

УДК 502.1/504.61: 622

DOI: <https://doi.org/10.15407/geotm2019.149.058>

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ ТА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

<sup>1</sup>Луцьова О.В.<sup>1</sup>Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЭКОСИСТЕМ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

<sup>1</sup>Луцева О.В.<sup>1</sup>Государственная экологическая академия последипломного образования и управления

## THE FEATURE OF TECHNO-ECOSYSTEMS FORMATION AT MINING FIELD AND THE RISK ASSESSMENT

<sup>1</sup>Lunova O.V.<sup>1</sup>State ecology academy of postgraduate education and management

**Анотація.** Довготривале інтенсивне використання ресурсів надр вугільних басейнів України призвело до істотних екологічних змін навколишнього середовища. Головними чинниками негативного впливу є: надзвичайно висока концентрація гірничодобувних підприємств та високий рівень виробленості переважної більшості вугільних родовищ. Не дивлячись на зміни екосистем все знаходилось в стані так званої визначеної рівноваги. Але масове закриття вугільних шахт та руйнація об'єктів інфраструктури, яка посилилась за останні п'ять років у зв'язку з військовими діями, суттєво порушило екологічну рівновагу. Це призвело до небезпечних змін стану довкілля на Сході України. На значних територіях Донецької та Луганської областей практично відсутня можливість екологічного оцінювання територій техноекосистем. На прикладі найближчих до лінії розмежування об'єктів техноекосистем вугільних родовищ шахт ДП «Торецьквугілля» та шахт Північного та Південного крила Центрального району Донбасу проаналізовані елементи довкілля, які зазнали негативного впливу (атмосфера, гідросфера та літосфера). В роботі розроблено схему трансформації екосистем в техноекосистеми та модель оцінки екологічних ризиків техноекосистем в межах районів вугільних родовищ. За результатами дослідження з'ясовано, що добувна діяльність зумовлює зміни екологічного стану техноекосистем, де ступінь екологічної небезпеки є високим (16 -25 балів). Масштаби забруднення параметрів довкілля, що є складовими техноекосистеми в межах діяльності ДП «Торецьквугілля» досягли значних обсягів: викиди в атмосферне повітря парникових газів CH<sub>4</sub> - 1,4 млн.м<sup>3</sup> /рік та CO<sub>2</sub> -9,5тис. м<sup>3</sup> /рік; скиди шахтної води в водне середовище з вмістом солі 2,5 т/рік; вилучені земельні ресурси 214,29 га. Виходячи з цього розроблені заходи щодо поліпшення екологічної ситуації за рахунок прийняття управлінських рішень. Надані рекомендації та напрями зниження екологічних ризиків вугільних родовищ з метою мінімізації їх впливу на техноекосистеми.

**Ключові слова:** гірничодобувна техноекосистема, збалансоване функціонування, моніторинг, шахта, Донбас.

**Вступ.** Довготривале інтенсивне використання ресурсів надр вугільних басейнів України призвело до істотних екологічних змін навколишнього середовища. Головними чинниками негативного впливу є: надзвичайно висока концентрація гірничодобувних підприємств, високий рівень виробленості переважної більшості вугільних родовищ, недостатній обсяг фінансування заходів, вугільних шахт. Не дивлячись на зміни екосистем все знаходилось в стані визначеної рівноваги. Але масове закриття вугільних шахт та руйнація об'єктів інфраструктури пов'язаного з військовими діями суттєво порушило екологічну рівновагу, що призвело до небезпечних змін стану навколишнього природного середовища на території площею близько 30 тис. км<sup>2</sup>. До основних технічних та

екологічних проблем слід віднести: знищення ландшафтів, рослинності внаслідок вибухів та використання військової техніки; затоплення шахт та можливість виходу високомінералізованих шахтних вод на поверхню з утворенням підтоплених територій; забруднення підземних вод; припинення роботи очисних споруд та пошкодження сховищ токсичних та радіоактивних відходів; забруднення атмосферного повітря та ґрунтів хімічними продуктами вибухів боєприпасів. Таким чином, на значних територіях Донецької та Луганської областей практично відсутня можливість екологічного оцінювання територій техноекосистем (techno-ecosystem, TES).

Екологічний стан більшості вуглевидобувних підприємств є критичним, а розширення масштабів порушення навколишнього середовища надалі випереджає ріст об'ємів та ефективності природоохоронних робіт. Негативні наслідки результатів гірничої діяльності безпосередньо пов'язані зі складним технологічним процесом видобутку корисної копалини. Вивчення та прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території, зокрема, оцінка напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень і аналіз геохімічних змін в місцях накопичення гірничих відходів [3, 4].

**Виклад основного матеріалу.** Техноекосистеми є функціональними територіальними одиницями нообіогеоценозів, які включають підсистеми: нооценозу (засоби праці, суспільство, предмети праці), біоценозу (зоо-, фіто-, мікробіоценоз) і екотопу (атмосфера, ґрунти, надра, гідросфера) (рис.1).

Необхідність забезпечення збалансованості техноекосистем викликано деструктивною роллю техногенної компоненти в цій системі. Тому збалансованість забезпечується за такого впливу техногенної компоненти на складові природного середовища, за якого змінені людиною природні процеси забезпечують довготривале (умовно безкінечне) існування техноекосистеми.

В рамках НДР «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення» проведено ідентифікацію екологічних загроз та їх територіальну структуру, як підґрунтя формування екологічної небезпеки в умовах збройного конфлікту. Виконано аналіз методів оцінки ризиків природного, техногенного та загроз воєнно-техногенного походження. В формуванні ідентифікації екологічних загроз взяли участь 50 шахт за даними на 2018 рік [1].

