

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ПЕЧЕНИЙ ВОЛОДИМИР ЛЕОНІДОВИЧ**

УДК 504.05.61:658:528.8

**ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**  
**ЗОЛОШЛАКОВІДВАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО**  
**МОНІТОРИНГУ**

Спеціальність 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»

Галузь знань 18 – «Виробництво та технології»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ В. Л. Печений

Науковий керівник:

Науковий керівник: Петрук Роман Васильович

доктор технічних наук, професор

Вінниця – 2024

## АНОТАЦІЯ

*Печений В. Л.* Технології забезпечення екологічної безпеки золошлаковідвалів за допомогою дистанційного моніторингу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 – «Технології захисту навколишнього середовища» галузь знань 18 – «Виробництво та технології». – Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена розв'язанню важливого науково-прикладного завдання, а саме, обґрунтування стратегічних пріоритетів та технологій забезпечення екологічної безпеки золошлакозакладачів енергогенеруючих об'єктів.

Золошлаковідвали – техногенні об'єкти, призначені для складування золи та шлаків – відходів теплоенергетичної галузі. Проблема впливу місць зберігання золошлакових відходів підприємств паливно-енергетичного комплексу на навколишнє природне середовище сьогодні є досить гострою. Зберігання золошлаку супроводжується низкою вкрай негативних наслідків для довкілля та здоров'я людини. Зокрема в суху погоду в результаті впливу вітру відбувається сильне пиління золошлаковідвалу, при цьому частинки пилу різних фракцій переносяться на значні території і можуть досягати населених пунктів, створюючи значний ризик для здоров'я населення. Також частина ТЕЦ і ТЕС знаходяться у житлових районах великих міст, що призводить до погіршення екологічної обстановки.

З огляду на існуючий досвід використання золошлаків у світі, можна зробити висновок, що дані відходи є актуальними для використання у різних галузях виробництва. Так, успішними прикладами використання золошлаків в країнах світу є, наприклад, Німеччина, в якій золошлаки використовуються в основному в незв'язаних домішках для насипу або будівництва дамб. Ще одним

прикладом є США. Утилізація золошлаків там складає 80% від їх утворення. У Великобританії відходи спалювання вугілля використовуються більшість як домішок до конструкцій дорожнього покриття.

У сусідній Польщі використання золошлаків пов'язане з мінімізацією транспортного плеча між постачальником сировини (ТЕС) та споживачами (будівництво доріг).

Ще однією успішною країною є Франція, де вугільна зола широко використовується у суміші з камінням, піском, з вапняними золами, з домішками вапна та іншими домішками для дорожнього будівництва.

Загалом в країнах ЄС золошлаки використовуються на 92%.

В Україні ж відходи енергопромислового комплексу використовуються лише на 1,5-35%. Це пояснюється низкою причин, у тому числі відсутністю ефективного менеджменту.

Використання золошлаків як вторинної сировини вимагає досить ретельного вивчення його хімічного складу та вмісту радіонуклідів, що у свою чергу залежить від класу та походження вугілля.

Так, за результатами досить глибоких та систематичних лабораторних досліджень було встановлено, наприклад, що золошлакові відходи, які розміщені на золовідвалі Дарницької ТЕЦ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» мають у своєму складі в невеликих кількостях наступні домішки: сульфати, сульфіді, вільні оксиди кальцію й магнію та інші речовини.

Також у золах часто міститься вуглець у формі різноманітних модифікацій коксових залишків. Для зол отриманих із кам'яного вугілля, коксові модифікації складають – 3-12%, причому незгорілих частинок у грубодисперсних фракціях золи більше, ніж у тонкодисперсних.

Звісно, у значних концентраціях дані речовини здатні негативно впливати не лише на якість навколишнього природного середовища, але і в свою чергу на стан фізичного здоров'я населення, особливо на дихальну систему. Із урахуванням досить дрібної фракції золи, відбувається її розповсюдження на

значні відстані, що провокує забруднення атмосферного повітря. Це у свою чергу впливає на дихальну систему людини.

До того ж, слід відмітити, що золошлаконакопичувачі займають досить значні території, які б могли використовуватися як інфраструктурні об'єкти для дозвілля, натомість вони становлять підвищену небезпеку саме для населення міст, що мешкає неподалік таких об'єктів.

Така ситуація спостерігається по всій Україні, а тому потребує прийняття системних нагальних рішень.

Так, сьогодні одним із проблемних об'єктів міста Києва є золошлаковідвал Дарницької ТЕЦ «ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ», що розташована по вул. Здолбунівській в Дарницькому районі міста Києва. Золовідвал організований у природній зниженій місцевості (територія відведена на місці кар'єру, де раніше частково здійснювалася виїмка піщаного ґрунту для потреб міста). Наразі площа складає 138951 м<sup>2</sup>. Золошлаковідвал експлуатується з 1959 р.

Місце видалення відходів (далі - МВВ) являє собою технічну водойму, заповнену золошлаковою сумішшю, відкрите, заглиблене в землю, наливне, неглибокого залягання, донний ізоляційний екран – відсутній, золошлаковідвал огорожений дамбою, первинна дамба з намивного піску та суглинку, дамба нарощування – золошлак, довжина нарощувальної дамби – 308,86 м, ширина гребня первинної дамби – 5,16 м. Під'їзні шляхи з твердим покриттям. Територія золовідвалу по всьому периметру огорожена бетонними та металевими конструкціями.

МВВ знаходиться за 4 км від гирла р. Дніпра. Підземні води зустрічаються на глибині 5,5 м. Зона аерації представлена супіссю мулистою потужністю 1,0 м, піском дрібнозернистим – 1,0-5,5 м.

Екологічно небезпечним даний об'єкт є з тієї причини, що дрібні фракції золи у вітряну погоду здатні розповсюджуватися на значні відстані, там самим забруднює атмосферне повітря. Тому виникає потреба в обґрунтуванні системи діагностики екологічної безпеки атмосферного повітря навколо місця видалення відходів, а саме золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ». Мета

досліджень полягала в оцінці екологічної безпеки золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ».

**Об'єктом** досліджень були технології забезпечення екологічної безпеки золошлаковідвалів теплоелектростанцій.

**Предмет дослідження:** обґрунтування параметрів дистанційного екологічного моніторингу навколишнього природного середовища золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ».

Наводиться аналіз останніх публікацій, в яких зазначається, рівень забруднення навколишнього природного середовища відходами підприємств паливно-енергетичного комплексу досить високий, особливо через існуючі золошлаковідвали. Так, наприклад, Ладжинська ТЕС використовує на добу 3-7 тис. тонн вугілля, тим самим збільшує територію золовідвалу та об'єм утворених відходів щоденно.

Ще одним прикладом є Дарницька ТЕЦ, що розташована на лівобережжі м. Києва з 2017 року використовується більш якісне вугілля, із меншою зольністю та вищою калорійністю. Це дозволило по-перше, зменшити кількість спалюваного вугілля, і по-друге зменшити викиди золи та обсяги золошлаків, що підлягають складуванню на золовідвалі. Проте, проблема золошлаковідвалу залишається актуальною, оскільки обсяги накопиченої золи є критичними і призводять до забруднення довкілля.

Запропоновано застосувати комплексний підхід щодо визначення параметрів екологічного моніторингу золошлаковідвалів енергогенеруючих підприємств України. Серед таких параметрів є наступні: кількісні та якісні показники забруднення атмосферного повітря навколо золошлаконакопичувачів, якісний склад забруднювачів атмосферного повітря навколо золошлаконакопичувачів.

Розроблена блок-схема діагностики екологічної безпеки золошлаковідвалу Дарницької ТЕЦ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ».

Також як дієвий інструмент екологічного моніторингу запропоновано застосування безпілотних літальних апаратів. В умовах розвитку сучасних

технологій та технологічних рішень, доцільно використовувати безпілотні літальні апарати (БПЛА) саме для дистанційного екологічного моніторингу. У світі відомі приклади застосування БПЛА, наприклад, для гасіння пожеж на значній висоті, де використання драбин не є можливим. Також керовані літальні апарати широко використовують у сільському господарстві для, наприклад, оброблення полів.

Тому, в дисертаційному дослідженні запропоновано застосування безпілотних літальних апаратів для дистанційного екологічного моніторингу золошлаконакопичувачів.

Процес використання безпілотників потребує ретельної підготовки, від початку навчання пілотів, до остаточної комплектації та визначення параметрів БПЛА.

В умовах розвитку сучасних світових технологій та позитивного досвіду застосування безпілотних літальних апаратів в натурних умовах було реалізовано дистанційний метод екологічного моніторингу, тим самим розширивши його можливості.

Удосконалену систему екологічного моніторингу золошлаконакопичувача Дарницької ТЕЦ, доцільно здійснювати синхронно за етапами: спостереження за показниками якості довкілля; аналізу та оцінки стану довкілля, його змін та наслідків цих змін; прогнозування впливів показників якості довкілля на стан екологічної безпеки. Кожен із зазначених етапів є взаємопов'язаним та невід'ємним у процесі реалізації екологічного моніторингу таких небезпечних для навколишнього природного середовища об'єктів як золошлаконакопичувачі. Також застосування безпілотних літальних апаратів дає можливість розширити параметри дистанційного екологічного моніторингу.

**Ключові слова:** природоохоронні технології; екологічна безпека; екологічний моніторинг; дистанційні методи, атмосферне повітря; технологічні рішення.

## ABSTRACT

*Pechenyi V. L.* Technologies for ensuring environmental safety of ash and slag dumps using remote monitoring. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 183 - "Technologies of environmental protection" field of knowledge 18 - "Production and technologies". – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2024.

The qualification work is devoted to the solution of an important scientific and applied task, which consists in assessing the environmental safety of ash and slag dumps, namely, the substantiation of strategic priorities and technologies for ensuring the environmental safety of ash and slag accumulators of energy-generating facilities.

Ash and slag pits are man-made objects designed for the storage of ash and slag - waste from the heat energy industry. The problem of the impact of ash and slag waste storage facilities of fuel and energy complex enterprises on the natural environment is quite acute today. Ash slag storage is accompanied by a number of extremely negative consequences for the environment and human health.

In particular, in dry weather, as a result of the influence of the wind, there is a strong dusting of the ash and slag dump, while dust particles of various fractions are carried over large areas and can reach populated areas, creating a significant risk for the health of the population. Also, part of CHPPs and TPPs are located in residential areas of large cities, which leads to deterioration of the ecological situation.

Taking into account the existing experience of using ash slag in the world, we can conclude that these wastes are relevant for use in various industries. Such successful examples of the use of ash slag in the countries of the world are, for example, Germany, in which ash slag is used mainly in unbound admixtures for embankment or construction of dams. Another example is the USA.

Utilization of ash and slag there makes up 80% of their formation. In Great Britain, coal combustion waste is used mostly as an admixture for road surface structures.

In neighboring Poland, the use of ash and slag is associated with the minimization of the transport arm between the supplier of raw materials (TPP) and consumers (road construction). Another successful country is France, where coal ash is widely used in a mixture with stones, sand, lime ashes, lime admixtures and other admixtures for road construction. In general, 92% of ash is used in EU countries.

In Ukraine, only 1.5-35% of waste from the energy industry is used. This is explained by a number of reasons, including the lack of effective management.

The use of ash slag as a secondary raw material requires careful study of its chemical composition and radionuclide content, which in turn depends on the class and origin of coal.

Thus, based on the results of fairly deep and systematic laboratory research, it was established, for example, that the ash and slag waste placed on the ash dump of the Darnytsk Thermal Power Plant contains the following impurities in small quantities: sulfates, sulfides, free oxides of calcium and magnesium, and other substances.

Also, ashes often contain carbon in the form of various modifications of coke residues. For ashes obtained from hard coal, coke modifications are 3–12%, and unburned particles in coarsely dispersed fractions of ash are more than in finely dispersed ones.

Of course, in significant concentrations, these substances can negatively affect not only the quality of the natural environment, but also, in turn, the state of physical health of the population, especially the respiratory system. Given the rather fine fraction of ash, it spreads over considerable distances, which causes atmospheric air pollution. This, in turn, affects the human respiratory system.

In addition, it should be noted that ash and slag accumulators occupy quite significant areas that could be used as infrastructure facilities for leisure, but instead they pose an increased danger to the population of cities living near such facilities.

Such a situation is observed throughout Ukraine, and therefore requires the adoption of systemic urgent decisions.

So, today one of the problem objects of the city of Kyiv is the ash and slag dump of Darnytsk CHP «EURO-RECONSTRUCTION» LLP, located on the street

Zdolbunivska in the Darnytsky district of Kyiv. The ash dump is organized in a natural low-lying area (the territory is set aside on the site of a quarry, where sandy soil was partially excavated for the city's needs). As of today, the area is 138,951 m<sup>2</sup>. The ash and slag dump has been in operation since 1959.

The waste disposal site (hereinafter referred to as the WWTP) is a technical reservoir filled with ash-slag mixture, open, buried in the ground, overflowing, shallow-lying, the bottom isolation screen is absent, the ash-slag dump is surrounded by a dam, the primary dam is made of washed sand and loam, the expansion dam is ash slag . the length of the expansion dam is 308.86 m, the width of the ridge of the primary dam is 5.16 m.

MVV is located 4 km from the mouth of the Dnipro River. Groundwater occurs at a depth of 5.5 m. The aeration zone is represented by silty sand with a thickness of 1.0 m, fine-grained sand - 1.0-5.5 m.

This object is ecologically dangerous for the reason that small fractions of ash can spread over considerable distances in windy weather, polluting the air there. Therefore, there is a need to justify the system of diagnosing the environmental safety of atmospheric air around the place of waste removal, namely the ash and slag dump of «EURO-RECONSTRUCTION» LLC. The purpose of the research was to assess the environmental safety of the ash and slag dump of «EURO-RECONSTRUCTION» LLC.

The object of research was technologies for ensuring the environmental safety of ash and slag pits of thermal power plants.

The subject of the study: substantiation of parameters of ecological monitoring of the natural environment of ash and slag pits of heat and power generating enterprises.

An analysis of the latest publications is given, in which it is noted that the level of pollution of the natural environment by waste from the enterprises of the fuel and energy complex is quite high, especially due to the existing ash and slag dumps. So, for example, Ladyzhynska TPP uses 3-7 thousand tons of coal per day, thereby increasing the area of the ash dump and the volume of generated waste daily.

Another example is the Darnytsk CHP, which is located on the left bank of Kyiv. Since 2017, higher-quality coal has been used, with less ash content and higher calorific

value. This made it possible, firstly, to reduce the amount of coal burned, and secondly, to reduce ash emissions and the amount of ash slag to be stored at the ash dump. However, the problem of ash and slag disposal remains relevant, since the volumes of accumulated ash are critical and lead to environmental pollution.

It is proposed to apply a comprehensive approach to determining the parameters of environmental monitoring of ash and slag pits of energy-generating enterprises of Ukraine. Among such parameters are the following: quantitative and qualitative indicators of atmospheric air pollution around ash slag accumulators, qualitative composition of atmospheric air pollutants around ash slag accumulators.

A block diagram of ecological safety diagnostics of the ash and slag dump of Darnytsk thermal power plant LLC «EURO-RECONSTRUCTION» was developed.

The system of environmental monitoring of the slag storage tank of the Darnytsk Thermal Power Plant has been improved, it is expedient to carry out synchronously by stages: monitoring of environmental quality indicators; analysis and assessment of the state of the environment, its changes and the consequences of these changes; forecasting the effects of environmental quality indicators on the state of environmental safety.

The use of unmanned aerial vehicles is also proposed as an effective tool for environmental monitoring. In the conditions of the development of modern technologies and technological solutions, it is advisable to use unmanned aerial vehicles specifically for remote environmental monitoring. Examples of the use of UAVs are known in the world, for example, for extinguishing fires at a considerable height, where the use of ladders is not possible. Also, controlled aerial vehicles are widely used in agriculture for, for example, tilling fields.

Therefore, the dissertation study proposed the use of unmanned aerial vehicles for remote environmental monitoring of ash slag accumulators.

The process of using UAVs requires careful preparation, starting with pilot training, ending with the configuration and determination of UAV parameters.

In the conditions of the development of modern world technologies and the positive experience of using unmanned aerial vehicles in natural conditions, a remote method of environmental monitoring was implemented, expanding its capabilities there.

The improved system of environmental monitoring of the slag accumulator of the Darnytsia CHP plant should be carried out synchronously in stages: monitoring of environmental quality indicators; analysis and assessment of the state of the environment, its changes and the consequences of these changes; forecasting the effects of environmental quality indicators on the state of environmental safety.

Each of the specified stages is interconnected and integral in the process of implementing environmental monitoring of such environmentally dangerous objects as ash and slag accumulators. Also, the use of unmanned aerial vehicles makes it possible to expand the parameters of remote environmental monitoring.

**Keywords:** ecological safety; environmental monitoring; remote methods, atmospheric air; technologies; technological solutions.

## Список публікацій здобувача

– *матеріали дисертаційної роботи, викладені у періодичних виданнях, що індексовані в наукометричних базах Scopus та Web of Science:*

1) Popov O., Iatsyshyn A., Pecheny V., Kovach V., Kovalenko V., (2023). Approaches to assessing consequences of accidents during transportation of hazardous. *Substances by road. In: Zaporozhets, A., Popov, O. (eds) Systems, Decision and Control in Energy IV. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 456. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-22500-0\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-031-22500-0_22). (**Scopus Q4, Web of Science**) **ISSN 2198-4182** (*Особистий внесок: проаналізовано ефективність системи екологічного моніторингу під час транспортування небезпечних речовин автомобільним транспортом*).

– *матеріали дисертаційної роботи, викладені у виданнях, що внесені до переліку наукових фахових видань України категорії Б для захисту дисертацій з технічних наук:*

2) Тіщенко М.О., Філін В.М., Печений В.Л. Пилопригнічення на золошлаковідвалах ТЕЦ з використанням водорозчинних полімерів. *Екологічні науки*, № 4 (23), 2018, С. 60-62. **ISSN: 2306-9716** (*Особистий внесок: визначено основні забруднювачі атмосферного повітря*).

3) Тіщенко М.О., Філін В.Н., Печений В.Л. Оцінка золошламонакопичувача Дарницької ТЕЦ, як потенційного джерела цвітіння. *Екологія і промисловість*, № 2, 2019, С. 121-129. **ISSN: 2311-584X** (*Особистий внесок: досліджено стан забруднення атмосферного повітря*).

4) Денисенко І.Ю., Печений В.Л. Екологічна безпека об'єктів критичної інфраструктури. *Екологічна безпека та технології захисту довкілля. Науковий журнал*, №2, 2019, С. 29-34. **ISSN: 2707-7993** (*Особистий внесок: досліджено показники екологічної безпеки об'єктів критичної інфраструктури*).

5) Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю., Печений В.І. Система моніторингу довкілля в Україні: проблеми та шляхи їх вирішення. *Судостроение и морская*

*інфраструктура*, №1(13), 2020, С. 51-56. **ISSN: 2409-3858** (Особистий внесок: досліджено компоненти екологічного моніторингу в Україні).

6) Бондар О.І., Машков О.А., Присяжний В.І., Печений В.Л., [та інш.]. Концепція створення інтелектуальної інформаційної системи для підтримання прийняття рішень у галузі екологічної безпеки. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*, № 3(48), 2023, С. 7-16. **ISSN: 2306-9716** (Особистий внесок: розроблено схему інтелектуальної інформаційної системи прийняття управлінських рішень).

7) Бондар О.І., Машков О.А., Присяжний В.І., Оводенко Т.С., Печений В.Л. Парадигма обробки інформації в інтелектуальній інформаційній системі для підтримки прийняття рішень в галузі екологічної безпеки. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*, № 4(49), 2023, С. 144-152. **ISSN: 2306-9716** (Особистий внесок: визначено компоненти інформаційної системи для прийняття управлінських рішень в галузі екологічної безпеки).

8) Машков О.А., Іващенко Т.Г., Мухіна К.Є., Печений В.Л. Інтеграція аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою : оцінка ефективності застосування системи підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень. *Науковий журнал: Екологічна безпека та технології захисту довкілля*, № 4, с.20-27, 2023. **ISSN: 2707-7993** (Особистий внесок: досліджено особливості застосування безпілотних літальних апаратів у системі екологічного моніторингу).

**– документи інтелектуальної власності**

9) Патент на корисну модель 148333 МПК (2021.01) В08В 3/00, В08В 6/00, В08В 9/02 (2006.01) Пристрій електрогідравлічної очистки великих виробів / Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю., Печений В.Л., Резніченко В.А. // Номер заявки U 2021 00125, дата подання заявки 13.01.2021, опубл. 29.07.2021, бюл. № 30. 1 с. (Особистий внесок: запропоновано схематичне рішення розташування ємності збирання відходів очистки з урахуванням параметрів екологічного моніторингу місця її розташування).

10) Патент на корисну модель 148334 МПК (2021.01) B08B 3/00, B08B 6/00, B08B 9/02 (2006.01). Пристрій очищення труб / Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю., Печений В.Л., Резніченко В.А. // Номер заявки U 202100126, дата подання заявки 13.01.2021, опубл. 29.07.2021, бюл. № 30, 2 с. *(Особистий внесок: запропоновано схематичне рішення розташування ємності збирання відходів очистки з урахуванням параметрів екологічного моніторингу місця її розташування).*

– наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11) Виговська Г.П., Горобей М.С., Денисенко І.Ю., Печений В.Л. Наукові підходи до удосконалення регулювання поведження з поліхлорованими дифенілами (ПХД) в Україні. *Екологічна безпека та технології захисту довкілля. Науковий журнал*, №3, 2021, С. 43-51. **ISSN: 2707-7993** *(Особистий внесок: проаналізовано процедуру реалізації екологічного моніторингу під час поведження з небезпечними відходами).*

12) Проскурнін О.А., Гуленко О.Б., Громова І.Ю., Печений В.Л. Основні методологічні проблеми нормування скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами. *Науковий журнал: Екологічна безпека та технології захисту довкілля*, № 5, с.37-43, 2023. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9774-9306> **ISSN: 2707-7993** *(Особистий внесок: проведено аналіз даних стосовно забруднення водних об'єктів зі зворотними водами).*

13) Машков О.А., Абідов С.Т., Іващенко Т.Г., Оводенко Т.С., Печений В.Л. Особливості екологічного прогнозування за допомогою штучних інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*, № 1(46), 2023, С. 168-174. **ISSN: 2306-9716** *(Особистий внесок: проаналізовано штучні інтелектуальні системи підтримки прийняття управлінських рішень).*

14) Іващенко Т.Г., Прибисько Г.В., Печений В.Л., Вінніченко В.І. Екологічно прийнятні технологічні процеси утилізування фосфогіпсу. *Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи»*, 4-6 листопада 2015р., Львів, С. 205. [Електронний ресурс]. URL:

<https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/9414/1/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97%20%D0%9B%D0%94%D0%A3%D0%91%D0%96%D0%94%202015-2.pdf>

*(Особистий внесок: проаналізовано сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку системи екологічного моніторингу процесів переробки фосфогіпсу).*

15) Іващенко Т.Г., Печений В.Л. Екологічно прийнятні способи утилізування фосфогіпсу. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки», 6-8 жовтня 2015р., Кременчук, С. 51. (Особистий внесок: проаналізовано сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку системи екологічного моніторингу процесів переробки фосфогіпсу).*

16) Іващенко Т.Г., Гладиш Н.В., Печений В.Л. Перспективи застосування фосфогіпсу для вирішення екологічних проблем зони відчуження. *Матеріали круглого столу в рамках Міжнародного екологічного Форуму «Довкілля для України», 27 квітня 2016р., Київ, С. 13. (Особистий внесок: систематизовано дані щодо здійснення екологічного моніторингу Чорнобильської зони відчуження).*

17) Іващенко Т.Г., Печений В.Л. Спеціальна експериментальна аналітична лабораторія як мобільний комплексний засіб вимірювання концентрацій газових забруднювачів та пилу в атмосферному повітрі населених пунктів та санітарних зонах промислових підприємств. *Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екології та енергозбереження», 20-22 вересня 2019р., Миколаїв, С. 22-23. (Особистий внесок: досліджено ефективність застосування експериментальної аналітичної лабораторії як мобільного засобу вимірювання концентрацій газових забруднювачів та пилу в атмосферному повітрі).*

18) Денисенко І.Ю., Печений В.Л. Принципи здійснення екологічного моніторингу на регіональному рівні. *Матеріали II всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України». 18-19 вересня 2020 р., Миколаїв, С. 136-138. (Особистий внесок: проаналізовано*

*проблемні питання щодо реалізації екологічного моніторингу на регіональному рівні).*

19) Іващенко Т.Г., Печений В.Л., Салімов Е.Т. Концептуально-методичні основи побудови автоматизованої системи прийняття управлінських рішень щодо покращення якості атмосферного повітря. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження : матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., 7-8 грудня 2023р., Полтава, С. – 52-54.* [Електронний ресурс]. URL: <https://www.pntu.edu.ua/event/iv-mizhnarodniy-naukovo-praktichniy-konferentsii-yekologiyadovkilliyayenergozberezhennya.html>

*(Особистий внесок: розроблено рекомендації щодо побудови автоматизованої системи прийняття управлінських рішень щодо покращення якості атмосферного повітря).*

**– монографії**

20) Бондар О.І., Машков О.А., Іващенко Т.Г., Михайлюк О.С., **Печений В.Л.** Сучасні методи оцінки забруднень техногенно-небезпечних об'єктів (об'єктів критичної інфраструктури). *Монографія, Під загальною науковою редакцією доктора біологічних наук О. І. Бондаря. 2021, С. 56.* *(Особистий внесок: досліджено метод комплексної оцінки забруднень об'єктів критичної інфраструктури).*

## ЗМІСТ

|   |     |
|---|-----|
| Перелік умовних скорочень.....  | 17  |
| <b>ВСТУП</b> .....  | 20  |
| <b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ</b>   |     |
| <b>ЗОЛОШЛАКОВІДВАЛІВ</b> .....  | 24  |
| 1.1 Загальна характеристика золошлаковідвалів<br>теплоелектростанцій в Україні .....  | 27  |
| 1.2 Особливості золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-<br>РЕКОНСТРУКЦІЯ» .....   | 33  |
| 1.3 Порівняльна характеристика сучасних проблем<br>золошлаковідвалів ТЕЦ України та світу .....   | 41  |
| 1.4 Постановка проблеми .....   | 49  |
| 1.5 Висновки до розділу 1.....  | 50  |
| <b>РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ</b>   |     |
| <b>ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....   | 51  |
| 2.1 Методики та обладнання .....  | 52  |
| 2.2 Методи аналізу та опис отриманих результатів .....  | 55  |
| 2.3 Висновки до розділу 2 .....   | 83  |
| <b>РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ПОТОЧНОГО СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО</b>  |     |
| <b>ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗОЛОШЛАКОВІДВАЛУ</b><br><b>ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»</b> .....  | 85  |
| 3.1 Ймовірність виникнення екологічних загроз навколишньому<br>природному середовищу золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-<br>РЕКОНСТРУКЦІЯ» та прийняття управлінських рішень<br>щодо їх запобігання ..... | 85  |
| 3.2 Процедури отримання параметрів моніторингу довкілля<br>золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» з<br>використанням безпілотних літальних апаратів .....                                      | 89  |
| 3.3 Висновки до розділу 3 .....   | 109 |

## РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МОНІТОРИНГУ

|   |     |
|---|-----|
| <b>ДОВКІЛЛЯ ЗОЛОШЛАКОВІДВАЛУ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»</b> .....   | 110 |
| 4.1 Дослідження стану атмосферного повітря місць видалення відходів ТЕЦ за територіальною ознакою .....             | 110 |
| 4.2 Фактор часу як параметр моніторингу стану атмосферного повітря золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКНОСТРАУКЦІЯ» ..... | 119 |
| 4.3 Рекомендації щодо практичного впровадження отриманих результатів досліджень .....                               | 127 |
| 4.4 Висновки до розділу 4 .....   | 129 |
| <b>ВИСНОВКИ</b> .....   | 131 |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....   | 133 |
| <b>ДОДАТКИ</b> .....  | 153 |
| Додаток А Портативний газоаналізатор ОКСІ-5М .....  | 154 |
| Додаток Б Результати дослідження атмосферного повітря .....   | 154 |
| Додаток В Схема розповсюдження цинку за результатами досліджень, мг/кг .....  | 158 |
| Додаток Г Кількісний хімічний склад золошлаку та ґрунту .....   | 159 |
| Додаток Д Схема розповсюдження міді за результатами досліджень, мг/кг .....   | 168 |
| Додаток Е Схема розповсюдження нікелю за результатами досліджень, мг/кг .....                                       | 169 |
| Додаток Ж Схема розповсюдження хрому за результатами досліджень, мг/кг .....  | 170 |
| Додаток З Список публікацій .....   | 171 |
| Додаток И Акти впровадження .....   | 175 |

### Перелік умовних скорочень

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>БПЛА</b>     | безпілотні літальні апарати  |
| <b>ВЛР</b>      | вуглелужний реагент  |
| <b>ГДК</b>      | гранично допустима концентрація  |
| <b>ГДК м.р.</b> | гранично допустима концентрація максимально разова   |
| <b>ГДК с.д.</b> | гранично допустима концентрація середньодобова   |
| <b>ГДС</b>      | гранично допустимий скид   |
| <b>ДВРЗ</b>     | житловий масив на східній околиці Києва в складі Дніпровського району                      |
| <b>ДПЛА</b>     | дистанційно пілотований літальний апарат   |
| <b>ДСТУ</b>     | Державний стандарт України   |
| <b>ЗВ</b>       | золівідвал   |
| <b>МВВ</b>      | місце видалення відходів   |
| <b>ОВНС</b>     | оцінка впливу на навколишнє середовище   |
| <b>ПАР</b>      | поверхнево-активні речовини  |
| <b>ПЕД</b>      | потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання   |
| <b>ПЕК</b>      | паливно-енергетичний комплекс  |
| <b>ПЕК</b>      | паливно-енергетичний комплекс  |
| <b>СПАР</b>     | синтетичні поверхнево-активні речовини   |
| <b>СПАР</b>     | поверхнево-активні речовини, що попадають у воду, є синтетичними                           |
| <b>ТЕС</b>      | об'єкт, який генерує електроенергію шляхом спалювання вугілля чи газу у спеціальних котлах |
| <b>ТЕЦ</b>      | станція, яка виробляє електрику та тепло для локального використання                       |
| <b>ЦКШ</b>      | циркулюючий киплячий шар   |

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Сьогодні в Україні рівень забруднення навколишнього природного середовища в тому числі від військових дій досягнув критичної межі. Антропогенне навантаження на довкілля особливо значне в промислових регіонах. Значний вклад у цей процес вносять енергогенеруючі підприємства такі як тепло- та електростанції. Спільною проблемою для них є місця складування відпрацьованого вугілля, так звані золошлаконакопичувачі.

Тому актуальним на цей час є питання дослідження стану навколишнього природного середовища таких об'єктів та подальше прийняття управлінських рішень з метою зменшення негативного впливу на довкілля. Основні дослідження спрямовані на вирішення таких проблем, як перевищення об'ємів накопичених відходів спалювання вугілля, зменшення площ, зайнятих під золовідвали, зменшення пиління від дрібних часток золи, підвищення рівня екологічної безпеки золошлаконакопичувачів шляхом застосування сучасних технологій та технологічних рішень.

З урахуванням існуючого світового досвіду, сучасних технологій та технологічних рішень, доцільно застосування безпілотних літальних апаратів у процесі моніторингу місць видалення відходів – золошлаконакопичувачів. Це дає змогу зменшити втручання людини у процес збору даних, а тому збільшити достовірність отриманих результатів моніторингу.

**Зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано відповідно до науково-дослідних робіт, зареєстрованих Державною екологічною академією «Проведення експериментальних робіт із знесення золошлаконакопичувача» (Державний реєстраційний номер 0118 U 001430) та «Розроблення проекту автоматизованої системи моніторингу довкілля Київської області» (Державний реєстраційний номер 0117 U 007076), співвиконавцем яких був здобувач.

**Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень полягала в обґрунтуванні стратегічних пріоритетів та технологій забезпечення екологічної безпеки золошлаконакопичувачів енергогенеруючих об'єктів.

Досягнення мети передбачало вивчення наступних завдань:

- обґрунтувати теоретичні і методологічні підходи щодо оцінювання екологічної безпеки золошлаконакопичувачів енергогенеруючих об'єктів;
- виявити динаміку розповсюдження забруднюючих речовин від золошлаконакопичувача Дарницької ТЕЦ в атмосферне повітря;
- визначити параметри екологічного моніторингу місць видалення відходів Дарницької ТЕЦ;
- оцінити ризики виникнення екологічних загроз навколишньому природному середовищу золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» та розробити алгоритм прийняття управлінських рішень щодо їх запобігання;
- дослідити метод дистанційного екологічного моніторингу з використанням безпілотних літальних апаратів;
- розробити пропозиції для удосконалення моніторингових спостережень показників якості довкілля, які впливають на формування екологічної безпеки місць видалення відходів.

**Об'єктом** досліджень були технології забезпечення екологічної безпеки золошлаковідвалів теплоелектростанцій.

**Предмет дослідження:** обґрунтування параметрів дистанційного екологічного моніторингу навколишнього природного середовища золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ».

**Методи досліджень.** Під час проведення досліджень використовувались загальнонаукові методи (аналізу, узагальнення, абстрагування, синтезу), методи математичної статистики, кореляційного і регресійного аналізу, з використанням програм Microsoft Excel, та Statistika. Базою даних для теоретичних і аналітичних досліджень були використані матеріали вітчизняних та зарубіжних вчених з питань екологічного моніторингу, технологій дослідження місць видалення відходів енергогенеруючих підприємств, технологій пилопригнічення.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

**Уперше запропоновано** модель системного дослідження екологічної безпеки золошлаконакопичувачів енергогенеруючих підприємств та прилеглої до них території, що дає змогу ефективно здійснювати прогноз розповсюдження шкідливих речовин в атмосферне повітря від таких об'єктів.

**Удосконалено** методологію проведення моніторингових досліджень стану золошлаконвкопичувачів теплових електростанцій, що забезпечило отримання більш достовірних даних.

**Набуло подальшого розвитку** застосування системи дистанційного екологічного моніторингу з використанням безпілотних літальних апаратів в умовах підвищеної екологічної небезпеки, що дало можливість створення безпечних умов для здійснення моніторингу та розширення показників якості довкілля територій, прилеглих до золошлаконакопичувачів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає: у виявленні найбільш вагомих показників якості довкілля, які впливають на стан екологічної безпеки, формування екологічних ризиків для населення в районах розташування золошлаконакопичувачів енергогенеруючих підприємств; розробленні системи діагностики екологічної безпеки місць видалення відходів ТЕЦ і ТЕС.

Наукові результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес з курсу навчальної дисципліни «Екологічна безпека» «Екологічний моніторинг та технології захисту довкілля», у Державному закладі «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління».

**Особистий внесок здобувача третього рівня вищої освіти.** Автором здійснено інформаційний і ретроспективний аналіз стану вивчення впливу місць видалення відходів на формування екологічної безпеки територій навколо золошлаковідвалів енергогенеруючих підприємств, визначено мету і завдання досліджень, освоєні сучасні прилади для проведення вимірювань показників якості довкілля. Поряд з цим здобувачем третього рівня вищої освіти особисто були проведені польові, лабораторні і розрахункові дослідження, здійснено аналіз і узагальнено експериментальний матеріал, сформовані висновки. Участь автора в

наукових роботах, опублікованих у співавторстві, деталізовано у переліку публікацій за темою дисертації.

**Апробація результатів в дисертації.** Основні результати теоретичних і експериментальних досліджень на різних етапах оприлюднювалися, доповідалися, обговорювалися та були схвалені на міжнародних та всеукраїнських конференціях: II Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи» (Львів, 4-6 листопада 2015р.); XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (Кременчук, 6-8 жовтня 2015р.); Міжнародному екологічному форумі «Довкілля для України» (Київ, 27 квітня 2016р.); XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екології та енергезбереження» (Миколаїв, 20-22 вересня 2019р.); II Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України» (Миколаїв, 18-19 вересня 2020р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції (Полтава, 2023.).

**Публікації.** Результати дисертаційного дослідження опубліковані у 20 наукових працях з них 1 монографія, 1 стаття, що входить до міжнародних науково-метричних баз даних SCOPUS, 10 статей у фахових виданнях Атестаційної колегії МОН України, 2 патенти та 6 тез доповідей за результатами вітчизняних і міжнародних науково-практичних конференцій.

**Структура роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, науково-практичних рекомендацій, списку використаних джерел найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 176 аркушів друкованого тексту, а обсяг основного тексту становить 151 аркушів в тому числі додатки. Текстову частину ілюстровано 26 рисунками і 17 таблицями. Список літератури складає 171 літературного джерела.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗОЛОШЛАКОВІДВАЛІВ

Актуальною проблемою для України сьогодні є незадовільний стан енергетичної галузі, зокрема ТЕЦ, який продовжує погіршуватися внаслідок технічної несправності основних фондів. Більша їх частина вже відпрацювали свій ресурс та потребують негайної модернізації або заміни. Недосконалий менеджмент та законодавство й витратна складова гальмують впровадження заходів щодо підвищення енергоефективності і енергозбереження. Досить низький рівень інвестицій і капіталовкладень для модернізації основних фондів теплової енергетики, а також застосування сучасних світових технологій не дає можливості впровадити зміни в цій галузі. Теплові електростанції генерують не тільки електроенергію, але і теплову енергію для споживачів, тим самим забезпечує їх опаленням та гарячою водою, а тому стає необхідною їх робота за графіком, тобто вироблення електричної енергії залежить від вироблення теплової енергії. З урахуванням цього фактору практичної необхідності набуває покращення техніко-технологічного стану теплоенергетичних підприємств, яке можна забезпечити через призму їхньої модернізації або реінжинірингу бізнес-процесів [1-10].

Наразі існують дуже багато джерел забруднення атмосферного повітря, проте виробництво енергії є однією з основних. В секторі енергетичної промисловості використовуються переважно викопні і ядерні види палива. Переважна більшість спалювальних установках на великих промислових підприємствах використовує понад 70% первинних видів викопного палива. 34% електроенергії у країні генерує величезний парк, що складається з 20 вугільних електростанцій, які нараховують, загалом, 108 енергоблоків. Звісно, за період повномасштабного вторгнення росії на територію України потужності

вироблення електроенергії знизилися, а деякі ТЕЦ взагалі перестали існувати, наприклад, Трипільська ТЕЦ.

