synanthropic vegetation, and in the corners: 1. boreal and psammophilous; 2. immoral forest; 3. hydrophilic; 4. meadow-steppe and calcepetrophilic.

The mining stage of reclamation should be provided only for existing heaps. Fading heaps are already subject to natural overgrowth of *Pinus sylvestris* L. (northern and western exposures of slopes), so the mining stage should be carried out in landslides and where there is no grass cover.

**Key words:** *waste heap, landscape, ecological condition, pioneer succession, phytomelioration, Scots pine, gas resistance, salt resistance, heat resistance.*

## List of applicant's publications

### *Articles in scientific professional publications that are part of the scientometric database Scopus:*

1. Skrobala, V., Popovych, V., **Pinder, V.** Ecological patterns for vegetation cover formation in the mining waste dumps of the Lviv-Volyn coal basin. *Mining of Mineral Deposits.* 2020. №14(2). P. 119-127.  
<https://doi.org/10.33271/mining14.02.119>

*Personal contribution is the analysis of literature sources, collection and determination of herbarium specimens, objective setting, generalization of conclusions.*

### *Articles in scientific professional publications of Ukraine:*

2. Bosak P.V., Popovych V.V., **Pinder V.F.**, Stokaliuk O.V. Ignition and spontaneous combustion temperatures of the most common wood waste heaps. *Scientific Bulletin of UNFU of Ukraine.* 2020. № 30(5). Pp. 53-58. <https://doi.org/10.36930/40300509>

*Personal contribution is field studies, selection of materials for research, problem statement.*

3. **Pinder V. F.**, Popovych V. V. Reclamation of waste heaps of liquidated mines of Lviv-Volyn coal basin. Scientific Bulletin of UNFU of Ukraine. 2017. № 27 (3). Pp. 113-116. <https://doi.org/10.15421/40270325>

*Personal contribution is field studies, analysis of regulatory documents, drawing conclusions.*

4. Popovych V. V., Pidgorodetsky Ya. I., **Pinder V. F.** Typology of heaps of the Lviv-Volyn coal basin. Scientific Bulletin of UNFU of Ukraine. 2016. № 26 (8). Pp. 238-243. <https://doi.org/10.15421/40260837>

*Personal contribution is analysis of literary sources, development of a typological scheme.*

5. Popovych V. V., **Pinder V. F.** Features of the mining stage of reclamation of waste heaps within the Lviv-Volyn coal basin. Bulletin of Lviv State University of Life Safety. 2016. №14. Pp. 93-101.

*Personal contribution is analyzing the problem, field studies, substrate moisture measurement.*

6. Popovych V. V., Pinder V. F. Burning of heaps as a landscape-transforming factor of growth of regional ecological danger. Collection of scientific works "Fire safety". 2016. №29. Pp. 116-124.

*Personal contribution is analysis of literature sources, problem setting, statistical analysis of mine performance.*

#### ***Approbation publications:***

1. **Pinder V. F.**, Popovych V. V. Features of development of Scots pine on waste heaps of coal mines as an ecological factor in improving the quality of the environment. "Current issues of man-made and civil security of Ukraine": Proceedings of the II All-Ukrainian Scientific Conference (Mykolaiv, September 18- 19, 2020). 2020. P. 138-140.

*Personal contribution is field studies, analysis of ecological conditions of pine growth.*

2. Popovych V., **Pinder V.** Ecological role of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in improving the ecological safety of waste heaps of coal mines. Sustainable

development - state and prospects: Proceedings of the II International Scientific Symposium SDEV'2020 (Lviv - Slavske, February 12-15, 2020). 2020. P. 101-102.

*Personal contribution is purpose statement, analysis of environmental hazards of waste heaps.*

3. **Pinder V. F.**, Popovych V. V. Features of thermal regimes in waste heaps of coal mines. Theory and practice of firefighting and emergency response: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference. Cherkasy: Cherkasy Fire Safety Institute named after Heroes of Chernobyl of National University of civil defence of Ukraine (Cherkasy, May 18-19, 2017). Pp. 234-235.

*Personal contribution is analysis of literature sources, field studies.*

4. **Pinder V. F.**, Popovych V.V. Monitoring of devastated landscapes of the Lviv-Volyn coal basin. Materials of the XIII International scientific and technical conference "Avia-2017" (Kyiv, April 19-21, 2017). Pp. 29.30-29.33.

*Personal contribution is analysis of literary sources, problem setting, field studies.*

5. **Pinder V. F.** Self-ignition of heaps and its impact on the environment. Problems and prospects for the development of life safety system: XII International. scientific-practical conference of young scientists, cadets and students (Lviv, March 24, 2017). 2017. Part 1. P. 308-309.

*Personal contribution is analysis of literary sources, drawing conclusions.*

6. **Pinder V. F.**, Popovych V. V. Biological reclamation of rock dumps of coal mines of the Novovolynsk mining region. Problems of nature conservation organization of landscapes: materials of International scientific-practical conference / Novochoerkask engineer-melior. institute Donskoy GAU. Novochoerkassk, 2017.S. 328-333.

*Personal contribution is purpose statement, drawing conclusions.*

7. **Pinder V. F.** Phytomelioration and reclamation of heaps of the Lviv-Volyn coal basin. New Horizons: Achievements of Various Branches of Science. Proceedings of 1<sup>st</sup> International Scientific Conference. Morrisville, Lulu Press. 2016. P. 148-151.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	16
ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ТА ОСОБЛИВОСТІ	
ФІТОМЕЛІОРАЦІЇ ДЕВАСТОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ .....	
1.1. Небезпека породних відвалів вугільних шахт для довкілля .....	23
1.2. Горіння териконів як чинник погіршення стану довкілля та аналіз методів їх гасіння .....	33
1.3. Сингенетична сукцесія на поверхні породних відвалів вугільних шахт .....	40
1.4. Європейський досвід рекультивації та фітомеліорації породних відвалів вугільних шахт .....	49
1.5. Питання рекультивації та фітомеліорації породних відвалів вугільних шахт в Україні.....	54
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ФІТОМЕЛІОРАТИВНИХ	
ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
2.1. Програма досліджень .....	59
2.2. Методи досліджень .....	60
2.3. Об'єкти досліджень і пробні площі .....	64
РОЗДІЛ 3. ЕДАФО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ МАЛОГО ПОЛІССЯ У	
ЗВ'ЯЗКУ З ПОТРЕБОЮ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТА ФІТОМЕЛІОРАЦІЇ	
ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНІ ВУГЛЕВИДОБУТКУ .....	
3.1. Кліматичні особливості і мезоклімат .....	81
3.2. Ґрунтовий покрив і ґрунтовірні породи .....	85
3.3. Рослинний покрив і фіторізноманіття .....	86
3.4. Гідрологічна мережа.....	88
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА УМОВ МІСЦЕЗРОСТАНЬ НА	
ПОРОДНИХ ВІДВАЛАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ .....	
4.1. Типологія териконів у межах Львівсько-Волинського вугільного басейну .....	95
4.2. Радіаційний фон у зоні впливу відвалів вугільних шахт .....	101

	14
4.3. Фізико-хімічні властивості відвальної породи .....	102
4.4. Фізико-хімічні властивості підтериконових стічних вод .....	118
4.5. Фітотоксичність субстрату за умовами розвитку тест-рослин.....	119
4.6. Водоутримувальна здатність сосни звичайної на відвальній породі...	121
4.7. Аутокологічна стійкість сосни звичайної за морфофізіологічними показниками пристосування в екотопах породного відвалу.....	126
4.8. Життєвість парцелярних мікропопуляцій сосни звичайної в умовах породних відвалів вуглевидобутку.....	127
4.9. Газостійкість <i>Pinus sylvestris</i> L. в умовах породних відвалів вуглевидобутку.....	134
4.10. Біоіндикація повітря у зоні впливу породних відвалів за допомогою індексу флуктуючої асиметрії хвої <i>Pinus sylvestris</i> L. ....	138
РОЗДІЛ 5. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ У ЗОНІ ВПЛИВУ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ .....	146
5.1. Температурні градієнти середовища розвитку сосни звичайної та способи їх регулювання.....	146
5.2. Формування фітогенних полів за участі солітерів та парцел сосни звичайної.....	151
5.3. Екологічні закономірності поширення рослин в умовах породних відвалів шахт.....	163
5.4. Фітомеліоративна ефективність природного поновлення сосни звичайної на породних відвалах.....	178
5.5. Регулювання розвитку фітоценозів з участю сосни звичайної на породних відвалах.....	182
5.5.1. Гірничотехнічний та біологічний етапи рекультивації згасаючих териконів.....	186
5.5.2. Гірничотехнічний та біологічний етапи рекультивації діючих териконів.....	187
ВИСНОВКИ.....	193
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	198

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	15
ДОДАТКИ.....	199
Додаток А. Протокол вимірювання фізико-хімічних властивостей підтериконових вод .....	221
Додаток Б. Протоколи вимірювань фізико-хімічних властивостей субстрату на пробних площах.....	222
Додаток В. Технологія розрівнювання насипів з відвальної породи.....	223
Додаток Г. Протокол визначення температури займання та температури самозаймання твердих речовин та матеріалів згідно ДСТУ 8829:2019.....	230
Додаток Д. 3D-моделі поширення забруднювачів у зоні впливу породних відвалів Шахти №3 та ПАТ «Львівська вугільна компанія».....	231
Додаток Е. Акт впровадження результатів досліджень у навчальний процес.....	235
Додаток Є. Акт впровадження результатів досліджень у ВП «Західна дирекція з ліквідації шахт».....	247
	248