На рис. 2 представлені шахти північного та південного крила Центрального району Донбасу (ЦРД) на непідконтрольній території українській владі так і державні підприємства (ДП) вугільних шахт на підконтрольній території поблизу лінії розмежування.

Як приклад, розглянемо на рис.3 найближчі до лінії розмежування об'єкти техноекосистем вугільних родовищ шахт ДП Торецьквугілля, яке розташовано

на відстані 3 км, та шахт ЦРД – шахта Ізотова та шахта Комсомолец, на непідконтрольній території, які розташовані на відстані 1,3 та 4 км відповідно.

Об'єктами техноекосистем є населені пункти, с/г угіддя, природні водойми і гідрографічна мережа та система споруд шахтного комплексу, яка включає в себе поверхневий (проммайданчик, ставки накопичувачі шахтних вод, терикони) та підземний комплекс шахти (система гірничих виробок з розташованим в них обладнанням та комунікаціями).

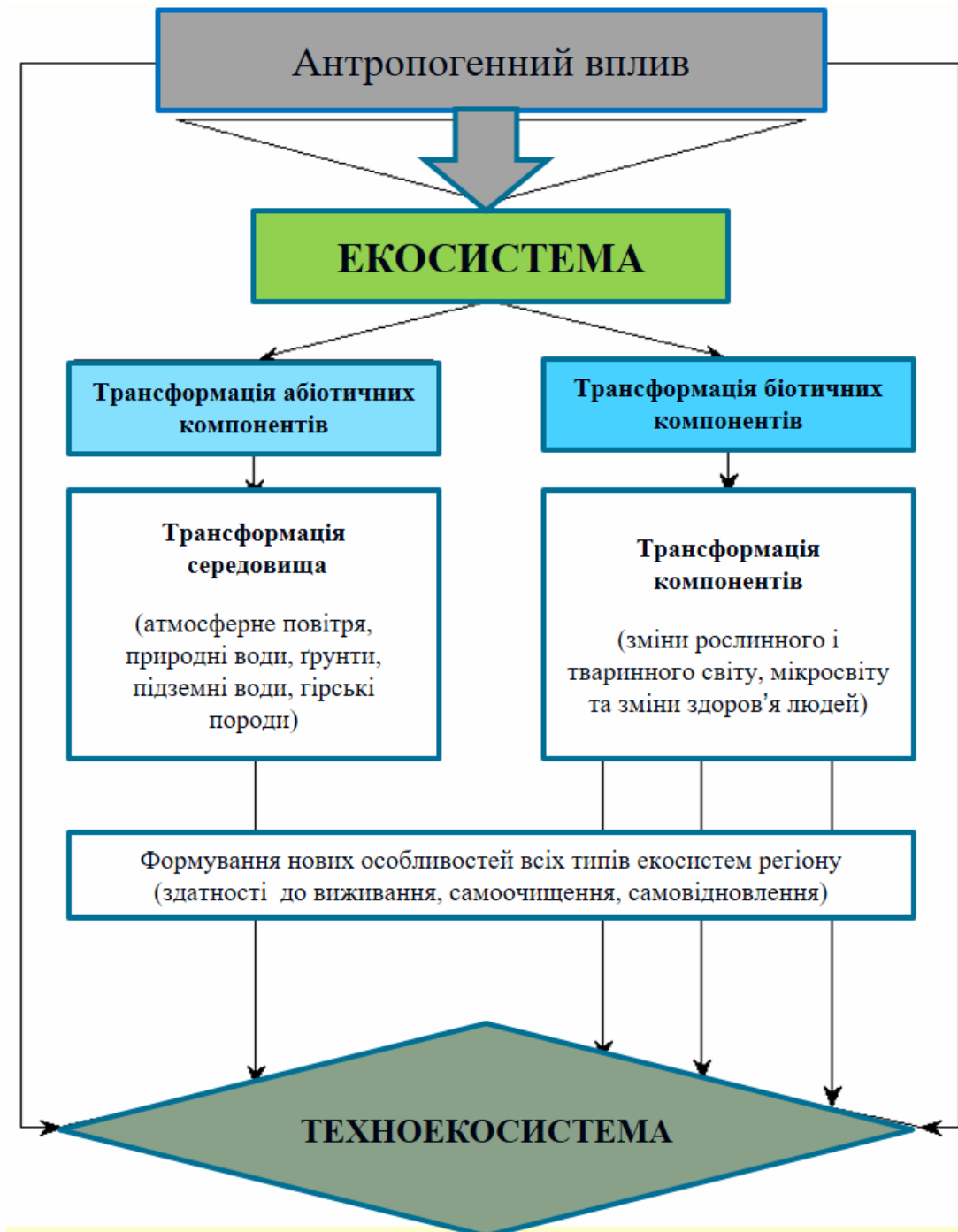


Рисунок 1 – Загальна схема трансформації екосистем в техноекосистеми

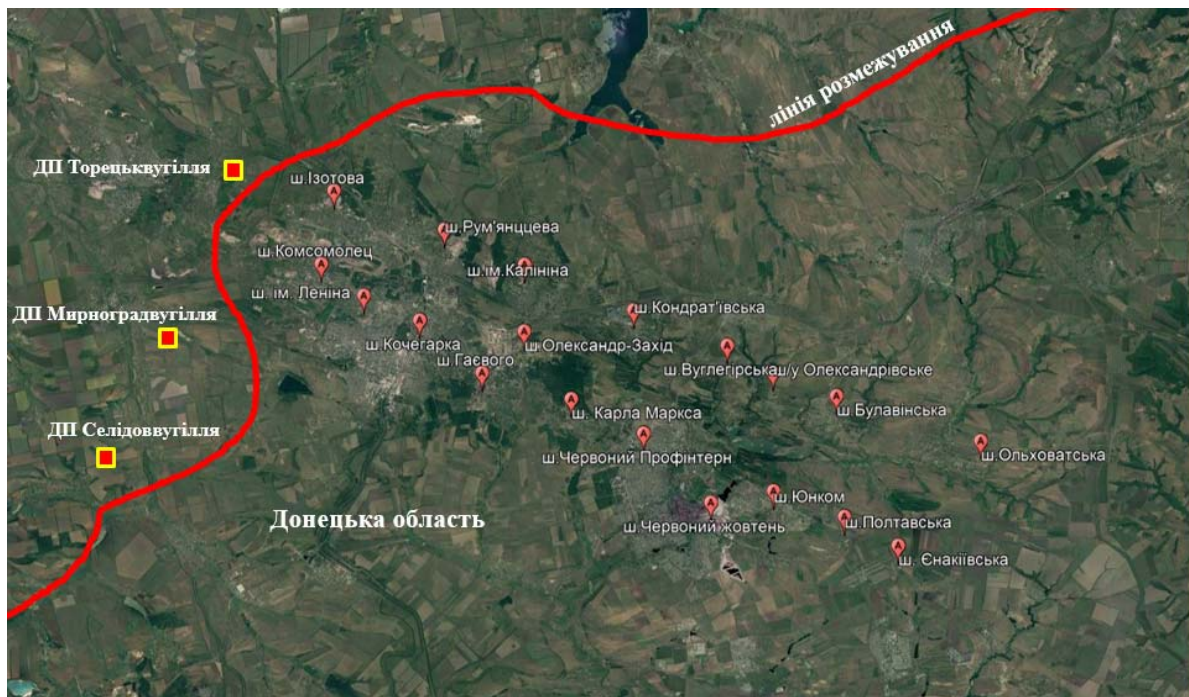


Рисунок 2 – Шахти Північного та Південного крила Центрального району Донбасу

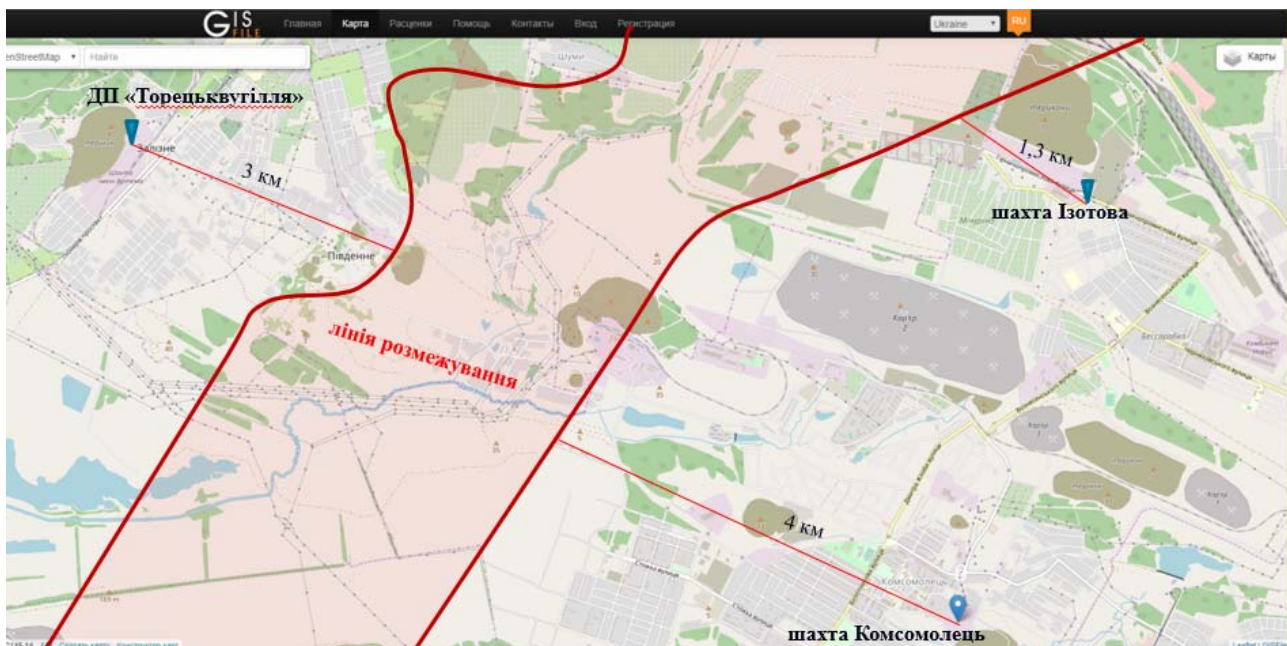


Рисунок 3 – Об'єкти техноекосистем вугільних родовищ поблизу лінії розмежування

Основні елементи довкілля, які зазнали негативного впливу планованої діяльності (добування) на прикладі ДП «Торецьквугілля» представлені в таблиці 1.

***Літосфера - елемент довкілля, який зазнає негативного впливу.***

На рис. 4 наведено розподіл земельного відводу ДП «Торецьквугілля» станом на червень 2019 р., накопичено породи в відвалах 60300,63 тис. т., всього 2 діючих та 9 недіючих породних відвалів.