Слід зауважити, що електростанції було побудовано до 1976 року. Жодна з них не оснащена обладнанням з видалення сірки, до того ж за результатами деяких екологічних аудитів на ТЕЦ було встановлено, що більшість з них не оснащена пиловими фільтрами. Із врахуванням фактору їх використання для генерації теплової енергії, переважна їх більшість розташована в густо населених місцях із об'єктами забезпечення, такими як золівідвали. Деякі з них перебувають на межі аварійності, й інциденти, такі як аварія, що мала місце на Придніпровській електростанції 19 лютого 2020 року, виникають раз на кілька місяців.

З огляду на дані факти та критичну ситуацію з ТЕЦ їх екологічна безпека завжди була об'єктом для досліджень багатьох вчених як екологів так і суміжних галузей. Такі дослідження, як правило, стосувалися навколишнього природного середовища як багатокомпонентного об'єкта, оскільки промислові та підприємства інфраструктури наносять негативний вплив на рослинний, тваринний світ, атмосферне повітря, ґрунти тощо. До таких небезпечних промислових об'єктів можна віднести енергетичні, у тому числі теплоелектростанції.

З урахуванням тривалості експлуатування українських ТЕЦ і ТЕС більшість в них використовується застаріле обладнання, відсутністю сучасних методів та засобів контролю стану навколишнього природного середовища, моніторингу стану, що у свою чергу призводить до забруднення довкілля.

Більшість ТЕС і досі зараз в якості основної сировини використовують вугілля. Звісно, технологічний процес влаштований так, що утворюється значна кількість відходів та викидів забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище [11].

Тому енергогенеруючі підприємства є безперервно діючими джерелами шкідливих викидів у довкілля. До шкідливих елементів відносять такі як CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> та інші. Хоча на такі речовини встановлено гранично допустимі концентрації

в атмосферному повітрі це не гарантує їх не потрапляння у навколишнє середовище [12-15].

Таблиця 1.1

Встановлені законодавством граничні значення для деяких забруднюючих речовин в Україні

| Забруднююча речовина | Період усереднення                | Граничний показник  |
|----------------------|-----------------------------------|---|
| SO <sub>2</sub>      | 1 година                          | 350мкг/м <sup>3</sup> , не повинне бути перевищене ніж в 24 рази на календарний рік   |
|                      | 24 години                         | 125мкг/м <sup>3</sup> , не повинне бути перевищене ніж в 3 рази на календарний рік  |
| NO <sub>2</sub>      | 1 година                          | 200мкг/м <sup>3</sup> , не повинне бути перевищене ніж в 18 разів на календарний рік  |
|                      | 1 рік                             | 40мкг/м <sup>3</sup>  |
| CO                   | Середньодобове 8-годинне значення | 10мкг/м <sup>3</sup>  |
| ТЧ <sub>10</sub>     | 1 день                            | 50мкг/м <sup>3</sup> , не повинне бути перевищене ніж в 35 разів на календарний рік   |
|                      | 1 рік                             | 40мкг/м <sup>3</sup>  |
| ТЧ <sub>2,5</sub>    | 1 рік                             | 25мкг/м <sup>3</sup>  |
| O <sub>3</sub>       | Середньодобове 8-годинне значення | 120мкг/м <sup>3</sup> , не повинне бути перевищене ніж в 25 разів на календарний рік; середнє значення вимірюється протягом 3 років |

Першочергове значення для оцінки ступеню впливу об'єктів підвищеної екологічної безпеки та визначення стратегії розвитку енергетики України являється екологічною проблемою номер один і відповідно ризику пов'язані з довготривалою експлуатацією ТЕС. Наразі стан генеруючого устаткування об'єктів теплової енергетики характеризується високим ступенем фізичного і морального зносу, а обладнання на багатьох теплових електричних станціях не відповідає сучасним екологічним вимогам [16]. Використання українськими ТЕС вугілля низької якості, неефективний ступінь очищення димових газів призводить до збільшення обсягів викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Станом натеper ТЕС також залишаються об'єктами критичної інфраструктури і є об'єктом для атак росії. Тому особливу увагу необхідно приділяти їх екологічному моніторингу.

### **1.1 Загальна характеристика золошлаковідвалів теплоелектростанцій в Україні**

Основна частина сучасної електроенергії виробляється на ТЕС, що становить майже 70% всієї електроенергії у нашій країні. Проте слід зауважити, що такі компоненти довкілля як атмосфера, гідросфера та літосфера зазнають забруднення від їх діяльності. Українські ТЕЦ є лідерами за кількістю викидів шкідливих речовин в атмосферу. Також не слід забувати про теплове забруднення від їх діяльності. На більшості теплових електростанціях з метою отримання пари для виробництва електроенергії використовується вугілля із зольністю 20,9-22,6%, яке в структурі палива складає 99,4%. Такий склад призводить до викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що є небезпечним для життя і здоров'я населення [17-20]. Особливо страждають міста-супутники та густо населені райони від складування золошлакових відходів, що утворюються в результаті виробничої діяльності ТЕС. Обсяги утворених золошлаків станом на 01 січня 2018 року склали понад 28 млн т відходів. При цьому щорічно відмічається поповнення близько 0,5 млн т, при цьому займаються значні території. Тому актуальним на цей час не лише для вчених-екологів, але і для фахівців суміжних галузей є поводження із золошлаками - промисловими відходами IV класу токсичності.

Під час згоряння твердих видів палива в топках ТЕС, формуються відходи у формі шлаку і золи, які відносять до великогабаритних відходів. Для ТЕС потужністю 1 МВт/добу спалює орієнтовно 10000 т вугілля, в той же час утворюється близько 2500-1000 т золи і шлаку, в залежності від типу вугілля та умов спалювання [12]. Шлак і зола являються продуктами високотемпературної (1300-1800°C) обробки мінеральної частини палива. Технологічний процес

влаштований у такий спосіб, що золу відділяють за допомогою води або іншої рідини в спеціальних бункерах і за допомогою додаткового обладнання транспортують до золовідвалу [12]. Шлаки – основний тип відходів, який утворюється в результаті спалювання вугілля. У випадку пилоподібного спалювання шлаки складають орієнтовно 10-25% від маси сформованої золи. Шлаки формуються в результаті спікання на колосниковій решітці окремих частинок за температури понад 900°C або під час охолодження мінеральної розплавленої частини палива за температури понад 1200°C [12]. При цьому шлаки гранулюють з використанням технології швидкого охолодження водою і видаляють у відвали гідравлічним або сухим способом разом із золою. Об'єм золошлакових відходів залежить від типу палива і складає у середньому: у мазуті 0,15-0,20%, в бурому вугіллі 10-15%, в кам'яному 3-40%, а в горючих сланцях – 50-80% [12]. Зола винесення представляє собою тонкодисперсний матеріал, який складається в основному із часток розміром 5-100 мкм. Хіміко-мінералогічний склад золи відповідає складу мінеральної частини палива, що спалюється. Зола являє собою глинисту обпалену речовину із включенням мілкодисперсних частинок кварцового піску [12]. У процесі випалення мінеральної частини палива дегідратується глиниста речовина й формуються низькоосновні силікати кальцію та алюмінати. Основним компонентом золи-унесення являється алюмосилікатна склоподібна фаза, що складає 40-65% від загальної маси й має вигляд частинок кулястої форми розміром до 0,1 мм. Також у золах можуть бути присутніми муліт і а-кварц, а при підвищеному вмісті  $Fe_2O_3$  також може бути присутнім – гематит [12]. У випадку, якщо мінеральна частина палива містить велику кількість карбонатів, то в золі формуються низькоосновні ферити кальцію й силікати, які можуть взаємодіяти з водою. Також у невеликих кількостях до складу золи входять наступні домішки: сульфати, сульфідні, вільні оксиди кальцію й магнію, й ін. Слід зауважити, що у золах часто міститься вуглець у формі різноманітних модифікацій коксових залишків. Для зол отриманих із кам'яного вугілля, коксові модифікації складають – 3-12%, причому незгорілих частинок у грубодисперсних фракціях золи більше, ніж у тонкодисперсних [12].

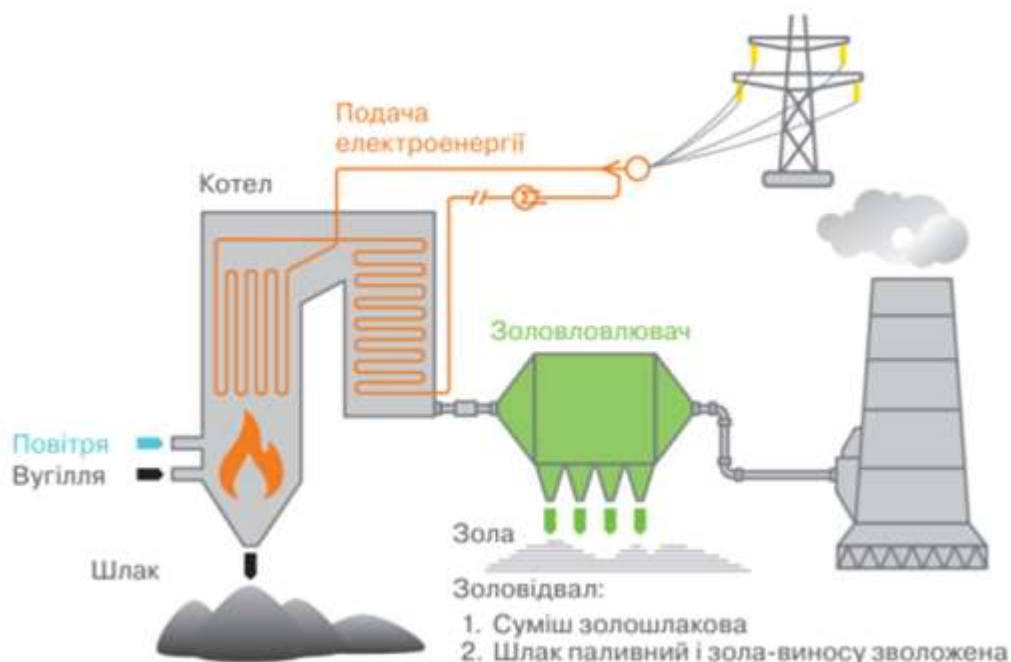


Рис. 1.1 – Схема утворення золошлакових відходів

Зола та шлаки в першу чергу токсичні речовини, до того ж до їх складу входять токсичності невідомі органічних токсикантів, важких металів і поліароматичних вуглеводнів [21-23]. За своїм хімічним складом золошлаки є складною сумішшю різних речовин, переважно мінеральних. Це зумовлено в першу чергу типом та складом палива, що використовується. Незалежно від типу та марки вугільного палива, що використовується на енергогенеруючих підприємствах, концентрація компонентів у ЗВ відрізняються в певних межах, але у більшості випадків основними з них є: кисневі сполуки кальцію, магнію, кремнію, алюмінію і заліза. Також невелика частина елементів присутня в ЗВ у вигляді сульфатів  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  та  $\text{FeSO}_4$  [3].

Таблиця 1.2

Усереднений хімічний склад мінеральної частини зола шлакових відходів деяких твердопаливних ТЕС (ТЕЦ)

| Підприємство теплоенергетики  | Мінеральні золошлакоутворюючі компоненти, мас % |                                |                                |           |     |                   |                  |                 |
|-------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|-----------|-----|-------------------|------------------|-----------------|
|                               | SiO <sub>2</sub>                                | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO       | MgO | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> |
| Старобешівська ТЕС            | 44-50   | 24 - 30                        | 8-6                            | 2,5 - 4,6 |     | —                 |                  | 1,2             |
| Миронівська ТЕС               | 67,8  | 19,8                           | 10,9                           | 5,5       |     | 2,8               |                  | 2,1 - 7         |
| Вуглегірська ТЕС              | 16,7  | 40,6                           | 23,0                           | 8,4       |     | —                 |                  | 0,02            |
| Краматорська ТЕЦ              | 49,4  | 22,5                           | 17,1                           | 10,05     |     | —                 |                  | —               |
| Бурштинська ТЕС               | 48,6  | 23,3                           | 15,3                           | 4,4       | 2,2 | 0,5               | 1,6              | 0,47            |
| Кларковий вміст в земній корі | 55,3  | 14,3                           | 6,7                            | 4,8       | 3,3 | 3,2               | 3,1              | —               |

У таблиці 1.2 наведено усереднений хімічний склад мінеральної частини золошлаків певних твердопаливних українських ТЕС. Згідно з таблицею основну масу ЗВ в середньому складають оксид кремнію – 45-60%, оксид кальцію – 2.5-9,6%, оксид заліза – 4,1-10,6%, оксид магнію – 0,5-4,8%, оксид алюмінію – 10,1-21,8% і триоксид сірки – 0,03-2,7% [23]. Звісно, із урахуванням сьогодення та ураження ТЕС внаслідок ракетних атак рф дані можуть дещо різнитися. Якісний хімічний склад ЗВ доволі близький до складу осадових порід, і, це звісно, викликає сумнів щодо небезпечності золошлаків. Але, слід зауважити, що вміст деяких компонентів ЗВ може суттєво перебільшувати їх концентрації в земній корі. Так, наприклад, вміст MgO в золошлаках може бути вище кларкового значення в 2-3 рази, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в 2 рази, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – в 1,5-3 рази, CaO – в 4-12 разів тому зберігання таких відходів в природних умовах може призвести до порушення існуючого екологічного балансу [23].

Негативний вплив зола відвалів на довкілля пояснюється розсіюванням накопиченої золи вітром, проникненням забруднених вод у товщу ґрунтів і тим

самим попадання у підземні водні горизонти, а також в результаті передбачених технологічних або аварійних скидів освітлених вод, які можуть відбуватися під час мокрого золовидалення на енергоблоках ТЕЦ. Також, слід зауважити, що поступово погіршується санітарно-гігієнічна обстановка прилеглих територій через пиління золи, а на прилеглих територіях, зменшується виробничий ресурс машин, механізмів. Також відмічається погіршення якості сільськогосподарської продукції, при цьому сучасні золовідвали теплових електричних станцій є відповідними гідротехнічними спорудами, аварія яких, може призвести до тяжких наслідків не тільки для станції, але і для багатьох об'єктів національного господарства і населених пунктів, розташованих поблизу відвалу.

Процес спалювання твердих видів палива в топках теплових електростанцій супроводжується утворенням золи у вигляді пилу, залишків і кусковий шлак, а також золошлакової суміші. Це, звісно, продукти високотемпературної (1200-1700°C) обробки мінеральної частини палива. Зола являє собою обпечену глинисту речовину з включенням дисперсних частинок кварцового піску. Технологічний процес транспортування золи до золовідвалу супроводжується пилінням, а тому потребує додаткового пилопригнічення. Застосування таких технологій додатково збільшує обсяги виходу золи. Дослідження вчених показали, що зола, яка потрапляє в атмосферу, на 60-70% складається з частинок менш 0,005 мм, а та, що уловлюється газоочисними апаратами, значно крупніше. Гранулометричний склад золи та золошлаків, що надходить у систему очищення, неоднорідний і змінюється в широких межах: від 0,255 мм і менше – для золи і від 10 мм і більше – для шлаків. За своїм гранулометричним складом зола енергогенеруючих підприємств належить до пилуватих фракцій, оскільки, в ній превалюють частки розміром 0,1 мм. Так, наприклад, результати дослідження золошлаків Трипільської ТЕЦ за вмістом органічних та мінеральних частинок представлені в таблиці 1.3. Хоча, станом на тепер, Трипільська ТЕС знищена, вклад у забруднення навколишнього природного середовища від її діяльності продовжує залишатися досить значним.

Таблиця 1.3

## Показники золошлаків Трипільської ТЕС

| Показники | pH  | Волога, % | частинки, % | орг. частинки, % |
|-----------|-----|-----------|-------------|------------------|
| Золошлак  | 8,3 | 5,5       | 91,98       | 8,02             |

З таблиці 1.3 встановлено, що золошлакова суміш з місця видалення основних промислових відходів Трипільської ТЕС характеризується лужним рН, відносно невеликою вологістю, а основну масу їх складають мінералізовані компоненти. Проте відчутний відсоток органічних сполук в золошлаковій суміші свідчить, що про неповне спалювання вугілля. Хімічний склад (основні компоненти у перерахунку на суху речовину) мінеральних частинок золошлаку становить: CaO+MgO до 10%, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O до 1,4%, SiO<sub>2</sub> – 38-42%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 20-25%, що за умови позбавлення золи від залишкового вуглецю, робить її цінною будівельною сировиною, тим самим золовідвал ТЕС може використовуватися як родовище будівельних матеріалів. Наявність у переважній більшості у гранулометричному складі золи пиловатих фракцій внаслідок вітрової ерозії робить золовідвал Трипільської ТЕС потужним джерелом викидів пилу. Це підтверджено дослідженнями стану довкілля на прилеглих до золовідвалу територіях [24-27].

На території України (станом до 24.02.2022 року) нараховувалось 25 потужних теплоелектростанцій (ТЕС) та велика кількість котелень в усіх областях країни, теплоелектроцентралей (ТЕЦ) і інших підприємств цієї галузі. Статистичні дані встановлюють факт продукування близько 30 млн т золошлакових відходів, які є для нашої країни значною екологічною проблемою. Для порівняння у світі щорічно утворюється близько 700 млн т золошлакових відходів.

Під час спалювання твердих видів палива в топках теплових електростанцій утворюються відходи у вигляді шлаку і золи. Їх відносять до групи великотоннажних відходів. Так, наприклад, теплова електростанція потужністю 1 млн кВт/добу спалює близько 10000 т вугілля, при цьому утворюється близько

1000 т золи і шлаку. Вони є продуктами високотемпературної (1700-2000°C) обробки мінеральної частини палива. Золю уловлюють за допомогою води в спеціальних бункерах і видаляють у вигляді пульпи гідротранспортом в золовідвали. Шлаки гранулюють шляхом швидкого охолодження водою і видаляють у відвали сухим або гідравлічним способом разом із золою. Якщо говорити про відсоткове відношення, то вихід золошлакових відходів залежить від виду палива і складає: в бурому вугіллі 10-15%, в кам'яному 3-40%, в горючих сланцях 50-80%, в мазуті 0,15-0,20%.

Як зазначалося вище, близько 30 млн тонн золошлакових відходів потребують розміщення та зберігання, що у свою чергу супроводжується низкою вкрай негативних наслідків для довкілля та здоров'я людини. Обсяги вже накопичених відходів вимірюються сотнями мільйонів тонн, на які відводяться велетенські площі земель. При цьому майже всі золошлаковідвали українських вугільних ТЕС та ТЕЦ вже майже заповнені, а можливості їх розширювати немає через те, що потрібні нові території [28-32].

За поточних темпів утворення цих відходів можливості для їх зберігання будуть остаточно вичерпані вже за 5-7 років на переважній більшості підприємств. А тому, нагальним для вирішення є питання перероблення золошлаків із залученням сучасних світових технологій.

## **1.2 Особливості золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»**

Місце видалення відходів (далі – МВВ) ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» знаходиться по вул. Здолбунівській в Дарницькому районі м. Києва. Золовідвал організований у природній зниженій місцевості (територія відведена на місці кар'єру, де раніше частково здійснювалася виїмка піщаного ґрунту для потреб міста). Нині площа складає 138951 м<sup>2</sup>. МВВ експлуатується з 1959 року.

МВВ представляє собою технічну водойму, заповнену золошлаковою сумішшю, відкрите, заглиблене в землю, наливне, неглибокого залягання, донний ізоляційний екран – відсутній, золошлаковідвал огорожений дамбою, первинна

дамба з намивного піску та суглинку, дамба нарощування – золошлак, довжина нарощувальної дамби – 308,86 м, ширина гребня первинної дамби – 5,16 м. Під'їзні шляхи з твердим покриттям. Територія золовідвалу по всьому периметру огорожена бетонними та металевими конструкціями [33-43].

МВВ знаходиться за 4 км від гирла р. Дніпра. Підземні води зустрічаються на глибині 5,5 м. Зона аерації представлена супіссю мулистою потужністю 1,0 м, піском дрібнозернистим – 1,0-5,5 м.

МВВ розбито на дві секції, на секції №1 та №2 почергово монтується та працює зрошувальна система, схема розташування якої представлена на рис. 1.1, підтвердженням дієздатності цієї системи є відповідні фото, що представлені на рис. 1.2 та рис. 1.3. Також зволоження золошлакової суміші здійснюється за допомогою ручного поливання з рукавного трубопроводу (рис. 1.4) та поливо-миючої машини. Крім того, поливо-миючою машиною при необхідності здійснюється поливання дамби (рис. 1.5) спорудженої по периметру золонакопичувача.

Для запобігання зміни рівня підземних вод на прилеглий до золовідвалу території, запобігання виходу кривої дисперсії на низовий укіс огорожувальної дамби та забезпечення стійкості дамби, в основі огорожувальної дамби була влаштована колекторно-дренажна мережа. Дренаж влаштований по периметру золовідвалу на глибині 3-4 м.

Колекторно-дренажна мережа виконана з поліетиленових дренажних труб ДСТУ Б В.2.7-35.2007 діаметром 200 мм, 300 мм, 400 мм в обмотці геотекстильним полотном в один шар і фільтровою обсіпкою із щебню фракції 5-10 мм. Загальна довжина колекторно-дренажної мережі складає 1639 м, а саме: діаметр 200 мм – 982 м, діаметр 300 мм – 272,47 м, діаметр 400 мм – 384,53 м.

Для спостереження за роботою дренажу влаштовані оглядові і потаємні колодязі із збірних залізобетонних елементів [44].

Випуск дренажних вод виконано з поліетиленових труб діаметром 500 мм. Вихідний оголовок випуску виконаний підпірною сіткою із бетону й збірних

залізобетонних лотків. Відведення дренажних вод відбувається в меліоративний канал.

На МВВ проводиться моніторинг стану навколишнього природного середовища (таблиця 1.3).

Систематичний контроль за станом підземних вод території золовідвалу проводиться співробітниками ТЕЦ по відомчій мережі режимних свердловин. Стаціонарні спостереження проводяться по 3-х режимних свердловинах. Здійснюється контроль за коливаннями рівнів поверхні ґрунтових вод, визначення вмісту забруднюючих речовин та токсичної дії.

Відбір проб води для хімічного аналізу проводиться за допомогою пробовідбірників. При цьому обов'язковою умовою є механічне або ручне прокачування свердловин з витягом не менш двох обсягів води, що втримується в стовбурі.

Проби відбираються два рази на рік у періоди, що характеризуються високим і низьким стоянням рівня підземних вод. Найбільш зручним для цих замірів є період весняного або осіннього максимумів рівня й період передвесняного мінімуму. Така частота достатня для встановлення факту забруднення як по площі, так і в розрізі. Відбір проб може бути скорочений до одного разу в рік при незначних сезонних змінах у режимі хімічного складу й вмісту забруднюючих компонентів або відсутності останніх. При виявленні в пробах підземних вод забруднюючих речовин на рівні вище гранично допустимих концентрацій частота відбору проб збільшується до 4 разів у рік.

Спостереження можуть проводитися щокварталу або в характерні в режимі періоди підземних вод (мінімальний передвесняний і літньо-осінній та максимальний весняний й осінній рівні). По відібраних пробах виконується повний хімічний аналіз води з визначенням сольового складу, біогенних елементів, а також забруднюючих речовин токсичної дії [45].

Контроль за якістю поверхневих і скидних вод у районі ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» і його золовідвалу здійснюється атестованою центральною лабораторією хімічного цеху підприємства. Вода контролюється за

гідрофізичними показниками, сольовим складом, загальними показниками якості води та забруднюючими речовинами токсичної дії.

До числа спеціальних екологічних досліджень належать дослідження з оцінки еколого-токсикологічної й радіоекологічної ситуацій (важкі метали, СПАР) у водних об'єктах.

Контроль за станом ґрунтів у районах розміщення місць зберігання відходів ТЕЦ (золовідвал) проводяться із залученням спеціалізованої організації відповідно до затвердженого графіка. Графік відбору проб і обсяг проведення контролю затверджується санітарними й екологічними службами м. Києва.

Оцінка забруднення ґрунтів виконується шляхом зіставлення фактично спостережуваних концентрацій речовин токсичної дії з їх ГДК у ґрунті й фоновими концентраціями.



Рис. 1.2 – Схема зволоження золошлаків на секції №1



Рис. 1.3 – Робота зрошувальної системи на секції №1



Рис. 1.4 – Робота зрошувальної системи на секції №1



Рис. 1.5. – Схема зволоження золошлаків на секції №2



Рис. 1.6 – Насипна дамба золонакопичувача

Таблиця 1.4

## План-графік проведення екологічного моніторингу стану навколишнього середовища на діючому золівідвалі

| Компонент навколишнього середовища   | Забруднююча речовина (ГДК)  | Періодичність контролю  | Кількість контрольних точок, місце відбору проб   | Застосовані нормативні документи (НД)     |
|--------------------------------------|---|---|---|---|
| 1                                    | 2   | 3   | 4   | 5   |
| 1. Атмосферне повітря                | Оксиди азоту (0,2 мг/м <sup>3</sup> ), оксиди вуглецю (5 мг/м <sup>3</sup> ), діоксид сірки (0,5 мг/м <sup>3</sup> ), пил (0,5 мг/м <sup>3</sup> ). | 1 раз на місяць в період з березня по листопад.<br>У січні, лютому та грудні заміри не виконуються, температура повітря повинна бути не нижча 0°C). | 1. Повітря в житловій забудові на межі впливу золівідвалу (згідно СЗЗ на відстані 150 м) вул. Здолбунівська (південному напрямлені вітру).<br>2. Повітря в житловій забудові на межі впливу золівідвалу (згідно СЗЗ на відстані 150 м) вул. Драгоманова, 1М (південно-східному напрямлені вітру).<br>3. Повітря в житловій забудові на межі впливу золівідвалу (згідно СЗЗ на відстані 150 м) вул. Любарська, 31 (південно-західному напрямлені вітру). | ДСТУ 17.2.3.01-86                         |
| 2. Ґрунт                             | Свинець (32 мг/кг), цинк (23 мг/кг), мідь (3,0 мг/кг) (Pb, Zn, Cu).   | 3 рази на рік (в 5, 7, 10 місяцях).   | Три проби, відібрані по головному напрямленню «рози вітрів», на південно-західному та північно-східному кордонах СЗЗ  | ДсанПіН 2.2.7.029-99<br>ГОСТ 17.4.4.02-84 |
| 3. Підземні води                     | Лужність, рН, жорсткість, хлориди, сульфати, нафтопродукти, мінералізація, двоокис вуглецю, кальцій, азот амонієвий.                                | 2 рази на рік.  | 3 спостережних свердловини  | ДсанПіН 22.4.171-10                       |
| 3.1. Заміри рівня води в свердловині | -   | 1 раз на місяць.  | 3 спостережні свердловини   | ДсанПіН 42-123-4089-86                    |

Продовження таблиці 1.4

| Компонент навколишнього середовища | Забруднююча речовина (ГДК)  | Періодичність контролю | Кількість контрольних точок, місце відбору проб  | Застосовані нормативні документи (НД)                                |
|------------------------------------|---|------------------------|--|--|
| 1                                  | 2   | 3                      | 4  | 5  |
| 3.2. Рівень токсичності            | <b>Важкі метали:</b><br>Залізо, алюміній, магній, мідь, цинк, свинець, нікель та оксид фосфору, % - органічні речовини, % - мінеральні речовини, СПАВ.  | 2 рази на рік          | 3 спостережні свердловини  | ДсанПіН 2.2.4.171-10   |
| 4. Поверхневі води                 | Сульфати, хлориди, фосфати, сухий залишок, рН, нафтопродукти, залізо, азот амонієвий, завислі речовини, БСК <sub>п</sub> , БСК <sub>5</sub> , ХСК, розчинений кисень (O <sub>2</sub> ), нітрати, нітрити. | 1 раз на місяць        | Шахтний колодязь<br>Випуск №3, або<br>Шахтний колодязь<br>Випуск №4                              | ГДС<br>«Графік аналітичного контролю за скидами»                     |
|                                    | Важкі метали:<br>Залізо, алюміній, магній, мідь, цинк, свинець, нікель та оксид фосфору, % - органічні речовини, % - мінеральні речовини, СПАВ.   | 1 раз на місяць        | Шахтний колодязь<br>Випуску №3<br>Випуск №3, або<br>Шахтний колодязь<br>Випуску №4,<br>Випуск №4 | СанПіН 4630-88   |
| 5. Колекторно-дренажна мережа      | Контроль за осадах тіла дамби, рівень води  | 1 раз на місяць        | Секція №1, 4 контрольний створ (4 п'езометра),<br>Секція №2, 4 контрольний створ (3 п'езометра). | Техніко-економічне обґрунтування<br>«Реконструкція золовідвалу» ОВНС |

### 1.3 Порівняльна характеристика сучасних проблем золошлаковідвалів ТЕЦ України та світу

Основним компонентом навколишнього природного середовища, що зазнає забруднень є звісно атмосферне повітря, яке забруднюється переважно промисловими викидами від крупних підприємств. Основними шкідливими речовинами є переважно оксиди сірки, азоту, вуглецю, важкі метали, вуглеводні, частинки пилу.

Звісно, із урахуванням відсутності сучасних технологічних процесів, одними з основних джерел забруднення атмосфери є об'єкти паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), а саме теплові електростанції (ТЕС) та теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що спалюють тверде паливо. Враховуючи кліматичні умови та інші фактори, такі як, наприклад, відсутність енергозберігаючих технологій, в останні роки в Україні зросло споживання електричної і теплової енергії, що призвело до збільшення обсягів спалювання твердого палива. До того ж внаслідок захоплення росією частини територій України та окупації деяких ТЕЦ і ТЕС, навантаження на інші зросло в рази. Це призводить до збільшення кількості твердих відходів, складованих у золовідвалах. Як відомо, в Україні щорічно накопичується до 30 млн т золошлакових відходів, які у свою чергу займають площу більше 22 тис га. ТЕЦ потужністю 1 млн кіловат спалює приблизно 10000 тон вугілля. Це призводить до утворення 1000 тон шлаку і золи (при зольності 10%). Математичні розрахунки підтверджують, що для захоронення такої кількості відходів маючи відвал золи не більше 8 метрів необхідно близько 1 га площ. Так, наприклад, за даними [46-50] на території Ладизинської ТЕС (м. Ладизин, Вінницька обл.) щорічно утворюється близько 500 тис т золошлаків і нині накопичилось біля 30 млн т золошлакової суміші висотою 35 м і загальною площею 120 га.

Варто зазначити також, що в країнах Європейського Союзу утилізується більше 92% таких відходів, в той час як в Україні ця кількість є значно нижчою і знаходиться в межах 15-30%.

Збитки, які завдаються навколишньому природному середовищу внаслідок діяльності ТЕС та від місць зберігання золошлакових відходів підприємств теплоенергетики, що відбувається за рахунок запилення сухої золи на надводних пляжах та фільтрацію забруднених вод через слабо екрановане ложе золовідвалу, призводить до негативних незворотних наслідків. Внаслідок обміління водойм з золою, спостерігається її вихід на поверхню і розповсюдження повітрям.

Золовідвали ТЕС (ТЕЦ) являють собою спеціальні, призначені для зберігання золошлакових відходів (ЗВ), гідротехнічні споруди, територія яких обмежена огорожувальними дамбами і рельєфом місцевості. З метою транспортування ЗВ з території електростанцій в золовідвали технологічним процесом передбачено застосування системи гідрозоловидалення. Такі системи транспортують в золовідвали змішані з водою золошлаки у вигляді пульпи по трубопроводу. Утворена пульпа, відстоюється в ставках-відстійниках на території золовідвалу, розділяється на освітлену воду і осаджені тверді дрібні частинки. У технологічному процесі роботи золовідвалів постійно відбувається такі процеси. По-перше, це випаровування води з формуванням на території золовідвалу так званих "пляжів" – сухих ділянок із пиловими частинками ЗВ під дією вітру. По-друге, процес інфільтрації води (освітленої або навіть частково неочищеної) з потраплянням розчинених форм токсичних компонентів золошлаків в ґрунтові води і водойми, що знаходяться за межами золовідвалів [51-58]. Фізичні бар'єри-огороження не дають змогу ізолювати золовідвали від їх негативного впливу на навколишнє природне середовище. Шкідливі речовини, які входять до складу золошлаків і про які говорилося вище, можуть мігрувати з поверхні золовідвалу через повітряне і водне середовища та забруднювати приземний шар атмосфери, ґрунт, підземні і поверхневі води районів, що розташовані на відстані до декількох кілометрів від накопичувача відходів. Випадки скарг від такого забруднення постійно фіксуються органами влади великих міст. Здатність токсичних речовин поширюватись трофічними ланцюгами призводить до деградації біосистеми (рослинного і тваринного світу, гідробіонтів) та негативно впливати на здоров'я людини (через воду, повітря, їжу). На рис 1.7 наведено

схему взаємодії золошлаконакопичувачів із навколишнім природним середовищем [59].

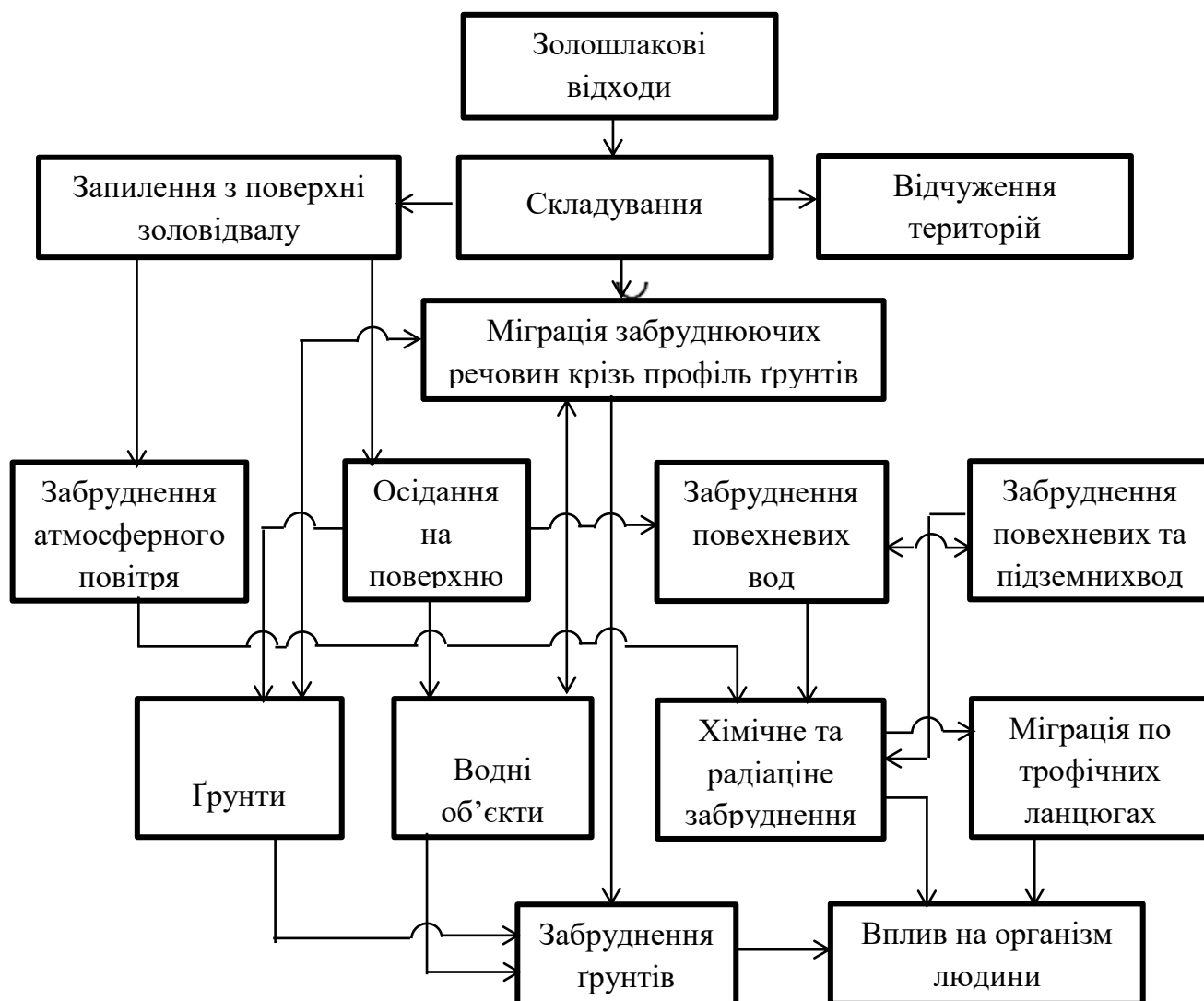


Рис. 1.7 – Схема впливу зберігання місць видалення відходів на довкілля

З наведеної схеми видно, що майже всі компоненти навколишнього природного середовища зазнають негативного впливу золовідвалів.

Для того, щоб точно знати властивості золошлакових відходів, необхідно дослідити мінералогічний, елементний, оксидний і радіонуклідний склад відходів, структуру їх поверхні, сорбційну і гідравлічну активності, поведінку мінералів під час нагрівання. Шлаки та зола доволі токсичні, їх токсичність складається з токсичності поліароматичних вуглеводнів (в основному бенз(а)пірену), важких металів і неопізнаних органічних токсикантів [59]. Якщо звернутися до хімічного

складу золошлакових відходів (ЗВ), то можна сказати, що вони представляють собою складну суміш різних, переважно мінеральних, речовин. Вміст різних хімічних сполук в ЗВ залежить від складу палива. Для об'єктів ПЕК України, які в технологічному процесі використовували та використовують вугільне паливо різних марок, концентрації компонентів у ЗВ варіюються в певних межах, але у всіх випадках основними золошлакоутворюючими компонентами є кисневі сполуки кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, магнію. Незначна частка елементів присутня в ЗВ у вигляді сульфатів  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  та  $\text{FeSO}_4$ . У табл. 1.5 наведено усереднений хімічний склад мінеральної частини ЗВ деяких твердопаливних ТЕС (ТЕЦ) України [59, 60-64]. Згідно [65] основну масу (96-98%) ЗВ в середньому складає оксид кремнію – 45-60%, оксид кальцію – 2,5-9,6%, оксид магнію – 0,5-4,8%, оксид заліза – 4,1-10,6%, оксид алюмінію – 10,1-21,8% і триоксид сірки – 0,03-2,7%.