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ**

БСК	– біохімічне споживання кисню
ГДК	– граничнодопустима концентрація
ГН	– граничні норми
ЄС	– Європейський Союз
НВ	– Нововолинськ
ПАР	– поверхнево активні речовини
ПЕД	– потужність еквівалентної дози
ХПК	– хімічна потреба в кисні
ХСК	– хімічне споживання кисню
ЦЗФ	– центральна збагачувальна фабрика



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Вуглевидобувні регіони, як у національному, так і у світовому контекстах, спричиняють значне техногенне навантаження на довкілля та організм людини. Україна посідає 8-ме місце у світі за обсягами розвіданих запасів вугілля (34 млрд. т, або 3,5% світових запасів) та 13-те за обсягами видобутку. Основним способом поводження із відвальною породою, при видобуванні вугілля, є складування у відвали (терикони). Така ситуація призводить до значного техногенного пресингу на довкілля і живі організми та виникнення екологічної катастрофи загалом. Для зменшення техногенного навантаження на біоту, породні відвали рекультивують. Проте, в умовах недостатнього фінансування рекультиваційних робіт в Україні, більшість породних відвалів піддаються природному заростанню (природна фітомеліорація). В умовах Малого Полісся піонерним видом на породних відвалах вугільних шахт є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.).

Враховуючи численні наукові дослідження В. П. Кучерявого (2003); Г. М. Мануїлової (2004); У. Б. Башуцької (2006); В. В. Поповича (2011); Н. Г. Міронової (2016); Я. В. Геника (2016); А. В. Павличенка (2016); М. Л. Копій (2018); I. Sýkorová, B. Kříbek, M. Havelcová, V. Machovič, F. Laufek, F. Veselovský, A. Špaldoňová, L. Lapčák, I. Knésl, P. Matysová, V. Majer (2018); М. В. Петльованого (2020); В. Г. Лозинського (2020); А. Abramowicz, O. Rahmonov, R. Chybiorz (2021) та ін., які пов'язані із вивченням екологічної ситуації та фітомеліорації у вуглевидобувних районах, зазначимо, що питання підвищення якості довкілля і збереження здоров'я людей є актуальними.

Едафо-кліматичні чинники розвитку *Pinus sylvestris* L., а також мікрокліматопічні умови росту, фізіологічна стійкість, формування фітогенних полів та їх взаємозв'язок із сукцесійними процесами, прикладні проблеми фітоценозів-меліорантів – саме ті актуальні питання, які потребують досліджень з метою пропозиції заходів щодо подолання ландшафто- трансформуючих чинників девастрованих ландшафтів вуглевидобування та покращення екологічної ситуації у промислових регіонах.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконана в контексті пріоритетних напрямів державної політики України у сфері сталого розвитку, охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів, які визначені Законом України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року", «Гірничим Законом України», Законом України «Про відходи», постановою Верховної Ради України «Про стан виконання законодавства у сфері поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення»; постановою Кабінету Міністрів України «Про додаткові заходи щодо вдосконалення системи збирання, заготівлі та утилізації відходів як вторинної сировини» та розпорядженням Кабінету Міністрів України ««Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»»».

**Мета і завдання дослідження.** Мета – встановити ландшафто-трансформуючі чинники фітомеліоративних процесів та екологічні умови протікання піонерної сукцесії за участю *Pinus sylvestris* L. на поверхні породних відвалів вугільних шахт Малого Полісся.

Досягнення поставленої мети зумовило необхідність виконання таких завдань:

- провести аналіз наукових джерел щодо екологічної ситуації вуглевидобувних регіонів;
- встановити причини та наслідки зростання рівня екологічної небезпеки внаслідок складування відвальної породи на відкритому просторі;
- з'ясувати едафо-кліматичні умови Малого Полісся у зв'язку з потребою фітомеліорації девастрованих ландшафтів вуглевидобування;
- встановити екологічні особливості протікання піонерної сукцесії за участю *Pinus sylvestris* L. на поверхні породних відвалів вугільних шахт;
- встановити фізіологічну стійкість *Pinus sylvestris* L., яка розвивається на поверхні породних відвалів вугільних шахт;
- вивчити особливості міграції небезпечних речовин у гідросферу, літосферу, атмосферу під час експлуатації породних відвалів вугільних шахт;

- встановити екологічні особливості формування фітогенних полів *Pinus sylvestris* L. на поверхні породних відвалів вугільних шахт;
- з'ясувати фітомеліоративну ефективність *Pinus sylvestris* L. на поверхні породних відвалів вугільних шахт;
- запропонувати шляхи підвищення якості довкілля за участі сосни звичайної у зоні впливу породних відвалів вугільних шахт.

*Об'єкт дослідження* – природна фітомеліорація за участі сосни звичайної в умовах деастрованих ландшафтів вуглевидобування Малого Полісся.

*Предмет дослідження* – фітомеліоративна ефективність, екологічний стан, едафо-кліматичні, мікрокліматопічні чинники росту і розвитку, фізіологічна стійкість та фітогенне поле сосни звичайної на поверхні і в зоні впливу породних відвалів вугільних шахт.

**Методи дослідження.** У процесі досліджень використовувалися такі методи: екологічні, ґрунтознавчі, фізичні, хімічні, біометричні, фізіологічні, фенологічні, камеральні, математично-статистичні, системного аналізу та методи логістичних побудов. Обробка результатів експериментів проводилась з використанням математичного програмування в пакеті MS Excel, Surfer, Mathcad.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У результаті вивчення екологічних умов та ландшафто-трансформуючих чинників росту та розвитку сосни звичайної в умовах деастрованих ландшафтів вуглевидобування, а також впливу природних фітомеліоративних процесів на якість довкілля:

*вперше:*

- розроблено типологію породних відвалів Львівсько-Волинського вугільного басейну, завдяки якій є можливість структурувати деастровані ландшафти за ступенем порушення, техногенною небезпекою та рівнем проведення рекультиваційних робіт;
- встановлено, що показники фізіологічної стійкості (водоутримувальна здатність, жаростійкість, солестійкість, газостійкість, посухостійкість) сосни звичайної є вищими біля підніжжя породних відвалах вугільних шахт, аніж на поверхні, що дозволяє прогнозувати життєвість виду;

- встановлено теоретичні та практичні аспекти формування фітогенного поля на породних відвалах вугільних шахт Малого Полісся за участі сосни звичайної, що дає змогу оцінити едафо-кліматичні умови росту і розвитку;
- встановлено екологічні закономірності природної фітомеліорації в умовах породних відвалів вугільних шахт Малого Полісся шляхом виділення еколого-ценотичного простору рослинного покриву, що дає можливість прогнозувати сукцесійні процеси;
- встановлено особливості міграції небезпечних речовин у довкілля в залежності від умов місцезростань сосни звичайної, що дозволяє прогнозувати рівень екологічної небезпеки в зоні впливу породних відвалів вугільних шахт;

*удосконалено:*

- методи регулювання розвитку фітоценозів з участю сосни звичайної під час проведення рекультивації та фітомеліорації відвалів;

*набули подальшого розвитку:*

- підходи щодо вивчення забруднення довкілля у межах впливу породних відвалів вугільних шахт;
- вивчення впливу несприятливих екологічних умов на формування флористичного ядра рослинного покриву породних відвалів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Встановлено фітомеліоративну ефективність природного заростання *Pinus sylvestris* L. на поверхні породних відвалів вугільних шахт у межах Малого Полісся. Розроблено систему регулювання розвитку фітоценозів з участю сосни звичайної на породних відвалах у залежності від температури субстрату відвальної породи, яка забезпечує екологічну безпеку регіону та реалізацію заходів щодо збереження довкілля.

Результати досліджень використовують: ВП «Західна дирекція з ліквідації шахт державного підприємства «Об'єднана компанія Укрвуглереструктуризація»» (акт впровадження від 11.01.2021 р.); Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, під час викладання дисциплін «Ландшафтна екологія» та «Моніторинг довкілля» (акт впровадження від 12.01.2021 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та є самостійним дослідженням здобувача, що має наукове та практичне значення. Дисертаційна робота є результатом наукових досліджень дисертанта. Автором розроблено програму та завдання досліджень. Усі наукові ідеї, положення і результати теоретичних досліджень дисертації розроблені, сформульовані та отримані особисто автором у період з 2016 до 2020 року.

Теоретичні узагальнення математичних моделей, аналіз та інтерпретація отриманих даних, висновки до роботи виконані безпосередньо здобувачем.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення і результати дисертаційної роботи та окремі результати досліджень доповідались на наукових симпозиумах та конференціях різних рівнів: II Міжнародному науковому симпозиумі SDEV'2020 «Сталий розвиток – стан та перспективи» (сmt Славське, 2020 р.); II Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України» (м. Миколаїв, 2020 р.); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (м. Черкаси, 2017 р.); XIII Міжнародній науково-технічній конференції "Авіа-2017" (м. Київ, 2017 р.); XII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» (м. Львів, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми природоохранный организации ландшафтов» (м. Новочеркаськ, 2017 р.); New Horizons: Achievements of Various Branches of Science. Proceedings of 1<sup>st</sup> International Scientific Conference (Morrisville, 2016).