Таблиця 1 – Елементи довкілля, які зазнали негативного впливу

| Виробниче об'єднання | Вугільні шахти  | Елементи довкілля, які зазнали негативного впливу  |
|----------------------|---|--|
| ДП «Торецьквугілля»  | <p><b>діючі:</b><br/>                     ВП «шахта «Центральна»<br/>                     ВП «шахта «Торецька»</p> <p><b>готуються до ліквідації:</b><br/>                     ВП «шахта «Північна»<br/>                     ВП «шахта «Південна»</p> | <p><b>Літосфера</b> (відчуження земель, складування відходів в терикони)<br/> <b>Гідросфера</b> (скид шахтних вод, санітарні стоки)<br/> <b>Атмосфера</b> (викиди забруднюючих речовин SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>)</p> |

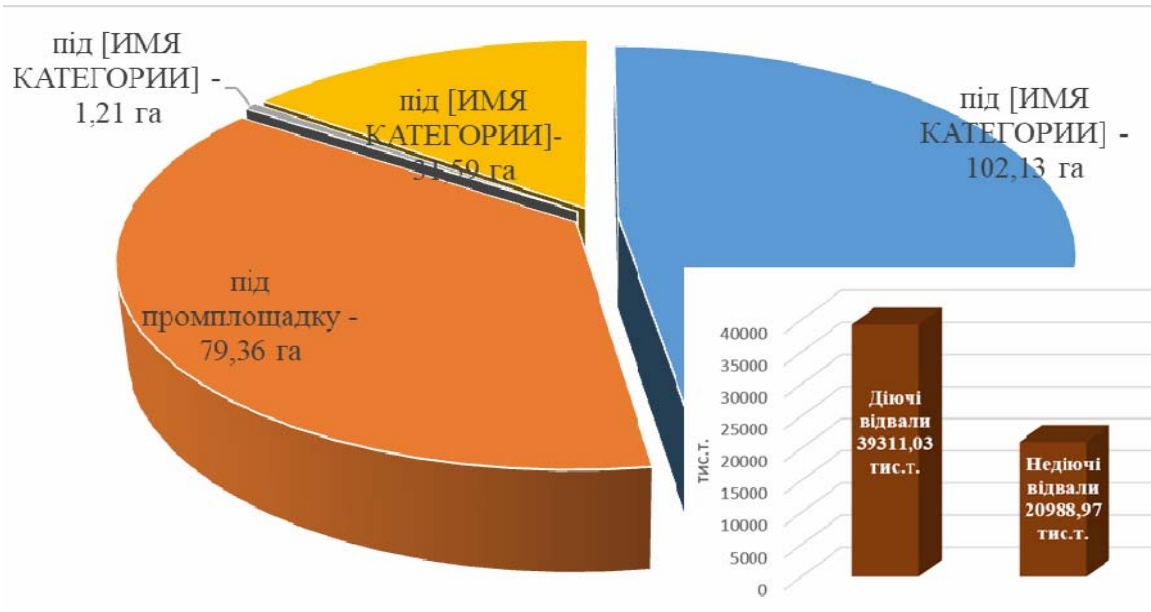


Рисунок 4 – Розподіл земельного відводу ДП "Торецьквугілля" (всього 214,29 га)

**Атмосфера - елемент довкілля, який зазнає негативного впливу.**

Викиди в атмосферне повітря парникових газів складають CH<sub>4</sub> - 1,4 млн.м<sup>3</sup>/рік та CO<sub>2</sub> -9,5тис. м<sup>3</sup>/рік (рис. 5).

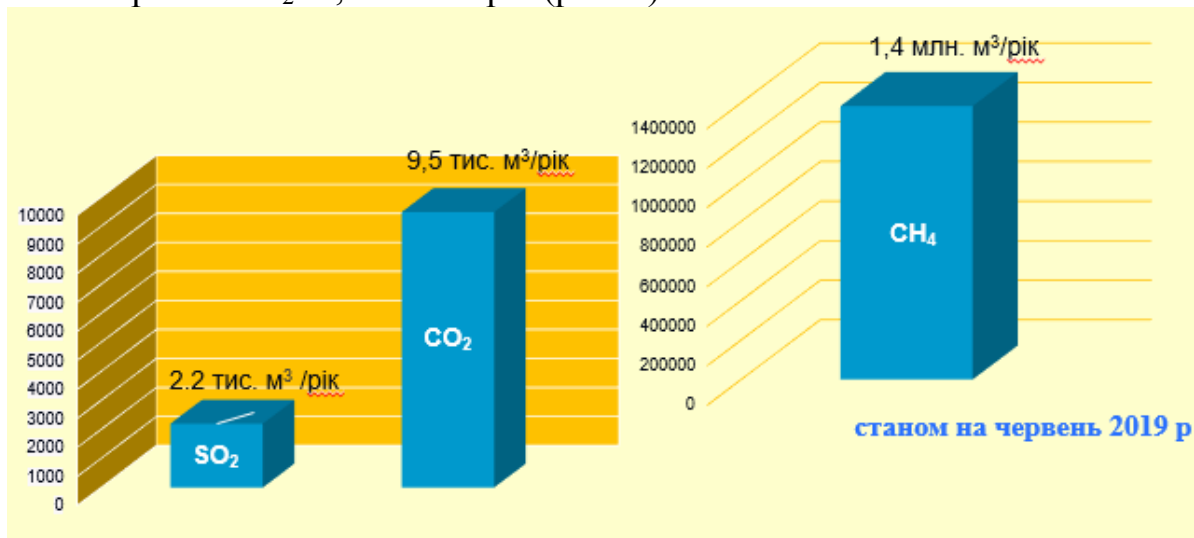


Рисунок 5 - Викиди в атмосферне повітря парникових газів ДП "Торецьквугілля"

### Гідросфера - елемент довкілля, який зазнає негативного впливу.

На рис.6 представлена техноекосистема шахт південного крила ЦРД на невідконтрольній території українській владі. На водне середовище впливає як експлуатація шахт (дренування підземних вод, відкачування мінералізованих шахтних вод) та закриття (забруднення, зміна напрямів потоку та утворення підтоплених територій).