Таблиця 1.5

Усереднений хімічний склад мінеральної частини золошлакових відходів деяких твердопаливних ТЕС (ТЕЦ)\*

| Підприємства теплоенергетики         | Мінеральні золошлакоутворюючі компоненти, мас % |                |                         |              |              |                       |                      |               |
|--------------------------------------|---|----------------|-------------------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|---------------|
|                                      | $\text{SiO}_2$                                  | $\text{FIO}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{CaO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{Na}_2\text{O}$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{SO}_3$ |
| Сіарсбешівська ТЕС                   | 44-50   | 24-30          | 8-6                     | 2,5-4,6      |              | -                     |                      | 1,2           |
| Миронівська ТЕС                      | 67,8  | 19,8           | 10,9                    | 5,5          |              | 2,8                   |                      | 2,1-7         |
| Вуглегірська ТЕС                     | 16,7  | 40,6           | 23,0                    | 8,4          |              | -                     |                      | 0,02          |
| Краматорська ТЕЦ                     | 49,4  | 22,5           | 17,1                    | 10,05        |              | -                     |                      |               |
| Бурштинська ТЕС                      | 48,6  | 23,3           | 15,3                    | 4,4          | 2,2          | 0,5                   | 1,6                  | 0,47          |
| <i>Кварковий вміст в земній корі</i> | 55,3  | 14,3           | 6,7                     | 4,8          | 3,3          | 3,2                   | 3,1                  | -             |

\*Дані, наведені в таблиці, сформовані станом до 24.02.2022 року.

Вміст оксиду кальцію ( $\text{CaO}$ ) в ЗВ може бути вище кларкового значення в 4-12 разів, оксиду алюмінію ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) в 2 рази, оксиду заліза ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – в 1,5-3 рази, оксиду магнію ( $\text{MgO}$ ) – в 2-3 рази, тому зберігання таких відходів в природних умовах може призвести до порушення сформованого екологічного балансу.

Слід зазначити, що золошлаки сильно відрізняються від осадових порід за своїм фазово-мінералогічним складом: вони складаються з аморфно-склоподібної речовини (утвореної силікатами, алюмосилікатами, фєроалюмосилікатів, ряду вільних оксидів) і ряду кристалічних сполук (кварцу, мулітами, гематиту, феритів, магнезитів та інших мінералів). Серед компонентів обох мінеральних фаз є речовини, які представляють реальну загрозу для здоров'я людини і тварин. Встановлено, що скляно-силікатний пил негативно впливає на легенево-дихальну систему, оксид кальцію у вигляді пилу подразнює слизові оболонки, а за умови потрапляння у водне середовище робить його агресивним, змінюючи рН середовища [66].

Найбільш небезпечні кристали кварцу і муліту, що викликають фіброзні зміни в легеневій тканині. Слід зазначити, що неорганічний пил, який містить кварц, віднесено до шкідливих речовин III класу безпеки. Для цієї речовини значення середньодобової гранично допустимої концентрації (ГДК) в атмосферному повітрі становить 0,05-0,15 мг/м<sup>3</sup> (в залежності від вмісту SiO<sub>2</sub> в пилу). Практично всі небезпечні мінеральні макрокомпоненти ЗВ (силікати, кварц, муліт) мають акумулятивний ефект ти самим підсилюючи їх негативну дію. Крім перерахованих низки шкідливих речовин-макрокомпонентів ЗВ в золошлаках також міститься велика кількість мікроелементів, що відносяться до I-III класів безпеки. Але концентрація окремих токсичних мікроелементів в ЗВ може істотно перевищувати їх кларкове значення в земній корі і перевершувати встановлений для них санітарними нормативами рівень ГДК в ґрунті. Такі елементи-домішки отримали назву потенційно токсичних мікроелементів. В основному до них відносять важкі метали, серед яких є і радіоактивні елементи (торій, уран тощо). Найчастіше в складі ЗВ вугільних ТЕС (ТЕЦ) України присутні такі потенційно токсичні мікроелементи, як свинець, мідь, цинк, кадмій, хром, нікель та ін. [66]. За показниками вмісту цих небезпечних речовин в ґрунті, рівень може в деяких окремих випадках перевищувати показники ГДК. Це зумовлено виключно маркою вугілля, що використовується тепловою електростанцією. Проте шкідливий вплив залишається у будь-якому випадку.

Окрім важких металів відмічена наявність радіонуклідів у складі зола шлакових відходів.

Вміст радіонуклідів в золі та шлаках ТЕС (ТЕЦ) також негативно впливає на довкілля і людину, а тому потребує визначення. Цей показник залежить виключно від особливостей вугілля та технології спалювання. Технологія спалювання вугілля в циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ) дозволяє істотно поліпшити економічні і екологічні показники котлоагрегатів. В табл. 3.1 показано вміст природних радіонуклідів в золошлаковій суміші ТЕС, що утворюються під час різних способів спалювання енергоносіїв [63]. Як видно з таблиці, концентрація радіонуклідів в золі котлів ЦКШ значно вище, ніж за інших технологій спалювання вугілля. Дослідження [67] щодо хімічного складу золовідвалу Зміївської ТЕС показали наявність  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , але рівень радіоактивності золи був в 4-5 разів нижче гранично допустимої концентрації для ґрунту. Звісно, в навколишньому природному середовищі спостерігається наявність так званих природних радіонуклідів, проте перевищення їх концентрації зможе призвести до опромінення людини. Тому питання накопичення радіонуклідів у золошлакових відходах продовжує залишатися актуальним.

Ще однією проблемою енергогенеруючих підприємств є їх неефективна робота. Однією з причин такого феномену є різниця між витратами на виробництво енергії і встановленим тарифами. Собівартість теплової енергії охоплює понад 55% – це вартість природного газу, близько 15% становить вартість електроенергії і 8% – води [68-70]. Тарифи встановлює Національна комісія регулювання електроенергетики України (НКРЕ) відповідно до технологічних та економічних показників підприємств, які надають послуги з централізованого опалення, виробництва електроенергії та постачання води [71-75]. Тариф є сегментованим в залежності від споживача. Так, бюджетні та комерційні споживачі сплачують ринкову вартість, а населення та релігійні організації мають тариф у 2,5 рази менший – це призводить до того, що одні споживачі вимушені переплачувати за інших. Наявні механізми формування

тарифів у галузі енергопостачання забезпечують умови гарантованого отримання коштів програмами субсидування і дотування.

Подібна тенденція спостерігається і з тарифом на гаряче водопостачання. Більшість теплоелектростанцій України, зокрема ТЕЦ, були побудовані десятки років тому. В той час промисловість не була орієнтована на охорону довкілля та мінімізування негативного впливу від діяльності ТЕЦ на нього, а тому не піддавалося контролю кількість шкідливих викидів, відповідно, не було сіркоочисних і азотоочисних установок. Для очищення від надмірної концентрації шкідливих викидів використовувалися лише електрофільтри і пиловіловлювачі, а відсутність установок очищення димових газів від оксидів сірки і азоту призвело до концентрації викидів  $8000 \text{ мг/м}^3$  і  $2000 \text{ мг/м}^3$  відповідно. Якщо дослідити вимоги до забруднення атмосферного повітря в європейських країнах стане очевидним, що є значний негативний вплив на навколишнє середовище.

Якість надання послуг ТЕЦ з теплопостачання можна оцінити за кількісними і якісними показниками. До кількісних показників належить безперебійність та своєчасність подання води (гарячої і холодної) та централізованого опалення, якісними показниками є температура повітря в житлових приміщеннях, склад, властивості і температура води, що відповідають нормативним вимогам. За оцінкою експертів, споживачі цього виду послуг незадоволені рівнем якості. Тому, враховуючи багатокomпонентність питання неефективного функціонування ТЕЦ та ТЕС, вони потребують реорганізації та модернізації, що у свою чергу впливає на забезпечення екологічної безпеки, як окремих територій так і регіону в цілому. Звісно, існують деякі плани виведення з критичного стану підприємства енергогенеруючої галузі, проте всі вони потребують капіталовкладень і в першу чергу у питанні негативного впливу на навколишнє природне середовище. Потрібно, в першу чергу, повне оновлення застарілого обладнання і введення новітнього; застосування реінжинірингу бізнес-процесів ТЕЦ, а також оновлення обладнання до сучасних потреб ТЕЦ.

Українська галузь теплопостачання потребує повної заміни застарілого обладнання новим, залучення масштабних капіталовкладень, не лише в

технологічні, але й в інтелектуальні напрями, що є фінансово складним для держави. Важливе значення не лише для виходу із кризи, але й розвитку вітчизняної ТЕЦ має практичне застосування реінжинірингу бізнес-процесів як сучасного високоефективного напрямку менеджменту. Реалізація проєктів реінжинірингу на підприємствах теплової електроенергетики дасть можливість ідентифікувати ключові бізнес-процеси, виявити найпроблемніші бізнес-процеси та забезпечить проєкт нових або комплексне чи часткове (залежно від поставлених цілей та мети) перепроєктування чинних об'єктів теплової енергетики, їхніх потужностей та систем, що значно підвищить показники ефективності діяльності ТЕЦ [76-80].

Світовий досвід експлуатації та ТЕЦ: з 2019 року обсяг генерації електроенергії у світі на вугільних електростанціях зменшився на 3%. Ця цифра стала рекордною за останні 30 років.

З 2015 року скоротилося на 84% будівництво нових вугільних електростанцій загалом. Натомість на перший план вийшла вітрова та сонячна енергетика.

За результатами дослідження авторитетної аналітичної організації BloombergNEF (BNEF) за останній рік собівартість електроенергії (LCOE) для вітроенергетичних і промислових фотоелектричних систем впала на 9% і 4%. Зараз вона становить 44 доларів США і 50 доларів США за МВт/\*год відповідно.

Досить широко у світі застосовують альтернативні джерела енергії. Так, наприклад, країни Близького Сходу переходять до сонячної та вітрової енергії. Звісно, такі джерела енергії є максимально безпечними як для довкілля так і для населення, оскільки повністю відсутні викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. До того ж компанії-гіганти досить інтенсивно інвестують великі кошти у розвиток альтернативної енергетики. На Сході компанія PetroChina планує інвестувати у будівництво сонячних, вітрових, геотермальних електростанцій, а також у виробництво водню 38 млрд доларів.

## 1.4 Постановка проблеми

Зараз досить актуальною для вирішення є проблеми забруднення навколишнього природного середовища навколо ТЕЦ і безпосередньо золовідвалів. Особливо це стосується тих об'єктів, що функціонують в межах міст з досить інтенсивною та щільною забудовою.

Сучасний стан діяльності теплоелектроцентралей показує, що негайної реконструкції та модернізації потребує технічне забезпечення галузі, адже основними проблемами системи теплоенергетичної галузі є:

- технічне забезпечення та рівень зношення основних фондів, не вводиться нове устаткування ТЕЦ і котельні, а старе практично відпрацювало свій технічний ресурс і потребує заміни;
- незадовільний фінансовий стан підприємств;
- неефективна структура паливного балансу, в якому більша частина належить природному газу;
- низький ККД установок, які виробляють тепло та значні втрати під час транспортування теплової енергії;
- неефективне споживання теплової енергії, особливо у житлово-комунальній сфері;
- низький рівень якості послуг з теплопостачання населення;
- несприятливий інвестиційний клімат та негативний вплив на довкілля [1].

Тому актуальною до вирішення є проблема моніторингу місць видалення відходів (золовідвалів) у тому числі із застосуванням безпілотних літальних апаратів, що дає можливість підвищити рівень достовірності отриманих даних, а також сформувати базу даних для подальшого прогнозування та прийняття стратегічних рішень.

## 1.5 Висновки до розділу 1

За результатами теоретичного аналізу існуючих літературних джерел було встановлено, що останнім часом в Україні зростає споживання електричної і теплової енергії, що зумовлює зростання обсягів спалювання твердого палива.

В Україні щорічно накопичується більше 7 млн т золошлакових відходів, які займають площу більшу за 20 тис га. Через відсутність сучасних технологій проблема збільшення територій золовідвалів, а відтак і їх екологічної небезпеки постійно зростає. Світовий досвід передових країн показує, що повна відмова від використання твердопаливних агрегатів на ТЕС сприяє покращенню екологічної обстановки навколо енергогенеруючих підприємств та відповідно обстановку в регіонах. Варто також сказати, що у європейських країнах утилізується більше 90% золошлаків, на відміну від України, де ця кількість являється набагато нижчою – менше 15%.

Тому, досліджувана в дисертаційній роботі тема на прикладі Дарницької ТЕЦ ТОВ «СВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» дасть можливість визначити параметри екологічного моніторингу золошлаконакопичувачів з метою формування управлінських рішень, спрямованих на підвищення рівня екологічної безпеки в місцях розташування даних об'єктів.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Поняття методологія наукового дослідження включає в себе сукупність принципів, засобів, методів і форм організації та здійснення наукового пізнання поставленої проблеми.

Методологія наділена інструментарієм дослідження, до якого відносять: принципи формування та проведення наукового дослідження; різноманітні методи наукового дослідження та шляхи його проведення; понятійно-категоріальне обґрунтування наукового дослідження, у тому числі: актуальність, постановка проблеми, об'єкт, предмет, мета, завдання, наукова новизна, цінність, теоретична і практична значущість.

Усі складові компоненти наукового дослідження складають основу методологічного апарату і в цілому являють собою інструментарій направленої пізнання об'єктів, явищ і процесів [81].

Під час проведення досліджень використовувались загальнонаукові методи (аналізу, узагальнення, абстрагування, синтезу), методи математичної статистики, кореляційного і регресійного аналізу, із застосуванням програм Microsoft Excel та Statistika. Базою даних для теоретичних і аналітичних досліджень були матеріали вітчизняних та зарубіжних вчених з питань екологічного моніторингу, технологій дослідження місць видалення відходів енергогенеруючих підприємств, технологій пилепригнічення.

Методологія проведення наукового дослідження стану навколишнього природного середовища золошлаконакопичувача Дарницької ТЕЦ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» включала здійснення моніторингових досліджень таких компонентів довкілля як атмосферне повітря та ґрунти. При цьому використовувалися методи статистичного аналізу, порівняння, прогнозування.

## 2.1 Методики та обладнання

Всі відбори проб зразків ґрунту, води та повітря здійснювалися на базі пересувної експериментальної аналітичної лабораторії Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, створеної на базі автомобіля Ford.

Відбір проб повітря здійснювався за допомогою газоаналізатора 604EX20-C, що дозволяє вимірювати концентрацію оксиду вуглецю, оксиду азоту, діоксиду азоту і діоксиду сірки, приймально-передавальне оснащення із спеціальним програмним забезпеченням (ПЗ), засоби забезпечення мікроклімату всередині ППС і забезпечення функціонування стаціонарного обладнання. ППС1 додатково включає в себе метеостанцією для вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску повітря навколишнього середовища, спрямованості і швидкості вітру. ППС2 і ППС3 включають в себе датчики напрямку і швидкості вітру [82-85].

Також під час досліджень використовувався портативний газоаналізатор OKCI-5M (додаток А).

Газоаналізатори категорії OKCI 5M, що відносяться до газоаналітичного обладнання, призначені для еколого-теплотехнічних досліджень об'ємної концентрації кисню ( $O_2$ ), CO, NO,  $NO_2$  і  $SO_2$  у газах від викидів та в повітрі, температури димових газів (Т), в тому числі отримання шляхом розрахунків вуглецю ( $CO_2$ ), коефіцієнта перевищення повітря та к.п.д. з попередньою установкою  $CO_2max$  для конкретного типу палива, з літерним та цифровим маркуванням величини зазначених параметрів на рідкокристалічному індикаторі (РКІ), з варіантом запам'ятовування до 250 результатів вимірювань [86-90].

Газоаналізатор є переносними автоматичними мікропроцесорними приладами безперервної дії.

Умови використання приладу: температура довкілля від 5 до 40<sup>0</sup>С, відносна вологість повітря навколишнього середовища до 80% за температури 35 градусів Цельсія, атмосферний тиск від 84,0 до 106,7 кПа, працює газоаналізатор від

струму (акумулятора) напругою від 5 до 6 В, або від джерела змінного струму напругою від 187 до 242 В, за частоти  $(50 \pm 1)$  Гц (через блок живлення).

Таблиця 2.1

## Діапазони вимірювань та межі допустимих похибок

| Вимірювана величина | Діапазони вимірів | Інтервал діапазону вимірювань | Межі допустимих похибок |           |
|---------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------|
|                     |                   |                               | абсолютної              | відносною |
| O <sub>2</sub>      | 0-21%             | –                             | ±0,2%                   | –         |
| CO                  | 0-5000 млн-1      | 0-200 млн-1                   | ±10 млн-1               | –         |
|                     |                   | > 200 млн-1                   | –                       | ±5 %      |
| NO                  | 0-2000 млн-1      | 0-200 млн-1                   | ±10 млн-1               | –         |
|                     |                   | > 200 млн-1                   | –                       | ±10%      |
| NO <sub>2</sub>     | 0-300млн-1        | –                             | ±10 млн-1               | –         |
| SO <sub>2</sub>     | 0-5000 млн-1      | 0-200 млн-1                   | ±10 млн-1               | –         |
|                     |                   | > 200 млн-1                   | –                       | ±5 %      |
| Температура газу    | 0-1000С           | 0-100С                        | ±1                      | –         |
|                     |                   | >100С                         | –                       | ±0,5%     |

Розрахункові величини:

1) Об'ємна частка діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>)

– Діапазон індикації – 0-25%

– визначення – розрахунок за O<sub>2</sub>

2) Коефіцієнт надлишку повітря

– Діапазон індикації – 0...20

– Визначення-розрахунок по O<sub>2</sub>

3) ККД щодо втрат з газами, що йдуть ( $\eta$ )

4) Об'ємна частка оксидів азоту (NO<sub>x</sub>)

– Діапазон індикації – 0...2300 млн-1

– визначення-розрахунок за NO, NO<sub>2</sub>

Час виходу газоаналізатора на робочий режим трохи більше 60 з.

### **Відбір проб води**

Відбір проб води для хімічного аналізу проводилися за допомогою пробовідбірників [91]. За таких параметрів обов'язковою умовою є механічне або ручне приведення в дію свердловин з витягом не менш двох об'ємів води, які втримується в стовбурі.

Проби забираються два рази на рік у періоди, що відзначаються високим і низьким стоянням рівня підземних водних горизонтів. Найбільш прийнятним для цих досліджень є час весняного або осіннього максимумів рівня й період раннього весняного мінімуму. Зазначена частота достатня для встановлення фактичного забруднення як за площею, так і в розрізі. За умов виявлення у пробах підземних вод шкідливих речовин на рівні вище гранично допустимих концентрацій періодичність відбору проб досягається до 4 разів у рік.

### **Проби ґрунтів**

Визначення ступеню забруднення ґрунтів здійснюється шляхом зіставлення фактично спостережуваних концентрацій елементів токсичної дії з їх ГДК на поверхні землі й фоновими концентраціями.

Площа, на якій проводилися дослідження, розбивалася на так звані елементарні ділянки. На них визначалися проміжки між точковими пробами для аналізу ґрунту. В означених точках перед відбором проби були ретельно видалити всі рослини. Саму точкову пробу брали за допомогою бура на всю необхідну глибину. Також пробу можна взяти з прикопки. З вертикальної стінки вирізують прямокутну пластину так, щоб відібрати зріз ґрунту знизу вгору [92-98].

Після взяття всіх точкових проб з них було складено об'єднану пробу, яка складається з декількох первинних проб (мінімум п'ять). Для проведення хімічного аналізу ґрунту об'єднану пробу добре перемішали. Маса об'єднаної проби була не 400 г. Об'єднану пробу помістили в мішечок.

## 2.2 Методи аналізу та опис отриманих результатів

Отримані дані стосовно якісного та кількісного складу атмосферного повітря в місці розташування золошлаковідвалу Дарницької ТЕЦ, передавалися на сервер з завантаженим спеціалізованим програмним забезпеченням, засобами візуалізації інформації (принтер, монітор), мережею інтернет. Так званий сервер з відповідним програмним забезпеченням завантажений на комп'ютер з можливістю зміни його місця дислокації, що дає можливість обробляти отримані дані у певному місці та в певний час. Бездротовий зв'язок між ППС і ЦП здійснюється за допомогою GSM – технології. База даних (БД) вимірювальної інформації формується і зберігається у центральному ПК [99-101].

Програмне забезпечення реалізує такі функції, як: прийом інформації від кожного ППС, який входять до структури системи, формування і зберігання на носії центрального ПК бази даних (БД), висвітлення вимірюваної інформації на екрані центрального ПК у виді інформаційних блоків, таблиць і графіків, визначення середніх за одну годину, усереднених за вісім годин, середньодобових, середньомісячних, середньорічних показників вимірюваних концентрацій, значень, які більші над гранично допустимими концентраціями (ГДК) з повідомленням на екрані ПК, роздруківку результатів досліджень на принтері, забезпечує можливість дистанційного доступу до ПЗ, за специфічним паролем, оператору сервісного центру з забезпеченням обслуговування системи для оперативного оцінювання технічного стану оснащення і усунення (за необхідності) технічних несправностей, забезпечує можливість дистанційного доступу до ПЗ, за специфічним паролем адміністратора системи.

Проби ґрунту та води передавалися для хімічного аналізу до спеціалізованої лабораторії, що має повірене обладнання.

Інтерпретація отриманих результатів здійснювалася спеціалістами лабораторії з використанням сучасного програмного забезпечення.

### **Стан атмосферного повітря в зоні впливу місця видалення відходів**

За типом МВВ відноситься до наливного, заглибленого в землю та являє собою технічну водойму, заповнену золошлаковою сумішшю. Відходи більшої частини об'єкту (північно-східна сторона) перебувають під водою, частина відходів (південно-західна сторона) у зволоженому стані. Видалення відходів відбувається шляхом скидання у технічну водойму шлако- та золо-водяної пульпи. Золошлакова суміш знаходиться у водному середовищі та відноситься до мало небезпечних відходів (IV клас). За умов нормальної експлуатації МВВ викиди в атмосферне повітря будуть практично відсутні через те, що відходи знаходяться під поверхнею води. За умов тимчасового зниження рівня води у водоймі можливе потрапляння твердих часток сухої золошлакової суміші в атмосферне повітря під час вітряної погоди [102].

Результати дослідження повітря в зоні впливу золонакопичувача проведені у 2017-2018 роках (додаток Б) свідчать про відсутність випадків збільшення гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин в повітрі навколишнього середовища. Схема розповсюдження недиференційованого за складом пилу представлена на рис. 2.1. Так, за даними досліджень проведених у 2018 році, концентрація пилу складала менше 0,52 ГДК та сажі 0,1-0,2 ГДК, вплив золонакопичувача на збільшення концентрації пилу в атмосферному повітрі не спостерігався, концентрація сажі на відстані 150 м (за напрямом вітру) від межі золонакопичувача збільшується на 0,004 мг/м<sup>3</sup> (Протокол НВП «ЕКОАЛЬЯНС» №08-02 від 02.08.2018 р.), що знаходиться в межах похибки вимірювань ( $\pm 25\%$ ).

А відповідно до Протоколу дослідження повітря "Екоальянс" №09-05 від 19.09.2018 р., концентрація сажі взагалі зменшується на 0,007 мг/м<sup>3</sup>.

Разові відібрані проби атмосферного повітря для визначення їх на вміст шкідливих речовин (вуглецю оксид, пил, азоту діоксид, ангідрид сірчистий, сажа) на майданчику золошлаковідвалу та поза його межами були відібрані в шести точках 02.08.2018 р. та 19.09.2018 р. при південно-західному та північно-східному напрямках вітру відповідно. На рис. 2.2 представлено схему розташування точок

відбору проб атмосферного повітря при північно-східному та південно-західному напрямках вітру. Точки 1 та 2 знаходились на межах золошлаковідвалу, точка 3 на відстані 150 м від точки 1, точка 4 на відстані 150 м від точки 2, точки 5 та 6 на відстані 300 м та 1000 м від точки 2. Усереднені результати разових проб атмосферного повітря згідно Протоколів №08-02 дослідження повітря населених місць від 02 серпня 2018 року і №09-05 від 19 вересня 2018 року та наявність в ньому забруднюючих речовин з відповідними разовими ГДК представлені в таблицях 2.2 та 2.3. Дані вимірювання проводила Аналітично-вимірювальна лабораторія ТОВ «Науково-виробниче об'єднання «ЕКОАЛЬЯНС». При вимірюваннях застосовувались наступні засоби: пробовідбірники «Тайфун» № 297, 308, 301; Психр.МВ – 4М № 6138; УП ЕА 55/11 АМТ № 863; газоаналізатор «Аквілон 1-1» [103-105].

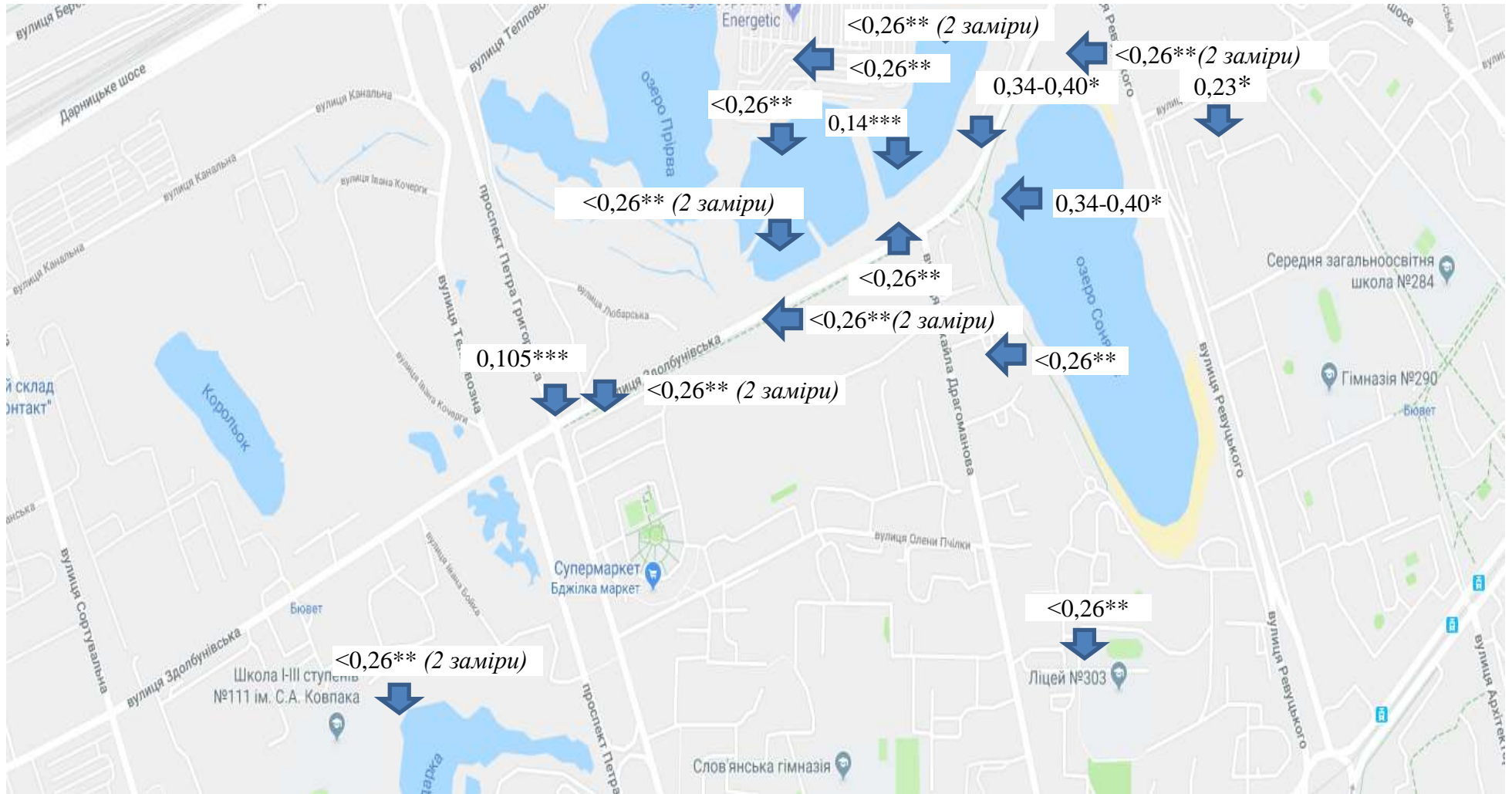


Рис. 2.1 – Схема розповсюдження недиференційованого за складом пилу,  $\text{мг}/\text{м}^3$   
 \* ДУ Київський міський лабораторний центр МОЗ України; \*\* НВП "Екоальянс"; \*\*\* ТОВ "НВП "Тетра".



Рис. 2.2 – Схема розташування точок відбору проб атмосферного повітря при північно-східному та південно-західному напрямках вітру

Таблиця 2.2

Усереднений вміст забруднюючих речовин у атмосферному повітрі за результатами натурних спостережень 02.08.2018р. при середній швидкості північно-східного вітру 2,9 м/с

| № п/п | Назва досліджуваної речовини, інгредієнта | Результати дослідження концентрацій (середнє значення в точці виміру), мг/м <sup>3</sup> |            |             |            |             |             | ГДК, максимально разова, мг/м <sup>3</sup> |
|-------|---|--|------------|-------------|------------|-------------|-------------|--|
|       |   | T1   | T2         | T3          | T4         | T5          | T6          |  |
| 1     | Вуглецю оксид                             | 0,800  | 0,933      | 1,100       | 1,233      | 1,267       | 0,767       | 5  |
| 2     | Пил                                       | менше 0,26   | менше 0,26 | менше 0,26  | менше 0,26 | менше 0,26  | менше 0,26  | 0,5  |
| 3     | Азоту діоксид                             | 0,067  | 0,057      | 0,063       | 0,057      | 0,073       | 0,057       | 0,2  |
| 4     | Ангідрид сірчистий                        | 0,050  | 0,073      | 0,057       | 0,067      | 0,067       | 0,057       | 0,5  |
| 5     | Сажа                                      | 0,025  | 0,023      | менше 0,015 | 0,023      | менше 0,015 | менше 0,015 | 0,15                                       |

Таблиця 2.3

Усереднений вміст забруднюючих речовин у атмосферному повітрі за результатами натурних спостережень 19.09.2018 р. при середній швидкості південно-західного вітру 2,2 м/с

| № п/п | Назва досліджуваної речовини, інгредієнта | Результати дослідження концентрацій (середнє значення в точці виміру), мг/м <sup>3</sup> |               |                |               |                |                | ГДК, максимально разова, мг/м <sup>3</sup> |
|-------|---|--|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|--|
|       |   | T1   | T2            | T3             | T4            | T5             | T6             |  |
| 1     | Вуглецю оксид                             | 0,667  | 0,733         | 1,367          | 1,233         | 1,633          | 0,433          | 5  |
| 2     | Пил                                       | менше<br>0,26  | менше<br>0,26 | менше<br>0,26  | менше<br>0,26 | менше<br>0,26  | менше<br>0,26  | 0,5  |
| 3     | Азоту діоксид                             | 0,063  | 0,050         | 0,073          | 0,050         | 0,067          | 0,047          | 0,2  |
| 4     | Ангідрид сірчистий                        | 0,043  | 0,063         | 0,073          | 0,063         | 0,067          | 0,053          | 0,5  |
| 5     | Сажа                                      | 0,020  | 0,021         | менше<br>0,015 | 0,023         | менше<br>0,015 | менше<br>0,015 | 0,15                                       |

Для того щоб оцінити вплив майданчику золошлаковідвалу на прилеглі території необхідно виключити вплив транспорту та інших джерел забруднення. Тому, концентрації забруднюючих речовин у точці 1 вважаються фоном при північно-східному напрямку вітру, у точці 2 – при південно-західному напрямку вітру.

Нижче наведений аналіз усереднених значень концентрацій забруднюючих речовин.

Найбільше значення концентрації оксиду вуглецю було в точці 5. Вплив золошлаковідвалу можна обчислити як  $C_{T2}-C_{T1}=0,133\text{мг/м}^3$ ,  $C_{T4}-C_{T1}=0,433\text{мг/м}^3$ ,  $C_{T5}-C_{T1}=0,467\text{мг/м}^3$ , що на порядок менше від максимально разової ГДК.

Концентрація пилу у всіх точках менше 0,26. Ймовірно, що в точках 2, 4, 5, 6 концентрації пилу будуть більшими, ніж в точках 1 та 3, але все рівно, різниці концентрацій будуть меншими ніж  $0,25\text{мг/м}^3$ , що в два рази менше від максимально разової ГДК [106-110].

Для діоксиду азоту видно, що в точці 5 присутня найбільша концентрація, тому  $C_{T5}-C_{T1}=0,016\text{мг/м}^3$ , що на порядок менше від максимально разової ГДК.

Для ангідриду сірчистого в точці 1 спостерігається найменше значення, в точці 2 - найбільше, а в напрямку вітру - концентрація зменшується.  $C_{T2}-C_{T1}=0,023\text{мг/м}^3$ , що майже в 20 разів менше від максимального разового ГДК.

Найбільше значення концентрації сажі спостерігалось в точці 1, що в 6-ть разів менше від максимального разового ГДК.

Далі наведений аналіз усереднених значень концентрацій забруднюючих речовин, що вказані в таблиці 2.4.

Найбільше значення концентрації оксиду вуглецю було в точці 5. Результати вимірювань показують, що в точці 2 концентрація оксиду вуглецю більша ніж в точці 1, але  $C_{T3}-C_{T2}= 0,634 \text{ мг/м}^3$ , що майже у 8 разів менше від максимального разового ГДК.

Як видно з таблиці 2.4, концентрація пилу у всіх точках менше 0,26. Ймовірно, що в точках 1 та 3 концентрації пилу будуть більшими, ніж в точках 2, 4, 5, 6, але все рівно, різниці концентрацій будуть меншими ніж  $0,25\text{мг/м}^3$ , що в два рази менше від максимального разового ГДК [111].

Найбільше значення концентрації діоксиду азоту було в точці 3. Результати вимірювань демонструють, що в точці 1 концентрація оксиду вуглецю більша ніж в точці 2, але  $C_{T1}-C_{T2}=0,013\text{мг/м}^3$ ,  $C_{T3}-C_{T2}=0,023 \text{ мг/м}^3$ , що набагато менше від максимального разового ГДК.

Для ангідриду сірчистого в точці 1 присутнє найменше значення, в точці 3 - найбільше, в точці 2 концентрація більша ніж в точці 1, але  $C_{T3}-C_{T2}=0,01 \text{ мг/м}^3$ , що в 50 разів менше від максимального разового ГДК.

Найбільше значення концентрації сажі спостерігалось в точці 4, що майже в 7 разів менше від максимального разового ГДК.

Разові проби повітря навколишнього середовища з метою дослідження їх на вміст забруднюючих речовин (вуглецю оксид, пил, азоту діоксид, ангідрид сірчистий, сажа) на майданчику золошлаковідвалу та поза його межами були відібрані 18.10.2018 р. в п'яти точках при південно-східному напрямку вітру. На рис. 2.3 подано схему розташування точок відбору проб атмосферного повітря при південно-східному напрямку вітру. Точки 1 та 2 знаходились на межах

золошлаковідвалу, точка 3 на відстані 150м від точки 1, точка 4 на відстані 300 м від точки 2, точка 5 на відстані 1000 м від точки 2. Усереднені результати разових проб атмосферного повітря згідно Протоколу №10-02 дослідження повітря населених місць від 18 жовтня 2018 року та наявність в ньому забруднюючих речовин з відповідними разовими ГДК представлено в таблиці 2.4.

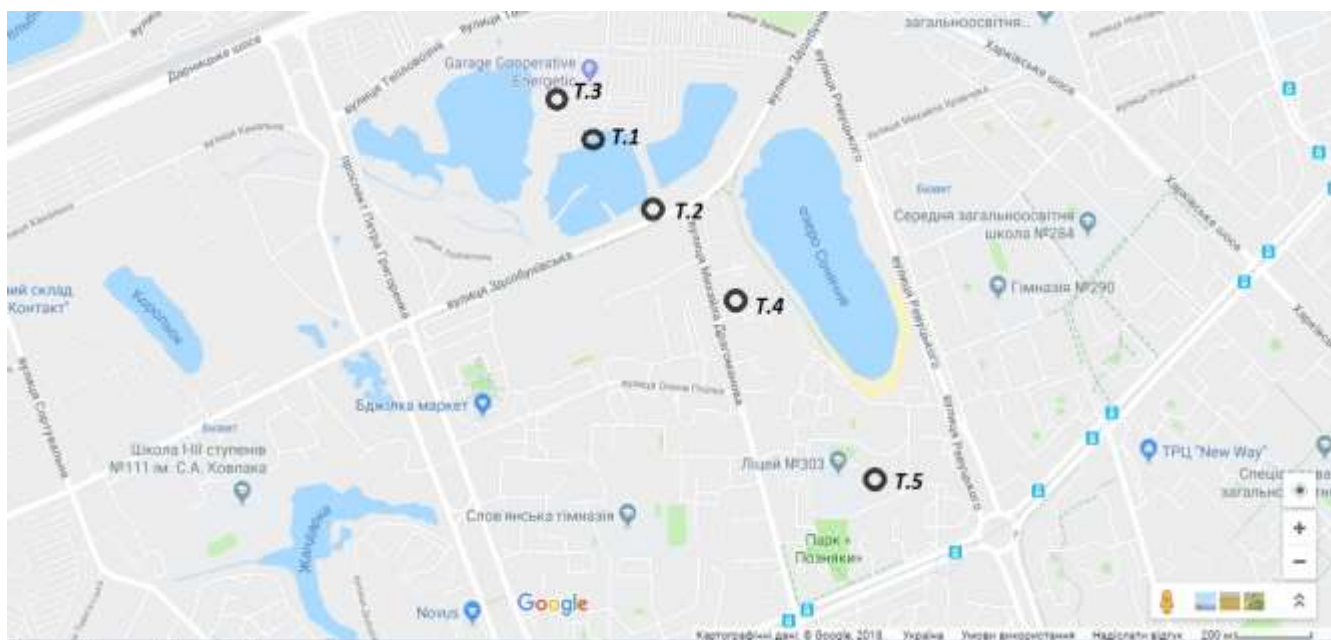


Рис. 2.3 – Схема розташування точок відбору проб атмосферного повітря при південно-східному напрямку вітру

Таблиця 2.4

Усереднений вміст забруднюючих речовин у атмосферному повітрі за результатами натурних спостережень 18.10.2018р. при середній швидкості південно-східного вітру 1,7 м/с

| № п/п | Назва досліджуваної речовини, інгредієнта | Результати дослідження концентрацій (середнє значення в точці виміру), мг/м <sup>3</sup> |            |             |             |             | ГДК, максимально разова, мг/м <sup>3</sup> |
|-------|---|--|------------|-------------|-------------|-------------|--|
|       |   | T1   | T2         | T3          | T4          | T5          |  |
| 1     | Вуглецю оксид                             | 0,633  | 0,633      | 1,233       | 1,100       | 1,100       | 5  |
| 2     | Пил                                       | менше 0,26   | менше 0,26 | менше 0,26  | менше 0,26  | менше 0,26  | 0,5  |
| 3     | Азоту діоксид                             | 0,070  | 0,063      | 0,077       | 0,067       | 0,063       | 0,2  |
| 4     | Ангідрид сірчистий                        | 0,047  | 0,073      | 0,087       | 0,073       | 0,067       | 0,5  |
| 5     | Сажа                                      | 0,018  | 0,018      | менше 0,015 | менше 0,015 | менше 0,015 | 0,15                                       |

З даних таблиці 2.4 видно, що найбільше значення концентрації оксиду вуглецю було в Т3. Результати вимірювань показують, що в точках 1 та 2 концентрації оксиду вуглецю однакові, але  $C_{T3}-C_{T2}=0,6 \text{ мг/м}^3$ , що майже у 8 разів менше від максимальної разової ГДК. Варто відзначити, що  $C_{T3}/C_{T4, T5}=1,12$ , тобто в точках 3, 4, 5 концентрації практично однакові [112].