**Публікації.** За результатами досліджень, представлених у дисертаційній роботі, опубліковано 13 наукових праць, з яких: 1 стаття у фаховому виданні наукометричної бази даних Scopus; 5 статей – у наукових фахових виданнях України; 7 – у матеріалах конференцій та круглих столів.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел та додатків. Список використаних джерел включає 201 найменування, з них 36 –

латиницею. Загальний обсяг роботи складає 248 сторінок з 22 таблицями та 98 рисунками.

# РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ФІТОМЕЛІОРАЦІЇ ДЕВАСТОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ

## 1.1. Небезпека породних відвалів вугільних шахт для довкілля

У відповідності до гірничого Закону України основними екологічними вимогами у сфері проведення гірничих робіт є: розташування виробничих підрозділів гірничого підприємства, складів корисних копалин і відвалів порід з урахуванням можливості проведення профілактичних заходів щодо запобігання їх самозайманню; застосування екологічно безпечних гірничих технологій; впровадження передових технологій проведення гірничих робіт та очищення стічних вод і відпрацьованого повітря; раціональне використання мінеральних відходів породних відвалів (сховищ) для повторної переробки на основі широкого застосування новітніх технологій; організація санітарно-захисної зони між гірничим підприємством і жилими будівлями відповідно до законодавства; запобігання осіданню, підтопленню, заболочуванню, засоленню, висушенню та забрудненню відходами виробництва поверхні землі; запобігання несприятливому впливу водовідведення з гірничих виробок на рівень ґрунтових вод і поверхневі водні об'єкти; зниження рівня викидів, скидів речовин, що забруднюють довкілля у процесі гірничого виробництва, та вжиття заходів щодо запобігання аварійним ситуаціям, пов'язаним із залповими та раптовими викидами і скидами; своєчасне проведення рекультивації земель; дотримання інших вимог, передбачених законодавством про охорону навколишнього природного середовища [42].

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено результати експериментальних досліджень та теоретичних узагальнень піонерної сукцесії за участю *Pinus sylvestris* L. та особливості природної і штучної фітомеліорації на поверхні териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. Досліджено едафо-кліматичні умови росту та розвитку сосни звичайної на техногенних відвалах вуглевидобування та ландшафто-трансформуючі чинники фітомеліоративних процесів. Встановлено, що екологічний стан піонерної сукцесії і фітомеліоративні процеси залежать від стану експлуатації породних відвалів вугільних шахт – діючий, згаслий, рекультивований. Запропоновані заходи підвищення регіональної екологічної безпеки у Малому Поліссі на териконах вугільних шахт шляхом орієнтації на природне лісовідновлення.

1. Розроблено типологію териконів, яка передбачає 8 рівнів ієрархічного розподілу: за розміром терикони типізовані на III категорії – великі (займають площу більше 10 га), середні (5-10 га), малі (0,3-5 га); за формою – неправильної форми (терикони шахт «Великомостівська №2» та «Нововолинська №9») та правильної форми (рекультивовані); в залежності від відсипання породи типізовані на терикони діючі та не діючі; за порушенням поверхні внаслідок процесів ерозії та зсувів породи терикони розподілені на II типи.

2. Встановлено, що об'єм породи, яка складується у відвали діючих шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну, перевищує проектні норми (за даними паспортів на породні відвали). З плином часу збільшуються геометричні параметри відвалів. Вміст золи у породі териконів становить 84- 98%; густина породи – 2,42-2,55 кг/м<sup>3</sup>. Вміст сірки у териконах становить 0,26- 3,2%. Відповідно до розробленої залежності встановлено, що у регіоні можуть піддаватися горінню до 80,2% териконів, що становить екологічну небезпеку. Процеси горіння породи згубно впливають на природні фітомеліоративні процеси, які відбуваються за участю *Pinus sylvestris* L. на поверхні териконів.



Найбільш оптимальним методом ліквідації горіння на териконах вугільних шахт є переформатування їх у відвали плоскої форми.

3. Встановлено, що найбільші значення потужності еквівалентної дози фотонного іонізуючого випромінювання притаманні схилам породного відвалу «Шахти №3 Великомоствська» та відвалу ПАТ «Львівська вугільна компанія» та залежать від фітомеліоративного вкриття – у місцях розвитку рослинності радіаційний фон на 10-15% нижчий від інших незарослих ділянок. Показники радіаційного фону на породних відвалах вугільних шахт перевищують допустимі норми (0,3 мкЗв/год.) та становлять 0,3-0,37 мкЗв/год.

4. Встановлено, що на вершині згасаючих териконів значення відносної вологості субстрату (33,1-35,0%) обернено пропорційні показникам на висоті 15 м (14,3-19,9%) та 20 м (35,0-49,4%), що свідчить про висушування породи внаслідок турбулентних повітряних потоків. Відносна вологість субстрату в осередках горіння терикона (7,6-24,5%) обернено пропорційна значенням, які виміряні біля підніжжя (36,4-57,6%) та на рівні 20 м від підніжжя. Кореляційний аналіз дав змогу простежити закономірності взаємовпливу показників відносної вологості субстрату ділянок згасаючого терикона. При підвищенні вологості субстрату біля підніжжя зростає вологість субстрату на середній експозиції схилу, що є сприятливим екологічним чинником для розвитку піонерної сукцесії за участі *Pinus sylvestris* L.

5. Встановлено, що водний баланс хвої *Pinus sylvestris* L. залежить від умов місцезростань та найнижчий на поверхні породних відвалів «Шахти №3 Великомоствська» і відвалу ПАТ «Львівська вугільна компанія» (3,36% і 3,89% відповідно). З покращенням умов в пониженні терикону, де вже присутні фітомеліоративні процеси, рівень вологозабезпечення зростає – 4,24% і 3,9% відповідно. Високі показники зафіксовані на віддальх 100 м від досліджуваних териконів – 4,67% і 4,17%. Максимальний рівень водного балансу зафіксовано у найсприятливіших умовах місцезростань за 2 км на південь від гірничопромислового регіону в сосновому борі (контроль) – 6,76%.

6. Встановлено, що процеси горіння породи у відвалі протікають неоднаково та залежать від давності відсипання терикону, наявності технології

складування, геометричних параметрів відвалів. Температура субстрату на поверхні терикону ПАТ «Львівська вугільна компанія» влітку 2018 року становила +21,2°C - +64,4°C. Самозаймання рослинності на териконах вугільних шахт виникає в результаті самочинного горіння внаслідок поступового накопичення тепла. Лабораторно встановлено, що температура займання зразку *Pinus sylvestris* L., яка розвивалася на бічній поверхні цього ж відвалу складає +225°C, а самозаймання – +475°C. За результатами дослідження жаростійкості встановлено, що високий її рівень зафіксований у живців *Pinus sylvestris* L., яка зростає на віддалі 100 м від терикону «Шахти №3 Великомоствівська» (сумарна кількість балів 112). Середній рівень жаростійкості виявлено у *Pinus sylvestris* L., яка зростає на поверхні терикону ПАТ «Львівська вугільна компанія» – 118 балів. Найнижчий рівень жаростійкості – у зразка зростаючого на поверхні терикону «Шахти №3 Великомоствівська», який становить 132 бали.

7. Встановлено, що сприятливі екологічні умови зростання та менший відсоток ураження хвої під дією продуктів горіння породи, спостерігається на віддаль 100 м від дослідних териконів. У порівнянні із вершинами відсоток ураження хвої зменшується на 70-80%. Рівень газостійкості високий.

8. Встановлено, що кількість хвоїнок *Pinus sylvestris* L. на 20 см пагона максимальна на поверхні териконів – 394 - 482 шт. Їхня кількість зменшується вниз по схилу, де сприятливіші умови місцезростання. Разом із тим характерна зворотна тенденція, яка стосується параметрів довжини і ширини хвоїнок – ці значення зменшуються в напрямку до поверхні терикону. Зменшення розмірів хвоїнок є проявом ксероморфності та підвищеної ущільненості ґрунту. Спостерігається важлива тенденція, яка перебуває у прямій кореляції із локальним станом довкілля в місці зростання дослідних екземплярів: чим гірші екологічні умови, тим більш виражена асиметрія лівої і правої хвоїнки у пучку. небезпечні речовини, які виділяються із породних відвалів вугільних шахт спричиняють деформацію, зупинку росту та гибель сосни звичайної, яка набула розвитку на їх поверхні у процесі сингенезу.

9. Сезонне вивчення рівнів вертикального та горизонтальних температурних градієнтів *Pinus sylvestris* L. дослідних місцезростань показало,

що найнесприятливіші умови розвитку присутні в осередках активної деградації – на вершинах териконів ПАТ «Львівська вугільна компанія» та «Шахти №3 Великомоствівська». Максимум температурної різниці спостерігався на обидвох об'єктах в липні місяці, на коли припадає сезонний пік росту пагонів. На вершині терикону «Шахти №3 Великомоствівська» різниця температур становила – 3,0 °С, а на териконі ПАТ «Львівська вугільна компанія» – 3,7 °С, що якраз входить небезпечного для рівня життєвості температурного діапазону. Паралельне обстеження рівня фізіологічного розвитку у напрямку відкритий простір – вершина терикону, дозволило виявити досить високу життєву адаптацію *Pinus sylvestris* L., яка доповнюється невибагливістю до природних кліматично-едафічних умов зростання, що дає підстави нам рекомендувати її для більш ширшого цільового застосування у фітомеліоративному процесі.