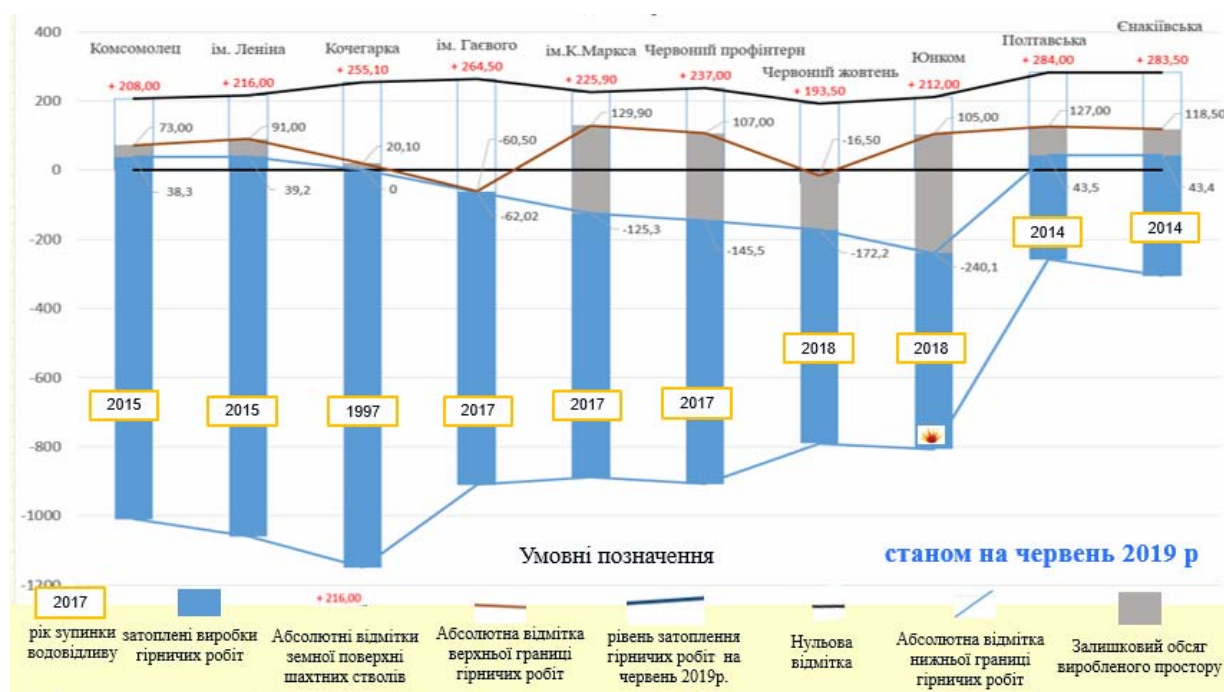


Рисунок 6 – Техноекосистема шахт південного крила ЦРД

Результати аналізу рівнів шахтних вод у процесі активного затоплення вугільних шахт Центрального району Донбасу станом на червень 2019 року свідчить про стійку тенденцію до їх підйому, проте з різною швидкістю. З великою часткою ймовірності можна стверджувати, що продовжуватимуться процеси підтоплення й затоплення, а також водонасичення і зниження міцності нижніх горизонтів поряд із проявом осадів та деформацій земної поверхні.

В роботі розроблено модель оцінки екологічних ризиків техноекосистем в межах районів вугільних родовищ, яка наведена на рис.7.

Екологічний ризик складається з природного і техногенного ризику, які формують найбільш несприятливі наслідки для функціонування техноекосистеми «масив – технологія – підземна споруда – навколишнє середовище».

Сучасний підхід до освоєння підземного простору будується на принципі ризику, який має наступні вимоги:

- відсутність шкоди для здоров'я людини;
- неминучість втрат у природних екологічних системах;
- зведення втрат у природних екологічних системах до мінімуму;
- реальна можливість відновлення втрат;
- сумірність між економічним ефектом і екологічним ризиком.