Найбільше значення концентрації діоксида азоту було в Т3. Результати вимірювань показують, що в точці 1 концентрація оксиду вуглецю більша ніж в точці 2, але  $C_{T1}-C_{T2}=0,007 \text{ мг/м}^3$ ,  $C_{T3}-C_{T2}=0,014 \text{ мг/м}^3$ , що набагато менше від максимальної разової ГДК.

Для ангідриду сірчистого в точці 1 фіксується найменше значення, в точці 3 - найбільше, в точці 2 концентрація більша чим в точці 1, але  $C_{T3}-C_{T2}=0,014 \text{ мг/м}^3$ , що набагато менше від максимальної разової ГДК.

Як і в попередніх випадках спостерігається значно менші концентрації сажі від максимальної разової ГДК у всіх точках вимірювання.

Також були проведені виміри щодо наявності в повітрі окису вуглецю, двоокису азоту, хлору, аміаку, оксиду сірки, дрібних фракцій пилу PM10, PM2.5, PM1.0 та потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання (Протокол №1 від 23.07.2018 року). Виміри проводилися в наступних точках (рис. 2.3): центр золовідвалу (точка 1) та перетин вулиць Здолбунівська, Тепловозна, просп. Петра Григоренка (точка 2). Відстань між точками  $\approx 800$  м. Під час вимірів температура повітря була  $22^\circ\text{C}$ , північно-східний напрямок вітру зі швидкістю 2 м/с, відносна вологість 85%, атмосферний тиск 738 мм рт. ст., висота флюгеля 0,6 м. Вимірювання проводилися за допомогою мобільного посту системи екологічного моніторингу «СиРЕМ», виробник ТОВ «НВП «ТЕТРА». Результати вимірювання в автоматичному режимі передавалися на сервер ТОВ «НВП «ТЕТРА», доступ до відповідних вимірювань отримувався працівниками ДЗ «ДЕА» в режимі он-лайн, доступ через мережу Інтернет. В Таблиці 2.5 представлені результати цих вимірювань.

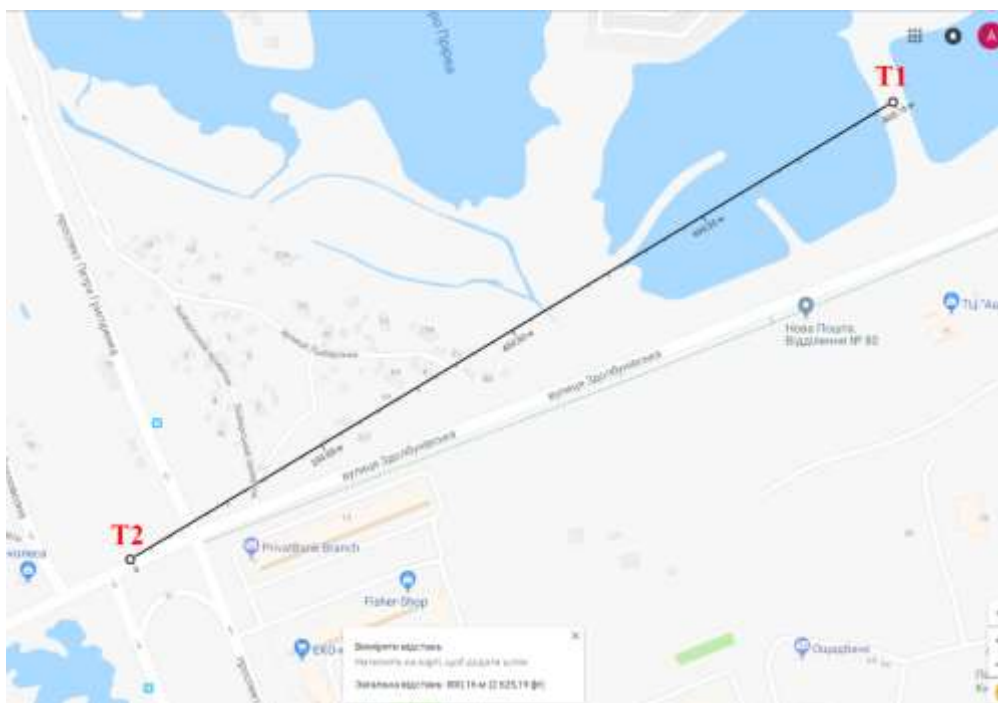


Рис.2.4 – Схема розташування точок відбору проб атмосферного повітря при північно-східному напрямку вітру

Таблиця 2.5

Результати вимірювання щодо наявності в повітрі забруднюючих речовин  
23.07.2018 р. при швидкості північно-східного вітру 2 м/с

| №, т/з   | Окис вуглецю (CO), мг/м <sup>3</sup> | Двоокис азоту (NO <sub>2</sub> ), мг/м <sup>3</sup> | Хлор (Cl <sub>2</sub> ), мг/м <sup>3</sup> | Аміак (NH <sub>3</sub> ), мг/м <sup>3</sup> | БДМГ-200, мкгЗв/год | Оксид сірки (SO <sub>2</sub> ), мг/м <sup>3</sup> | Суспендовані РМ 10 | Суспендовані РМ 2.5 | Суспендовані РМ 1.0 |
|----------|--------------------------------------|---|--|---|---------------------|---|--------------------|---------------------|---------------------|
| Точка №1 | 0,288827                             | 0,04316   | 0,07978                                    | 0   | 0,128               | 0   | 0                  | 0,14                | 0                   |
| Точка №2 | 0,344171                             | 0,01814   | 0,02678                                    | 0   | 0,1                 | 0   | 0                  | 0,105               | 0                   |

За даними таблиці 2.5, в точці 2 спостерігається збільшення концентрації тільки окису вуглецю  $C_{T2}-C_{T1}=0,055\text{мг}/\text{м}^3$ , що майже на порядок менше від максимально разової ГДК.

Отож, проведені спостереження та їх аналіз показали, що вплив золошлаковідвалу на якість атмосферного повітря як в його межах, так і за ними, не перевищує законодавчо визначеного рівня за всіма досліджуваними речовинами [113].

Не зафіксовано жодного перевищення максимально разової ГДК по жодній із вимірюваних домішок.

Разом з тим, для визначення можливих перевищень середньо добових ГДК інформації за результатами даних спостережень недостатньо. Проте представлені вимірювання показують, що, найбільш ймовірно, вплив золошлаковідвалу на якість атмосферного повітря як на межах золошлаковідвалу так і поза його межами в контексті середньодобових ГДК також є незначним. Як засвідчують численні дослідження, від таких об'єктів найбільшу загрозу можуть становити забруднення пилом різних фракцій, проте саме щодо даного типу забруднення для всіх вимірів був зафіксований результат менше  $0,26 \text{ мг/м}^3$ . Значення середньодобової ГДК для пилу в Україні встановлено  $0,15 \text{ мг/м}^3$ . Тому теоретично можна припустити перевищення середньодобової ГДК для пилу на межах золошлаковідвалу так і поза його межами, проте в такому випадку все одно не можна визначити вплив золошлаковідвалу на дане перевищення, яке до того ж є типовим для м. Києва: так за даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського в травні 2018 р. середньомісячні концентрації завислих речовин перевищували рівні ГДКс.д. на Бессарабській площі в 1,3 рази, на проспекті Берестейський – у 1,1 рази, разові з максимальним значенням концентрації завислих речовин коливались у рамках  $0,2-0,4 \text{ ГДКм.р.}$ ; в жовтні дві тисячі вісімнадцятого року усереднені значення за місяць концентрації речовин завислих у повітрі перевищували рівень ГДК с.д. на Бессарабській площі в 1,3 рази, на проспекті Берестейський – в 1,2 рази; на вулицях Каунаській та Склярєнка – були на рівні  $1,0 \text{ ГДКс.д.}$ , разові максимальні концентрації завислих шкідливих речовин коливались у межах  $0,2-0,4 \text{ ГДКм.р}$  [114-120].

Систематичними спостереженнями Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського за вмістом шкідливих речовин в атмосферному повітрі м. Києва, що проводяться на 16 постах стаціонарних спостережень з періодичністю відбору проб шість днів на тиждень, 3-4 рази на добу, в тому числі і на пункті спостереження, що знаходиться на відстані 1390 м (вул. Каунаська, 10а) за січень-жовтень 2018 року не виявлено перевищення ГДК по пилу,

середньомісячні концентрації склали: 0,7-0,9 ГДК с.д. (середньодобове) та 0,4-0,8 ГДКм.р. (максимально разова).

Отож розповсюдження твердих частинок золошлакової суміші на навколишній території золовідвалу практично не відбувається.

### **Аналіз стану ґрунту в зоні впливу місця видалення відходів**

Згідно досліджень Центральної лабораторії ДП «Українська геологічна компанія» та Деснянського міжрайонного відділу лабораторних досліджень виявлено перевищення ГДК для ґрунту по цинку, міді, нікелю та хрому.

Із взятих 18-ти проб ґрунту в зоні впливу золонакопичувача, різними установами та спеціалізованими підприємствами, тільки в трьох пробах виявлено перевищення ГДК (23 мг/кг) цинку, а саме:

– 107 мг/кг по вул. Драгоманова, 1м та 35,1 мг/кг біля озера Сонячне (ДП «Українська геологічна компанія») на відстані біля 240 метрів від межі золонакопичувача;

– 35,1 мг/кг по вул. Здолбунівській, 1 на відстані біля 1350 м від межі золонакопичувача.

При цьому слід зазначити, що фонові концентрації цинку в м. Києві складові 50 мг/кг, тобто перевищення фонові концентрації цинку зафіксовано тільки в одній пробі (вул. Драгоманова, 1м) із 18-ти взятих.

Схема розповсюдження цинку, за результатами досліджень, представлена на у додатку В. Розповсюдження цинку в зоні впливу золонакопичувача (додаток В) не має системного характеру, так, наприклад, в точках відібраних проб, що знаходиться значно ближче від межі золонакопичувача ніж оз. Сонячне (ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України») перевищення ГДК цинку в ґрунті не виявлено. Підтвердженням цього є також Протокол КП «Санепідсервіс» (додаток Г) та Протокол ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» (додаток Г), відповідно яких перевищення ГДК цинку в ґрунті також не виявлено.

Стосовно перевищення ГДК цинку вул. Здолбунівська, 1, то також проведені контрольні дослідження ґрунту (Протокол КП «Санепідсервіс» (додаток Г) та Протокол ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» (додаток Г)) не виявили перевищення ГДК цинку, а в точках відбору проб значно ближчих до межі золонакопичувача вул. Любарська, 31 (Протокол Деснянського міжрайонного відділу лабораторних досліджень), вул. Любарська, 22 (Протокол КП «Санепідсервіс» (додаток Г) та Протокол ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» (додаток Г)), вул. Здолбунівська, 13 (Протокол ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»), також перевищення ГДК цинку в ґрунті не виявлено.

В дослідженнях, проведених Інститутом геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка та Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України (*публікація: К.В. Вовк, А.І. Самчук, Е.С. Попенко Важкі метали у поверхневих відкладах Київського мегаполісу*) представлені вміст важких металів у поверхневих відкладах умовно чистих ділянок Київського мегаполісу (Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України та Пуща Водиця) та антропогенно забруднених (автомагістралі), так вміст цинку в умовно чистих ділянках складає 42-44 мг/кг, що перевищує ГДК та більше ніж виявлено по вул. Здолбунівській, 1 (35,1 мг/кг), вміст цинку біля автомагістральної зони складав 212 мг/кг, що значно перевищує ГДК та значно більше ніж виявлено біля озера Сонячне (107 мг/кг).

З огляду, що точки відбору ґрунту по вул. Здолбунівській, 1 та біля озера Сонячне знаходяться поблизу автодороги джерелом забруднення ґрунту цинком є також автотранспорт [121-125].

Відтак за межами санітарно захисної зони золівдвалу із взятих 18-ти місць відбору проб, тільки в одній пробі (107 мг/кг) виявлено перевищення фонові концентрації цинку (50мг/кг) (додатоки В та Г).

Із взятих 18-ти проб ґрунту в зоні впливу золонакопичувача, різними установами та спеціалізованими підприємствами (додаток Г), в п'яти пробах виявлено перевищення ГДК (3 мг/кг) міді, а саме:

– 27,3 мг/кг по вул. Драгоманова, 1м (Протокол Деснянського міжрайонного відділу лабораторних досліджень) на відстані біля 240 м від межі золонакопичувача;

– 19,9 та 20,7 мг/кг біля озера Сонячне (ДП «Українська геологічна компанія») на відстані біля 240 м від межі золонакопичувача;

– 49 мг/кг по вул. Любарській, 31 (Протокол Деснянського міжрайонного відділу лабораторних досліджень) на відстані біля 160 м від межі золонакопичувача;

– 8,84 мг/кг по вул. Здолбунівській, 1 (Протокол Деснянського міжрайонного відділу лабораторних досліджень) на відстані біля 1350 м від межі золонакопичувача.

При цьому слід зазначити, що фонові концентрації міді в м. Києві складає 20 мг/кг, тобто перевищення фонові концентрації міді зафіксовано тільки в трьох пробах (вул. Драгоманова, 1м) із 18-ти взятих.

Схема розповсюдження міді за результатами досліджень представлена на у додатку Д, свідчить про те, що розповсюдження міді в зоні впливу золонакопичувача не має системного характеру, так наприклад, в точках відібраних проб, що знаходяться значно ближче від межі золонакопичувача ніж вул. Драгоманова, 1 м та озера Сонячне (Протокол ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України») перевищення ГДК міді в ґрунті не виявлено. Підтвердженням цього є також протоколи КП «Санепідсервіс» (таблиця 2.6), відповідно яких перевищення ГДК міді в ґрунті також не виявлено.

Стосовно перевищення ГДК міді по вул. Любарській, 31, то проведені контрольні дослідження ґрунту вул. Любарська, 22, що знаходиться на відстані 280 м від золонакопичувача (Протокол КП «Санепідсервіс» (додаток Г) та Протокол ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» (додаток Г)) не виявили перевищення ГДК міді.

Щодо перевищення ГДК міді по вул. Здолбунівській, 1, то також проведені контрольні дослідження ґрунту (Протокол КП «Санепідсервіс» (додаток Г) та Протокол ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» (додаток Г)) не виявили

перевищення ГДК міді, і в точці відбору проби значно ближчій до межі золонакопичувача вул. Здолбунівська, 13 (Протокол ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»), також перевищення ГДК міді в ґрунті не виявлено.

В дослідженнях проведених Інститутом геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка та Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України (*публікація: К.В. Вовк, А.І. Самчук, Е.С. Попенко Важкі метали у поверхневих відкладах Київського мегаполісу*) представлено вміст важких металів у поверхневих відкладах умовно чистих ділянок Київського мегаполісу (Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України та Пуща Водиця) та антропогенно забруднених (автомагістралі), так вміст міді в умовно чистих ділянках складає 18-20 мг/кг, а біля автомагістральної зони складає 24 мг/кг, що значно перевищує ГДК та більше ніж виявлено біля озера Сонячне (19,9-20,7 мг/кг) та по вул. Здолбунівській, 1 (8,84 мг/кг).

Зважаючи, що точки відбору ґрунту по вул. Здолбунівській, 1, вул. Любарській, 31 та біля озера Сонячне знаходяться поблизу автодороги джерелом забруднення ґрунту міддю є також автотранспорт.

Отже із взятих 18 проб ґрунту, в трьох пробах виявлено перевищення фонові концентрації міді (додатки Г, Д), при цьому із врахуванням на те, що в дослідженнях хімічного складу легкої фракції золошлаку менше 40 мкм (додаток Г) міді не виявлено, можна зробити висновок, що твердження, про те, що золонакопичувач є джерелом забруднення ґрунту міддю є сумнівним.

Із взятих 10-ти проб ґрунту в зоні впливу золонакопичувача, різними установами та спеціалізованими підприємствами (додаток Г), тільки в двох пробах виявлено перевищення ГДК (4,0 мг/кг) нікелю, а саме 20 та 20,1 мг/кг нікелю виявлено біля озера Сонячне (ДП «Українська геологічна компанія») на відстані біля 240 м від межі золонакопичувача.

Схема розповсюдження нікелю, за результатами досліджень, представлена у додатку Е. З огляду на те, що розповсюдження нікелю в зоні впливу золонакопичувача (додаток Е) не має системного характеру, так із відібраних

контрольних пробах по вул. Драгоманова, 1м (дитячий майданчик), оз. Сонячне - берегова смуга - вул. Драгоманова, 1е, вул. Любарська, 22, вул. Здолбунівська, 1, перевищення ГДК нікелю в ґрунті не виявлено (протоколи КП «Санепідсервіс» (додаток Г) та Протокол ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» (додаток Г)).

В дослідженнях, проведених Інститутом геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка та Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України (*публікація: К.В. Вовк, А.І. Самчук, Е.С. Попенко Важкі метали у поверхневих відкладах Київського мегаполісу*) представлені вміст важких металів у поверхневих відкладах умовно чистих ділянок Київського мегаполісу (Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка та Пуща Водиця) та антропогенно забруднених (автомагістралі), так вміст нікелю в умовно чистих ділянках складає 10-12 мг/кг, вміст нікелю біля автомагістральної зони складає 20 мг/кг, що відповідає величині виявленої біля озера Сонячне (20-20,1 мг/кг).

З урахуванням, що точки відбору ґрунту біля озера Сонячне знаходяться поблизу автодороги джерелом забруднення ґрунту нікелем є також автотранспорт.

Отож із взятих 10 проб ґрунту, тільки в двох пробах (додаток Д, таблиця 2.10), виявлено перевищення гранично-допустимої концентрації нікелю, при цьому зважаючи на те, що в дослідженнях хімічного складу легкої фракції золошлаку менше 40 мкм (додаток Г) нікелю не виявлено, можна зробити висновок, що твердження про, те, що джерелом забруднення ґрунту нікелем є золонакопичувач, є малоімовірне.

Із взятих 6-ти проб ґрунту в зоні впливу золонакопичувача, ДП «Українська геологічна компанія» (додаток Г), в двох виявлено перевищення ГДК (6 мг/кг) хрому, а саме 47 та 54 мг/кг (біля озера Сонячне).

Схема розповсюдження хрому за результатами досліджень представлена на рис. 2.5, свідчить про те, що розповсюдження хрому в зоні впливу золонакопичувача має системний характер.

Із відібраних контрольних проб по вул. Драгоманова, 1 м (дитячий майданчик), оз. Сонячне - берегова смуга - вул. Драгоманова, 1м та 1е, вул.

Любарська, 22, вул. Здолбунівська, 1, перевищення ГДК хрому в ґрунті не виявлено (Протокол «Центр радіоекологічного моніторингу» (додаток Ж)).

Схема розповсюдження хрому за результатами досліджень представлена на Рис. 2.5, свідчить про те, що розповсюдження хрому в зоні впливу золонакопичувача має системний характер.

Із відібраних контрольних проб по вул. Драгоманова, 1 м (дитячий майданчик), оз. Сонячне - берегова смуга - вул. Драгоманова, 1м та 1е, вул. Любарська, 22, вул. Здолбунівська, 1, перевищення ГДК хрому в ґрунті не виявлено (Протокол «Центр радіоекологічного моніторингу» (додаток Г6)).

В дослідженнях, проведених Інститутом геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка та Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України (*публікація: К.В. Вовк, А.І. Самчук, Е.С. Попенко Важкі метали у поверхневих відкладах Київського мегаполісу*) представлені вміст важких металів у поверхневих відкладах умовно чистих ділянок Київського мегаполісу (Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України та Пуца Водиця) та антропогенно забруднених (автомагістралі), так вміст хрому в умовно чистих ділянках складає 3-15 мг/кг, вміст хрому біля автомагістральної зони складає 12 мг/кг.

Точки відбору ґрунту біля озера Сонячне знаходяться поблизу автодороги, тому джерелом забруднення ґрунту хромом додає також автотранспорт.

З огляду, що стан поверхні землі слід розглядати як інтегральний показник багатопланового процесу забруднення всього довкілля, ґрунти є головним депонуючим середовищем, де метали можуть потрапляти під час прямого внесення з опадами з атмосфери, листям рослин, водою та перенесенням ґрунтів, в тому числі те, що за будівництва житлового масиву, який знаходиться в зоні впливу золонакопичувача ґрунтовий покрив привозний та намитий, а за хімічним складом такий ґрунт ніколи комплексно не досліджувався (на скільки він був чи не був забруднений), тому визначення що залонакопичувач є джерелом забруднення ґрунтів на прилеглий території не можуть бути ніяким чином обґрунтовані.

За результатами проведених контрольних досліджень забруднення ґрунту в зоні впливу золівдвалу, на території санітарно-захисної зони та за її межами не встановлено перевищення гранично-допустимої концентрації небезпечних для здоров'я людей речовин.

### **Аналіз стану поверхневих та підземних вод на основі висновків проведених попередніх досліджень та визначення місць відбору**

Наближені до МВВ бювети, які експлуатуються на території Дарницького району представлені в таблиці 2.6. В нормативній документації проведення держсанепіднагляду за показником якості питної води відповідно річного плану Держсанепідслужбою району щоквартально здійснюється контроль якості води бюветних комплексів за санітарно-хімічними та показниками бактерій на відповідність вимогам ДСанПІН 2.2.4171-10. У випадку виявлення відхилень в пробах води від вимог нормативної документації надається інформація балансоутримувачу з метою оперативного реагування [122].

Відомчі лабораторні дослідження (періодичний контроль безпеки та якості питної води) згідно вимог ДСанПІН 2.2.4-171-10 має забезпечувати балансоутримуюча організація, якою визначено в м. Києві є СПКП «Київводфонд» відповідно до розпорядження КМДА від сьомого листопада 2011 року №1630.

Інформування населення стосовно якості води бюветних комплексів належить компетенції їх власника.

Випробувальною лабораторією з контролю належної якості питних вод ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва НАМНУ» проведено фізико-хімічний аналіз питної води на вміст селену з бюветів, що розташовані за адресами: вул. Ревуцького, 11-Г та вул. Ревуцького, 5/7, за результатами аналізу виявлено, якість питної води з бюветів (Сеноманський водоносний горизонт) за вмістом селену не відповідає вимога ДСанПІН.2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». У випадку, якщо у пробі № 77 (відстань від золівдвалу – 500 м.) перевищення є не суттєвим і знаходиться в межах похибки вимірювань та складає  $0,011 \text{ мг/дм}^3$  при нормативі -  $\leq 0,01 \text{ мг/дм}^3$ ,

то у пробі № 7 (відстань від золівдвалу – 900 м) спостерігається перевищення селену у 2,3 рази більше від нормативу (0,023 мг/дм<sup>3</sup>).

Таблиця 2.6

Наближені до МВВ бювети, які експлуатуються на території Дарницького району

| № п\п | Адреса бювету          | Рік вводу в експ. | Відомча належ.       | Укспл. органі зація                          | Глибина свердловини. \м\ | Водоносний горизонт | Кількість водорозб. колонок |
|-------|------------------------|-------------------|----------------------|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 2     | вул. Ахматової, 16-в   | 1998              | Київводфонд при КМДА | АК Київводоканал УЕАСінвс,<br>тел. 515-68-54 | 110                      | сеном.-келов.       | 3                           |
| 3     | вул. Ахматової, 6      | 1998              |                      |  | 110                      | сеном.-келов.       | 3                           |
| 5     | вул. Ревуцького, 11-г  | 2000              |                      |  |                          | сеном.-келов.       |                             |
| 6     | вул. Ревуцького, 32    | 2002              |                      |  | 261                      | юрськ.              | 4                           |
| 10    | вул. Драгоманова, 29   | 1998              |                      |  | 112                      | сеном.-келов.       | 3                           |
| 13    | вул. Здолбунівська, 7а | 2001              |                      |  | 93                       | сеном.-келов.       | 4                           |
| 19    | вул. Ревуцького, 5а-7а | 2003              |                      |  | 103                      | сеном.              | 4                           |
| 21    | вул. Драгоманова, 15-а | 2006              |                      |  | 101                      | сеном.-келов.       | 4                           |

Найбільш наближені до МВВ знаходяться бювети по вул. Ревуцького, 5а (біля 500 м) та вул. Ревуцького, 11г (біля 900 м) (рис. 2.5).



Бювет, вул. Ревуцького, 5



Бювет, вул. Ревуцького, 11-Г

Рис. 2.5 – Наближені до МВВ бювети

За результатами лабораторних досліджень Науково-технічного центру випробування води Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, вміст селену в пробі води відібраної з технічної водойми – місця

видалення відходів, складає  $0,0722 \text{ мг/дм}^3$ . Відповідно до досліджень проведених Інститутом геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України та Науково-дослідним інститутом геології Дніпропетовського національного університету ім. О. Гончара щодо особливостей хімічного складу підземних вод м. Києва, що використовуються для питного постачання, вміст селену складає  $0,000015\text{-}0,009 \text{ мг/дм}^3$  для Сенюманського водоносного горизонту (рис. 2.6).

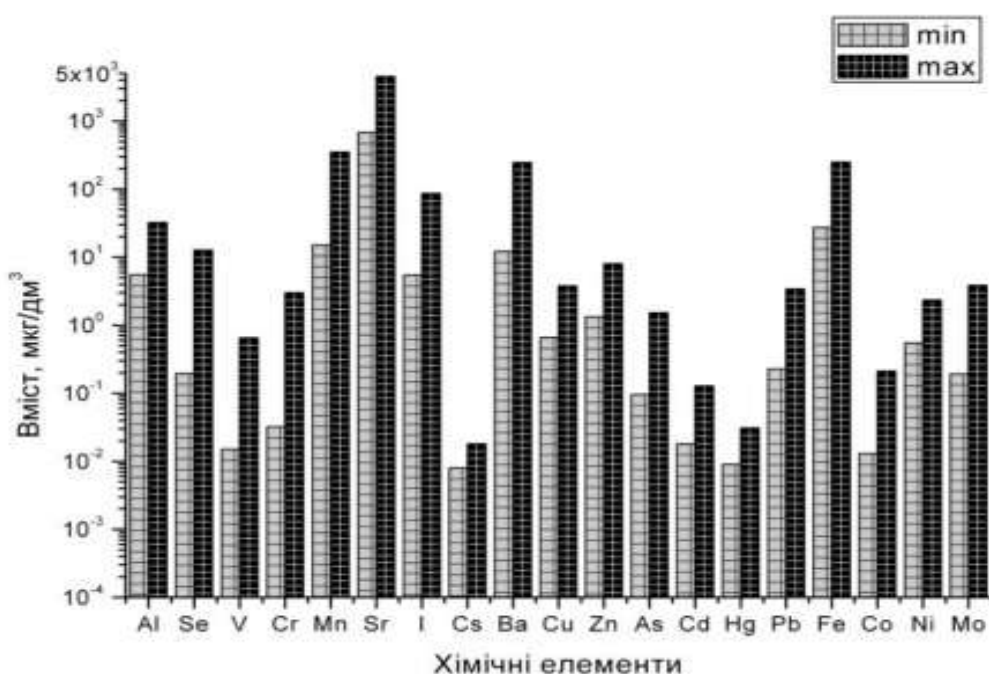


Рис. 2.6 – Мікроелементний склад підземних вод сенюманського водоносного горизонту



\*Вода відібрана з технологічної водойми – місця видалення відходів

Рис. 2.7 – Схема вмісту селену в пробах питної води з бюветів, мг/дм<sup>3</sup>

Відповідно до рис.2.7 концентрація селену в питній воді збільшується із збільшенням відстані від золовідвалу та з огляду, що артезіанські водоносні горизонти (Сеноманські Води) залягають на глибині понад 100 м і вже мають в своєму складі селен та знаходяться між двома водотривкими шарами, що захищають їх від забруднення, а поповнення артезіанських вод відбувається за кілька кілометрів від джерела, а також, те що в дослідженнях хімічного складу відходів (таблиця 2.7) селену не виявлено.

В глибокозалеглих свердловинах Сеноманського та Юрського водоносних горизонтів, які експлуатуються на території м. Києва, з урахуванням помірної підвищення рівня селену стосовно нормативу (вул. Ревуцького, 11-Г), а також значної похибки вимірювання цієї речовини ( $\pm 25\%$ ), можливість забруднення селеном води артезвердловин є мало ймовірною.

Згідно результатів вимірювань складу та властивостей проб питної води НВО «ЕКОАЛЬЯНС» із джерел найбільш наближених до золонакопичувача станом на 02.08.2018 р. (бювет, вул. Ревуцького, 5/7; бювет, вул. Ревуцького, 11Г та колодязь, пров. Любарський (таблиця 2.7), можна стверджувати, що питна вода за хімічними значеннями у місцях відбору проб не перевищує нормативних значень.

## Аналіз стану поверхневих вод

Державною екологічною інспекцією України та Державною екологічною інспекцією у м. Києві під час здійснення заходів державного нагляду (контролю) за дотриманням вимог природоохоронного законодавства Товариством, проведених у період 01-21.11.2016, 20-24.01.2017, 01-10.03.2017, 05-11.07.2017, 03-10.10.2017, встановлювалися факти наднормативних скидів забруднюючих речовин зі зворотними водами в меліоративний канал р. Дарниця, басейн Канівського водосховища по азоту амонійному, залізу загальному, нітритах, нітратах, хлоридах та сухому залишку.

Таблиця 2.7

Результати вимірювань складу та властивостей проб води НВО «ЕКОАЛЪЯНС»

(дата відбору проб 02.08.2018 р.)

| Назва                        | Позн. одиниця виміру  | Нормоване значення, шифр за п.4.4 | Протокол №99 від 06.08.2018р. | Протокол №100 від 06.08.2018р. | Протокол №101 від 06.08.2018р. |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                              |                       | <i>норм. ≤</i>                    | бювет, вул. Ревуцького, 5/7   | бювет, вул. Ревуцького, 11Г    | колодязь, пров. Любарський, 2  |
| Каламутність (мутність)      | мг/дм <sup>3</sup>    | 0,5                               | <0,5                          | <0,5                           | <0,5                           |
| Забарвленість (кольоровість) | градуси               | 10                                | 8                             | 6                              | 30                             |
| Водневий показник (рН)       | одиниці               | 6,5-8,5                           | 7,15                          | 7,18                           | 7,50                           |
| Перманганатна окиснюваність  | мгО/дм <sup>3</sup>   | 5,0                               | 2,2                           | 2,1                            | 5,8                            |
| Лужність загальна            | ммоль/дм <sup>3</sup> | 6,5<br>(0,5-6,5)                  | 7,0                           | 7,5                            | 3,5                            |
| Амоній                       | мг/дм <sup>3</sup>    | 0,50                              | 0,49                          | 0,52                           | 0,20                           |
| Нітрати                      | мг/дм <sup>3</sup>    | 10,0                              | <1,0                          | <1,0                           | 1,98                           |
| Нітрити                      | мг/дм <sup>3</sup>    | 0,5                               | <0,1                          | <0,1                           | 0,48                           |
| Загальна жорсткість          | ммоль/дм <sup>3</sup> | 7,0<br>(1,5-7,0)                  | 6,25                          | 6,2                            | 4,1                            |
| Сухий залишок                | мг/дм <sup>3</sup>    | 1000<br>(200-500)                 | 426                           | 440                            | 263                            |
| Хлориди                      | мг/дм <sup>3</sup>    | 250                               | <10                           | <10                            | 17,7                           |
| Сульфати                     | мг/дм <sup>3</sup>    | 250                               | <15                           | <15                            | 28,8                           |
| Магній                       | мг/дм <sup>3</sup>    | 80<br>(10-50)                     | 15,8                          | 12,2                           | 15,8                           |

## Продовження таблиці 2.7

| Назва           | Позн. одиниця виміру | Нормоване значення, шифр за п.4.4 | Протокол №99 від 06.08.2018р. | Протокол №100 від 06.08.2018р. | Протокол №101 від 06.08.2018р. |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                 |                      | норм. ≤                           | бювет, вул. Ревуцького, 5/7   | бювет, вул. Ревуцького, 11Г    | колодязь, пров. Любарський, 2  |
| Кальцій         | мг/дм <sup>3</sup>   | 130<br>(25-75)                    | 99,2                          | 104                            | 56,1                           |
| Гідрокарбонати  | мг/дм <sup>3</sup>   | -                                 | 427                           | 458                            | 214                            |
| Хром загальний  | мг/дм <sup>3</sup>   | 0,05                              | <0,001                        | <0,001                         | <0,001                         |
| Залізо загальне | мг/дм <sup>3</sup>   | 0,2                               | 0,19                          | 0,19                           | 0,16                           |
| Цинк            | мг/дм <sup>3</sup>   | 1,0                               | <0,1                          | <0,1                           | <0,1                           |
| Селен           | мг/дм <sup>3</sup>   | 0,01                              | <0,0001                       | <0,0001                        | <0,0001                        |
| Марганець       | мг/дм <sup>3</sup>   | 0,05                              | <0,001                        | <0,001                         | <0,001                         |
| Миш'як          | мг/дм                | 0,01                              | <0,01                         | <0,01                          | <0,01                          |
| Мідь            | мг/дм <sup>3</sup>   | 1,0                               | 0,08                          | 0,15                           | 0,06                           |

(в дужках нормативи фізіологічної повноцінності питної води  
(Додаток 4 ДСанПіН 2.2.4-171-10)

За результатами проведення аналізу інформації матеріалів Адміністративного позову Державного агентства водних ресурсів України та проведених досліджень виявлено наступне.

Із взятих 10-ти проб води із скидів ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ», тільки одна проба згідно ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» за вмістом азоту амонійного відноситься до четвертого класу якості води (посередня, обмежено придатна, небажана якість води), решта відноситься до третього класу якості води (задовільна, прийнятна якість води) [123].

Проведені контрольні дослідження 6-ти проб поверхневих вод в зоні впливу виробничої діяльності ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» (золівідвалу, показали, що всі проби за вмістом азоту амонійного відносяться також до третього класу якості води і в жодному випадку не перевищують ГДК.

В нормативній документації проведення Держсанепіднагляду за показником якості питної води відповідно річного плану Держсанепідслужбою району щоквартально здійснюється контроль якості води бюветних комплексів за

санітарно-хімічними та показниками бактерій на відповідність вимогам ДСанПІН 2.2.4171-10. У випадку виявлення відхилень в пробах води від вимог нормативної документації надається інформація балансоутримувачу з метою оперативного реагування [122].

Відомчі лабораторні дослідження (періодичний контроль безпеки та якості питної води) згідно вимог ДСанПІН 2.2.4-171-10 має забезпечувати балансоутримуюча організація, якою визначено в м. Києві є СПКП «Київводфонд» відповідно до розпорядження КМДА від сьомого листопада 2011 року №1630.

Інформування населення стосовно якості води бюветних комплексів належить компетенції їх власника.

Випробувальною лабораторією з контролю належної якості питних вод ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва НАМНУ» проведено фізико-хімічний аналіз питної води на вміст селену з бюветів, що розташовані за адресами: вул. Ревуцького, 11-Г та вул. Ревуцького, 5/7, за результатами аналізу виявлено, якість питної води з бюветів (Сеноманський водоносний горизонт) за вмістом селену не відповідає вимога ДСанПІН.2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». У випадку, якщо у пробі № 77 (відстань від золівдвалу – 500 м.) перевищення є не суттєвим і знаходиться в межах похибки вимірювань та складає  $0,011 \text{ мг/дм}^3$  при нормативі -  $\leq 0,01 \text{ мг/дм}^3$ , то у пробі № 7 (відстань від золівдвалу – 900 м) спостерігається перевищення селену у 2,3 рази більше від нормативу ( $0,023 \text{ мг/дм}^3$ ).

Із взятих 10-ти проб води із скидів ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ», тільки одна проба згідно ДСТУ 4808:2007 за вмістом заліза загального відноситься до четвертого класу якості води (посередня, обмежено придатна, небажана якість води), 7-м проб відноситься до третього класу якості води (задовільна, прийнятна якість води) і 2-ві проби відноситься до другого класу якості води (добра, прийнятна якість води). Проведені контрольні дослідження ТОВ «НВО «Екоальянс» скидів золонакопичувача, секція №1 – золівдвал, випуск №3 та

випуск №5 – колекторно-дренажна система, не виявили перевищення ГДС заліза загального.

Дослідження поверхневих вод в зоні впливу золонакопичувача та прилеглий території доводять, що концентрація заліза загального зменшується із збільшенням відстані від золовідвалу, так проба відібрана з випуску з колекторної системи в меліоканал Дарниця (в районі проспекту Григоренка та Дарницького шосе) складає 0,39 мг/л, що на 0,06 мг/л менше ніж проба із спуску в колекторну систему біля озера Прірва, далі збільшується до 0,44 мг/л (спуск з меліоканалу Дарниця в озеро Нижній Тельбін), що обумовлено забрудненими скидами з колекторної системи в районі вул. Канальна та Івана Кочерги (0,51 мг/л), при цьому слід зазначити, що в меліоканал Дарниця в районі Дарницького шосе потрапляють забруднені води з промислової та житлової забудови, що розташована вище по течії р. Дарниця, району Дарницького вокзалу, вул. Тепловозної та частини вул. Здолбунівської. Контрольні дослідження проб з витоку озера Нижній Тельбін спуску вод у р. Дніпро не зафіксували перевищення ГДК.

Дослідження 10-ти проб скидів у поверхневій воді ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» вивили незначне перевищення ГДС (в межах похибки вимірювань) нітритів тільки в одній пробі, яка не перевищує ГДК.