10. Моноцентричне фітогенне поле виникає на породних відвалах під час сингенетичної стадії сукцесії. Початкова ендоекогенетична стадія сукцесії передбачає формування двох типів фітогенних полів. Перший тип – початкове поліцентричне фітогенне поле. Характеризується здатністю об'єднувати у собі декілька особин *Pinus sylvestris* L. Другий тип – зріле поліцентричне фітогенне поле. Характеризується вищою стійкістю, а рослинне угруповання вже має здатність перетворювати геопотоки. Зріла ендоекогенетична стадія сукцесії характеризується розвитком та поширенням деревних видів, а фітогенне поле є ацентричним та носить глобальний характер. Такий вид фітогенних полів зустрічається на териконах із штучною фітомеліорацією.

11. Велика різноманітність умов місцезростання рослинного покриву породних відвалів Львівсько-Волинського вугільного басейну, визначається складною комбінацією екологічних чинників. Показниками антропогенного впливу слугують зменшення параметрів вологості клімату і вологості ґрунту, зростання показників термічного режиму, континентальності, рН ґрунту, вмісту солей і освітленості в ценозі. Поліпшення умов місцезростання та відновлення рослинного покриву можна забезпечити шляхом терасування схилів, перекриття насипними ґрунтами шахтної породи. Флористичне ядро

рослинного покриву породних відвалів формують лучні і синантропні види із широким діапазоном толерантності, здатні витримувати несприятливі екологічні умови. Типологічну схему рослинного покриву породних відвалів шахт можна представити у вигляді чотирикутника, у центрі якого розташовані лучна і синантропна рослинність, а в кутах: 1. бореальна і псаммофільна; 2. неморальнолісова; 3. гідрофільна; 4. лучно-степова і кальцепетрофільна.

12. В результаті вивчення фітомеліоративної ефективності рослинності породних відвалів Шахти №3 та ПАТ «Львівська вугільна компанія» встановлено, що на їх поверхні переважає піонерна сукцесія за участі *Pinus sylvestris* L., в окремих випадках із включенням рудеральної рослинності (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth). Найнижчі значення  $K_{FM}$  притаманні вершинам породних відвалів –  $K_{FM} = 2,1$  для ПАТ «Львівська вугільна компанія» і  $K_{FM} = 3,6$  для Шахти №3 (пов'язано із вітровою ерозією та збідненим мінеральним складом субстрату). На бічних експозиціях схилів, коефіцієнти фітомеліоративної ефективності дещо вищі, особливо із північного боку –  $K_{FM} = 4,5$  для ПАТ «Львівська вугільна компанія» і  $K_{FM} = 4,65$  для Шахти №3 (вища вологість, аніж на інших експозиціях схилів та вершині). На відстані 100 м від підніжжя в північному напрямі коефіцієнти фітомеліоративної ефективності набули найбільших значень ( $K_{FM} = 5,55$  для ПАТ «Львівська вугільна компанія» і  $K_{FM} = 6,55$  для Шахти №3), що пояснюється сприятливішими едафо-кліматичними умовами. Поверхня породних відвалів придатна для проведення рекультиваційних і фітомеліоративних робіт з метою зниження згубного впливу на довкілля.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Гірничотехнічний етап рекультивації необхідно передбачати лише для діючих териконів. Згасаючі терикони вже піддаються природному заростанню *Pinus sylvestris* L. (північні та західні експозиції схилів), тому гірничотехнічний етап слід запроваджувати у місцях зсувів та там, де відсутній трав'яний покрив.

2. З метою збереження природних фітоценозів за участі *Pinus sylvestris* L. на поверхні породних відвалів необхідно обмежити пересування будівельної техніки, стрічкових конвеєрів та вагонеток у місця природного заростання.

3. Для запобігання пошкоджень *Pinus sylvestris* L. здійснювати сантіарну та формувальну обрізку крони та розчищати від снігу під час сильних снігопадів.

4. Із метою підвищення фізіологічної стійкості *Pinus sylvestris* L. необхідно вправджувати моделі поліцентричних фітогенних полів.

5. Заборонити відсипання твердих побутових відходів у западинах породних відвалів для запобігання виникнення додаткових джерел еколого-техногенної небезпеки (горіння відходів, утворення фільтратів, знищення фітоценозів).

6. У місцях зсувів, провалів та тріщин породних відвалів необхідно обмежити доступ людей шляхом встановлення загороджувальних смуг та попереджувальних знаків про небезпеку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абакумов Е. В. Регенерационное почвообразование в посттехногенных экосистемах карьерно-отвальных комплексов Северо-Запада России: автореф. дис... к.б.н: спец. 03.00.27. Москва, 2005. 23с.
2. Аверчук А. С. Екологічні особливості ліхеноіндикації антропогенно трансформованого середовища на південному сході України: автореф. дис.... канд. біол. наук: спец. 03.00.16. Екологія. Дніпропетровськ, 2011. 23с.
3. Альтергот В. Ф. Приспособление растений к повышенной температуре среды.
4. Андрієнко Т. Л. Мале Полісся: проєктований національний природний парк України (Хмельницька область) / Т.Л. Андрієнко, Л.П. Казімірова, О.І. Прядко, Р.Г. Білик, Л.С. Юглічек / за заг. ред. Т.Л. Андрієнко. – Кам'янець- Подільський : Видавець П.П. Мошинський, 2007. – 40 с.
5. Антіпова Ю.Л. Екологічні особливості спонтанної дендрофлори відвалу Малокохнівського гранкар'єру (Полтавська область). Синантропізація рослинного покриву України : тези наук. доп., 27-28 квітня 2006 р. – Переяслав-Хмельницький, 2006. – С. 5-6.
6. Анучин Н.П. Лесная таксация : учебник [для студ. ВУЗов]. – Изд. 5-ое. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1982. – 552 с.
7. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв.– М.: Изд-во МГУ, 1970 – 487 с.
8. Бакланов В. И. Классификация терриконов шахт и обогатительных фабрик Донбасса в целях озеленения. Зелёное строительство в степной зоне УССР. – К.: Наук. думка. - 1970. – С. 75-83.
9. Баранов В., Бешлей С., Соханьчак Р., Козловський М. Вміст пігментів і структура хлоропластів куничника наземного (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) за умов росту на відвалах породи вугільних шахт. Біологічні Студії. *Studia Biologica*. – 2011. - Том 5/№3. - С. 97–102.

10. Башуцька У. Б. Антропогенно-природні сукцесії рослинності девастрованих ландшафтів Червоноградського гірничопромислового регіону : дис. канд. с.-г. наук: спец. 06.03.01 "Лісові культури та фітомеліорація" / Башуцька Уляна Богданівна. – Львів, 2004. – 214 с.
11. Башуцька У. Б. Сукцесії рослинності породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району: монографія. Львів: РВВНЛТУ України, 2006. 180 с.
12. Башуцька У.Б. Мікрокліматичні умови породних відвалів шахт Червоноградського гірничо-промислового району / У.Б. Башуцька // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – С. 48-51.
13. Башуцька У.Б. Озеленення териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2000. – Вип. 10.2. – С. 61-63.
14. Бессонова В. П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
15. Бешлей С.В. Екологічні властивості *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth тайого середовищетворна роль на відвалах вугільних шахт (Червоноградський гірничопромисловий район): автореф. дис.... канд. біол. наук: спец. 03.00.16. Екологія. Львів, 2016. 148 с.
16. Библь Р. Цитологические основы экологии растений. М.: Ин. лит., 1965. 463 с.
17. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелеховой. М. : Академия, 2007. 288 с.
18. Білонога В. М Первинні сукцесії техногенних ландшафтів сірчаних родовищ / В. Білонога, А. Малиновський // Зб. наук. праць НТШ : Екологічні проблеми природокористування та біорізноманіття Львівщини. – Львів : НТШ. – 2001. – Т. VII. – С. 75-82.
19. Білонога В. М. Рослинність відвалів сірчаних родовищ Львівської області / В. М. Білонога // Укр. ботан. журн. – 1989. – Т. 46. – № 1. – С. 26-29.