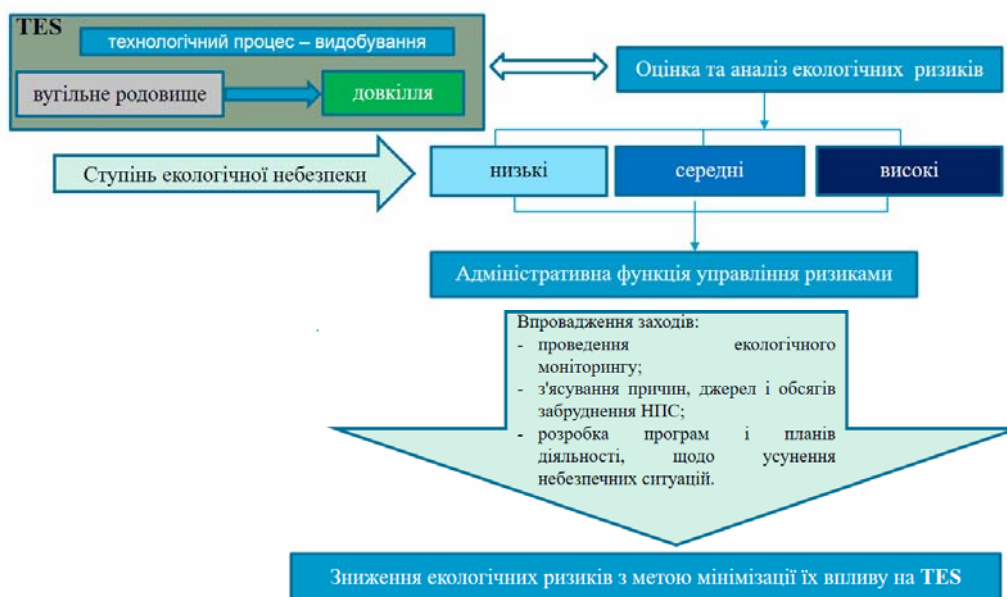


Рисунок 7 – Модель оцінки екологічних ризиків техноекосистем районів вугільних родовищ

Оцінка ризику передбачає перелік кроків, що дозволяють врахувати вплив основних чинників небезпеки. Для оцінки ризику  $R$  використано модель (за Г.В. Лисиченко) яка пов'язує між собою ймовірність виникнення негативних подій  $P_i$  і ймовірність можливих збитків  $W_i$  у результаті цих подій:

$$R = \sum_i P_i W_i \quad (1)$$

Якщо  $i=1$ , то  $R=PW$ , треба зауважити, що  $0 \leq P \leq 1$ .

За формулою можна пояснити, як невизначеність можливої події, що призводить до небажаних наслідків, так і величину цих наслідків.

Проведена експертна оцінка рівня загрози екологічній безпеці складовим техноекосистеми за конкретними вугільними підприємствами за даними Міненерговугілля в сучасних умовах. В результаті аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що загальне погіршення стану кожної складової TES, тобто підвищення рівня їх екологічної небезпеки на територіях вугледобувних регіонів, варто кількісно оцінювати за середніми балами, визначеними за окремими конкретними підприємствами. У зв'язку з цим розроблена шкала комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки (табл. 2) на основі моделі зниження екологічних ризиків (рис. 8).

Таблиця 2 - Шкала комплексної оцінки ступеню екологічної небезпеки

| Діапазон комплексних оцінок, бали | Ступінь екологічної небезпеки |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 0-7                               | Низькі (практично безпечні)   |
| 8-15                              | Середні (помірні)             |
| 16 -25                            | Високі (катастрофічні)        |

Для графічного відображення результатів експертного оцінювання рівня загрози екологічній безпеці техноекосистем вугільних шахт побудована діаграма Парето (рис. 8).

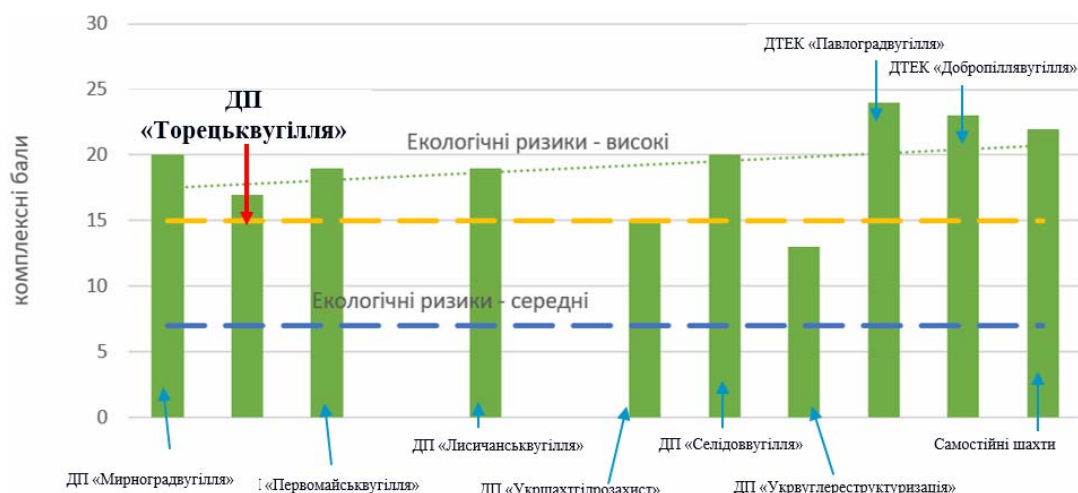


Рисунок 8 – Ступінь екологічної небезпеки для складових техноекосистем конкретних вугільних підприємств в сучасних умовах (стовбчасті гістограми за 5-бальною шкалою) та в цілому для довкілля у вугледобувних регіонах (графіки з маркерами за 25-бальною шкалою, що отримані як результат сумачі відповідних стовбчастих гістограм)

Діаграма Парето (рис. 8) достатньо повно ілюструє високі (катастрофічні) екологічні ризики, які вимагають термінового втручання та допомоги фахівців, а саме: проведення термінового незалежного комплексного екологічного моніторингу районів, як на тимчасово окупованій території окремих районів Донбасу в умовах бойових дій, так і подібних в інших регіонах України з'ясування причин, джерел і обсягів забруднення НПС, складання екологічно паспортів на найбільш небезпечні об'єкти і території і розробка програм і планів по нейтралізації небезпечних екологічних ситуацій.