Дослідження поверхневих вод в зоні впливу золонакопичувача та прилеглий території, свідчать, що концентрація нітритів збільшується із збільшенням відстані від золовідвалу, так:

– проба відібрана біля спуску в колекторну систему біля озера Прірва концентрація складає 0,22 мг/л, збільшення концентрації обумовлено скиданням стічних вод з вул. Здолбунівської (житлова забудова та вулична мережа);

– проба відібрана біля випуску з колекторної системи в меліоканал Дарниця ( в районі проспекту Григоренка та Дарницького шосе) складає 0,28 мг/л, збільшення концентрації спричинене значним забрудненням поверхневих вод нітритами вище за течією річки Дарниця (спуск в колекторну систему в районі вул. Фанерна (біля залізниці) – вміст у пробі нітритів складає 0,35 мг/л);

– збільшення концентрація нітритів в пробах відібраних біля спуску з меліоканалу Дарниця в озеро Н. Тельбін, спуску з озера Н. Тельбін та скидів в р. Дніпро, обумовлені значним забрудненням нітритами вище за течією, стічними водами від промислової і житлової забудови, а також не санкціонованого розміщення побутових відходів в районі вул. Канальної та Причальної.

Із врахуванням вищевикладеного можна стверджувати, що:

– основними джерелами забруднення нітритами меліоканалу Дарниця та річки Дніпро (Канівське водосховище) є стічні води промислової, житлової забудови та прилеглої до них території;

– вміст нітритів в скидах з озера Н. Тельбін в річку Дніпро (Канівське водосховище) не перевищує ГДК.

За результатами хімічних аналізів скидів ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» а саме: проба №1 - випуск №3 (секція №1, золівдвал); проба №2 – випуск №5 (колекторно-дренажна система); проба №3 – випуск №1 (контрольний колодязь №117); проба №4 - випуск №2 (контрольний колодязь №7), в двох пробах виявлено перевищення затверджених допустимих концентрацій нітратів наведених в «Гранично допустимому скиді (ГДС) речовин у Канівське водосховище», а саме 13,87 мг/л (колекторно-дренажна система) і 16,64 мг/л (секція №1, золівдвал), але ці показники практично на порядок відрізняються від проведених контрольних досліджень ТОВ «НВО «ЕКОАЛЬЯНС». При цьому в жодній пробі не виявлено перевищення ГДК нітратів у воді господарсько-питного і культурно-побутового призначення (СанПиН № 4630-88).

Дослідження поверхневих вод ТОВ «НВО «Екоальянс» в зоні впливу золонакопичувача та прилеглої території доводять, що концентрація нітратів збільшується із збільшенням відстані від золівдвалу, так:

– проба відібрана біля спуску в колекторну систему біля озера Пріва концентрація складає 2,58 мг/л, збільшення концентрації обумовлено скиданням стічних вод з вул. Здолбунівської (житлова забудова та вулична мережа);

– проба відібрана біля випуску з колекторної системи в меліоканал Дарниця (в районі проспекту Григоренка та Дарницького шосе) складає 2,64 мг/л,

збільшення концентрації обумовлено скидами стічних вод з мікрорайонів Позняки-4 і Позняки-4а та частини вул. Здолбунівської;

– збільшення концентрація нітратів в пробах відібраних біля спуску з меліоканалу Дарниця в озеро Н. Тельбін та спуску з озера Н. Тельбін, обумовлені скидами стічних вод від промислової і житлової забудови, а також не санкціонованого розміщення побутових відходів в районі вул. Канальної та Причальної.

З огляду викладеного вище можна стверджувати, що:

– дослідження 10-ти проб скидів у поверхневій воді ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» виявили перевищення ГДС тільки в трьох пробах, які не перевищує ГДК, що свідчить про незначний вплив діяльності ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» на забруднення нітратами поверхневих вод;

– основними джерелами забруднення нітратами меліоканалу Дарниця та р. Дніпро (Канівське водосховище) є стічні води промислової, житлової забудови та прилеглої до них території;

– вміст нітратів в скидах з озера Н. Тельбін в річку Дніпро (Канівське водосховище) не перевищує ГДК.

За результатами хімічних аналізів скидів ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» із 10-ти проб в жодній не виявлено перевищення ГДС та ГДК (СанПиН № 4630-88), що свідчить про незначний вплив діяльності ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» на забруднення хлоридами поверхневих вод.

Дослідження поверхневих вод ТОВ «НВО «ЕКОАЛЬЯНС» в зоні впливу золонакопичувача та прилеглої території, підтверджують, що концентрація хлоридів збільшується із збільшенням відстані від золовідвалу, так:

– проба відібрана біля спуску в колекторну систему біля озера Прірава концентрація складає 78,1 мг/л, збільшення концентрації обумовлено скиданням стічних вод з вул. Здолбунівської (житлова забудова та вулична мережа);

– проба відібрана біля випуску з колекторної системи в меліоканал Дарниця (в районі проспекту Григоренка та Дарницького шосе) складає 74,4 мг/л,

збільшення концентрації обумовлено скидами стічних вод з мікрорайонів Позняки-4 і Позняки-4а та частини вул. Здолбунівської;

– збільшення концентрація хлоридів в пробах відібраних біля спуску з меліоканалу Дарниця в озеро Нижній Тельбін та спуску з озера Нижній Тельбін (106 мг/л), обумовлені скидами стічних вод від промислової і житлової забудови, а також не санкціонованого розміщення побутових відходів в районі вул. Канальної та Причальної.

Враховуючи вищевикладене можна стверджувати, що:

– дослідження 10-ти проб скидів у поверхневі води ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» не виявили перевищення ГДС та ГДК, що свідчить про незначний вплив діяльності ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» на забруднення хлоридами поверхневих вод;

– основними джерелами забруднення хлоридами меліоканалу Дарниця та р. Дніпро (Канівське водосховище) є стічні води промислової, житлової забудови та прилеглої до них території;

- вміст хлоридів в скидах з озера Н. Тельбін в річку Дніпро (Канівське водосховище) не перевищує ГДК.

Із означеного вище можна стверджувати, що:

– дослідження 10-ти проб скидів у поверхневі води ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» виявили перевищення ГДС тільки в трьох пробах, які не перевищує ГДК, що свідчить про незначний вплив діяльності ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» на забруднення хлоридами поверхневих вод;

– основними джерелами забруднення хлоридами меліоканалу Дарниця та р. Дніпро (Канівське водосховище) є стічні води промислової, житлової забудови та прилеглої до них території;

– вміст нітратів в скидах з озера Н. Тельбін в річку Дніпро (Канівське водосховище) не перевищує ГДК.

За результатами хімічних аналізів скидів ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» із 10-ти проб в жодній не виявлено перевищення ГДС та ГДК (СанПиН № 4630-

88), що свідчить про незначний вплив діяльності ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» на забруднення сухим залишком поверхневих вод.

Дослідження поверхневих вод ТОВ «НВО «ЕКОАЛЬЯНС» в зоні впливу золонакопичувача та на навколишній території, свідчать про наступне, так:

– проба відібрана біля випуску з колекторної системи в меліоканал Дарниця (в районі проспекту Григоренка та Дарницького шосе) складає 412 мг/л, зменшення концентрації обумовлено розбавленням скидів стічними водами з мікрорайонів Позняки-4 і Позняки-4а та частини вул. Здолбунівської;

– збільшення концентрація нітратів в пробах відібраних біля спуску з меліоканалу Дарниця в озеро Нижній Тельбін та спуску з озера Нижній Тельбін (448 мг/л та 443 мг/л відповідно), обумовлені скидами стічних вод від промислової і житлової забудови, а також несанкціонованим розміщенням побутових відходів в районі вул. Канальної та Причальної.

З огляду на вищевикладене можна стверджувати, що:

– дослідження 10-ти проб скидів у поверхневі води ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» не виявили перевищення ГДС та ГДК, що свідчить про незначний вплив діяльності ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» на забруднення сухим залишком поверхневих вод;

– вміст сухого залишку в скидах з озера Нижній Тельбін в річку Дніпро (Канівське водосховище) не перевищує ГДК.

За результатами хімічних аналізів скидів ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» із 8-ми проб тільки в двох пробах виявлено гостру токсичність (II клас – слаботоксична), але враховуючи значну похибку визначення (61%), твердження про гостру токсичність скидів є досить сумнівним.

## **Висновки до розділу 2**

Контрольні дослідження поверхневих вод ТОВ «НВО «ЕКОАЛЬЯНС» в зоні впливу золонакопичувача та на навколишній території, свідчать про відсутність гострої токсичності поверхневих вод.

За результатами проведених досліджень з'ясовано, що:

– в скидах в басейн Канівського водосховища з меліоканалу Дарниця не виявлено перевищення ГДК по азоту амонійному, залізу загальному, нітритах, нітратах, хлоридах та сухому залишку;

– по сухому залишку в скидах в басейн Канівського водосховища вода відноситься до другого класу якості (добра, прийнятна якість води);

– по азоту амонійному, залізу загальному, хлоридах вода відноситься до третього класу якості (задовільна, прийнятна якість води);

– по азоту нітритах та нітратах вода відноситься до четвертого класу якості (посередня, обмежено придатна, не бажана якість води);

– основними джерелами забруднення азотом амонійним, нітритами та нітратами меліоканалу Дарниця та р. Дніпро (Канівське водосховище) є стічні води промислової, житлової забудови та прилеглої до них території;

– за результатами хімічних аналізів скидів ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» із 8-ми проб тільки в двох пробах виявлено гостру токсичність (II клас-слаботоксична), але враховуючи значну похибку визначення (61%), твердження про гостру токсичність скидів є досить сумнівним;

– контрольні дослідження поверхневих вод в зоні впливу золонакопичувача та на навколишній території, свідчать про відсутність гострої токсичності поверхневих вод.

Отже можна стверджувати, що факти наднормативних скидів забруднюючих речовин із зворотними водами в меліоканал р. Дарниця, басейн Канівського водосховища не підтвердилися і підстав для анулювання дозволу на спеціальне водокористування від 01.02.2016 р. №УКР-815-Киє немає.

### РОЗДІЛ 3

## ОЦІНКА ПОТОЧНОГО СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗОЛОШЛАКОВІДВАЛУ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»

Моніторингові дослідження стану навколишнього природного середовища золошлаконакопичувача Дарницької ТЕЦ стосувалися досліджень забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих та підземних вод як основних компонентів довкілля, що мають вплив на стан здоров'я населення, що проживає неподалік місця видалення відходів.

Моніторинг досліджуваного об'єкту проводився в декілька етапів, включаючи польові дослідження.

### **3.1 Ймовірність виникнення екологічних загроз навколишньому природному середовищу золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» та прийняття управлінських рішень щодо їх запобігання**

Варто зазначити, що на території золовідвалу в повітрі вміст пилу дрібних фракцій розміром 1,0-2,5 мкм складав  $0,14 \text{ мг/м}^3$ , 2,5-10 мкм складав  $0,00 \text{ мг/м}^3$ ,  $>1,0 \text{ мкм}$  складав  $0,00 \text{ мг/м}^3$ . Вміст природних радіонуклідів в золошлаковій суміші (Радій-226, Торій-232, Калій-40, Бк/кг) та хімічний склад золошлаків представлено в таблицях 3.1 та 3.2. Масова частка вологи на момент вимірювання у відібраному зразку була 30%.

Таблиця 3.1

## Вміст природних радіонуклідів в золошлаковій суміші (Бк/кг)

| Номер проби | Питома активність радіонуклідів, Бк/кг |           |             |        |
|-------------|--|-----------|-------------|--------|
|             | Ra-226                                 | Th-232    | K-40        | Cs-137 |
| 1.          | 72±7*                                  | 54±5*     | 308±25*     | <2,2   |
| 2.          | 63±7*                                  | 35±4*     | 287±24*     | <2,3   |
| 3.          | 117±7*                                 | 85±5*     | 588±33*     | < 0,7  |
| 4.          | 126±10*                                | 87±7*     | 642±43*     | <2,1   |
| 5.          | 133±10*                                | 76±7*     | 750±48*     | <2,0   |
| Середнє     | 102±32****                             | 67±22**** | 515±207**** | -      |

Таблиця 3.2

## Хімічний склад золошлаків,%

| Показник       | Ппп  | розсів | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO   | CuO   | ZnO   | TiO <sub>2</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|----------------|------|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|-------|-------|------------------|--------------------------------|
| Фракція >40мкм | 32,5 | 37,8   | 54,892           | 30,753                         | 5,542                          | 2,365            | 2,788 | 0,070 | 0,036 | 1,126            | 0,034                          |
| Фракція <40мкм | 9,4  | 61,8   | 51,2942          | 29,751                         | 9,261                          | 2,026            | 3,879 |       | 0,035 | 1,243            | 0,029                          |
| Загальний      |      |        | 52,661           | 30,132                         | 7,848                          | 2,155            | 3,464 | 0,026 | 0,036 | 1,199            | 0,031                          |

## Продовження таблиці 3.2

| Показник       | MnO <sub>2</sub> | NiO   | BaO   | CeO <sub>2</sub> | Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | Cl    | C      |
|----------------|------------------|-------|-------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------|--------|
| Фракція >40мкм | 0,173            | 0,020 | 0,232 | 0,141            | 0,038                          | 0,394                         | 1,345           | 0,049 |        |
| Фракція <40мкм | 0,290            |       | 0,269 | 0,161            |                                | 0,640                         | 1,119           |       |        |
| Загальний      | 0,245            | 0,007 | 0,255 | 0,1531           | 0,0148                         | 0,546                         | 1,204           | 0,018 | 0,5-30 |

Для оцінки впливу золовідвалу на забруднення атмосферного повітря була використана зарубіжна «Методика розрахунку оцінки вітрової ерозії та пиління золовідвалів теплових електростанцій», оскільки на території України немає такої затвердженої методики та відсутні відповідні програмні засоби.

Вхідними даними для розрахунків були наступні:

- вміст СаО (оксид кальцію) в золошлаках 3,4650%;
- гранулометричний склад золошлаків на поверхні золошлакової зони сухого пляжу наведено в таблиці 3.2;
- площа золотого поля 138951 м<sup>2</sup>.

На рис. 3.1 схематично показані результати розрахунків приземної концентрації пилу (мг/м<sup>3</sup>) на різних відстанях від золовідвалу при північно-східному напрямку вітру швидкістю 6,2 м/с.

Таблиця 3.3

Гранулометричний склад золошлаків

| Розмір фракції, мкм | %     |
|---------------------|-------|
| < 15                | 36,33 |
| 15 - <16            | 1,67  |
| 16 - <30            | 17,36 |
| 30 - <32            | 1,91  |
| 32 - <80            | 24,52 |
| 80 - <90            | 1,81  |
| більше 90           | 16,40 |

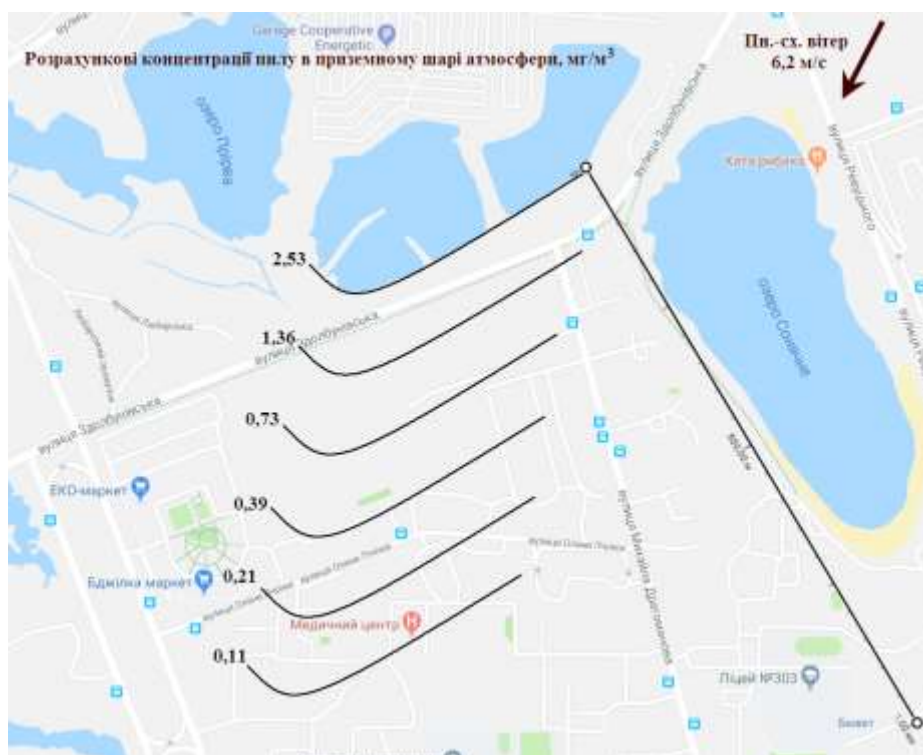


Рис. 3.1 – Схематичне представлення результатів розрахунків приземної концентрації пилу ( $\text{мг}/\text{м}^3$ )

Більш детально результати розрахунків представлено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Результати розрахунків приземної концентрації пилу ( $\text{мг}/\text{м}^3$ )

| Відстань від території золовідвалу, м | Приземна концентрація пилу ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) | Перевищення ГДК <sub>мр</sub> для пилу |
|---------------------------------------|---|--|
| 0                                     | 2,528   | 5,056                                  |
| 100                                   | 1,360   | 2,720                                  |
| 200                                   | 0,732   | 1,463                                  |
| 300                                   | 0,394   | 0,787                                  |
| 400                                   | 0,212   | 0,423                                  |
| 500                                   | 0,114   | 0,228                                  |
| 600                                   | 0,061   | 0,123                                  |
| 700                                   | 0,033   | 0,066                                  |
| 800                                   | 0,018   | 0,035                                  |
| 900                                   | 0,010   | 0,019                                  |
| 1000                                  | 0,005   | 0,010                                  |

Напряж вітру обирався з міркувань найбільш можливого впливу золовідвалу на прилеглі житлові масиви, а швидкість, як потрібна від середньої (2,1 м/с) для місяців (червень-вересень), в які можливе найбільше забруднення повітря від даного об'єкту (рис. 3.2).

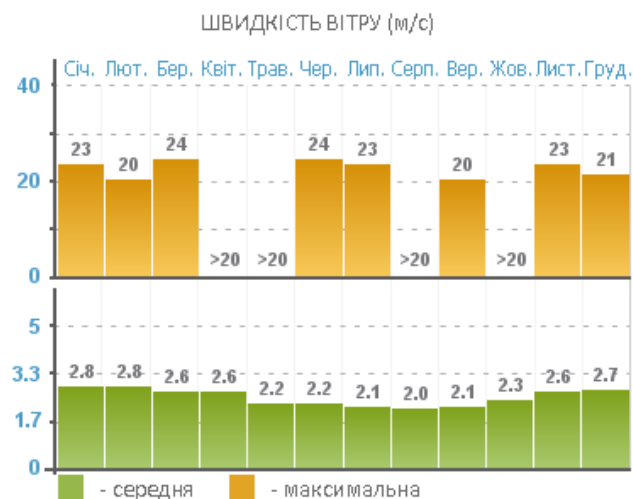


Рис. 3.2 – Дані щодо швидкості вітру в м. Київ за період з 1899 року

[[https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate\\_stations/](https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/)]

Викладені розрахунки доводять, що навіть при такій швидкості вітру концентрації пилу на відстані 300 м від золовідвалу не перевищують гранично допустимі значення і це в тому разі, якщо поверхня золовідвалу знаходиться в умовно сухому стані.

Отже, проведені розрахунки свідчать про відсутність негативного впливу золовідвалу на прилеглі житлові масиви.

### **3.2 Процедури отримання параметрів моніторингу довкілля золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» з використанням безпілотних літальних апаратів**

Підготовка операторів дистанційно-пілотовані літальні апарати (ДПЛА) здійснюється у відповідності до Програми підготовки персоналу з авіаційної безпеки (затверджено Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України

18.06.2007 № 508 (zareєстровано в Міністерстві юстиції України п'ятого липня 2007 р. за № 769/14036) ). Однак особливості використання та застосування ІСППР ця Програма не деталізує.

Підготовка операторів ДПЛА екологічного моніторингу передбачає врахування того факту, що польотні завдання, які виконуються, різняться за цілями та вимогами, для реалізації моніторингу потрібні ДПЛА різних класів, обладнаних сенсорами різних типів з єдиним наземним командним центром.

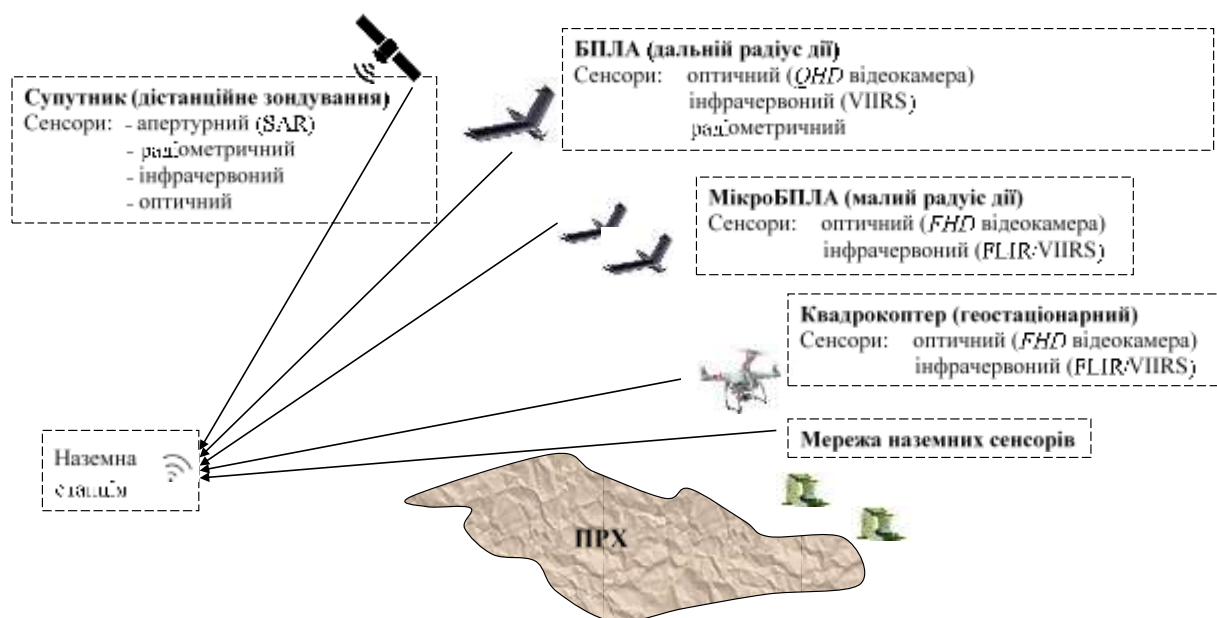


Рис. 3.3 – Схема моніторингу території спостереження для проведення операцій з контролю стану атмосферного повітря

Підготовка операторів ДПЛА для здійснення моніторингу передбачає виявлення, спостереження процесів забруднення атмосферного повітря, оцінку їх параметрів та прогнозування зміни для забезпечення ОПР в реальному часі інформацією, необхідною для прийняття рішень щодо запобігання та протидії надзвичайним ситуаціям. При цьому функціонування системи моніторингу можна змодельовати у вигляді трьох стадій: виявлення надзвичайних ситуацій, підтвердження їх наявності та спостереження за процесами забруднення

атмосферного повітря. Відповідно до цього, кожний дистанційно пілотований літальний апарат буде виконувати певну місію на кожній стадії [124].

Передбачено три можливі місії (рис. 3.3): патрулювання (спостереження за територією та виявлення надзвичайної ситуації); підтвердження; моніторинг.

В процесі місії патрулювання кожен ДПЛА має свій шлях, який містить заздалегідь пророблену послідовність точок траєкторії. У момент польоту за спланованим маршрутом, ДПЛА спостерігає за територією з використанням бортових датчиків з метою автоматичної ідентифікації процесів руйнівного характеру.

План польоту суворо обмежений характеристиками ДПЛА, такими як висота над рівнем землі, чутливість сенсорів, часова тривалість польоту тощо. З огляду на площу та характеристики спостережуваної території до завдання патрулювання може бути залучена різна кількість ДПЛА (квадрокоптерів) одночасно.

Після виявлення надзвичайної ситуації, починається місія підтвердження. ДПЛА, що виявив процес забруднення атмосферного повітря, може продовжувати задачу патрулювання, але може змінити завдання. Для підтвердження наявності надзвичайної ситуації до місця її виявлення направляються ДПЛА з можливістю зависання на одному місці на безпечній відстані.

Якщо факт наявності надзвичайної ситуації підтверджується, починається моніторинг. Завдання моніторингу вимагає безперервного отримання значної кількості інформації з різних точок відбору. Тому як мінімум декілька ДПЛА мають залучатися до цієї місії. З метою підтримки прийняття рішень на станції наземного акумулювання інформації за допомогою ІСППР повинні бути здійснені необхідні оцінки параметрів процесів забруднення атмосферного повітря [125-130].

Концептуальна схема системи моніторингу включає такі компоненти:

- 1) множину БПЛА (для завдань патрулювання, перевірки інформації та моніторингу), обладнаних бортовими датчиками;

- 2) забезпечення обладнанням для наземної підтримки БПЛА (піднятися в повітря і посадка, підтримка) та оснащення для контролю за БПЛА;
- 3) побудовані схематичні рішення / технології дистанційного обстеження та обробки зображень / сигналів;
- 4) командний пункт на землі, який містить обладнання для реалізації комунікацій та відповідний обчислень;
- 5) схеми для вирішення завдань знаходження, спостереження, дослідження та прогнозування рухів руйнівного характеру.

Відтак, ДПЛА моніторингу атмосферного повітря можуть використовуватися для запобігання надзвичайним ситуаціям природного і техногенного, терористичного характеру шляхом своєчасного виявлення джерел надзвичайних ситуацій.

Застосування ІСППР при виконанні завдань екологічного обстеження на основі спеціальної основи знань предметної області дасть можливість ведення процедури екологічного моніторингу з урахуванням задач моніторингу та реалізації екологічної безпеки. До того ж ОПР повинна бути забезпечена можливістю ефективної роботи з розумінням предметної екологічної та природоохоронної галузі. Оскільки база знань займає головне місце в ІСППР, для її реалізації необхідно відповісти на важливі питання. Першочергово потрібно з'ясувати алгоритми створення бази знань і методика її використання під час автоматизованого освоєння пілотами управління ДПЛА екологічного спостереження [131-140].

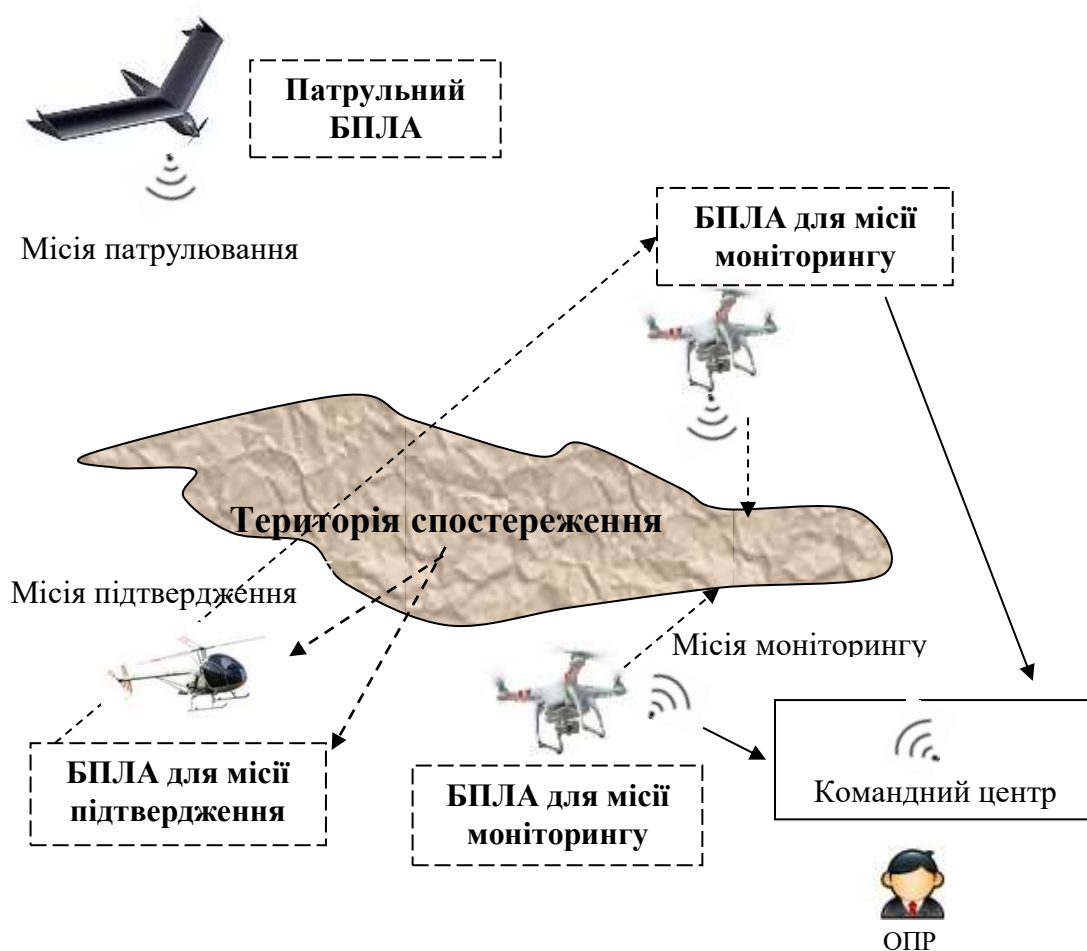


Рис. 3.4 – Виконання місії моніторингу території (природно-техногенна система)

Виокремимо вісім основних типів знань:

1. Основні елементи. Вони зазначаються у вигляді фактів і не потребують обговорення.
2. Твердження про визначення. Вони засновані на базових елементах і першочергово розглядаються як достовірні.
3. Концепції. Вони являють собою перегрупування або узагальнення основних елементів.
4. Відносини. Вони виділяють елементарні властивості основних елементів і тверджень.
5. Теореми і правила перезапису. Вони є індивідуальними випадками правил з певними властивостями. Теореми не корисні без правил їх застосування.

6. Алгоритми. Застосування алгоритмів обмежено окремими правилами, більша частина яких має справу з аналізом числової інформації.

7. Стратегії і евристика. До них відносять правила поведінки, які забезпечують в даній конкретній ситуації ухвалення рішення про нагальні дії.

8. Мета знання. Вона є знанням того, що відомо. Це є фундаментальним визначенням для систем, що вміють на основі знання робити висновки, структурувати їх, абстрагувати, узагальнювати, у тому числі вирішувати, у яких випадках вона може користуватися.

Основні елементи, твердження та поняття, концепції і відносини належать початковим знанням про елементи предметної області. Інформація подібного виду може бути надана у формі статичних фреймів, предикатів, правил. Подібні знання можна представляти у вигляді динамічних фреймів, скриптів, семантичних мереж. Стратегії, евристика і ціль знання також можна представити у форматі динамічних фреймів, скриптів і семантичних мереж. Практика сьогодення формального представлення знань допускає застосування змішаних формацій: продукційно-фреймових, фрейм-структур або мережі фреймів. Даний підхід дозволяє ефективно компонувати переваги різних форм представлення знань в тренажері. Отже, в структурі бази знань тренажера допустимо виділити основний зміст, а саме факти опираючись на факти для вирішення конкретної проблематики [141-150].

База даних зберігає фактографічні відомості про об'єкт і дані, що відносяться до зазначеної предметної сфери (задачі екологічного моніторингу, інформація про об'єкти моніторингу та навколишнє середовище).

Окрім знань про предметні завдання в базі знань можуть знаходитись і такі знання як окремі бази, знання про користувача, цілі й інша інформація. Зазначені знання найчастіше містяться на другому рівні уявлення у форматі блоків або органічних фрагментів бази правил. У ІСППР, що працюють онлайн, здійснюється рівень метазнань (знання системи стосовно себе, її структуру і щодо принципи функціонування), який здійснюється для того щоб більш структуровано

оперувати процесами в базі знань, знизити області пошуку рішення задачі, зменшити час оброблення даних.

З метою використання ІСППР при здійсненні екологічного моніторингу слід розбити все поле професійної діяльності керуючого ДПЛА на окремі епізоди (окремі тренінги), поведінка в яких веде або не призводить до несприятливих наслідків. Основною функцією комп'ютерної програми-оптимізатора ІСППР є оцінювання якості діяльності на поточній дії і розподіл часу для поступового освоєння навичок в майбутньому [151-153].

ДПЛА екологічного моніторингу відпрацьовують наступні завдання спостереження за станом атмосферного повітря:

- викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря (частота викидів забруднюючих речовин стаціонарними та пересувними джерелами, основні забруднювачі атмосферного повітря (за галузями виробництва);
- перенесення шкідливих речовин за межі країни;
- якісний склад атмосферного повітря в населених пунктах;
- показники радіаційного забруднення атмосферного повітря;
- застосування озоноруйнівних речовин і їх вплив на довкілля;
- негативний вплив забруднюючих речовин на здоров'я людини та тваринний світ;
- дослідження заходів, направлених на поліпшення стану атмосферного повітря.

ІСППР доцільно використовувати також для професійної підготовки ОПР. Мова йде про те, що ІСППР спроможна забезпечувати не тільки професійну підготовку ОПР, а й атестацію операторів ДПЛА (надання допуску до самостійної роботи зі справжнім апаратами), та підтримку прийняття рішень.

Основною рисою ІСППР для професійної підготовки операторів тренувальних машин ДПЛА є наявність взаємопов'язаних логічних блоків, що можуть бути умовно розділені на дві групи:

- 1) групи, що відображають реалізацію навчальних умінь;
- 2) блоки вирішення задач управління процесом тренування.

Завданнями ІСППР при здійсненні навчання операторів ДПЛА є такі:

- утворення (відновлення, підтримання на необхідному рівні) знань професії з конструкції, призначення, умов функціонування, технології експлуатації ДПЛА екологічного моніторингу і їх елементів;
- формування практичних умінь і навичок стосовно виконання операцій моніторингових процесів індивідуально, у тому числі у складі групи ДПЛА;
- утворення навичок і компетенцій прийняття вагомих рішень під час виконання моніторингових операцій в умовах виникнення передбачених і непередбачених ситуацій;
- екзаменування операторів ДПЛА;
- інформаційна підтримка протягом виконання завдань професійної (експлуатаційної) діяльності.

Завдання ІСППР можуть бути логічним чином реалізовані в рамках симулятора ДПЛА екологічного моніторингу:

- електронний підручник;
- програмний симулятор з метою вироблення індивідуальних практичних навичок здійснення операцій на тренажері (далі - індивідуальний симулятор);
- спеціальний програмний симулятор з метою вироблення практичних навичок здійснення операцій в складі групи ДПЛА (далі - колективний симулятор);
- частина системи атестації персоналу;
- частина системи підтримки прийняття рішень під час виникнення надзвичайних ситуацій;
- підсистема інформаційної підтримки професійної діяльності оператора ДПЛА.

*Електронний інтерактивний підручник* спрямований на навчання оператора ДПЛА із застосуванням навчального матеріалу (тексти технічних описів обладнання, яке вивчається, його інтерактивних 2D- і 3D- моделей, анімації, фото- і відеозображень, звуку тощо) для вивчення конструкції, алгоритму функціонування симулятора та його складових елементів, порядку і правил

здійснення операцій під час користування ДПЛА за призначенням, технічного оформлення, інших експлуатаційних процесів із зазначенням вимог безпеки.

В електронному інтерактивному підручнику навчальний матеріал повинен бути адаптований для роботи з ІСППР (кожна сторінка цілком відображається на екрані), текст має гіперпосилання (які розкривають поняття, доповнюють текст ілюстраціями, таблицями, відеороликами тощо), глосарій (словник), засоби контролю якості засвоєння навчального матеріалу.

Електронний інтерактивний підручник в ІСППР доцільно реалізувати у вигляді програмного комплексу навчання, який складається з трьох програмних засобів: – графічного відображення операцій; – управління процесами навчання і тестування; – контролю засвоєння матеріалу оператором.

ОПР включає модуль оцінки і контролю, що дозволяє отримати певний результат (показник), що відображає якість засвоєння знань (умінь, навичок). Електронний інтерактивний підручник включається до складу апаратно-програмного комплексу ІСППР, який має в своєму складі: серверну частину, мережеве обладнання, клієнтську частину – автоматизоване робоче місце на базі ПЕОМ, загальносистемне та спеціальне програмне забезпечення.

Сценарій використання електронного інтерактивного підручника ІСППР в питаннях екологічного моніторингу приведено на рисунку 3.5.

*Індивідуальна ІСППР* призначена для формування, вдосконалення, відновлення і підтримання на необхідному рівні практичних умінь і навичок індивідуальної операторської діяльності з виконання технологічних операцій як в штатних умовах, так й при виникненні надзвичайних ситуацій в польоті ДПЛА.

Індивідуальна ІСППР при навчанні операторів ДПЛА реалізує наступні функції:

- моделювання функцій ДПЛА і зовнішньої обстановки в усьому діапазоні зміни її характеристик, у всіх режимах і умовах застосування;
- відповідності імітованих і реальних візуальних об'єктів і процесів моніторингу;

- автоматична демонстрація (демонстрація) еталонного виконання завдання;
- ускладнення умов виконання завдання в міру набуття навичок оператора;
- контроль параметрів, що характеризують якість роботи оператора, їх порівняння з нормативними за критеріями, що відповідають даному етапу навчання і умов тренування, що обирається інструктором;
- накопичення інформації про тенденції розвитку знань, умінь і навичок;
- видача інструктору оператора тренажера інформації про якість діяльності оператора, тенденції розвитку навику і про його помилки.