20. Бобровник Д. П., Болдирева Т. О., Іщенко А. М. Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн / під ред. П. Л. Шульги. Київ: Видавництво Академії Наук Української РСР, 1962. 145 с.
21. Богма А. С. О гранулометрическом составе и технической ценности свежесыпанных на терриконники шахтных пород Прокопьевского месторождения / А. С. Богма // Известия Томского ордена трудового красного знамени политехнического института им. С.М. Кирова. – 1959. – Т. 97. – С. 163-167.
22. Босак П. В., Попович В. В., **Піндер В. Ф.**, Стокалюк О. В. Температура займання та самозаймання найпоширеніших деревних порід терриконів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Вип. 30(5). С. 53-58.  
<https://doi.org/10.36930/40300509>
23. Бровко Ф.М. Культурфітоценози дуба на відвальних ландшафтах Придніпровської височини / Ф.М. Бровко // Наукові доповіді НАУ : електронний журнал. – 2008. – № 1(9). – С. 1-9. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.nbu.gov.ua/e-Journals/nd/2008-1/08bfmlph.pdf>.
24. Бровко Ф.М. Лісова рекультивація відвальних ландшафтів Придніпровської височини України : монографія / Ф.М. Бровко. – К. : Вид-во "Арістей", 2009. – 264 с.
25. Бузило В. І. Екологічні та техногенні наслідки ліквідації вугільних шахт / В. І. Бузило, А. В. Павличенко // Розробка родовищ. – 2014. – С. 535-540.
26. Бяллович Ю.П. О некоторых биогеоценологических основах общей теории фитомелиорации. Теоретические проблемы фитоценологии и биоценологии. – М. : Изд-во "Наука", 1970. – С. 5-16.
27. Бяллович Ю.П. Метод фитомелиорации. Научный отчет за 1945 г. Украинского ин-та агролесомелиорации. – Киев-Харьков, 1945. – С. 105-148.
28. Васильев Н.Ф. Влияние открытой добычи золота на растительность Якоцит-Селигдарского междуречья : дис.... канд. биол. наук: спец. 03.00.05, 03.00.16 / Николай Федорович Васильев. – Якутск, 2006. – 143 с.



29. Ваус М. О температурном режиме почвы в Сиргаласком карьере горючих сланцев Эстонской ССР / М. Ваус, Э. Каар // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 157-165.
30. Война І. М. Особливості ландшафтного різноманіття гірничопромислових ландшафтів у зв'язку з їх висотною диференціацією / І. М. Война // Наукові записки Вінницького педуніверситету. Сер. Географія. – 2013. – Вип. 25. – С. 40-47.
31. Войтович С.П. Геохімічні особливості підземних та шахтних вод вугільних басейнів України (на прикладі Червоноградського гірничопромислового району і Центрального Донбасу) / Войтович С.П. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2015. – №2 (146). С. 23-30.
32. Воробйов С. Г. Захист територій, прилеглих до породних відвалів, від надходження забруднювальних речовин ( на прикладі Луганської області): автореф. дис.... канд. техн. наук: спец. 21.06.01. Екологічна безпека. Київ, 2011. 22с.
33. Воронкова А. С. Инженерно-экологическая оценка содержания тяжелых металлов в поверхностном слое вскрышных отвалов угольных разрезов: автореф. дис.... канд. техн. наук: спец. 25.00.36. Геоэкология. Чита, 2008. 27с.
34. Воронов А.Г. Геоботаника. – М. : Высш. шк., 1973. – 384 с.
35. Гавриляк М.Я. Екологічне обґрунтування фітореMediaції породних відвалів вугільних шахт: автореф. дис....канд. біол. наук: спец. 03.00.16. Екологія. Київ, 2010. 21 с.
36. Геник Я. В. Лісовідновлення складних техногенних екосистем Львівщини / Я. В. Геник // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету: зб. наук. праць.–Дніпропетровськ: Вид-во ДДАУ. – 2012. – №. 1. – С. 117-120.
37. Геник Я. В. Сукцесії рослинності на посттехногенних територіях зони діяльності Яворівського ДГХП "Сірка" / Я. В. Геник, В. Я. Заячук // Науковий вісник НЛТУ України. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.16. – С. 93-99.
38. Геник Я.В. Ревіталізація антропогенно порушених екосистем: методологічні та технологічні аспекти / Я. В. Геник // Науковий вісник НЛТУ

України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.8. – С. 180-185.

39. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивых растений М.: Наука, 1982. 280 с.

40. Герасимова Л.П. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды от негативного воздействия породных отвалов шахт Подмосковского угольного бассейна: автореф. дис.... канд. техн. наук: спец. 25.00.36. Геоэкология. Тула, 2009. 23 с.

41. Гетько Н. В. Газопоглинательная способность деревьев и кустарников. Киев: Наук. думка, 1968. С. 112–115.

42. Гірничий Закон України. (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 50, ст.433).

43. Горелов О.М. Еколого-морфологічні основи концепції фітогенного поля. Автореферат дис. ...док. біол. наук, 2014. 37 с.

44. Горелов А. М. Ультрафиолетовый режим внутренней части фитогенного поля древесных растений / А. М. Горелов, А. А. Горелов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3 (7). – С. 2116–2121.

45. Горючі корисні копалини України: Підручник/ В. А. Михайлов, М. В. Курило, В. Г. Омельченко, Л. С. Мончак, В. В. Огар, В. М. Загнітко, О. В. Омельчук, В. В. Шунько, В. М. Гулій. К.: КНТ, 2009. 376 С.

46. ГОСТ 17.4.3.01-83 (СТ СЭВ 3847-82). Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. [Электронный ресурс]. – Доступный з <http://web1.law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1259386&subID=100121443,100121461>

47. ГОСТ 17.4.4.02-84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

48. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб.

49. Грицан Ю.И. Особенности роста и развития лесных насаждений на нарушенных землях в Западном Донбассе / Ю.И. Грицан // Ботанические исследования на Украине. – К. : Наук. думка, 1990. – С. 53-54.

50. Гуман О.М. Эколого-геологические условия полигонов твердых бытовых отходов Среднего Урала: автореф. дис.... канд. г.-м. наук: спец. 25.00.36. Геоэкология. Екатеринбург, 2008. 42с.
51. Гурина И.В. Научное обоснование технологий фитомелиорации нарушенных земель при биологической рекультивации: автореф. дисс...д-р. с-х. наук: спец. 06.01.02. Мелиорация, рекультивация и охрана земель. Новочеркасск, 2013. 46 с.
52. Гусев Н.А. Исследования водоудерживающей способности клеток листьев в связи с действиями засухи. Казань, 1987. С. 3-56.
53. Девятова А. Ю. Газо-аэрозольные выбросы при горении угольных отвалов / А. Ю. Девятова // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2013. - №3 - С.147-152.
54. Дегтева С.В., Новаковский А.Б. Эколого-ценотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 196 с.
55. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. Справочник.- М: Химия, 1989.
56. Домская А.С. Восстановление ландшафтов, сформировавшихся в результате промышленного освоения города Краснодона / А. С. Домская // – Краснодон. СНУ ім. В. Даля. – 2009. – С. 1-6.
57. ДСТУ 8829:2019 «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їх визначення. Класифікація».
58. Духовский П., Дкнис Р., Бразайтите А., Жукаускайте И. Реакция растений на комплексное воздействие природных и антропогенных стрессов // Физиология растений, 2003. Т. 50, № 2. С. 165-170.
59. Дюк В. Data Mining: учебный курс / В. Дюк, А. Самойленко. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.
60. Жуков С.П. Антропогенная сукцессия растительности отвалов угольных шахт Донбасса : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук / С.П. Жуков. – Днепропетровск, 2000. – 19 с.

61. Жукова Л. А. Концепция фитогенных полей и современные аспекты их изучения / Л. А. Жукова // Экология растительных сообществ : сб. науч. тр.; Марийский государственный университет, 2012. – Т. 14, №1(6). – С. 1462-1465.
62. Забокрицька М.Р. Гідрохімічний режим та оцінка якості річкових вод басейну Західного Бугу на території України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.07 "Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія" / М.Р. Забокрицька. – К., 2005. – 19 с.
63. Зверковський В.М. Фітомеліорація шахтних відвалів в Західному Донбасі / В.М. Зверковський // Український ботанічний журнал : науковий журнал НАН України, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. – 1997. – В. 54, № 5. – С. 474-481.
64. Зубов А.О. Екологічна небезпека території розміщення породних відвалів вугільних шахт: методи оцінки, система і алгоритм управління: автореф. дис...канд. техн. наук: спец. 21.06.01. Екологічна безпека. Дніпропетровськ, 2012. 22 с.
65. Іванов Є. Радіоактивне забруднення технооекосистем породного терикону шахти "Візейська" / Є. Іванов, І. Ковальчук // Біомедична електроніка та фізичні методи в екології : зб. тез всеукр. наук. сем. 13-16 вересня 2007 року. – Львів-Ворохта, 2007. – С. 64.
66. Іванов Є.А. Еколого–ландшафтознавчий аналіз гірничопромислових територій (на прикладі Львівської області): автореф. дис... канд. геогр. наук: спец. 11.00.11. Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів. Київ, 2001. 14 с.
67. Інструкція і методичні матеріали до обслідування ґрунтів колгоспів і радгоспів, Української РСР. – Офіц. вид. – Харків, 1957. – 371 с.
68. Киричок Л. С. Типологія териконів вугільних шахт Донбасу за лісорослинними умовами / Л. С. Киричок // Науковий вісник УкрДЛТУ. – 2003. - Вип. №13.3. – С. 123-127.
69. КНД 211.1.0.009-94. Гідросфера. Відбір проб для визначення складу і властивостей стічних і технологічних вод.