В рамках виконання НДР «Розробка методики застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки стану навколишнього середовища» розроблено методику застосування ортофотопланів за матеріалами космічного знімання [2, 5, 6]. В рамках дослідження підтверджено актуальність, наукову та практичну цінність використання дистанційних методів дослідження екологічного стану великих територій земної поверхні, зокрема із залученням інформації від радарних та оптичних супутників ДЗЗ.

На основі розробленої методики в рамках роботи з OSCE Project Coordinator in Ukraine було проведено оцінку зміщень земної поверхні та об'єктів за супутниковими радарними даними Донецької області з метою визначення місць концентрованих деформацій земної поверхні, проведення високоточної оцінки вертикальних зміщень об'єктів і територій з використанням інтерферометричної обробки супутникових радіолокаційних даних за період 2016 по 2018 рр. [7].

Всього виявлено 20 зон просідань та 4 зони підняття (в дисертаційній роботі показано три зони просідання і 1 підняття). Виявлено найбільші просідання «критичні» і «аварійні» земної поверхні визначені у зонах з максимальна середня швидкість осідання -257 мм/рік.

**Висновок.** За результатами дослідження з'ясовано, що добувна діяльність зумовлює зміни екологічного стану техноекосистем, де ступінь екологічної небезпеки є високим (16 -25 балів).

Масштаби забруднення параметрів довкілля, що є складовими



техноекосистеми в межах діяльності ДП «Горецьквугілля» досягли значних обсягів:

- викиди в атмосферне повітря парникових газів  
CH<sub>4</sub> - 1,4 млн.м<sup>3</sup> /рік та CO<sub>2</sub> -9,5тис. м<sup>3</sup> /рік;
- скиди шахтної води в водне середовище з вмістом солі 2,5 т/рік;
- вилучені земельні ресурси 214,29 га.

Виходячи з цього розроблені заходи щодо поліпшення екологічної ситуації за рахунок прийняття управлінських рішень. Надані рекомендації та напрями зниження екологічних ризиків вугільних родовищ з метою мінімізації їх впливу на техноекосистеми.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондар О.І., Єрмаков В.М., Улицький О.А., Луньова О.В. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення» № ДР 0116U005852 / Міненерговугілля, м.Київ – 2018. – 52 с.
2. Бондар О.І., Мілехін П.О., Улицький О.А., Єрмаков В.М., Луньова О.В. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка методики застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки стану навколишнього середовища» № ДР 0118U005460, м.Київ – 2018. – 164 с.
3. Луньова О.В. Моделювання сценаріїв розвитку техноекосистем // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Дніпро, 2019. Вип. 143, С. 41-49.
4. Луньова О.В. Методологія вибору технологічних рішень оптимізації функціонування техноекосистем // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Дніпро, 2018. Вип. 141. С. 70-78.
5. Ulytsky O., Yermakov V., Lunova O., Buglak O. Environmental risks and assessment of the hydrodynamic situation in the mines of Donetsk and Lugansk regions of Ukraine // Journal of Geology, Geography and Geoecology Vol. 27 (2). Dnipro – 2018. P.368-376. doi:https://doi.org/10.15421/111861
6. Улицький О.А., Єрмаков В.М., Луньова О.В., Мілехін П.О. Розроблення алгоритму класифікації потенційно небезпечних об'єктів за галузями промисловості та їх впливом на природне середовище // Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2019. № 1 (24) Т.2. С. 12 – 19.
7. Review of the main factors influencing the state of surface and underground waters of the Seversky Donets basin in the context of hostilities/ Text: N. Denisov with contributions from Alla Yushchuk, Viktor Yermakov, Oleh Ulytskyi, Oksana Lunova, Yurii Nabyvanets...// This publication has been prepared under the project "Assessment of Environmental Damage in Eastern Ukraine," implemented by the OSCE Project Co-ordinator in Ukraine with financial support from the Governments of Austria and Canada and in cooperation with Zoë Environment Network (Switzerland). - Kyiv: VAITE, 2018. – 47 p.

#### REFERENCES

1. Bondar O.I., Yermakov V.M., Ulytskyi O.A., Lunova O.V. [and others] (2018), Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Monitorynh vykonannya pryrodokhoronnykh robіt ta ekolohichnoho stanu pryrodnoho dovkillia diiuchykh ta likvidovanykh vuhilnykh pidpryemstv, rozroblennia propozytsii shchodo yoho polipshennia» № DR 0116U005852 / Minenerhovuhillia, Kyiv, UA.
2. Bondar O.I., Miliekhin P.O., Ulytskyi O.A., Yermakov V.M., Lunova O.V. [and others] (2019), Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Rozrobka metodyky zastosuvannia ortotransformovanykh kosmichnykh znimkiv dlia otsinky stanu navkolyshnoho seredovyshcha» № DR 0118U005460, 2018. 164 s.
3. Lunova O.V. (2019), "Design of scenarios development of technoeosystems", *Geo-Technical Mechanics*, Vyp. 143, pp. 41-49..
4. Lunova O.V. (2018), "Methodology of choice of technological decisions of optimization functioning of technoeosystems", *Geo-Technical Mechanics*, Vyp. 141, pp. 70-78.
5. Ulytsky O., Yermakov V., Lunova O. and Buglak O. (2018), "Environmental risks and assessment of the hydrodynamic situation in the mines of Donetsk and Lugansk regions of Ukraine", *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, Vol. 27 (2), P.368-376. doi:https://doi.org/10.15421/111861
6. Ulytskyi O.A., Yermakov V.M., Lunova O.V. and Miliekhin P.O. (2019), "Development of algorithm of classification potentially of dangerous objects after industries of industry and their influence on a natural environment", *Ekolohichni nauky: naukovo-praktychnyi zhurnal*, K.: DEA, № 1 (24) T.2, pp. 12 - 19
7. N. Denisov with contributions from Alla Yushchuk, Viktor Yermakov, Oleh Ulytskyi, Oksana Lunova, Yurii Nabyvanets (2018), "Review of the main factors influencing the state of surface and underground waters of the Seversky Donets basin in the context of hostilities", This publication has been prepared under the project "Assessment of Environmental Damage in Eastern Ukraine," implemented by the OSCE Project Co-ordinator in Ukraine with financial support from the Governments of Austria and Canada and in cooperation with Zoë Environment Network (Switzerland), Kyiv: VAITE, 47 p.