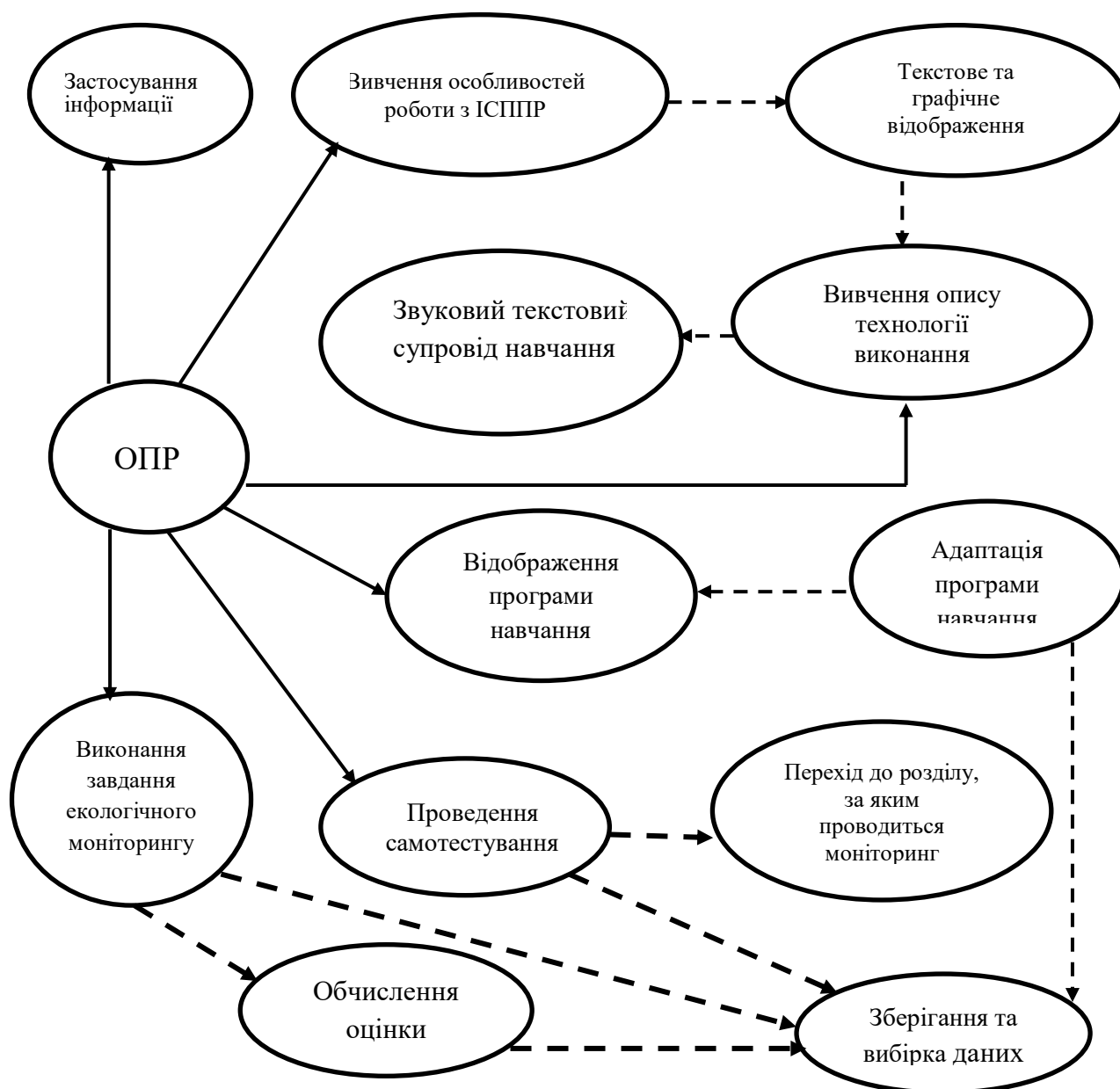


Рис. 3.5 – Сценарій використання електронного інтерактивного підручника в ІСПП в питаннях екологічного моніторингу

Сценарій використання індивідуальної ІСПП для підготовки оператора ДПЛА екологічного спостереження приведено на рисунку 3.6.

*Колективна ІСПП* призначена для формування, вдосконалення, відновлення і підтримання на необхідному рівні у операторів ДПЛА екологічного моніторингу, практичних умінь і навичок колективного виконання моніторингових технологічних операцій у складі групи в штатних умовах

застосування ДПЛА, а також при виникненні надзвичайних (нештатних, аварійних ситуацій).

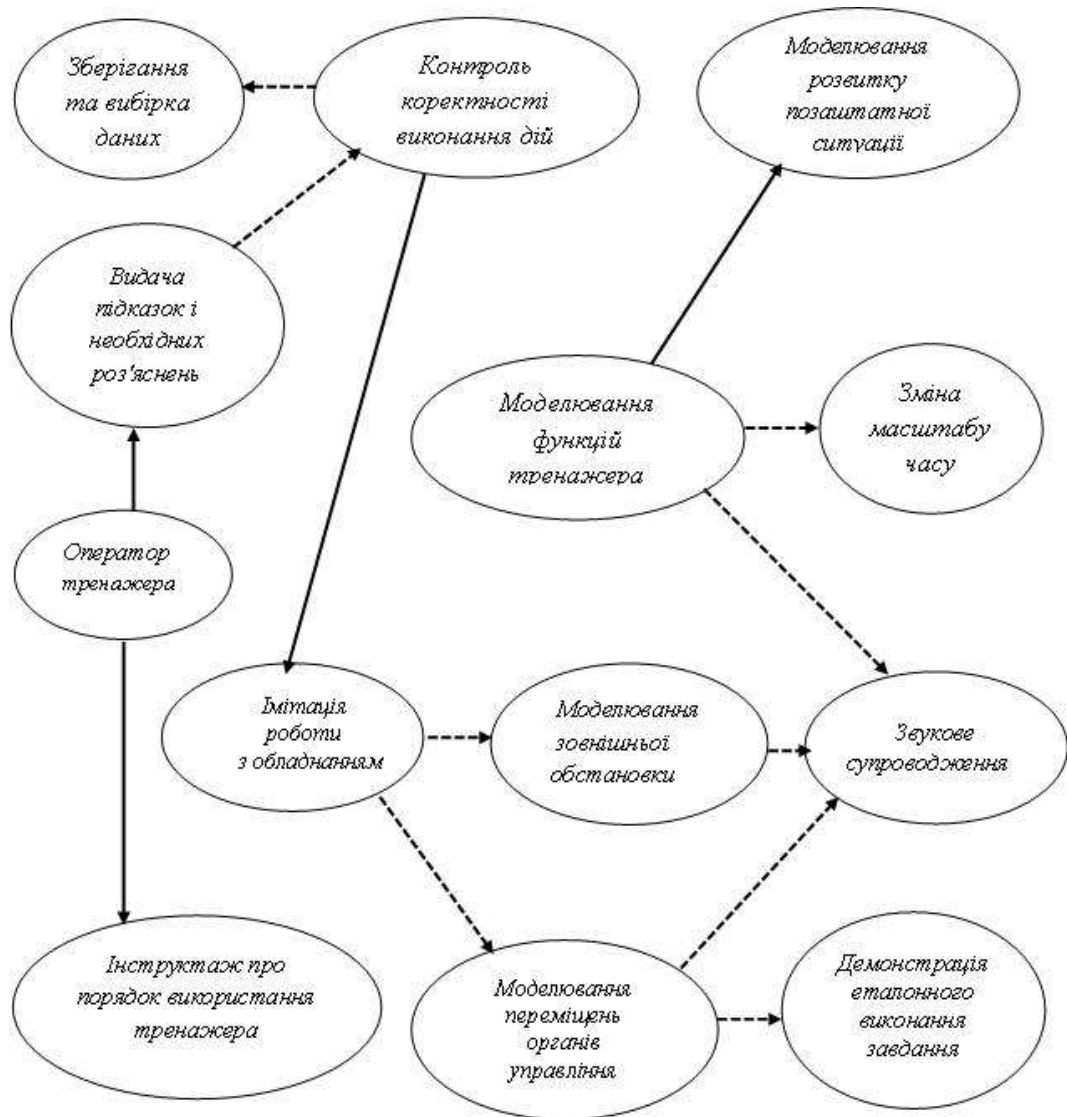


Рис. 3.6 – Сценарій використання індивідуальної ІСППР для підготовки оператора ДПЛА екологічного моніторингу

Колективна ІСППР реалізує наступні функції:

- об’єктивна оцінка злагодженості як у групі операторів, так і злагодженості взаємодіючих груп;
- документування основних подій, дій операторів, відповідей та інших даних для подальшого зберігання та відтворенні в реальному, уповільненому або прискореному масштабі часу для оцінки ходу тренування;

- реєстрація операторів, облік відвідування та успішності планування занять;
- видача операторам програм навчання і завдань на додаткове вивчення матеріалу;
- складання звітів за результатами навчання.

Сценарій використання колективної ІСППР для підготовки операторів ДПЛА екологічного моніторингу приведено на рисунку 3.7.

ІСППР при виникненні надзвичайних ситуацій призначена для формування у ОПР навичок і компетенцій прийняття обґрунтованих рішень при виконанні моніторингових операцій в умовах виникнення розрахункових і нерозрахованих надзвичайних ситуацій, а також інформаційної підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій [154-160].

При виникненні надзвичайних ситуацій ІСППР реалізує наступні функції:

- збирання, накопичення і систематизація інформації за передбаченими надзвичайним ситуаціям, які мали місце в процесі планової діяльності об'єкта спостереження і порядку виходу з них;
- надання інформації за порядком виходу з аварійних ситуацій (перелік першочергових заходів, найбільш ймовірні сценарії розвитку, ймовірні небезпечні зони польоту ДПЛА тобто;
- оцінка можливостей несприятливих наслідків при прийнятті рішень щодо виходу з непередбачених надзвичайних ситуацій;
- надання інформації для вибору критерію рішення щодо виходу з надзвичайних ситуацій.

Сценарій використання ІСППР при виникненні надзвичайних ситуацій приведено на рис. 3.8. Запропоновані складові (функціональні підсистеми) визначають базовий функціональний склад ІСППР при здійсненні екологічного моніторингу з використанням ДПЛА.

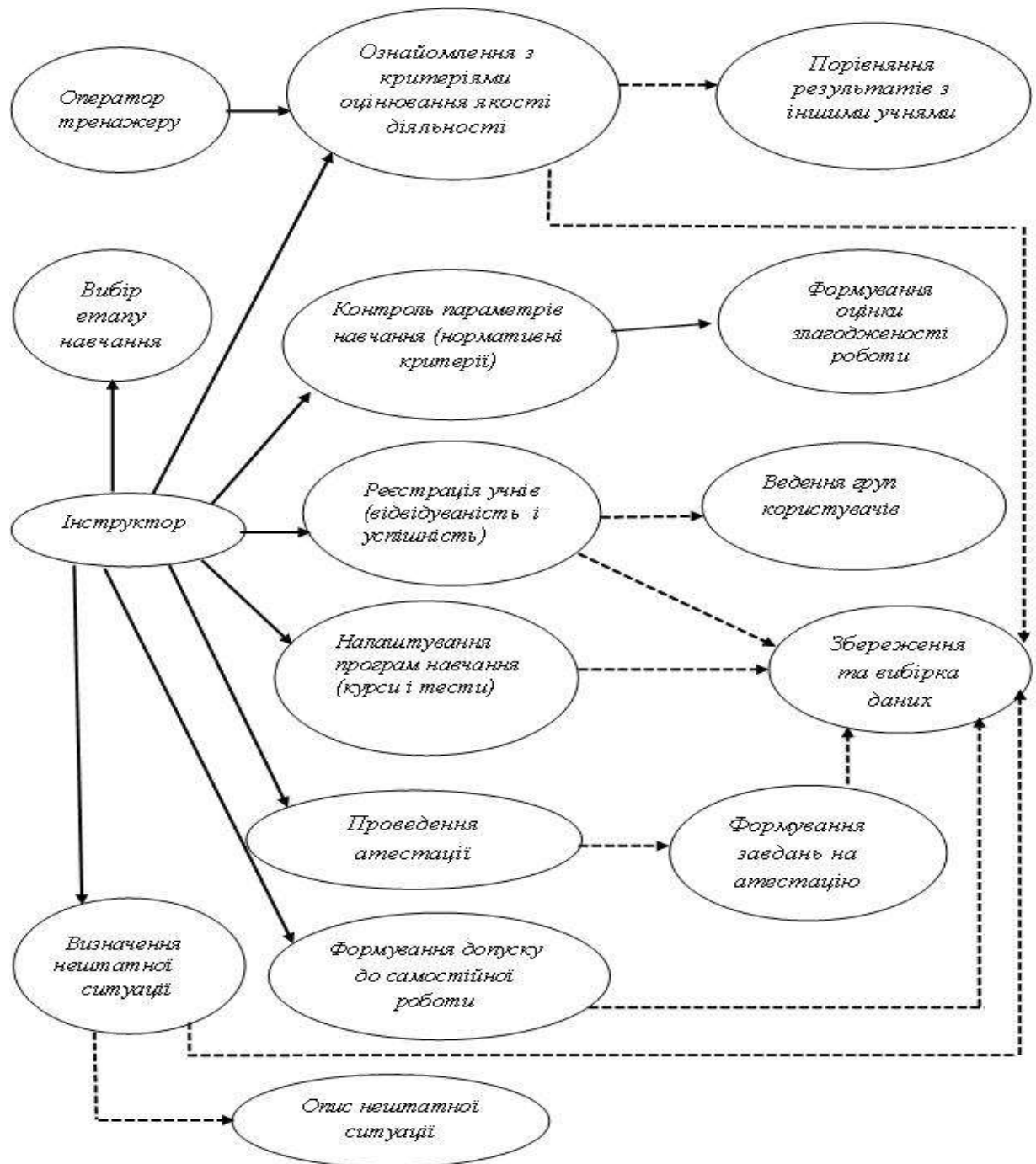


Рис. 3.7 – Сценарій використання колективної ІСППР для підготовки операторів ДПЛА екологічного моніторингу

*Структурно-функціональна модель ІСППР для професійної підготовки ОПР та операторів ДПЛА екологічного спостереження.*

На основі розроблених функціональних підсистем розроблена структурно-функціональна модель ІСППР, що забезпечує вирішення завдань використання ІСППР і підтримки прийняття рішень. Структурно-функціональна модель

визначає склад основних компонентів ІСППР, ключові модулі, їх функціональне призначення, інтерфейси і показує перелік користувачів. Важливим аспектом при створенні ІСППР є початкове наповнення, яке повинно формуватися на підставі нормативних документів, опису реального обладнання ДПЛА, а також методичного досвіду з теоретичної та практичної підготовки. Ця інформація формується у вигляді бази знань і з використанням онтологічної моделі предметної сфери визначає технологію надання інформації ОПР та операторам ДПЛА [161-165]. Оператор ДПЛА з використанням електронного інтерактивного підручника, індивідуальної, колективної ІСППР має можливість пройти як теоретичну підготовку з використанням всіх сучасних засобів представлення інформації (2D-зображення, 3D-моделі, анімація, мнемосхеми, карти, табличний, мережеве та лінійне представлення технологічних графіків тощо), так і практичного відпрацювання навичок виконання технологічних процесів і виходу з надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути при експлуатації реального ДПЛА екологічного спостереження.

ОПР та оператор ДПЛА за допомогою підсистеми інформаційної підтримки ІСППР вирішують повсякденні експлуатаційні завдання. При цьому, при виникненні надзвичайних екологічних ситуацій з використанням ІСППР приймаються обґрунтовані рішення щодо виходу з нештатних, аварійних ситуацій.

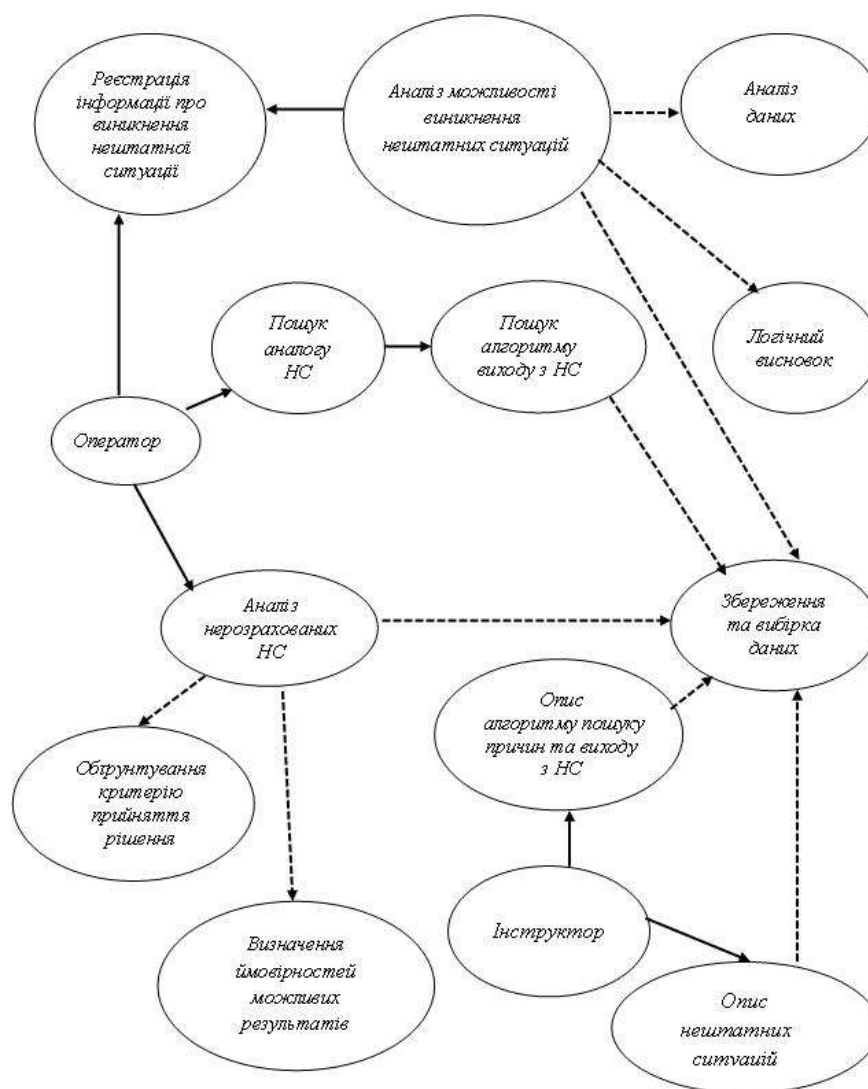


Рис. 3.8 – Сценарій використання ІСППР при виникненні надзвичайних ситуацій

Структурно-функціональна модель ІСППР (рис. 3.9) забезпечує реалізацію всіх функцій ДПЛА екологічного спостереження з урахуванням особливостей професійної підготовки оператора ДПЛА. У представленій структурно-функціональній моделі передбачено модуль автоматичної адаптації. Його основне призначення – забезпечити автоматичне підстроювання курсу відповідно до ступеня засвоєння матеріалу з урахуванням вимог до фахівців наземних служб забезпечення польотів і сучасних методів навчання [162].

Імітація надзвичайних ситуацій в ІСППР передбачає їх моделювання, надає оператору отримувати навички з пошуку алгоритму виходу, але цим його функції не обмежуються. При цьому забезпечується також робота з непередбаченими

надзвичайними ситуаціями. Тому вихід з нештатних ситуацій вимагає формування нового алгоритму виходу.

Відповідно, після виявлення надзвичайної ситуації ІСППР визначає наявність її опису в базі знань та сформованих рішень про подальші дії. При виході з надзвичайної ситуації в ІСППР (в базі знань ІСППР) передбачені стратегії, яких повинен дотримуватися ОПР, і критеріїв прийняття рішення (стратегій).

Такими стратегіями можуть бути: прагнення виконати цільове завдання за мінімальний термін; намір виконати цільове завдання з мінімальною вартістю виконання цільового завдання; рішення виконання експлуатаційного процесу з найкращими екологічними показниками. Вихідні дані ІСППР представлено у вигляді навчальних модулів, що містять всю мультимедійну і текстову інформацію, а також програмні моделі і зовнішній вигляд елементів імітованих систем і агрегатів і опис імітованих технологічних процесів вводяться на етапі розроблення ІСППР [163].

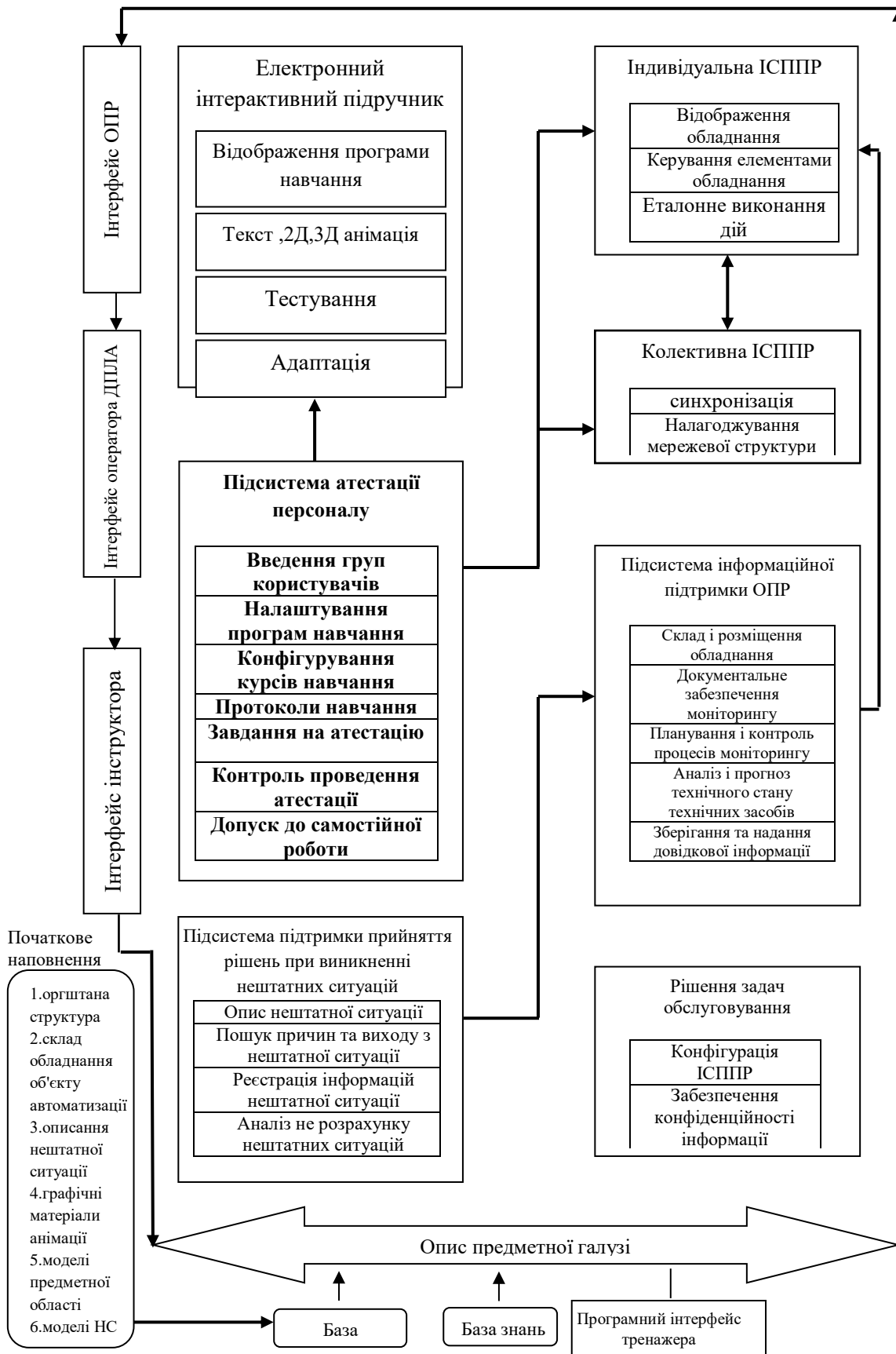


Рис. 3.9 – Запропонована структурно-функціональна модель ІСПП з застосуванням ДПЛА екологічного моніторингу

Надалі у ІСППР є можливість враховувати склад досліджуваних питань (моніторингові завдання) і враховувати нові непередбачені надзвичайні ситуації. У такий спосіб, базова онтологічна модель ІСППР змінюється (удосконалюється) в процесі її експлуатації.

*Оцінка ефективності прийнятого рішення і часу реакції оператора дистанційно пілотованого літального апарату при виникненні нештатної ситуації.*

Проведений аналіз свідчить, що загальноприйнятими показниками ефективності ергатичних систем управління є оперативність прийнятих рішень та їх достовірність [164]. Інтегральним показником, що враховує і оперативність, і якість рішень, є ймовірність своєчасного й правильного ухвалення рішення  $P$ ,

$$P = P_t D, \quad (3.1)$$

де  $P_t$  – ймовірність своєчасності рішення, тобто того, що рішення буде прийнято за час менший за  $t$ ;  $D$  – достовірність прийнятого рішення.

Однак варто зазначити, що цей вираз справедливий лише за умови незалежності ймовірностей  $P_t$  і  $D$ , що практично неможливо. Тому більш доцільно окремо розглядати методи розрахунку показників своєчасності (оперативності)  $P_t$  і достовірності  $D$  прийнятих рішень.

Оцінку оперативності прийняття рішень можна здійснити на основі експериментальних досліджень, аналітично або із застосуванням методів імітаційного моделювання. Експериментальна оцінка  $P_t$ , природно, можлива лише в умовах реальної експлуатації ІСППР в умовах зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих впливів. На етапі проєктування тренажерного комплексу ДПЛА більш доцільно застосувати аналітичні методи оцінки  $P_t$ . При цьому залежно від наявності вихідної інформації про часові характеристики задач управління можуть бути використані або нечіткі, або ймовірнісні моделі розрахунку. У першому випадку вихідні дані використовується експертна інформація, у другому – статистичні дані про характеристики задач.

Імітаційне моделювання для оцінки достовірності  $D$ , застосовується на всіх етапах проєктування ІСППР. Існує кілька підходів до апріорної порівняльної

оцінки достовірності прийнятих рішень: варіантний метод; метод оцінки за зовнішнім критерієм (критерію ефективності керованої системи); імовірнісний метод.

Отже, можливо зробити висновки що – підготовку і перепідготовку ОПР ефективно здійснювати з використанням ІСППР.

Навчання із використання ДПЛА екологічного моніторингу доцільно здійснювати шляхом використання ІСППР для виявлення позаштатних ситуацій під дією зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів. Реалізація такого підходу дозволяє підвищити достовірність виявлення нештатної ситуації та здійснювати підготовку операторів ДПЛА ефективно реагувати в цих умовах.

Завдання навчання ОПР стосовно здійснення завдань екологічного моніторингу можуть бути логічним способом реалізовані в рамках запропонованих екранних форм ІСППР: електронний інтерактивний підручник; програмний тренажер для вироблення індивідуальних практичних навичок виконання операцій на тренажері (далі – індивідуальний тренажер); програмний тренажер для вироблення практичних навичок виконання операцій в складі групи ДПЛА екологічного спостереження; підсистема атестації персоналу; підсистема підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій; підсистема інформаційної підтримки професійної діяльності оператора ДПЛА.

Структурно-функціональна модель ІСППР повинна забезпечувати реалізацію всіх функцій ДПЛА екологічного спостереження. Для цього в ІСППР передбачено модуль автоматичної адаптації, що дозволяє забезпечити автоматичне підстроювання курсу навчання відповідно до ступеня засвоєння матеріалу з урахуванням вимог до фахівців наземних служб забезпечення польотів і сучасних методів навчання.

Імітація надзвичайних ситуацій передбачає їх моделювання та дозволяє оператору отримувати навички з пошуку алгоритму виходу.

ОПР має на основі аналізу ситуації, що виникла сформулювати мету виходу з надзвичайної ситуації та вибрати стратегію виходу з надзвичайної ситуації. При цьому в результаті прийнятого рішення стан об'єкта, на якому сталася

надзвичайна ситуація, змінюється, і модель описує можливі результати цього рішення. Модель надзвичайної ситуації повинна дозволяти оцінювати цільовий результат всіх можливих рішень (ціну рішень) і можливість реалізації результатів цих рішень; модель повинна дозволяти приймати рішення за різними критеріями, що описує різні переваги (значимість виконання процесу і можливість його перенесення, ризик виникнення аварії, наслідки невиконання процесу і т.д.).

Наступним етапом досліджень є оцінка ефективності автоматизованої системи підтримки прийняття управлінських рішень щодо покращення стану атмосферного повітря навколо об'єктів критичної інфраструктури з застосуванням безпілотних літальних апаратів.

### **3.3 Висновки до розділу 3**

У такий спосіб проведені неодноразові натурні вимірювання концентрацій забруднюючих речовин в межах золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» та прилеглих територій не виявили перевищень ГДКм.р. для різних забруднюючих речовин, зокрема і для пилу. А, як показують численні дослідження, від таких об'єктів найбільшу загрозу можуть становити саме забруднення пилом різних фракцій.

Проведені розрахунки приземної концентрації пилу ( $\text{мг/м}^3$ ) на різних відстанях від золошлаковідвалу не виявили шкідливого впливу золовідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» на прилеглі житлові масиви.

Новітнім методом отримання даних екологічного моніторингу є застосування безпілотних літальних апаратів, комплектація яких може змінюватися та варіювати залежно від завдань екологічного моніторингу.

## РОЗДІЛ 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ЗОЛОШЛАКОВІДВАЛУ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»

Поняття екологічного моніторингу досить широке і в залежності від досліджуваного об'єкту, його параметри можуть суттєво відрізнятися.

З огляду особливостей досліджуваного об'єкта, а саме золошлаковідвалу Дарницької ТЕЦ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» було встановлено, що основним компонентом довкілля, що має вплив на якість життя населення прилеглих до нього територій є стан атмосферного повітря.

Тому, фактор територіальності та часу має суттєвий вплив на дослідження саме атмосферного повітря.

#### **4.1 Дослідження стану атмосферного повітря місць видалення відходів ТЕЦ за територіальною ознакою**

Забруднення атмосферного повітря завжди безпосередньо пов'язане з наявністю певного джерела на місцевості, небезпека в якому матеріалізується в результаті впливу забруднення. Так, у разі забруднення атмосферного повітря збурюючий вплив може мати природний, антропогенний або техногенний характер [165-166].

З урахуванням дискретизації району спостереження за допомогою сітки з комірок передбачено вважати джерело виникнення точковим, що міститься в межах певної комірки  $c_l \in C$ . Роль джерела полягає в тому, що в момент виникнення забруднення атмосферного повітря  $t_l \in T$  воно є початковою точкою подальшого поширення процесу; в момент  $t_l$  лише одна комірка вважається охопленою забрудненням – комірка  $c_l$ , але внаслідок явища розповсюдження в

кожен наступний момент часу число охоплених забрудненням комірок буде збільшуватися (зрозуміло, якщо не вжито відповідних заходів щодо локалізації).

Концепція побудови моделей екологічного прогнозування стану атмосферного повітря за територіальною ознакою передбачає, що забруднення атмосферного повітря виникає при певному «збігу обставин», які є наслідком впливу забруднюючих речовин на ділянки місцевості певного класу.

Певна комірка  $c_l$  може стати джерелом забруднення атмосферного повітря в момент часу  $t_l$  при певній комбінації стану зовнішнього середовища  $State_E^{t_l}$  і стану комірки  $State_{c_l}^{t_l}$ . Слід зауважити, що така комбінація не означає негайного виникнення забруднення, а лише створює потенційну можливість виникнення забруднення у вигляді оцінки небезпеки  $\mu_l$ . Відтак, комірка  $c_l$  в момент часу  $t_l$  при певній комбінації стану зовнішнього середовища  $State_E^{t_l}$  і стану  $State_{c_l}^{t_l}$  може бути джерелом забруднення атмосферного повітря з певною ймовірністю (можливістю)  $\mu_l$ .

Припускається, що забруднення атмосферного повітря є цілком стохастичним процесом, причому низка обставин їх виникнення або є зовсім невідомим внаслідок неможливості спостережень цілком, або відомим недостовірно внаслідок обмеженої точності спостережень. Крім того трапляються «приховані» фактори і залежності, що не дозволяють обґрунтовано або достовірно встановити вплив на виникнення ПРХ.

Більш обґрунтованим рішенням є використання для обробки накопичених масивів даних сучасних методів інтелектуального аналізу даних і вилучення знань (Data Mining & Knowledge Discovery), які дозволяють враховувати неповноту і неточність спостережень за рахунок застосування формального апарату нечітких (Fuzzy) і наближених (Rough) множин і виявляти приховані залежності у великих масивах даних. Застосування методів інтелектуального аналізу даних дозволяє отримати оцінку можливості забруднення атмосферного повітря на множині

виявлених збігів значень параметрів, які описують умови місцевості, і зовнішнього середовища [167].

Слід зауважити, що процес забруднення атмосферного повітря може відбуватися паралельно в часі від декількох незалежних (або залежних) одне від одного джерел, тому в загальному випадку існує одночасно множина джерел. Надалі вважається, що кожне джерело  $u_i$  в процесі забруднення атмосферного повітря формує зону розповсюдження забруднення  $F_i$  (рис. 4.1).

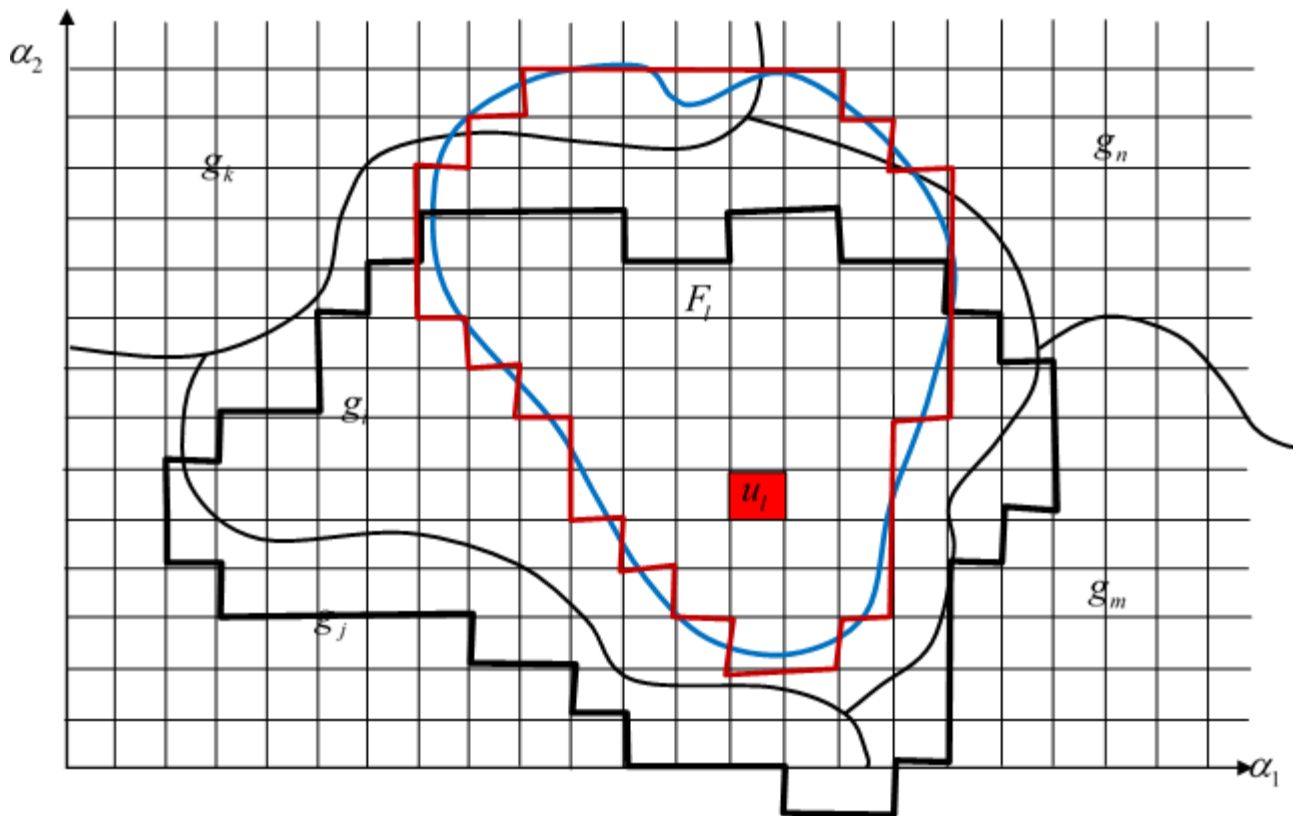


Рис. 4.1 – Фрагментизація забруднення атмосферного повітря

*Зоною розповсюдження* в певний момент часу  $t$  є площа, зайнята забрудненням атмосферного повітря в цей момент часу (рис. 4.2).

Визначення 3.1. *Джерелом виникнення  $u_i$  сценарію забрудненням атмосферного повітря  $F_i$  є комірка  $c_l \in C$  в межах якої фізично локалізована зона розповсюдження сценарію  $F_i$  в початковий момент часу  $t_l$  [165].*

Визначення 3.2. *Комірка  $c_l \in C$  може стати джерелом виникнення  $u_i$  сценарію забрудненням атмосферного повітря  $F_i$  в момент часу  $t_l$  з упевненістю  $\mu_l$*

при певній комбінації класу станів ЗС  $State_E^{t_l}$  і стану комірки  $State_{c_l}^{t_l}$  з ймовірністю (можливістю)  $p = \mu_l$ . Дана можливість є *небезпекою* [168].

Отож, якщо в комірці  $c_l \in C$  в момент часу  $t_l$  спостерігається виникнення забруднення атмосферного повітря, ця комірка є джерелом виникнення забруднення з упевненістю  $\mu_l = 1$ , при цьому формується зона розповсюдження  $F_l$  і починається процес поширення сценарію забруднення атмосферного повітря, що вимагає від ОПР своєчасного вирішення задачі діагностики і, далі своєчасного та ефективного вжиття заходів протидії.

Якщо в момент часу  $t \in T$  в комірці  $c_l$  забруднення атмосферного повітря не спостерігається, ця комірка все одно може стати джерелом забруднення (для цього потрібна виявлена комбінація умов виникнення) з деякою впевненістю (імовірністю, можливістю)  $0 \leq \mu_l < 1$ , що як правило оцінюється статистично на основі ретроспективної вибірки даних.

Відповідно, отримана оцінка впевненості в тому, що комірка  $c_l \in C$  може стати джерелом забруднення атмосферного повітря, може стати основою для вирішення задачі прогнозування виникнення надзвичайної ситуації.

При подальшому розгляді забруднення атмосферного повітря враховуються наступні припущення:

1. Забруднення атмосферного повітря відбуваються виключно в межах територіальної системи (район спостереження), що подається матрицею квадратних комірок  $C$  розміром  $\delta \times \delta$ ;

2. Забруднення атмосферного повітря в загальному випадку має множину точкових джерел  $\{u_l\}$ , які повністю охоплюють комірки ТС, в якій вони розташовані, і множину відповідних їм зон розповсюдження  $\{F_l\}$ .