70. КНД 211.1.4.023-95. Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Грісса в поверхневих та очищених стічних водах.
71. КНД 211.1.4.027-95. Методика фотометричного визначення нітратів з саліциловою кислотою в поверхневих та біологічно очищених водах.
72. КНД 211.1.4.027-95. Методика фотометричного визначення нітратів з саліциловою кислотою в поверхневих та біологічно очищених водах.
73. КНД 211.1.4.030-95. Методика фотометричного визначення амоній-іонів з реактивом Неслера в стічних водах.
74. КНД 211.1.4.034-95. Методика фотометричного визначення загального заліза в поверхневих та стічних водах.
75. КНД 211.1.4.039. Методика гравіметричного визначення завислих (суспензованих) речовин в природних та стічних водах.
76. Козловський В. І. (2008). Важкі метали в ґрунтах техногенних ландшафтів родовищ самородної сірки Передкарпаття (Україна). Ґрунтознавство. 2008. Т. 9, № 3–4. 101-107.
77. Колесников Б. П. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов / Б. П. Колесников, Г. М. Пикалова // Растения и промышленная среда. – 1974. – Сб. №3. – С. 3-28.
78. Колеснікова В.В. Удосконалення технологій підготовки схилів породних відвалів до озеленення / В.В. Колеснікова // Проблеми екології : загальнодержавний наук.-техн. журнал. – Донецьк : Изд-во ДонНТУ, 2007. – № 1-2. – С. 41-46.
79. Кондратюк Е. Н. Промышленная ботаника / Е. Н. Кондратюк, В. П. Тарабрин, Р. И. Бурда и др. – Киев : Наук. думка, 1980. – 260 с.
80. Конысбаева Д. Т. Формирование растительного покрова на отвалах предприятий железорудной промышленности в Северном Казахстане: автореф. дис.... канд. биол. наук: спец. 03.00.05. Ботаника. Екатеринбург, 2003. 18 с.
81. Копій М. Л., Марутяк С. Б., Копій Л. І. Аналіз морфологічної структури та хімічного складу порушених ґрунтів у межах Новороздільського ДГХП «Сірка». *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2016. Вип. 26.4. С. 212–219.

82. Копій М. Л., Копій Л. І. Вплив рослинності на перерозподіл органічних речовин та хімічних елементів у тезноземах Яворівського сірчаного кар'єру». *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2016. Вип. 26.5. С. 194–204.
83. Копій М. Л., Заїка В. К., Копій Л. І. Вплив сформованих ґрунтосумішей на вміст пластидних пігментів у деревних породах на порушених землях Яворівського сірчаного кар'єру. *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2016. Вип. 26.8. С. 193–199.
84. Копій М. Л., Вицега Р. Р., Копій С. Л. та ін. Особливості росту та розвитку лісостанів на порушених землях відвалів Новороздільського сірчаного кар'єру. *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2017. Вип. 27.1. С. 44–47.
85. Копій М. Л., Копій Л. І. Роль деревних рослин у відтворенні ґрунтів на відвалах Новороздільського Державного гірничо-хімічного підприємства «Сірка». *Наукове товариство ім. Шевченка. Праці наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний збірник*. Львів, 2016. Том XLVI. С.158–168.
86. Копій М. Л., Оліферчук В. П., Копій Л. І. Порівняльна характеристика мікологічної структури техноземів сірчаних кар'єрів Львівщини. *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2017. Вип. 27.3. С. 95–99.
87. Корчагин А.А. Строение растительных сообществ / А.А. Корчагин // Полевая геоботаника, V. – Л. : Изд-во "Наука", Ленингр. отд. – 1976. – С. 5-320.
88. Крупский Н.К. Атлас почв Украинской ССР / под ред. Н.К. Крупского, Н.И. Полупана. – К. : Урожай, 1979. – 160 с.
89. Кузярін О.Т. Анотований список судинних рослин вугільних відвалів Львівсько-Волинського гірничопромислового регіону. Біологічні студії / *Studia Biologica*. 2011; 5(3): 155–170.
90. Кузярін О.Т. Порівняльний аналіз флори вугільних відвалів Львівсько-Волинського гірничопромислового регіону // Біологічні Студії / *Studia Biologica*. 2012 . Том 6, № 2 . С. 189–198.

91. Кучерявий В. П. Вплив фітогенного поля на оптимізацію континуально-дискретної структури рослинного покриву девастрованих ландшафтів / В. П. Кучерявий, В. В. Попович // Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи : тези доп. II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Львів, 4-6 листопада 2015 р. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД, 2015. – С. 73-74.
92. Кучерявий В.П. Фітомеліорація : підручник [для студ. ВНЗ] / В.П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2003. – 540 с.
93. Кучерявий В.П. Рекультивація та фітомеліорація / В.П. Кучерявий, Я.В. Генік, А.П. Дида, М.М. Колодко – Львів : Світ, 2006. – 116 с.
94. Кучерявий В.П. Урбоекологія. Львів: “Новий Світ - 2000”, 2021. 460 с.
95. Кучерявий В.П. Витоки і шляхи розвитку урбоекології та фітомеліорації як нових екологічних дисциплін. Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Сер.: Проблеми урбоекології та фітомеліорації. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 13.5. – С. 16-22.
96. Кучерявий В.П. Екологія : підручник [для студ. ВНЗ] / В.П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2000. – 500 с.
97. Ламанова Т. Г. Структурно-функциональная организация агрофитоценозов на спланированных вскрышных отвалах Кузбасса: автореф. дисс.... канд. биол. наук: спец. 03.00.05. Ботаника, 03.00.16. Экология. Новосибирск, 2005. 32 с.
98. Леонов П.А., Сурначев Б.А. Породные отвалы угольных шахт. – М.: Недра, 1970. – 112 с.
99. Лисецкий Ф. Н., Голеусов П. В., Кухарук Н. С., Чепелев О. А. Экологические аспекты воспроизводства почвенно-растительного покрова в нарушенных горнодобывающей промышленностью ландшафтах. Электронный научный журнал «Исследовано в России». – 2007 г. – С. 2233-2250. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/217.pdf>.
100. Лобов І. М. Функціонально-планувальна реабілітація забудови порушених територій (на прикладі Донецько-Макіївської агломерації) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. арх. : спец. 18.00.04 “Містобудування та ландшафтна архітектура” / І. М. Лобов. — Київ, 2002. — 20 с.

101. Лукина Н. В. Особенности формирования флоры и растительности в условиях золоотвалов тепловых электростанций: автореф. дисс.... канд. биол. наук: спец. 03.00.16. Экология, 03.00.05. Ботаника. Екатеринбург, 2002. 19 с.
102. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. - М.: Химия, 1984.
103. Луцкан Е.Н. Флуктуирующая асимметрия березы плоско-листной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как критерий качества городской среды и территорий, подверженных антропогенному воздействию (на примере Алданского района Республики Саха (Якутия)): автореф... канд. биол. наук: спец. 03.02.08. Экология. Якутск, 2016. 137 с.
104. Макаришина Ю. И. Повышение экологической безопасности породных отвалов угольных шахт Донбасса с помощью физических и фитомелиоративных методов: автореф. дисс.... канд. с.-г. наук: спец. 06.03.03. Агролесомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними. Волгоград, 2015. 23с.
105. Макеева Д. О. Екологічна небезпека породних відвалів та шляхи вирішення проблеми / Д. О. Макеева // Проблеми екології. – 2013. – № 1 (31). – С. 43 – 48.
106. Максимович Н. Г. Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна / Н. Г. Максимович // Географический вестник. – 2006. – №2. – С. 128-134.
107. Максимович Н.Г., Горбунова К.А. Геохимические изменения геологической среды при разработке угольных месторождений // Изв. вузов. Геология и разведка. -1991.- №5. - С.137-140.
108. Малахова Н.А. Водоросли спланированных отвалов Кузбасса: автореф. дисс.... канд. биол. наук: спец. 03.00.05. Ботаника. Новосибирск, 2007. 17с.
109. Малик Ю. О., Голец Н. Ю. Аналіз впливу полігону твердих промислових відходів Червоноградської ЦЗФ на довкілля. – 2008.
110. Матеріали з гігієнічного та екологічного обґрунтування можливості використання двох типів відходів вуглезбагачення (породи, тонкі відходи) і



шлаків збагачувальної фабрики ЦЗФ “Червоноградська” в цегельній, цементній, будівельній та інших галузях промисловості. – Львів, 2008. – 23 с.

111. Махонина Г.И. Начальные процессы почвообразования в техногенных экосистемах Урала: автореф. дисс... д-р. биол. наук: спец. 03.00.27. Почвоведение. Томск, 2004. 22 с.

112. МВВ № 081/12-0116-03. Методика виконання вимірювань масової частки нафтопродуктів гравіметричним методом.

113. Методические указания по агрохимическому обследованию почв с.-х. угодий / ЦИНАО. – М., 1982. – 157 с.

114. Методические указания по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М. : Гидрометиздат, 1981. – С. 45-73.

115. Мешкинова С.С., Пузанов А.В., Мешков Н.А. (2007). Ртуть в черноземных и каштановых почвах долины Средней Катуни. Мир науки, культуры, образования. №3(6). 19-22.

116. Михайлова Т.А., Бережная Н.С., Игнатъева О.В. Элементный состав хвои и морфофизиологические параметры сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения / отв. ред. А. С. Плешанов. Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2006. 134 с.

117. Мыронычева-Токарева Н. П. Сукцессии растительности и динамика растительного вещества при зарастании отвалов лесостепной зоны юга Средней Сибири: автореф. дис.... канд. биол. наук: спец. 03.00.05. Ботаника. Томск, 1996. 21с.