### Про автора

**Луньова Оксана Володимирівна**, кандидат технічних наук, доцент, науковий співробітник Центру еколого-ресурсного відновлення Донбасу Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України, Київ, Україна, [lunovaov@ukr.net](mailto:lunovaov@ukr.net)

### About the author

**Lunova Oksana Volodymyrivna**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor, Researcher of the Environmental and Resource Rehabilitation Center of the Donbas State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, Kyiv, Ukraine, [lunovaov@ukr.net](mailto:lunovaov@ukr.net)

**Аннотация.** Длительное интенсивное использование ресурсов недр угольных бассейнов Украины привело к существенным экологическим изменениям окружающей среды. Главными факторами негативного воздействия являются: чрезвычайно высокая концентрация горнодобывающих предприятий и высокий уровень выработанности подавляющего большинства угольных месторождений. Несмотря на изменения экосистем все находилось в состоянии равновесия. Но массовое закрытие угольных шахт и разрушение объектов инфраструктуры, которое усилилась за последние пять лет в связи с военными действиями, существенно нарушило экологическое равновесие. Это привело к опасным изменениям состояния окружающей среды на Востоке Украины. На значительных территориях Донецкой и Луганской областей практически отсутствует возможность экологического оценивания территорий техноэкосистем. На примере ближайших к линии разграничения объектов техноэкосистем угольных месторождений шахт ГП «Торецькуголь» и шахт Северного и Южного крыла Центрального района Донбасса проанализированы элементы окружающей среды, которые испытывают негативное влияние. В работе разработана схема трансформации экосистем в техноэкосистемы и модель оценки экологических рисков техноэкосистем в пределах районов угольных месторождений. По результатам исследования установлено, что добывающая деятельность приводит к изменению экологического состояния техноэкосистем, где степень экологической опасности является высокой (16 -25 баллов). Масштабы загрязнения параметров окружающей среды, которые являются составными техноэкосистемы в рамках деятельности ГП «Торецькуголь» достигли значительных объемов: выбросы в атмосферный воздух парниковых газов  $\text{CH}_4$  - 1,4 млн.м<sup>3</sup> / год и  $\text{CO}_2$  -9,5тис. м<sup>3</sup> / год; сбросы шахтной воды в водную среду с содержанием соли 2,5 т / год; изъяты земельные ресурсы 214,29 га. Исходя из этого разработаны мероприятия по улучшению экологической ситуации за счет принятия управленческих решений. Даны рекомендации и направления снижения экологических рисков угольных месторождений с целью минимизации их влияния на техноэкосистемы.

**Ключевые слова:** горнодобывающая техноэкосистема, сбалансированное функционирование, мониторинг, шахта, Донбасс.

**Annotation.** Long-term usage of the Ukraine coal-basin resources has caused substantial changes of environment. The following main sources of negative impact are considered: high density of mining enterprises and high level of deterioration of vast majority of the coal deposits. In spite of the fact that this ecological system got some fundamental changes, this complex was still in the state of balance. However, mass shutdown of mining enterprises and destruction of infrastructure objects, which was increased during the last five years due to the military operations, significantly disturbed this balance. It resulted in dangerous changes of environment in the East of Ukraine. Today, Ukraine has almost no practical mechanisms for ecological estimate of territories with the ecosystems on large territories of the Donetsk and Lugansk regions. Some elements of the environment, which had got the most intensive damage, were studied on the example of the nearest to the delimitation line objects of the technosystems of the coal deposits in the Donetsk region including the state mining enterprise "ToretskVugillya" and mining enterprises of Nord and South branches of central Donetsk region. In the frame of this research, the authors developed an approach allowing to transform ecosystem into a tecnoccosystem and created a model enabling to assess ecological risks within the coal mining regions. According to the results of this research, it is established that coal mining operations lead to changes in ecological state of the tecnoccosystems with very high level of ecological danger (16 - 25 points). Contamination of environment in area near the enterprise ToretskVugillya reached significant level: 1.4 million m<sup>3</sup> of greenhouse gas  $\text{CH}_4$  and 5.9 thousand m<sup>3</sup> of  $\text{CO}_2$  are emitted into atmosphere per year; 2.5 tons of mine salt-containing water are discharge into the water environment; 214.29 hectares of land resources have been spoiled. Taking the aforementioned into account, the authors developed the measures aiming to improve the ecological situation by means of management decisions, and gave recommendations, which allowed reducing level of ecological pollution produced by the mining enterprises and minimizing their influence on the tecnoccosystem.

**Keywords:** mining tecnoccosystem, balanced functioning, monitoring, mine, Donbas.

*Стаття надійшла до редакції 1.10. 2019.*

*Рекомендовано до друку д-ром техн. наук Т.В. Бунько.*