Очевидно, що 
$$F = \bigcup_{i=1}^{n_F} F_i, \text{ де } n_F = |\{u\}|.$$

Процес забруднення атмосферного повітря  $F$  в момент часу  $t \in T$  визначається:

а) множиною джерел  $U(t) = \{u_l\}$ , де  $l \in [1, \dots, n_F(t)]$  – індекс джерела,  $n_F(t)$  – загальна кількість джерел в момент часу  $t$ ;

б) множиною зон розповсюдження  $F(t) = \{F_l(t)\}$ ,  $l \in [1, \dots, n_F(t)]$ , кожна з яких апроксимується множиною комірок  $C_F(t) = \{C_{F_l}(t)\}$ .

Нехай  $n_F(t)$  – загальна кількість джерел забрудненням атмосферного повітря в момент часу  $t$ ;  $n_l(t)$  – загальна кількість комірок, що утворюють в момент часу  $t$  зону розповсюдження  $F_l$ , тобто  $n_l(t) = |C_{F_l}(t)|$ . Через  $State_{F_l}^t$  позначається стан зони розповсюдження  $F_l$  в момент часу  $t \in T$ , джерело якої

знаходиться в комірці  $c_l$ . Тоді  $State_{F_l}^t = \bigcup_{m=1}^{n_l(t)} State_{c_m}^t = \bigcup_{m=1}^{n_l(t)} A(c_m, t)$

Позначається через  $State_F^t$  стан забрудненням атмосферного повітря  $F$  в момент часу  $t \in T$ , при цьому  $State_F^t = \bigcup_{l=1}^{n_F(t)} State_{F_l}^t$ . Відповідно, стан

забрудненням атмосферного повітря  $State_F^t$  містить стани всіх комірок, що утворюють в момент часу  $t$  зони розповсюдження забрудненням атмосферного повітря. Тоді процес забрудненням атмосферного повітря може бути описаний як множина комірок, що належать актуальній на момент розгляду множині зон розповсюдження. Отже, процес забрудненням атмосферного повітря  $F$  в кожний момент часу  $t \in T$  однозначно визначається множиною комірок, які охоплені забрудненням в момент  $t$  або були охоплені забрудненням на інтервалі часу від моменту виникнення процесу забрудненням атмосферного повітря  $t_l$  до моменту  $t$ .

Для адекватного моделювання процесу поширення процесу забруднення атмосферного повітря становить інтерес множина джерел  $U(t) = \{u_l\}_{l=1}^{n_F(t)}$ .

Досліджується процес розвитку процесу забруднення атмосферного повітря з джерелом  $u_l \in U$  в комірці  $c_l \in C$  (рис. 4.2). Виникає в момент  $t_l$  в комірці  $c_l$ , під стохастичним впливом зовнішнього середовища забруднення починає поширюватися від епіцентру, що знаходиться в комірці  $c_l$ , в різних напрямках в межах територіальної системи, охоплює з часом все нові і нові комірки.

Множина комірок, які знаходяться на межі зони розповсюдження сценарію  $F_l$  та максимально віддалених від епіцентру цієї зони за різними напрямками в деякий момент часу  $t$ , утворюють її контур  $K_{F_l}(t)$ .

Зона розповсюдження сценарію забруднення, зазвичай, поширюється одночасно в різних напрямках з різною швидкістю. Поширення процесу забруднення атмосферного повітря, відповідно, призводить до зміни (руху) його контуру.

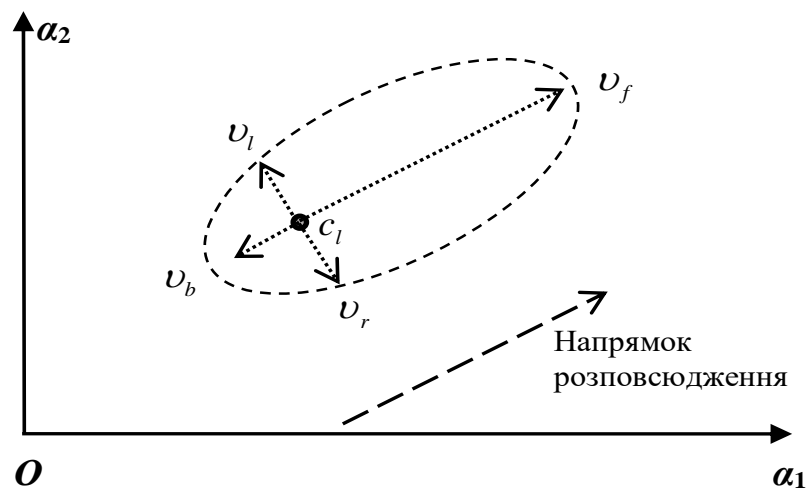


Рис. 4.2 – Процес розповсюдження забруднення атмосферного повітря

Можна стверджувати, що математичний опис переміщення в часі контуру процесу забруднення атмосферного повітря є адекватною моделлю динаміки поширення забруднення. У той же час, поширення процесу забруднення атмосферного повітря пов'язане з протіканням в районі спостереження найскладніших фізико-хімічних процесів, що є нестационарними, нелінійними, і описуються системами рівнянь високої розмірності. Щоб достовірно визначити координати контуру процесу забруднення атмосферного повітря, необхідно не

просто вирішити складні системи рівнянь, а вирішити їх з точними вихідними числовими значеннями параметрів [169].

Слід зауважити, що отримати вихідні значення параметрів з необхідною точністю найчастіше неможливо через неточності, а також просторову і часову дискретність вимірів. Відповідно, із-за відсутності якісних вхідних даних, неможливо отримати коректне рішення системи рівнянь, що описують рух контуру процесу забруднення атмосферного повітря. Більш того, значна обчислювальна складність рішення систем рівнянь високої розмірності перешкоджає своєчасному визначенню положення контуру, що не дозволяє ОПР ефективно вирішувати завдання протидії надзвичайної екологічної ситуації.

Зазначені причини змушують використовувати наближені методи рішення, спрощувати моделі стосовно розумної розмірності, забезпечувати їх стаціонарність і лінійність, що негативно позначається на точності одержуваних рішень. Для практичних застосувань доцільно вимагати, щоб помилка обчислення положення контуру не перевищувала половини розміру  $\delta$  комірки  $c_l$ .

На практиці доцільно оцінювати швидкість поширення контуру зони розповсюдження процесу забруднення атмосферного повітря в чотирьох напрямках (рис. 4.2):

- фронтальному, що збігається з основним напрямком поширення;
- тиловому, протилежному основному напрямку поширення;
- фланговому, перпендикулярному основному напрямку поширення.

Відповідно, потрібно оцінювати фронтальну швидкість поширення  $v_f$ , флангову швидкість поширення  $v_l$  ( $v_r$ ) і тилову швидкість поширення  $v_b$ . Бути обізнаними стосовно зазначених параметрів швидкості і основний напрямок поширення  $\psi$ , можна отримати координати контуру процесу забруднення атмосферного повітря в різні моменти часу  $t > t_l$ . Слід зауважити, що по кожному з напрямків поширення в різні моменти часу  $t > t_l$  необхідно також визначати інтенсивність процесу забруднення атмосферного повітря, що далі позначається як  $S(t)$ .

Як підсумок, потрібно використати модель поширення процесу забруднення атмосферного повітря, входами якої  $V_i$  є параметри стану комірок території району спостереження і зовнішнього середовища, а виходами  $V_o$  є параметри напрямку і швидкості поширення процесу забруднення атмосферного повітря (рис. 4.3).

Така модель може бути спрощеною математичною моделлю [170], комп'ютерною імітаційною моделлю [171], гібридною моделлю, побудованою на основі інтелектуальних механізмів тощо.

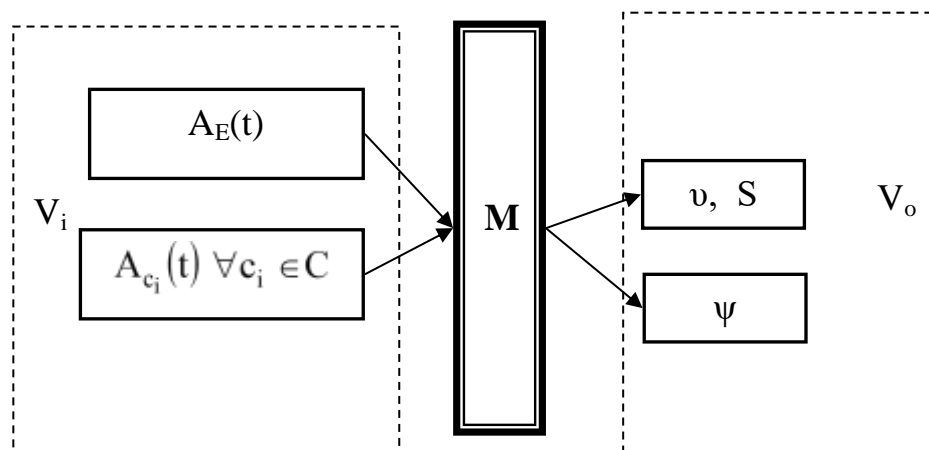


Рис. 4.3 – Модель розповсюдження процесу забруднення атмосферного повітря

Абстрагується поняття моделі до поняття функції.

Нехай множина вхідних параметрів  $V_i$  моделі  $M$  в кожний момент часу  $t \in T$  включає:

- стан ЗС  $State_E^t$ ;
- координати комірки-джерела  $c_l \in C$ ;
- стани  $State_{c_i}^t$  для кожної комірки  $c_i \in C$ .

Нехай також множина вихідних параметрів моделі  $M$  може бути представлена як  $V_o = \{\psi, v_f, v_l, v_r, v_b, S_f, S_l, S_r, S_b\}$ .

Тоді модель  $M$  є «чорним ящиком», який отримує на вході в момент часу  $t$

множину вхідних змінних  $V_i$  та виконує за кінцевий час  $\tau$  над ними певні перетворення (знаходження рішень), і видає на виході результат у вигляді множини вихідних змінних  $V_o$ .

Відповідно, модель  $M$  може бути заданою в аналітичній, чисельної або логічній формі, та реалізованою у вигляді функції:

$$f_M(V_i(t))^\tau = V_o(t) \quad (4.1)$$

Виконання цієї функції приводить до запуску моделі в момент  $t$  з встановленими вхідними параметрами  $V_i(t)$  і поверненню в момент часу  $t + \tau$  значень вихідних параметрів  $V_o(t)$ , завдяки чому отримують координати контуру зони розповсюдження забруднення атмосферного повітря станом на момент часу  $t + \tau$ .

Поняття моделі зводиться до поняття перехідної функції  $\chi$ , такої що  $X_F(t+1) = \chi(State_F^t)$ . Припустимо, що використовуючи  $\chi$ , можна визначити стан забруднення атмосферного повітря  $State_F^t$ .

Визначення 3.3. *Процес руйнівного характеру  $F$* , що розгортається в часі  $T$  і просторі  $X$ , дискретизованому множиною комірок  $C$ , є складною динамічною системою, що включає територіальну систему  $\Xi$  і характеризується в кожний момент часу  $t$  станом  $State_F^t$ , який визначається перехідною функцією  $\chi$ .

Отже, процес забруднення атмосферного повітря  $F$  може бути заданий в такий спосіб:

$$F = \langle \Xi, T, U(t), State_F^t, \chi \rangle \quad (4.2)$$

## 4.2 Фактор часу як параметр моніторингу стану атмосферного повітря золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКНОСТРАУКЦІЯ»

Концепція побудови моделей екологічного прогнозування стану атмосферного повітря за часовою ознакою ґрунтується на тому, що територіальна система, яка піддається впливу забруднення атмосферного повітря, набуває динамічних властивостей. При цьому враховується, що стан території спостереження під впливом забруднюючих речовин динамічне змінюються, що проявляється в зміні значень динамічних параметрів з множини  $A_D$ .

Оскільки в просторовій моделі об'єкту спостереження мінімального розміру є комірка, то динаміку станів територіальної системи в умовах забруднення атмосферного повітря зручно моделювати на рівні комірок [171].

Множину комірок  $C$  умовно поділимо на підмножину комірок  $C^K$ , схильних до впливу забруднюючих речовин певного класу  $K$ , і підмножину комірок  $C^{\bar{K}}$ , не схильних до впливу забруднюючих речовин певного класу  $K$ :

$$C = C^K \cup C^{\bar{K}}$$

Перша підмножина комірок, на відміну від другої, містить параметри з підмножини параметрів  $A_D$ , значення яких в умовах процесу забруднення атмосферного повітря змінюються.

Кожна точка  $x$ , що належить комірці  $c$ , як і будь-яка інша точка простору  $X$ , характеризується кінцевою множиною атрибутів  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\} = A_S \cup A_D$ . Нехай  $V_a$  – область значень атрибуту  $a \in A$ ,  $V = \bigcup_{a \in A} V_a$ . Оскільки комірка є однорідним підпростором простору  $X$ , кожна точка комірки характеризується однаковими значеннями атрибутів з множини  $A$ . Отже вважатимемо, що в кожен момент часу  $t$  комірка характеризується певним станом:

$$State_c^t = Des_t(c, t) = A_S(c) \cup A_D(c, t), \quad (4.3)$$

де  $A_S(c)$  - набір значень статичних параметрів з підмножини  $A_S$  комірки  $c$ ;

$A_D(c)$  - набір значень динамічних параметрів з підмножини  $A_D$  комірки  $c$  в момент часу  $t$ .

Нехай  $V_{A_S} = \bigcup_{a \in A_S} V_a$  - множина значень всіх статичних атрибутів комірок,  $V_{A_D} = \bigcup_{a \in A_D} V_a$  - множина значень всіх динамічних атрибутів комірок,  $V_{A_E} = \bigcup_{a \in A_E} V_a$  - множина значень всіх атрибутів ЗС. Вводяться функції  $f_{A_S}$  і  $f_{A_D}$ , які зіставляють певній комірці набір значень статичних і динамічних параметрів відповідно, та функцію  $f_{A_E}$ , що зіставляє набір значень параметрам зовнішнього середовища.

$$f_{A_S} : C \times A_S \rightarrow V_S, \quad (4.4)$$

$$f_{A_D} : C \times A_D \times t \rightarrow V_D, \quad (4.5)$$

$$f_{A_E} : A_E \times t \rightarrow V_E, \quad (4.6)$$

де  $V_S = \bigcup_{a \in A_S} V_a$  - множина значень статичних атрибутів,

$V_D = \bigcup_{a \in A_D} V_a$  - множина значень динамічних атрибутів,

$V_E = \bigcup_{a \in A_E} V_a$  - множина значень атрибутів ЗС.

Тоді значення статичного атрибуту  $a$  комірки  $c$  можна визначити за допомогою  $f_{A_S}(c, a)$ , а значення динамічного атрибуту  $a$  комірки  $c$  в момент часу  $t$  - за допомогою  $f_{A_D}(c, a, t)$ . Оскільки всі точки певної комірки є  $A$ -нерозрізненими:

$$\begin{aligned} & (\forall c \in C)(\forall x, y \in c)(\forall a_i \in A_S)(\forall a_j \in A_D)(\forall t \in T) \\ & \left[ \left( f_{A_S}(x, a_i) = f_{A_S}(y, a_i) \right) \wedge \left( f_{A_D}(x, a_j, t) = f_{A_D}(y, a_j, t) \right) \right], \end{aligned} \quad (4.7)$$

стан комірки  $c$  в момент часу  $t$  можна визначити за допомогою функцій  $f_{A_S}$  і  $f_{A_D}$ :

$$State_c^t = A_S(c) \cup A_D(c, t) = \bigcup_{a \in A_S} f_{A_S}(c, a) \cup \bigcup_{a \in A_D} f_{A_D}(c, a, t), \quad (4.8)$$

а стан зовнішнього середовища - за допомогою функції  $f_{A_E}$ :

$$State_E^t = A_E(t) = \bigcup_{a \in A_E} f_{A_E}(a, t) \quad (4.9)$$

Визначається набір значень статичних параметрів комірки. Оскільки комірка  $c$  належить геотаксону  $f_G(c)$ , то набір значень статичних параметрів комірки  $c$  визначається так:

$$A_S(c) = A_S(f_G(c)) = \bigcup_{a \in A_S} f_{A_S}(f_G(c), a) = \bigcup_{a \in A_S} f_{A_S}(c, a) \quad (4.10)$$

тобто набір значень статичних параметрів комірки дорівнює набор значень параметрів геотаксону, якому вона належить.

Окреслюється набір значень динамічних параметрів комірки. Особливістю просторово-розподіленого процесу забруднення атмосферного повітря є те, що поведінку комірки не можна розглядати ізольовано. Це пов'язано з тим, що на динаміку стану комірки впливають стани сусідніх комірок. Тому, припускається, що множина сусідніх комірок для певної комірки  $c$  складається з усіх комірок, що знаходяться в квадраті розміром  $3 \times 3$  комірки з центром в комірці  $c$ .

Ця множина позначається як  $C_{neigh}(c)$ . Очевидно, що  $(\forall c \in C) C_{neigh}(c) \subset C$ . Множину станів, в яких знаходяться комірки, сусідні для комірки  $c$ , в момент часу  $t$  позначимо  $State_{C_{neigh}(c)}^t$ , тож в кожний момент часу  $t$   $State_{C_{neigh}(c)}^t = \bigcup_{c \in C_{neigh}(c)} State_c^t$ .

Значення динамічних параметрів комірки  $c$  в момент часу  $t$  залежать від наступних факторів:

- стану комірки  $c$  в момент часу  $(t-1)$ :  $State_c^{t-1}$ ;
- значення параметрів ЗС в момент часу  $(t-1)$ :  $A_E(t-1) = State_E^{t-1}$ ;
- значення параметрів сусідніх комірок в момент часу  $(t-1)$ :

$$\begin{aligned} A(C_{neigh}, t-1) &= State_{C_{neigh}(c)}^{t-1} \\ A_D(c, t) &= \bigcup_{a \in A_D} f_{A_D}(A(c, t-1), A(C_{neigh}, t-1), A_E(t-1)) = \\ &= \bigcup_{a \in A_D} f_{A_D}(State_c^{t-1}, State_{C_{neigh}(c)}^{t-1}, State_E^{t-1}) \end{aligned} \quad (4.11)$$

Крім того, всі комірки, що належать підмножині  $C_i$  (множині апроксимації геотаксону  $g_i$ ), мають однакові значення атрибутів з підмножини  $A_S \subset A$ :

$$\left(\forall i = \left[1, \dots, \left|G_X^{A_S}\right|\right]\right) (\forall a \in A_S) (\forall c_m, c_n \in C_i) f_{A_S}(c_m, a) = f_{A_S}(c_n, a) \quad (4.12)$$

За обізнаними станами комірок в момент часу  $t$ , можна описати *стан територіальної системи*  $\Omega$  в той же момент часу (рис. 4.4):

$$State_{\Omega}^t = \left(\bigcup_{c \in C} State_c^t\right) \cup State_E^t \quad (4.13)$$

Введемо набори класів в множині статичних і динамічних параметрів.

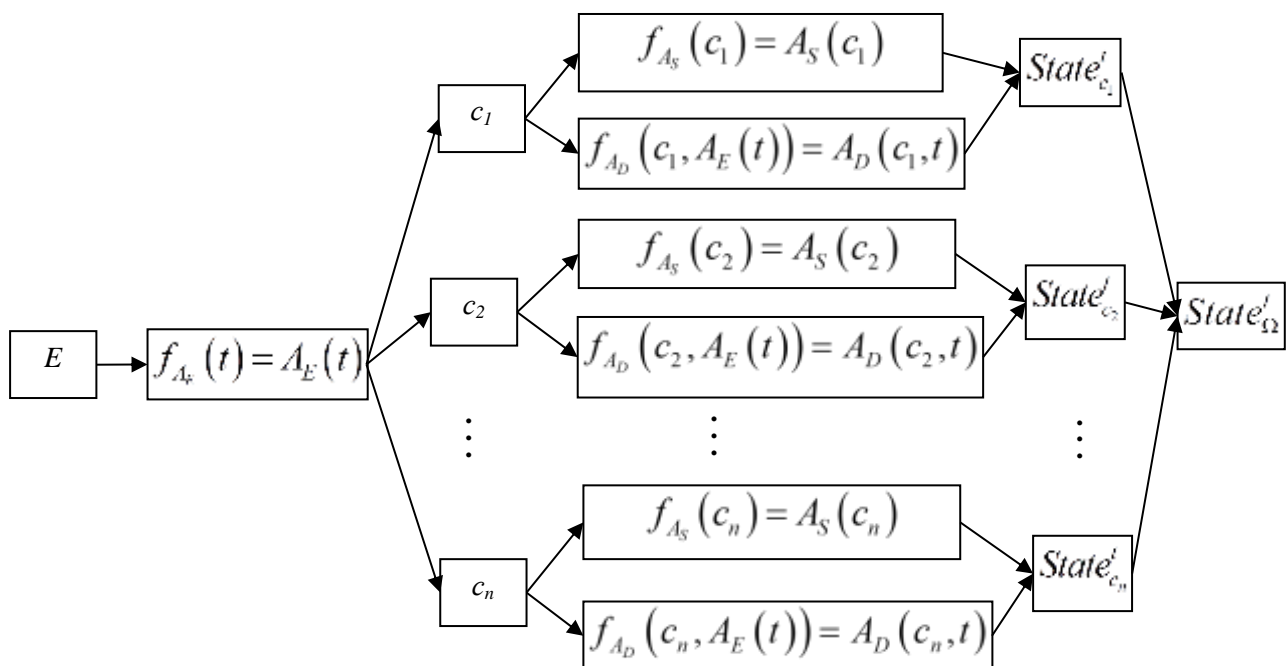


Рис. 4.4 – Модель екологічного прогнозування стану атмосферного повітря за часовою ознакою

*Набір класів в множині статичних параметрів комірки (класи умов місцевості) району спостереження.*

Класи в множині статичних параметрів комірок є статичними класами умов територіальної системи, що представлені геотаксонами, які є компонентами зв'язності топологічного простору  $T_C^{A_S}$ , що побудований за допомогою відношення  $A_S$ -нерозрізненості  $\mathfrak{R}_C^{A_S}$  в множині комірок  $C$  відносно множини статичних атрибутів  $A_S$ .

Відтак, кожен клас еквівалентності сімейства  $C / \mathfrak{R}_C^{A_S}$  охоплює ділянки території з однаковими умовами і, які описуються множиною значень статичних параметрів з множини  $A_S$ . Далі вважається, що кожен такий клас еквівалентності визначає статичний клас умов територіальної системи. Множина таких статичних класів позначається  $W_S$ .

Оскільки статичні класи  $W_S = \{w_{S1}, w_{S2}, \dots, w_{Sn}\}$  формуються на основі значень статичних параметрів  $A_S$ , тобто  $(A_S \rightarrow W_S)$ , відношення  $A_S$ -нерозрізненості  $\mathfrak{R}_C^{A_S}$  на множині комірок можна замінити відношенням  $w_S$ -нерозрізненості  $\mathfrak{R}_C^{w_S}$ . Відношення  $w_S$ -нерозрізненості на відміну від  $A_S$ -нерозрізненості дозволяє формувати осмислену кількість класів еквівалентності, завдяки чому в множині комірок формується простір апроксимації:

$$apr_C^{w_S} = (C, \mathfrak{R}_C^{w_S})$$

*Набір класів в множині динамічних параметрів комірки (фази) району спостереження.*

Моделювання динаміки процесу забруднення атмосферного повітря на сітці з комірок полягає в моделюванні змін стану комірок. Передбачається, що при зміні свого стану в умовах забруднення атмосферного повітря комірка проходить через послідовність якісно різних класів станів, які визначаються значеннями динамічних параметрів з множини  $A_D$ , та вважаються їх фазами процесу забруднення.

Множину фаз позначається  $W_D$ . Підрозділ станів комірки на фази здійснюється так, що кожна фаза характеризується певними законами зміни стану комірки. При переході комірки з однієї фази в іншу ці закони змінюються. Якщо стан комірки змінюється безперервно, то зміна фази здійснюється стрибкоподібно.

Множина фаз  $W_D$  в множині значень динамічних параметрів комірки є впорядкованою множиною відносно досяжності фаз.

В загальному випадку в множині значень динамічних параметрів можна виділити необмежену кількість фаз. Нехай множиною фаз є множина  $W_D = \{w_{D1}, w_{D2}, \dots, w_{Dn_D}\}$ , де  $n_D$  – кількість фаз. Виокремлюється особливу фазу  $w_{D0}$  з

множини можливих фаз, яка передбачає, що комірка ще не охоплена забрудненням атмосферного повітря і знаходиться в статичному стані.

Переходи комірок в умовах процесу забруднення атмосферного повітря з однієї фази в іншу описують динаміку місцевості, охопленої забрудненням, яка відображається на просторовій моделі (рис. 4.5). В певний момент часу  $t$  множина комірок підрозділяється на фази за допомогою відношення нерозрізненості  $\mathfrak{R}_C^{w_D}$ , завдяки чому і множині комірок формується простір апроксимації:

$$apr_C^{w_D} = (C, \mathfrak{R}_C^{w_D}).$$

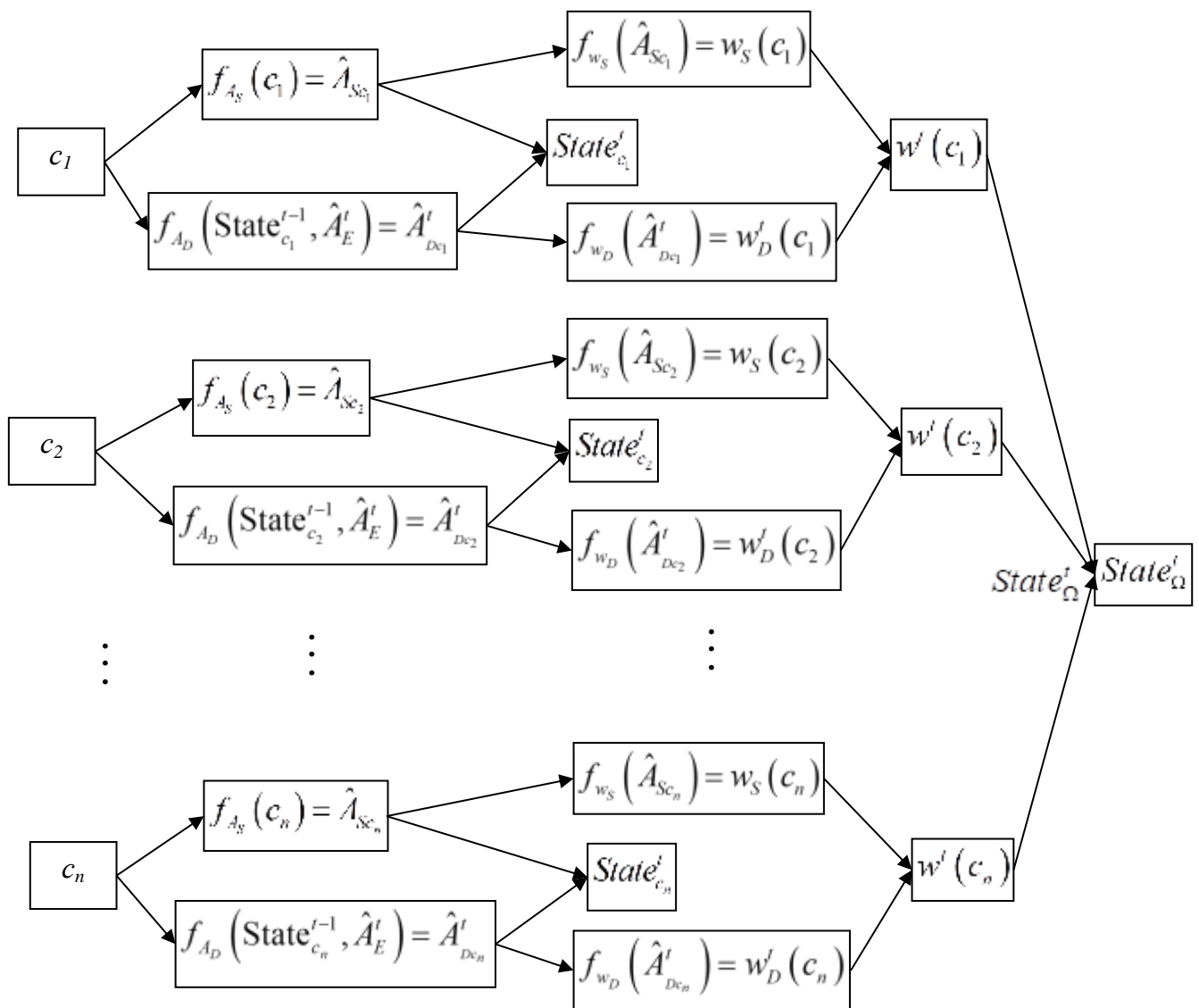


Рис.4.5 – Формування екологічного стану територіальної системи в момент часу  $t$

При моделюванні процесу забруднення атмосферного повітря в множині комірок надалі буде цікавить множина фаз. Оскільки на практиці важко точно віднести певний стан комірки до певної фази, то кожен стан можна представити у вигляді меж з розмитими межами в  $m$ -вимірному просторі параметрів комірки. Тоді динаміка стану комірки буде траєкторією в цьому просторі параметрів. Рухаючись по цій траєкторії, стан комірки проходить через послідовність станів, пов'язаних відношенням досяжності, а також через їх розмиті межі.

Стан комірки змінюється за певними законами, які визначаються фазою, в якій знаходиться комірка, і змінюються при переході комірки з однієї фази в іншу. Узагальнимо закон зміни стану комірки, що знаходиться в композиційному класі  $w_{ij}$ , де  $i$  – номер класу умов місцевості,  $j$  – номер фази, до поняття функції  $f_{ij}$ . Множина функцій зміни станів комірки:

$$F = \{f_{ij}: i = 1, \dots, n_S, j = 1, \dots, n_D, k = 1, \dots, n_E\},$$

$$W \rightarrow F$$

Кожному класу умов місцевості  $w_{Di}$  і фазі  $w_{Sj}$  буде відповідати певна функція зміни стану комірки, яку можна подати у вигляді матриці

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n_D} \\ \dots & \dots & \dots \\ f_{n_S1} & \dots & f_{n_S n_D} \end{bmatrix},$$

де  $n_{SE}$  - кількість класів умов місцевості  $w_{SE}$ ,  $n_D$  - кількість фаз (рис. 4.6, 4.7).

Наприклад, зміна стану комірки  $c$ , що знаходиться в класі умов місцевості  $w_{Si}$  і в момент часу  $t$  в фазі  $w_{Dj}$ , можна визначити за допомогою співвідношення:

$$State_c^{t+1} = f_{ij}(State_c^t).$$

|               |            |            |     |               |
|---------------|------------|------------|-----|---------------|
| $W_{S1}$      | $f_{11}$   | $f_{12}$   | ... | $f_{1n_D}$    |
| $W_{S2}$      | $f_{21}$   | $f_{22}$   | ... | $f_{2n_D}$    |
| ...           | ...        | ...        | ... | ...           |
| $W_{S_{n_S}}$ | $f_{n_S1}$ | $f_{n_S2}$ | ... | $f_{n_S n_D}$ |
|               | $W_{D1}$   | $W_{D2}$   | ... | $W_{Dn_D}$    |

Рис. 4.6 – Функції зміни стану комірки

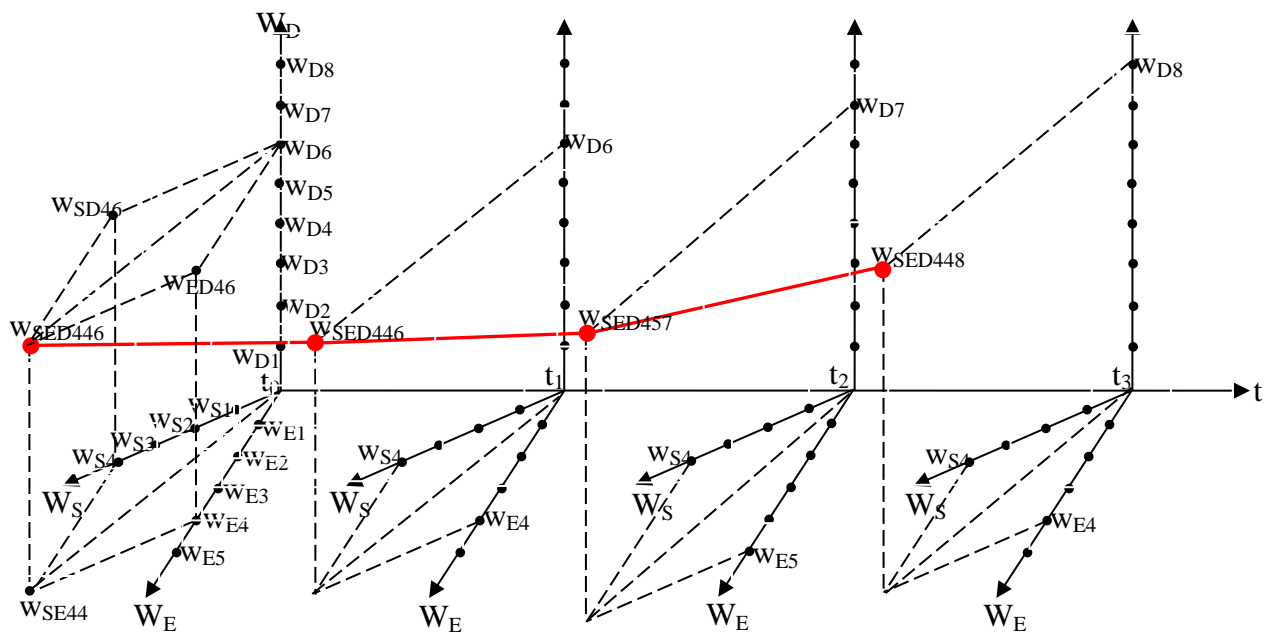


Рис. 4.7 – Траекторія в просторі класів

### 4.3 Рекомендації щодо практичного впровадження отриманих результатів досліджень

За результатами екологічного моніторингу золошлаконакопичувача Дарницької ТЕЦ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» було розроблено ряд практичних рекомендацій до впровадження на підприємстві.

Основними заходами щодо запобігання забруднення довкілля є:

- налаштування ефективної постійно діючої системи моніторингу в зоні впливу золонакопичувача щодо забруднення повітря, ґрунту, поверхневих та підземних вод;

- забезпечення утилізації золошлаків.

На підставі інформації щодо забруднення навколишнього природного середовища розробляються відповідні заходи, зокрема:

- для запобігання забруднення повітря та ґрунту необхідно збільшення зелених насаджень та на підставі техніко-економічного обґрунтування визначити найбільш ефективний спосіб знепилення поверхні золовідвалу;

- для запобігання забруднення поверхневих та підземних вод, а з огляду на те, що скиди з золошлакувідвалу характеризуються підвищеною мінералізацією та концентрацією завислих речовин, виникає необхідність заглиблення каналу від золовідвалу до колектору біля озера Прірва.

Для забезпечення утилізації золошлаків, виникає необхідність опрацювання питання щодо передачі відходів іншим організаціям.

За наявних методик використання та доступних технологій золошлакові відходи стають цінними матеріалами, які використовуються у дорожньому будівництві та у виробництві:

- цементу;
- бетонів (важкі, ніздрюваті, жаростійкі);
- залізобетонних виробів і конструкцій;
- цегли;
- легких заповнювачів для бетону;

- сухих будівельних сумішей;
- асфальтобетонних сумішей;
- теплоізоляції;
- абразивів;
- покрівельних матеріалів, керамічної плитки.

Так, наприклад, використання золошлакових відходів у країнах ЄС складає 92% від щорічного утворення.

В Україні в межах реалізації проекту Європейського Союзу, фінансованого Програмою транскордонного співробітництва Польща-Білорусь-Україна 2007-2013 рр розроблено «Методичні рекомендації щодо використання золошлакових матеріалів ДТЕК Бурштинська ТЕС та ДТЕК Добротвірська ТЕС у дорожньому будівництві».

Золу-виносу можна використовувати для спорудження земляного полотна, відсіпки насипів та стабілізації ґрунтів, як повільнотвердіюче, самостійне в'язуче або як активну гідравлічну добавку.

Шлаковий щебінь може застосовуватися для щебневих основ та як заповнювач у конструкціях дорожнього покриття автомобільних доріг.

Суміш золошлакова: для зведення насипів земельного полотна – замітник ґрунту, для нижніх шарів основ як дренажних і морозозахисних шарів – замітник щебнево-піщаних сумішей.

Найчастіше з шлаку і природних глин одержують «керамзит» – наповнювач для будівельних виробів. Технологія одержання цього матеріалу включає термообробку при 1050-1100°C, яка є високоенергозатратною та потребує спеціальних природних глин. Золу і шлак інколи використовують у виробництві легких і важких бетонів як мінералізуючої добавки, завдяки чому досягається економія цементу, але це не дозволяє залучити великі обсяги відходів. Зола ТЕС може використовуватися у садівництві, однак довготривале її застосування є небезпечним через взаємодію золи та ґрунту, що спричиняє негативну реакцію рослин.

Дослідження з утилізації зольних залишків теплових електростанцій, шламів вуглезбагачення, а також високозольного вугілля проведено на «УкрНДІспецсталь». Технологія утилізації передбачає сумісне брикетування вищевказаних матеріалів з відновником для використання під час виплавки силікомангану в печі РПЗ-48 Нікопольського заводу феросплавів, але вона використовується на окремо взятому підприємстві і є енергомісткою.

Технологія виробництва золосилікатної цегли передбачає застосування золи ТЕС, яка характеризується високою питомою поверхнею (3000-5000 см<sup>2</sup>/г). Шлакосилікатна цегла має високу теплопровідність, що є негативним показником для будівельних виробів, тому її використання є обмеженим.

Існує технологія одержання спеціальних швидкотвердіючих цементів за низькотемпературною технологією із тонкодисперсних сульфатоутримуючих вапняків, які утворюються при виробництві сірки методом флотації, з додаванням золи і фосфогіпсу. Однак вона є енерговитратною і малопродуктивною.

Відомі технології утилізації золи ТЕС як інгредієнта еластомірних композицій, кондиціонування червоного шламу, виробництво аглопоритового гравію тощо, але широкого масового застосування ці технології не одержали.

Утилізація золи ТЕС у склокерамічному виробництві передбачає змішування 90% мас золи від енергетичної установки з NaOH, а потім нагрів до 1350°C з утворенням кристалічної фази.

Окремі дослідження вказують, що після обробки золи ТЕС різними товарними реагентами, отримують адсорбент пористої структури у результаті хімічної модифікації.