118. Навалихин С. В. Роль биологической рекультивации в защите отвалов Лебединского горно-обогатительного комбината КМА от эрозии: автореф. дис.... канд. с.-г. наук: спец. 06.03.04. Агроресомелиорация и защитное лесоразведение, озеленение населенных пунктов. Волгоград, 2009. 19 с.

119. Неверова О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Биосфера. 2012. Т. 4, № 1. С. 82–92.

120. Некрасенко Л.А. Екологічний аналіз рослинного покриву міста Кременчука та його зеленої зони (відновлення культурфітоценозів, їх охорона,

прогноз) : дис. ... канд. біолог. наук: спец. 03.00.16 / Лариса Анатоліївна Некрасенко. – Полтава, 2004. – 337 с.

121. Нестерович Н. Д., Дерюгина Т. Ф., Лучков А. И. Структурные особенности листьев хвойных. Минск: Наука и техника, 1986. 143 с.

122. НПАОП 10.0-5.21-04 «Інструкція із запобігання самозапалюванню, гасіння та розбирання породних відвалів» (до п. 8.5.6 «Правила безпеки у вугільних шахтах»).

123. Офіційний сайт Сокольської РДА : <http://sokal-rda.gov.ua/main.html>

124. Павличенко А. В. Дослідження екологічних наслідків розміщення вугледобувних підприємств у навколишньому середовищі / А. В. Павличенко, А. А. Коваленко // [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://rr.nmu.org.ua/pdf/2014/20140926-68.pdf>

125. Панас Р.М. Рекультивация земель : навч. посібн. / Р.М. Панас. – Львів : Новий світ – 2000, 2005. – 224 с.

126. **Пиндер В. Ф.**, Попович В. В. Биологическая рекультивация породных отвалов угольных шахт Нововолынского горнопромышленного района. *Проблемы природоохранной организации ландшафтов: материалы межд. науч.-практ. конф. / Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ. Новочеркасск, 2017. С. 328-333.*

127. **Пиндер В. Ф.** Самозаймання териконів та його вплив на довкілля. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: XII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів (м. Львів, 24 березня 2017 р.). 2017. Ч.1. С. 308-309.*

128. **Пиндер В. Ф.** Фітомеліорація та рекультивация териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *New Horizons: Achievements of Various Branches of Science. Proceedings of 1<sup>st</sup> International Scientific Conference. Morrisville, Lulu Press. 2016. P. 148-151.*

129. **Пиндер В. Ф.**, Попович В. В. Моніторинг девастрованих ландшафтів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Матеріали XIII Міжнародної науково-техн. конференції "Авіа-2017" (м. Київ, 19-21 квітня 2017 р.). С. 29.30-29.33.*

130. **Піндер В. Ф.**, Попович В. В. Особливості розвитку сосни звичайної на породних відвалах вугільних шахт як екологічного чинника підвищення якості довкілля. *«Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України» : Матеріали II Всеукраїнської наукової конференції (м. Миколаїв, 18-19 вересня 2020 року)*. 2020. С. 138-140.
131. **Піндер В. Ф.**, Попович В. В. Особливості термічних режимів у породних відвалах вугільних шахт. *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції*. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (м. Черкаси, 18-19 травня 2017 року). С. 234-235.
132. **Піндер В. Ф.**, Попович В. В. Рекультивація породних відвалів ліквідованих шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27(3). С. 113-116. <https://doi.org/10.15421/40270325>
133. Погребняк П.С. *Общее лесоводство*. – К. : Колос, 1968. – 440 с.
134. Попович В. В. Вплив кліматичних умов на розвиток рослинності техногенних ландшафтів Малого Полісся у зимовий період / В. В. Попович // *Науковий Вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.3. – С. 37-42.
135. Попович В. В. Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько- Волинського вугільного басейну / В. В. Попович // *Монографія*. – Львів: вид-во ЛДУБЖД. – 2014. – 174 с.
136. Попович В. В. Характеристика осередків самозаймання породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового регіону / В. В. Попович // *Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України: зб. наук.-техн. праць*. – 2009. – Вип. 19. – С. 77-82.
137. Попович В. В., Підгородецький Я. І., **Піндер В. Ф.** Типологія териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26(8). С. 238-243. <https://doi.org/10.15421/40260837>
138. Попович В. В., **Піндер В. Ф.** Горіння териконів як ландшафтно-трансформуючий чинник зростання регіональної екологічної небезпеки. *Збірник наукових праць «Пожежна безпека»*. 2016. №29. С. 116-124.

139. Попович В. В., **Піндер В. Ф.** Особливості проведення гірничотехнічного етапу рекультивації териконів у межах Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2016. №14. С. 93-101.
140. Попович В., **Піндер В.** Екологічна роль сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у підвищенні екологічної безпеки породних відвалів вугільних шахт. *Сталий розвиток – стан та перспективи: Матеріали II Міжнародного наукового симпозиуму SDEV'2020 (м. Львів - смт Славське, 12-15 лютого 2020 року)*. 2020. С. 101-102.
141. Практикум по агрохимии: учебное пособие. – 2 – е изд., перераб. и доп./ Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001.- 689 с. - ISBN 5-211-04265-4.
142. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
143. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Робертус Ю.В., Горбачев И.В., Любимов Р.В. (2007). Формирование техногенных ландшафтов и загрязнение окружающей среды под влиянием горнодобывающих и горно- перерабатывающих предприятий Алтая. Мир науки, культуры, образования. №1(4). 5-10.
144. Радченко С.И. Температурные градиенты среды и растения. М.-Л. : Наука, 1966. 389 с.
145. Родаева В. В. Восстановление растительного покрова на отвалах бурогольных месторождений Южного Приморья: автореф. дисс.... канд. биол. наук: спец. 06.03.03. Лесоведение и лесоводство, лесные пожары и борьба с ними. Уссурийск, 2004. 26с.
146. Савосько В.Н.(2009). Локальное фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Криворожского железорудного региона. *Ґрунтознавство*. Т.10, №3-4. 64-72.
147. Самков Ю.Е. Лесокультурное закрепление отвалов промышленных отходов на примере Кингисеппского ПО "Фосфорит": автореф. дис.... канд. с-х

наук: спец. 06.03.01. Лесные культуры, селекция, семеноводство и озеленение городов. Санкт-Петербург, 1993. 19 с.

148. Сметана С. М. Екологічна класифікація техногенних ландшафтів гірничодобувних регіонів / С. М. Сметана // Екологія і природокористування. – 2008. – Вип. №11. – С. 30-41.

149. Смирный М. Ф. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса: монография / М. Ф. Смирный, Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2006. – 232 с.

150. Снітинський В.В. Ґрунтознавство з основами агрохімії та геоботаніки / В.В. Снітинський, В.Ф. Якобенчук : навч. посібн. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Львів : Аверс, 2006. – 312 с.

151. Сорокина Н.В. Изучение регионально-фоновой радиационной ситуации с применением дозиметрии и исследований содержания природных и техногенных радионуклидов в материалах и продуктах Кузбасса: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 02.00.04. Физическая химия. Кемерово, 2006. 20с.

152. СОУ 10.1.00174125.010:2007 «Породні відвали вугільних шахт і збагачувальних фабрик. Вимоги до формування, запобігання самозапалюванню, розбирання і гасіння» зареєстровано державним підприємством «Український науково-дослідний та учений центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 12.12.07 № 3259752/1646 (СОУ 10.1.00174125.010:2007).

153. Старостка В.С. Эффективность некоторых приемов рекультивации угодий после горно-химических разработок в условиях Львовской области : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук / В.С. Старостка – Дубляны, 1974. – 19 с.

154. Струев М. И. Львовско-Волынский бассейн: Геолого-промышленный очерк / Струев М. И., Исаков В. И., Шпакова В. Б. и др. К., 1984. 273с.

155. Сухаревский В. М. Деформации породных отвалов / В. М. Сухаревский, А. П. Стельмах, И. С. Фридман – К.: Техника, 1970. – 108 с.

156. Тахтаджян, Л.А. Система и филогения цветковых растений / Л.А. Тахтаджян. – М.-Л. : Изд-во "Наука", 1966. – 611 с.

157. Терещук О. Вплив відвалів гірничодобувної промисловості на навколишнє середовище Нововолинського гірничопромислового району / О. Терещук // Вісник Львівського університету.– Сер.: Географічна. – 2007. – С. 279-285.
158. Терещук О.С. Географічні засади оптимізації геоекологічного стану природно-господарських систем Нововолинського гірничопромислового району : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.11 "Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів" / О.С. Терещук. – Чернівці, 2008. – 20 с.
159. Ткачик В.П. Флора Прикарпаття. Львів: НТШ, 2000. – 254 с.
160. Усманова Т.В. Техногенные минеральные ресурсы юга Центральной Сибири: причины формирования, классификация и воздействие на компоненты природной среды: автореф. дисс.... канд. г.-м. наук: спец. 25.00.11. Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения. Томск, 2014. 21 с.
161. Уфимцев В. И. Зонирование фитогенных полей деревьев сосны обыкновенной произрастающих на участках лесной рекультивации Кедровского угольного разреза / В. И. Уфимцев, И. П. Беланов, Д. А. Бочаров // Вестн. Кемеровского ГУ. – 2015. - №1 (61), Т2. – С. 44-48.
162. Цибарт А. С. Пирогенные полициклические ароматические углеводороды в почвах заповедных и антропогенно-измененных территорий: автореф. дисс.... канд. г. наук: спец. 25.00.23. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов. Москва, 2012. 25 с.
163. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических факторов в подзоне хвойно–широколиственных лесов / Д.Н.Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 198 с.
164. Шевченко Л.М. Геохімічний аспект проблем природокористування у гірничопромислових ландшафтах України / Л.М. Шевченко // Український географічний журнал : наук.-теор. журнал. – 2004. – № 4. – С. 19-23.
165. Яцух О. М., Снітинський В. В. Особливості територіального розподілу важких металів у зоні впливу відвалу Червоноградської шахти. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Ѓжицького.

2011. Т. 13, № 2(2). С. 190-195. Режим доступа:

[http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu\\_2011\\_13\\_2%282%29\\_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2011_13_2%282%29_35)

166. Anfal Arshi. Reclamation of coalmine overburden dump through environmental friendly method / Saudi Journal of Biological Sciences (2017) 24, 371–378.

<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.009>.

167. Bosak P., Popovych V., Stepova K., Dudyn R. (2020). Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn coal basin. News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical. 2, № 440. 48-54. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30>

168. Chetveryk, M., Bubnova, O., Babii, K., Shevchenko, O., & Moldabaev, S.(2018). Review of geomechanical problems of accumulation and reduction of mining industry wastes, and ways of their solution. Mining of Mineral Deposits, 12(4), 63- 72.

<https://doi.org/10.15407/mining12.04.063>

169. Didukh Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. – Kyiv: Phytosociocentre, 2011. – 176 p.

170. Elyse V. Clark, Carl E. Zipper. Vegetation influences near-surface hydrological characteristics on a surface coal mine in eastern USA / CATENA (2016), 139, 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.004>.

171. Farmaki, S., Vorrissi, E., Karakasi, O.K., & Moutsatsou, A. (2018). The role of limestone and dolomite tailings' particle size in retention of heavy metals from liquid waste. *Mining of Mineral Deposits*, 12(2), 95-103.

<https://doi.org/10.15407/mining12.02.095>

172. Filonenko, O (2018). Sustainable development of Ukrainian iron and steel industry enterprises in regards to the bulk manufacturing waste recycling efficiency improvement. *Mining of Mineral Deposits*, 12(1), 115-122.

<https://doi.org/10.15407/mining12.01.115>

173. Huang Lei, Zhang Peng, Hu Yigang, Zhao Yang. Vegetation and soil restoration in refuse dumps from open pit coal mines / Ecological Engineering (2016), 94, 638-646. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.108>.

174. Huang Lei, Zhang Peng, Hu Yigang, Zhao Yang. Vegetation succession and soil infiltration characteristics under different aged refuse dumps at the Heidaigou

opencast coal mine / *Global Ecology and Conservation* 4 (2015) 255–263.  
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.07.006>.

175. Kirin, R. (2019). Statutory and regulatory requirements in the process of mineral mining in Ukraine. Review and analysis. *Mining of Mineral Deposits*, 13(2), 59-65.  
<https://doi.org/10.33271/mining13.02.059>

176. Koščova M., Hellmer M., Anyona S., Gvozdikova T. (2018). Geo-Environmental Problems of Open Pit Mining: Classification and Solutions. *E3S Web of Conferences* 41, 01034. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101034>

177. 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>

178. Ling Zhang, JinmanWang, Zhongke Bai, Chunjuan Lv. Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area / *CATENA* (2015), 128, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.01.016>.

179. Ling Zhang, JinmanWang, Zhongke Bai, Chunjuan Lv. Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area / *CATENA* (2015), 128, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.01.016>.

180. Malanchuk, Ye., Korniienko, V., Moshynskiy, V., Soroka, V., Khrystyuk, A., & Malanchuk, Z. (2019). Regularities of hydromechanical amber extraction from sandy deposits. *Mining of Mineral Deposits*, 13(1), 49-57.  
<https://doi.org/10.33271/mining13.01.049>

181. Malanchuk, Z., Korniienko, V., Malanchuk, Ye., Soroka, V., & Vasylchuk, O. (2018). Modeling the formation of high metal concentration zones in man-made deposits. *Mining of Mineral Deposits*, 12(2), 76-84.  
<https://doi.org/10.15407/mining12.02.076>

182. Malanchuk, Z., Korniienko, V., Malanchuk, Ye., Soroka, V., & Vasylchuk, O. (2018). Modeling the formation of high metal concentration zones in man-made deposits. *Mining of Mineral Deposits*, 12(2), 76-84.  
<https://doi.org/10.15407/mining12.02.0763>.

183. Malanchuk, Z.R., Moshynskiy, V.S., Korniienko, V.Y., Malanchuk, Y.Z., &



Lozynskyi, V.H. (2019). Substantiating parameters of -zeolite-smectite puff-stone washout and migration within an extraction chamber. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (6), 11-18.

<https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-6/2>

184. Markowicz, A., Wozniak, G., Borymski, S. et al. Links in the functional diversity between soil microorganisms and plant communities during natural succession in coal mine spoil heaps / *Ecological Research* (2015) 30: 1005–1014. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1301-3>.

185. Meshcheryakov L.I. , Shirin A.L. Reclamation Technology of Land Destroyed by Mining and Logistics Monitoring Criteria / *Procedia Earth and Planetary Science*3 (2011) 62 – 65. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.08.077>.

186. Nettour, D., Chettibi, M., Bulut, G., & Bensehoub, A. (2019). Beneficiation of phosphate sludge rejected from Djebel Onk plant (Algeria). *Mining of Mineral Deposits*, 13(4), 84-90. <https://doi.org/10.33271/mining13.04.084>

187. Petlovanyi, M., Lozynskyi, V., Zubko, S., Saik, P., & Sai, K. (2019). The influence of geology and ore deposit occurrence conditions on dilution indicators of extracted reserves. *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, 34(1), 83-91.

<https://doi.org/10.17794/rgn.2019.1.8>

188. Petlovanyi, M.V., & Medianyuk, 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>

189. Popovych V. V., Henyk Ya. V., Voloshchyshyn A. I., Sysa L. V. (2019). Study of physical and chemical properties of edaphotopes of the waste dumps at coal mines in the Novovolynsk mining area. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2019, № 5, 122-129. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-5/19>

190. Ramayah, M., Rasiyah, R., Somasundram, S., & Turner, J.J. (2019). Determinants of environmental degradation: reflections on the impact of identified economic variables on the environment. *Mining of Mineral Deposits*, 13(4), 42-52. <https://doi.org/10.33271/mining13.04.042>

191. Ranjan, V., Sen, P., Kumar, D. et al. Enhancement of mechanical stability of waste dump slope through establishing vegetation in a surface iron ore mine/ *Environ Earth Sci* (2017) 76: 35. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6350-6>.
192. Sai, K., Malanchuk, Z., Petlovanyi, M., Saik, P., & Lozynskiy, V. (2019). Research of Thermodynamic Conditions for Gas Hydrates Formation from Methane in the Coal Mines. *Solid State Phenomena*, 291, 155–172. <https://doi:10.4028/www.scientific.net/ssp.291.155>
193. Saik, P., Petlovanyi, M., Lozynskiy, 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:10.4028/www.scientific.net/ssp.277.221>
194. Šebelíková L., Csicsek G., Kirmer A., Vítovcová K., Ortmann-Ajkai A., Prach K., Řehouňková K. (2018). Spontaneous revegetation versus forestry reclamation – vegetation development in coal mining spoil heaps across Central Europe. *Land degradation and development*. 30(3). 348-356. <https://doi.org/10.1002/ldr.3233>
195. Seneta W. *Drzewa i krzewy iglaste*. Warszawa: PWN SA, 1981. 650 s.
196. Skrobala, V., Popovych, V., **Pinder, V.** Ecological patterns for vegetation cover formation in the mining waste dumps of the Lviv-Volyn coal basin. *Mining of Mineral Deposits*. 2020. №14(2). P. 119-127. <https://doi.org/10.33271/mining14.02.119>
197. Song, Y., Shu, W., Wang, A. et al. Characters of soil algae during primary succession on copper mine dumps / *J Soils Sediments* (2014) 14: 577. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0815-y>.
198. Song, Y., Shu, W., Wang, A. et al. Characters of soil algae during primary succession on copper mine dumps / *J Soils Sediments* (2014) 14: 577. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0815-y>.
199. Sýkorová I., Kříbek B., Martina Havelcová M., Machovič V., Laufek F., Veselovský F., Špaldoňová A., Lapčák L., Knésl I., Matysová P., Majer V. (2018). Hydrocarbon condensates and argillites in the Eliška Mine burnt coal waste heap of the Žacléř coal district (Czech Republic): products of high-and low-temperature stages of self-ignition. 190. 146-165. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.11.003>

200. Uncontrolled coal fires and their environmental impacts: Investigating two arid mining regions in north-central China [Claudia Kuenzer, Jianzhong Zhang, Anke Tetzlaff, Paul van Dijk, Stefan Voigt, Harald Mehl, Wolfgang Wagner] / *Applied Geography*. - 2007. - Vol. 27, Issue 1. - P. 42-62.

201. Xiaoyang Liu, Wei Zhou, Zhongke Bai. Vegetation coverage change and stability in large open-pit coal mine dumps in China during 1990–2015 / *Ecological Engineering* (2016), 95, 447-451. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.051>.