#### **4.4 Висновки до розділу 4**

Запропонована формальна модель екологічного прогнозування стану атмосферного повітря в системі підтримки прийняття рішень з застосуванням безпілотних літальних апаратів. Модель екологічного прогнозування стану

атмосферного повітря в системі підтримки прийняття рішень ґрунтується на застосуванні відповідних концепцій: концепції побудови моделей екологічного прогнозування стану атмосферного повітря по територіальному признаку; концепція побудови моделей екологічного прогнозування стану атмосферного повітря по часовому признаку; концепція побудови моделей екологічного прогнозування стану атмосферного повітря за руйнівним признаком, а також враховує ергатичні особливості автоматизованої системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень при прогнозуванні стану атмосферного повітря.

Запропонована концепція побудови моделей екологічного прогнозування стану атмосферного повітря по територіальному признаку передбачає використання для обробки накопичених масивів даних сучасних методів інтелектуального аналізу даних і вилучення знань (Data Mining & Knowledge Discovery), які дозволяють враховувати неповноту і неточність спостережень за рахунок застосування формального апарату нечітких (Fuzzy) і наближених (Rough) множин і виявляти приховані залежності у великих масивах даних. Застосування методів інтелектуального аналізу даних дозволяє отримати оцінку можливості забруднення атмосферного повітря на множині виявлених збігів значень параметрів, які описують умови місцевості, і зовнішнього середовища.

Модель поширення процесу забруднення атмосферного повітря, входами якої  $V_i$  є параметри стану комірок території району спостереження і зовнішнього середовища, а виходами  $V_o$  є параметри напрямку і швидкості поширення процесу забруднення атмосферного повітря. Таку модель побудовано на основі інтелектуальних механізмів.

## ВИСНОВКИ

*В дисертаційному дослідженні вирішено актуальну науково-практичну задачу обґрунтування стратегічних пріоритетів та технологій забезпечення екологічної безпеки золошлаконакопичувачів енергогенеруючих об'єктів.*

1. В межах наукового дослідження проведено аналіз, систематизацію інформації, дослідження щодо забруднення повітря, ґрунту, поверхневих та підземних вод в зоні впливу золошлаконакопичувачів ТЕЦ, що дало змогу визначити методологічні підходи до оцінювання екологічної безпеки золошлаконакопичувачів енергогенеруючих об'єктів.

2. За результатами екологічного моніторингу золовідвалу Дарницької ТЕЦ ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» визначено динаміку розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Встановлено, що на прилеглих до золовідвалу територіях не виявили перевищень ГДК м.р. для різних забруднюючих речовин, зокрема і для пилу. Так, за даними досліджень концентрація пилу складала менше 0,52 ГДК та сажі 0,1-0,2 ГДК, вплив золонакопичувача на збільшення концентрації пилу в атмосферному повітрі не спостерігався, концентрація сажі на відстані 150 м (за напрямом вітру) від межі золонакопичувача збільшується на  $0,004 \text{ мг/м}^3$ , що знаходиться в межах похибки вимірювань ( $\pm 25\%$ ).

3. За результатами досліджень визначено параметри екологічного моніторингу до яких увійшли: стан атмосферного повітря за такими компонентами як концентрація пилу, сажі; стан поверхневих, підземних та питних вод за вмістом хімічних речовин та домішок. Також до параметрів моніторингу довілля територій, прилеглих до золошлаковідвалу, увійшли дослідження стану ґрунтів, а також хімічний та радіаційний стан золи.

4. Здійснено оцінювання виникнення екологічних загроз навколишньому природному середовищу золошлаковідвалу ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ». За

умови виникнення надзвичайних екологічних ситуацій з використанням індивідуальної системи прийняття управлінських рішень (ІСППР) приймаються обґрунтовані рішення щодо виходу з нештатних, аварійних ситуацій. Структурно-функціональна модель ІСППР забезпечує реалізацію всіх функцій екологічного спостереження з урахуванням особливостей професійної підготовки оператора безпілотного літального апарату. У представленій структурно-функціональній моделі передбачено модуль автоматичної адаптації. Його основне призначення – забезпечити автоматичне підстроювання курсу навчання відповідно до ступеня засвоєння матеріалу з урахуванням вимог до фахівців наземних служб забезпечення польотів і сучасних методів навчання.

5. Запропоновано використання безпілотних літальних апаратів для дистанційного екологічного моніторингу золошлакозачистувача Дарницької ТЕЦ. Встановлено ефективність та переваги його застосування. Використання БПЛА дає можливість мінімізувати втручання оператора – експерта в процедуру отримання даних, а тому зменшити похибку отриманих результатів. Також даний вид екологічного моніторингу є безпечним для оператора – експерта та дає можливість безконтактного отримання результатів.

6. Для покращення екологічного стану прилеглих до золошлаковідвалу територій та підвищення рівня їх екологічної безпеки розроблено практичні рекомендації зі зменшення антропогенного навантаження шляхом використання золошлаку у будівельній промисловості, що дасть змогу звільнити зайняті відходами території для їх подальшої рекультивациі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мальований М.С. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки / М.С. Мальований, В.М. Шмандій, О.В. Харламова, Л.І. Челядин, Г.В. Сакалова // Екологічна безпека. – 2013. – №1. – С.37-44. ISSN 2522–9508 (Online), ISSN 2415–3184 (Print) 117.

2. Шмандій В.М. Аналіз забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами в промисловому регіоні / В. М. Шмандій, О. С. Бабяк, І. А. Ядвейчук // Сб. научных трудов «Защита окружающей среды от техногенного воздействия». – 1997. – С. 38-48.

3. Нечаєва Т.П. Фактори екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля / Т.П. Нечаєва, С.В. Шульженко, Д.П. Сас, М.В. Парасюк // Екологічні аспекти енергетики та захист довкілля. –2008. – № 18.– С. 54-60.

4. Коваленко Г.Д. Экологический риск нарушения состояния атмосферного воздуха при воздействии выбросов тепловых электростанций Украины / Коваленко Г.Д., Пивень А.В. // Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України: Зб. статей п'ятої Всеукр. наук.-практ. конф. 10–11 грудня 2009 р. – Запоріжжя, 2009. – С. 203-205.

5. Савицький О. Спадок ери динозаврів. Огляд теплової енергетики України // під ред. О. Місун. – Київ: Національний екологічний центр України, 2014. – 32 с.

6. Гловин Н.М. Оцінка впливу рухомих форм важких металів Pb, Cu, Ni, Cd, Zn на якість підґрунтових вод за допомогою фізико-хімічних методів аналізу / Н. М. Гловин // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту.– 2013.– №20. – С.33-36.

7. Радовенчик, В.М. Тверді відходи: збір, переробка, складування [Текст]: навч. пос. / В.М. Радовенчик, М.Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.

8. Зелена книга. Зменшення шкідливих викидів у тепловій електроенергетиці України через виконання вимог Європейського енергетичного

співтовариства. – Київ: Міжнародний центр перспективних досліджень, 2011. – 43 с.

9. Мисак Й.С. Проблеми спалювання низькосортного палива в котельних установках / Й.С. Мисак, Т.Ю. Кравець, В.К. Матусевич, П.Й. Омеляновський // Науково-технічний збірник конференції “Сталий розвиток міст. Проблеми та перспективи енерго-, ресурсозбереження житлово-комунального господарства”. – 2003. – №49. – С.47-51.

10. Гелетій З. Економічна ефективність використання низькоякісного твердого палива західного регіону України для виробництва електроенергії / З. Гелетій, А. Росколупа, Й. Мисак, Т. Кравець // Вісник НУ «Львівська політехніка»: Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – 2002. – №460. – С. 123-127.

11. Портал ДТЕК. ДТЕК Бурштинська ТЕС: Технічна документація обладнання Бурштинської ТЕС. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.portal.dtek.com/>

12. Екологічний паспорт Івано-Франківської області. – Івано-Франківськ: Департамент екології та природних ресурсів Івано-Франківської облдержадміністрації, 2015р. – 150 с.

13. Екологічний паспорт Івано-Франківської області. – Івано-Франківськ: Департамент екології та природних ресурсів Івано-Франківської облдержадміністрації, 2014р. – 124 с.

14. Екологічний паспорт Івано-Франківської області. – Івано-Франківськ: Департамент екології та природних ресурсів Івано-Франківської облдержадміністрації, 2010 р. – 126 с.

15. Глуховський І.В. Сучасні технології знешкодження та утилізації небезпечних відходів виробництва / І. В. Глуховський, В. М. Шумейко, В. М. Овруцький. – К.: ДПМК Мінекобезпеки України, 1998. – 45 с.

16. Ковалів Л.М. Екологічні проблеми теплових електростанцій / Л. М. Ковалів // Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип.23(18). – С.57-61.

17. Неспляк О.С. Екологічні особливості формування флори і рослинності золошлаковідвалів Бурштинської теплової електростанції та їх використання в рекультивації: автореф. дисертації на здоб. наук. ступ. канд. біол. наук.: спец. 03.00.16 – екологія / О. С. Неспляк. – Дніпропетровськ, 2011. – 22 с.

18. Дем'ян М.М. Науково-технічний прогрес на Бурштинській ТЕС / М.М. Дем'ян // Енергетика та Електрифікація . – 2005. – №11. – С. 21-24.

19. Тутка В.В. Реконструкція і модернізація золоочисного обладнання Бурштинської ТЕС / В.В. Тутка, Ю.О. Михайлова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2012. – №2(6). – С.105-111.

20. Долгополов В.Н. Безотходная сероочистка дымовых газов угольных ТЭС до евро норм с полной окупаемостью затрат / В.Н. Долгополов // Енергетика та електрифікація. – 2014. – №1. –С. 27-34.

21. Утилізація золошлакових відходів з отриманням будівельних матеріалів Пляцук Л.Д., Гурець Л.Л., Лапенко М.П., Сумський державний університет 2020р.

22. Болотник В. Зола раздора: в Киеве продолжаются экологические разборки вокруг золошлакоотвалов Дарницкой ТЭЦ. Новости Украины. Fromua.com. 06.03.2017. –<https://from-ua.com/obzor-pressi/399778> 23. Галич С.А. Перспективы использования золошлаков ТЭС в качестве микроудобрения // Материалы IV Межд. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов (Харьков, 31.01-01.02.2007). – Х.: Экоинформ, 2007. – С. 108-109.

23. Директива Європейського Парламенту та Ради 2001/80/ЄС від 23.10.2001 р. щодо обмеження викидів у повітря забруднювачів від установок довготривалого спалювання (ОВ L 309, 27.11.2001 С. 1).

24. Кутовий, В.О. Золовідвали електростанцій як джерело забруднення довкілля / В.О. Кутовий, М.В. Коновальчик, Н.П. Канюк // Вісті Автомобільнодорожнього інституту, 2006. – № 1(2). – С.90-94.

25. Прибилова В.М. Особливості накопичення забруднювачів в зоні впливу Змієвської ТЕС / В.М. Прибилова, В.О. Жемерова, І.К. Решетов // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна: Геологіягеографія-екологія. – 2010.-№ 882. – С. 62-67.

26. Нечаєва Т.П., Шульженко С.В., Сас Д.П., Прасюк М.В. Фактори екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля. Проблеми загальної енергетики. 2008. №18. С. 54–60.

27. Миленка, М.М. Аеротехногенне забруднення довкілля викидами Бурштинської теплоелектростанції / М.М. Миленка // Сучасні екологічні проблеми та молодь-IV: матер. міжвуз. наук. конф., 25-26 листопада 2008 р. – Запоріжжя, 2008. – Ч. V. – С.5-6.

28. Ковальчук О.П., Снітинський В.В., Шкумбатюк Р.С. Моніторинг вмісту важких металів у ґрунтах територій, прилеглих до Добротвірської ТЕЦ. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. т. 27. № 4. С. 87–90.

29. Singh R.K., Gupta N.C., Guha V.K. The leaching characteristics of trace elements in coal fly ash and an ash disposal system of thermal power plants. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental. 2012. 34. P.602–608. 106

30. Звіт. «Дослідження та гігієнічна оцінка впливу господарської діяльності Трипільської ТЕС, що входить до складу ПАТ «Центренерго», на забруднення навколишнього природного середовища та умови проживання населення територій Обухівського району Київської області. - Київ, 2016. - 38 с.

31. Крижанівський Є. І., Кошлак Г. В. Екологічні проблеми енергетики // Нафтогазова енергетика. 2016. № 1(25). С. 80–90.

32. Яцишин А.В. Методы и технологии анализа рисков для здоровья на основе данных мониторинга / А.В. Яцишин, И.П. Каменева, В.А. Артемчук и др. // Материалы IV Международной научной конференции «МОДЕЛИРОВАНИЕ-2012». - Киев. С. 470–473.

33. Попов О.О. Математичне моделювання розповсюдження техногенного забруднення від підприємств паливної енергетики // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. 2009. Вип. 51. С. 73–84.

34. Каменева И.П. Математико-картографическое моделирование техногенных нагрузок на атмосферу / И.П. Каменева, А.В. Яцишин, А.А. Попов // Моделювання та інформаційні технології. 2009. Вип. 51. С. 58–64.

35. B. Xiong, R.D. Loss, D. Shilds, T. Pawlik, R. Hochreiter, A. Zydney, M. Kumar. Polyacrilamide degradation and its implications in environmental systems. Nature partner journals Clean Water. 2018. Vol. 1. № 17. S. 1-9; doi: 10.1038/s41545-018-0016-8. 5.

36. D.A. Laird. Bonding between polyacrylamide and clay mineral surfaces. Soil Science. 1997. № 162. S. 826–832. 6. 18. F.W. Barvenik. Polyacrilamide characteristics related to soil applications. Soil Science. 1994. № 158. S. 235.

37. Лисиця В.Є. та ін. Комплексна переробка золошлаковідвалів ТЕС як захід раціонального природокористування та зменшення антропогенного навантаження на довкілля // Збірник наукових праць ДонДТУ. – 2016. - № 1(45). – С. 31-35.

38. Наказ МОЗ № 173 від 19.06.1996 р. «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» - Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96>

39. Черепанов А.А., Кардаш В.Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ (результаты лабораторных и полупромышленных испытаний) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2009. - № 2. – С. 98-115. 108

40. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення.

41. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Режим доступу : <https://files.stroyinf.ru/Data1/2/2826/index.htm>

42. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами), 27.03.2007.

43. Сборник методик по расчету содержания загрязняющих веществ в выбросах от неорганизованных источников загрязнения атмосферы. – Донецк: УкрНТЭК, 1994.

44. Тищенко М.О., Филин В.Н., Селиванов В.В., Печеный В.Л. Оценка золошламо-накопителя Дарницкой теплоэлектростанции как потенциального источника пыления // Экология и промышленность. – 2019. - № 2. – С. 121-129.

45. ДСТУ Б В.2.7-211:2009. Будівельні матеріали. Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови.

46. Тищенко М.О. Оценка содержания тяжелых металлов и радионуклидов в золошлаках Дарницкой ТЭЦ-4. Зб. Тезисів докладів на XIII Всеукраїнській науково-практичній конф. молодих вчених та студентів «Екологічна безпека держави - 2019» (м. Київ, 18 квітня 2019 р.). – Київ. – 2019. – с. 57-58.

47. Добронравова І.С. Методологія та організація наукових досліджень : навчальний посібник /І.С. Добронравова, О.В. Руденко, Л.І. Сидоренко та ін. : за ред. І.С. Добронравової (ч. 1), О.В. Руденко (ч. 2) //- К. : ВПЦ «Київський університет», 2018. – 607 с.

48. Добровольський В.В. Екологічні знання. Навчальний посібник /В.В. Добровольський // - Київ : Професіонал, 2005. – 299 с.

49. Славов В. П. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: теорія та лабораторно-розрахунковий практикум: навчальний посібник / В. П. Славов, А. П. Войцицький, З. В. Корж. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2013. – 200 с.

50. Шмандій В.М. Екологічна безпека: підручник / В.М. Шмандій, М.О. Клименко, Ю.С. Голік, А.М. Прищепя ,В.С. Бахарєв, О.В. Харламова. – Херсон: Олді-плюс, 2013.– 366 с.

52. Суханов Р. А., Сидорова Г. П. Проблемы использования углей с повышенной радиоактивностью // Горный журнал. – 2009. - № 2. – С. 43-45.

53. НРБУ-97. Норми радіаційної безпеки України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0116488-00>

54. ДБН В.1.4-1.01-97. СРБС. Регламентированные радиационные параметры. Допустимые уровни. – Режим доступу : <http://rudocs.exdat.com/docs/index-43707.html>

55. ДБН В.1.4-2.01-97. СРБС. Радиационный контроль строительных материалов и объектов строительства. – Режим доступа : <http://rudocs.exdat.com/docs/index-43707.html>

56. Патент 7626 РК. Способ пылеподавления золоотвалов / А.Г. Зайков. – Оpubл. 15.05.2001.

57. A. Maghchiche, A. Haouam, B. Immirzi. Use of polymers and biopolimers for water retaining and soil stabilization in arid and semiarid regions // Journal of Taibah Univesity for Science. – 2010. – Vol. 4. – pp. 9-16.

58. U.S. Pat. № 4369121. Method and composition for the control of dust / J.W. Callahan, R.M. Christoffel, J.W. Horvath. – 18.01.1983.

59. U.S. Pat. № 20090090890A1. Compositions for dust suppression and methods / V.G. Nguyen. – 03.06.2004.

60. U.S. Pat. № 20100284741A1. Dust suppression agent / R.W.Vitale, C.L.Detloff, D.A.Thomson. – 31.03.2009.

61. U.S. Pat. № 6132638A. Dust control composition. / L.Oldenhove. – 04.06.1997. 92. Режим доступа : <https://www.meteorprog.ua/ru/climate/Kyiv/>

62. Тищенко М.О., Филин В.Н., Селиванов В.В., Печеный В.Л. Пылеподавление на золошлакоотвалах ТЭЦ с использованием водорастворимых полимеров // Екологічні науки. – 2018. - № 4 (23). – С. 60- 62.

63. B. Xiong, R.D. Loss, D. Shields, T. Pawlik, R. Hochreiter, A. Zydney, M. Kumar. Polyacrilamide degradation and its implications in environmental systems // Nature partner journals Clean Water. Vol. 1. – 2018. - № 17. – pp. 1-9.

64. D.A. Laird. Bonding between polyacrylamide and clay mineral surfaces // Soil Science. – 1997. - № 162. – pp. 826-832.

65. F.W. Barvenik. Polyacrilamide characteristics related to soil applications // Soil Science. – 1994. - № 158. – P. 235.

65. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Затв. Наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184. – Київ, 2007. – 40 с.

66. Закон України «Оцінка впливу на довкілля» – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>

67. Караваєва Н.В., Варава І.А. Методи і засоби оцінки ризику здоров'ю населенню від забруднення атмосферного повітря : навч. посіб. для студ. / - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, - 2018. -56 с 115

68. R. Seright, A. Campbell, P. Mozley, P. Han. Stability of partially hydrolyzed polyacrylamides at elevated temperatures in the absence of divalent cations // Society of Petroleum Engineers Journal. – 2010. - № 15. – pp. 341-348.

69. R. Seright, I. Skjevraak. Effect of dissolved iron and oxygen on stability of hydrolyzed polyacrylamide polymers // Society of Petroleum Engineers Journal. – 2015. - № 20. – pp. 433-441.

70. M.J. Caulfield, G.G. Qiao, D.H. Solomon. Some aspects of the properties and degradation of polyacrylamides. Chemical Reviews. – 2002. -№ 102. – pp. 3067- 3084.

71. S.P. Vijayalakshmi, G. Madras. Photocatalytic degradation of poly(ethylene oxide) end polyacrylamide // Journal of Applied Polymer Science. – 2006. - № 100. – pp. 3997-4003.

72. U. Grollmann, W. Schnabel. Free radical-induced oxidative degradation of polyacrylamide in aqueous solution // Polymer Degradation and Stability. – 1982. - № 4. – pp. 203-212.

73. Q. Wen, Z. Chen, Y. Zhao, H. Zhang, Y. Feng. Biodegradation of polyacrylamide by bacteria isolated from activated sludge and oil-contaminated soil // Journal of Hazardous Materials. – 2010/ - № 175. – pp. 955-959.

74. J.L. Kay-Shoemake, M.E. Watwood, R.E. Sojka, R.D. Lentz. Polyacrylamide as a substrate for microbial amidase in culture and soil // Soil Biology and Biochemistry. – 1998. - № 30. – pp. 1647-1654.

75. Беляев Н.Н. Математическое моделирование распространения загрязняющих веществ в водной и воздушной средах: Дис... д-ра техн. наук: 05.13.02 / Днепропетровский гос. технический ун-т железнодорожного транспорта. — Днепропетровск, 1996. — 502л.

76. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища 2010-2023рр.

77. Попов О.О. Стаціонарна та нестаціонарна математичні моделі розповсюдження забруднення в атмосфері // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій» ISDMIT» 2008р.- 19-23 травня 2008.: В 2 т. – Євпаторія-2008. – С. 34-37.

78. Сердюцька Л.Ф., Попов О.О. До огляду моделей розповсюдження домішок в атмосфері міста // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України.– К., 2008, – Вип. 45. – С. 67–80.

79. Сердюцька Л.Ф., Попов О.О. До огляду моделей розповсюдження домішок в атмосфері міста // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України.– К., 2008, – Вип. 45. – С. 67–80.

80. Артемчук В.О. Проектування та розробка комп'ютерної системи прогнозу техногенних навантажень на приземний шар атмосфери / В.О. Артемчук, О.О.Попов // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2010.

80. Каменева І.П. Математико-картографічне моделювання техногенних навантажень на атмосферу / І.П. Каменева, А.А. Попов, А.В. Яцишин // Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. пр. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2009. – № 51. – С. 58-64.

81. Попов О.О. Математико-картографічне моделювання атмосферного забруднення в умовах штилю / О.О. Попов // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту : Матеріали Міжнародної наукової конференції, 18-22 травня 2009 р. - Херсон: ХНТУ, 2009. – Т.2. – Ч.2. – С. 75–79. 117

82. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в м. Києві у 2008 р. – К. : М-во охорони навколишнього природного середовища України, 2008. – 223 с.

83. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 7 (169) – К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2008.

84. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів від 30.07.2001 № 286 «Про затвердження Порядку визначення величини фонових концентрацій забруднюючих речовин в повітрі».

85. Назаренко І.І., Польшина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство. — К.: ЕкоСфера, 2007. – 183 с.

86. Karaieva N. V. Methodology of social and environmental external costs estimation in the Ukraine's energy sector [Online] / N. V. Karaieva, G. V. Kramarev // Economic Processes Management: International Scientific E-Journal. 55 № 3 – 2016. Available: [http://epm.fem.sumdu.edu.ua/download/2016\\_3/epm\\_2016\\_3.pdf](http://epm.fem.sumdu.edu.ua/download/2016_3/epm_2016_3.pdf).

87. Перелік гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовних безпечних рівнів діяння (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.eco.ck.ua/docs/Perelik%20rechovyn,%20klas%20nebezpeky.doc](http://www.eco.ck.ua/docs/Perelik%20rechovyn,%20klas%20nebezpeky.doc).

88. Березуцький В.В. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека»/ В.В. Березуцький, М.І. Адаменко – Харків. : ФОП Панов А. М., 2016. – 385 с.

89. Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. № 956. ДНАОП 0.00-3.07-02. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.qdpro.com.ua/document/11441>

90. Ang B.W., Su B. Carbon emission intensity in electricity production: A global analysis // Energy Policy. – 2016. – Т. 94. – С. 59.

91. Global energy growth is outpacing decarbonization / R. B. Jackson [та ін.] // Environmental Research Letters. – 2018. – Т. 13, № 12. – С. 1.

92. The peculiarities of the thermal power engineering enterprise's ash dumps influence on the environment / A. Iatsyshyn [та ін.] // Problems of Emergency Situations. – 2018. – № 28. – С. 57 – 68.

93. М'якаєва Г.М. Моделювання техногенного впливу об'єктів теплоенергетики на гідросферу : дис. ... док. / М'якаєва Ганна Миколаївна. – Сумський державний університет, 2018. – С. 29.

94. Прибилова В., Жемерова В., Решетов І. Особливості накопичення забруднювачів в зоні впливу Зміївської ТЕС // ВМ Прибилова, ВО Жемерова, ІК Решетов//Вісник Харківського національного університету ім. ВН Каразіна: Геологія-географія-екологія. — 2010. — 882—С. — С. 62.

95. Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing / M. Etminan [та ін.] // Geophysical Research Letters. – 2016. – Т. 43, № 24. – С. 12–614.

96. Global carbon budget 2018 / C. Le Quéré [та ін.] // Earth System Science Data. – 2018. – Т. 10, № 4. – С. 2141–2194.

97. Staff I. E. A. CO2 emissions from fuel combustion. – Organization for Economic, 2012. 9. Giergiczny Z. Fly ash and slag // Cement and Concrete Research. – 2019. – Т. 124. – С. 105826.

98. Зольні та золошлакові відходи як багатофункціональна сировина / В. Кашковський [та ін.] // Наука та інновації. — 2017.

98. Золошлакові матеріали – вигідна альтернатива природним матеріалам для будівництва доріг. – URL: [https://ppv.net.ua/uploads/work\\_attachments/Ash\\_Use\\_in\\_the\\_Road\\_Construction\\_\\_UA\\_.PDF](https://ppv.net.ua/uploads/work_attachments/Ash_Use_in_the_Road_Construction__UA_.PDF).

99. Khlopytskyi O. State, problems and prospects of ash-slag waste recycling of Ukrainian thermal power stations // ScienceRise. – 2014. – Т. 4, № 2. – С. 4.

100. Екологічна безпека та природоохоронні заходи на Ладжинській ТЕС. – 2015. – URL: <http://apd.ipt.kpi.ua/articles/3/istorichna-dovidk>.

101. Машков О.А. , Іващенко Т.Г., Оводенко Т.С., Печений В.Л. Перспективи та проблеми створення інтелектуальних систем підтримки

прийняття екологічних рішень / Науковий журнал: Екологічна безпека та технології захисту довкілля, №4, 2023, с.29-42.

102. Машков О.А., Іващенко Т.Г., Оводенко Т.С., Печений В.Л. Особливості екологічного прогнозування за допомогою штучних інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень / Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2023. -№ 1(46), с. 9-17.

103. Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю., Печений В. І. Система моніторингу довкілля в Україні: проблеми та шляхи їх вирішення / Судостроение и морская инфраструктура. - №1(13)2020. – с. 51-56.

104. Денисенко І.Ю., Печений В.Л. Екологічна безпека об'єктів критичної інфраструктури / Екологічна безпека та технології захисту довкілля. Науковий журнал. – 2019. - №2, 2019. – С. 29-34.

105. Мнухін А.Г., Гітуляр А.А., Печений В.Л. Обладнання нового покоління для реалізації екологічно прийняттого способу розбирання природних відвалів вугільних шахт / Екологічна безпека та технології захисту довкілля. Науковий журнал. – 2019. - №2, с. 47-55.

106. Виговська Г. П., Горобей М.С., Денисенко І.Ю., Печений В.Л. Наукові підходи до удосконалення регулювання поведження з поліхлорованими дифенілами (пхд) в Україні / Екологічна безпека та технології захисту довкілля. – 2021р. - № 3. - С. 43-51.

107. Іващенко Т.Г., Прибитько Г.В., Печений В.Л., Вінніченко В.І. Екологічно прийнятні технологічні процеси утилізування фосфогіпсу / Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи». – Львів. – 4-6 листопада 2015р. С. 205.

108. Іващенко Т.Г., Печений В.Л. Екологічно прийнятні способи утилізування фосфогіпсу / Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки». – Кременчук, 6-8 жовтня 2015р. – С. 51.

109. Іващенко Т.Г., Гладіш Н.В., Печений В.Л. Перспективи застосування фосфогіпсу для вирішення екологічних проблем зони відчуження / Матеріали круглого столу в рамках Міжнародного екологічного Форуму «Довкілля для України». – Київ, 27 квітня 2016р.

110. Іващенко Т.Г., Печений В.Л. Спеціальна експериментальна аналітична лабораторія як мобільний комплексний засіб вимірювання концентрацій газових забруднювачів та пилу в атмосферному повітрі населених пунктів та санітарних зонах промислових підприємств / Друк.Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екології та енергезбереження». – Миколаїв, 20-22 вересня 2019р. – С. 22-23.

111. Денисенко І.Ю., Печений В.Л. Принципи здійснення екологічного моніторингу на регіональному рівні Друк.Матеріали II всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України». – Миколаїв, 18-19 вересня 2020р. – С. 136-138.

112. Бондар О.І., Машков О. А., Іващенко Т.Г., Михайлюк О.С., Печений В.Л. Сучасні методи оцінки забруднень техногенно-небезпечних об'єктів (об'єктів критичної інфраструктури)/ Монографія / Під загальною науковою редакцією доктора біологічних наук О. І. Бондаря. – К.: Основа. 2021.-56 с.

113. Calcium carbonate precipitation for CO<sub>2</sub> storage and utilization: a review of the carbonate crystallization and polymorphism / R. Chang [та ін.] // *Frontiers in Energy Research*. – 2017. – Т. 5. – С. 3. 102. Carbon capture and storage using alkaline industrial wastes / E. R. Bobicki [та ін.] // *Progress in Energy and Combustion Science*. – 2012. – Т. 38, № 2. – С. 302–320.

114. Lackner K.S., Butt D.P., Wendt C. H. Progress on binding CO<sub>2</sub> in mineral substrates // *Energy Conversion and Management*. – 1997. – Т. 38. – S259–S264.

115. A review of mineral carbonation technologies to sequester CO<sub>2</sub> / A. Sanna [та ін.] // *Chemical Society Reviews*. – 2014. – Т. 43, № 23. – С. 8049– 8080.

116. Utilization of mineral carbonation products: current state and potential / C. M. Woodall [та ін.] // *Greenhouse Gases: Science and Technology*. – 2019. – Т. 9, № 6. – С. 1096–1113.

117. Production of precipitated calcium carbonate (PCC) from steelmaking slag for fixation of CO<sub>2</sub> / A. Said [та ін.] // *Applied Energy*. – 2013. – Т. 112. – С. 765–771.

118. A review of mineral carbonation technologies to sequester CO<sub>2</sub> / A. Sanna [та ін.] // *Chemical Society Reviews*. – 2014. – Т. 43, № 23. – С. 8049–8080.

118. Nanoporous structure and medium-range order in synthetic amorphous calcium carbonate / A. L. Goodwin [та ін.] // *Chemistry of Materials*. – 2010. – Т. 22, № 10. – С. 3197–3205.

119. Dananjayan R. R. T., Kandasamy P., Andimuthu R. Direct mineral carbonation of coal fly ash for CO<sub>2</sub> sequestration // *Journal of cleaner production*. – 2016. – Т. 112. – С. 4173–4182.

120. Simultaneous capture and mineralization of coal combustion flue gas carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) / K. J. Reddy [та ін.] // *Energy Procedia*. – 2011. – Т. 4. – С. 1574–1583.

121. Вольчин І., Гапонич Л. С. Викиди діоксиду вуглецю на українських вугільних теплових електростанціях. — 2018.

122. Ash content prediction of coarse coal by image analysis and GA-SVM / Z. Zhang [та ін.] // *Powder Technology*. – 2014. – Т. 268. – С. 429.

123. Азаров І. Використання безпілотного літального апарата як засобу дистанційного моніторингу надзвичайних ситуацій / І. Азаров, В. Сидоренко, Ю. Серeda // *Безпека життєдіяльності*. - 2015. - № 2. - С.30.

124. Акименко А. UML-модель системи управління безпілотним авіаційним комплексом / Андрій Акименко, Сергій Нестеренко // *Технічні науки та технології*. – 2017. - № 1. – С. 116-124.

125. Аналіз доцільності створення та застосування багатofункціональних безпілотних авіаційних комплексів цивільного призначення / А. В. Приймак, Я. В. Дар'їн, Д. М. Стрюк, А. А. Слободянюк // *Системи озброєння і військова техніка*. – 2010. - № 3. – С. 142-145.

126. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата / В. Глотов, А. Церклевич, О. Збруцький [та ін.] // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. / Західне геодезичне т-во Українського т-ва*

геодезії і картографії, Нац. ун-т «Львівська політехніка». - Львів, 2014. - Вип. 1 (27). – С. 131-136.

127. Аналіз результатів для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу із застосуванням БПЛА Trimble UX-5 / А. Вовк, В. Глотов, А. Гуніна [та ін.] // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвід. наук.-техн. зб. / Нац. ун-т «Львів. Політехніка». - Львів, 2015. - Вип. 81. – С. 90-103.

128. Апенько Н.В. Стан та перспективи авіаційного тренажеробудування / Н.В.Апенько // Вісник НАУ. –2012. –№3. –С. 78–81.

129. Бабак В.П. Моніторинг об'єктів теплоенергетики з використанням безпілотних літальних апаратів / В.П. Бабак // Промышленная теплотехника. – 2017. – Т. 39, № 2. – С.25-30.

130. Безпілотні літальні апарати радіаційної розвідки і сільськогосподарського призначення : монографія / [В.Я. Канченко, Р.В. Карнаушенко, О.О. Ключников та ін.] ; НАН України, Ін-т проблем безпеки атомних електростанцій. - Чорнобиль : [Ін-т проблем безпеки АЕС], 2015. - 179 с.

131. Беспилотные авиационные комплексы как средство радиационного мониторинга АЭС и окружающей среды / В.П. Бабак, В.А. Канченко, А.А. Ключников [и др.] // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля : наук.-техн. зб. / Ін-т проблем безпеки атомних електростанцій НАН України. - Чорнобиль : [ІПБ АЕС НАН України], 2012. - Вип. 19. -С. 60-69.

132. Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлев Є.О. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. К.: Інститут проблем національної безпеки РНБО України. 2008. 160 с.

133. Білявський Г. О. Основи екології / Г. О. Білявський, Р. С Фурдуй, І. Ю. Костіков. - К.: Либідь, 2005.- 408 с.

134. Благітко Б. Математичне моделювання впливу особливостей сенсорів на процес польоту безпілотного квадрокоптера / Богдан Благітко, Ігор Заячук, Юрій Мочульський // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології : наук. зб. / Центр мат. моделювання Ін-ту приклад. пробл. механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України. – К., 2015. – Вип. 21. – С.22-29.

135. Боголюбов В.М., Клименко М.О. Моніторинг довкілля: підручник / за ред. В.М. Боголюбова і Т.А. Сафранова. – Херсон: Грінь Д.С., 2016. – 530 с.

136. Бондар О.І. Загальна екологія та неоекологія // О.І. Бондар, П.М. Бойко, Ю.П. Пилипенко [та ін.] / – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 166 с.

137. Бондар О.І., Машков О. А., Іващенко Т.Г., Михайлюк О.С., Печений В.Л. Сучасні методи оцінки забруднень техногенно-небезпечних об'єктів (об'єктів критичної інфраструктури)/ Монографія / Під загальною науковою редакцією доктора біологічних наук О. І. Бондаря. – К.: Основа. 2021.-56 с.

138. Бондар О.І., Машков О.А., Абідов С.Т., Системний аналіз безпеки у зоні проведення антитерористичної операції на сході України: біосферні конфлікти та транскордонне забруднення / Екологічні науки: науково-практичний журнал.- К. :ДЕА, 2015. - №9, с. 5-26.

139. Будиба У. Робастное управление беспилотным летательным аппаратом при неопределенных скоростях / Уиссам Будиба // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. / Нац. аэрокосм. ун-т имени Н. Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт". - Х. : ХАИ, 2018. - Вып. 81. – С. 4-12.

140. Виговська Г.П., Горобей М.С., Денисенко І.Ю., Печений В.Л. Наукові підходи до удосконалення регулювання поведження з поліхлорованими дифенілами (ПХД) в Україні / Екологічна безпека та технології захисту довкілля. – 2021р. - № 3. - С. 43-51.

141. Гедз В. Тренажерна підготовка – складова навчання курсантів / В. Гедз // Крила України. – 2012. – № 42(653). – С. 4.

142. Геоінформаційні технології в екології / [Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г. та ін.]. Чернівці: 2012. 273 с.

143. Гігієнічний норматив 2.2.6-184-2013. Орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Затверджений Постановою Головного санітарного лікаря України від 15.04.2013 № 09.

144. Глибовець М.М., Олецкий О.В. Системи штучного інтелекту. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.

145. Глотов В. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів / В. Глотов, А. Гуніна // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. / Західне геодезичне т-во Українського т-ва геодезії і картографії, Нац. ун-т «Львівська політехніка». - Львів, 2014. - Вип. II (28). – С. 65-70.

146. Глотов В. Порівняльний аналіз застосування програмних пакетів Pix4D та Agisoft Photo Scan для опрацювання цифрових зображень, отриманих з БПЛА / В. Глотов, А. Гуніна, Б. Довбиш // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. / Західне геодезичне т-во Українського т-ва геодезії і картографії, Нац. ун-т «Львівська політехніка». - Львів, 2018. - Вип. I (35). – С. 146-151.

147. Постанова КМУ №1325 від 15.12.2021 Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин.

149. Гребеников А. Г. Аналіз структури та варіантів побудови безпілотних авіаційних комплексів / А.Г. Гребеников, М.М. Проценко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. –2012. - № 2. – С.113-117.

150. Демчишин М.Г. Використання БПЛА в системі моніторингу довкілля / М. Г. Демчишин, Ю.І. Калюх, Т.В. Кріль // Інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: розробки та досягнення до 100-річчя Національної академії наук України (25- 24 вересня 2018 р.) : колективна монографія за матеріалами XVII Міжнар. наук.-практ. конференції / НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобального інформ. простору, Наук. центр аерокосм. дослідж. Землі Ін-ту геолог. наук ; [за заг. ред. С.О. Довгого]. - К. : Юстон, 2018. - С. 85-86.

151. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами), 27.03.2007 – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97>.

152. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами, ДСП-201-97) – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97>.

153. Державні стандарти України / [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://normativ.info/dstu/dstu.html>. – Назва з екрану.

154. Дистанційне зондування Землі: Терміни та визначення понять // ДСТУ 4220-2003. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 18 с.

155. Добровольский В.В. Екологічна безпека і ризик: деякі понятійно-категоріальні уточнення / В.В. Добровольский // Екологічна безпека. – 2011. – No 1 (11). – С. 17–20.

156. Долгих В.С. Перспективы развития беспилотной транспортной авиации / В.С. Долгих, Д.С. Коньшев, С.А. Филь // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. / Нац. аэрокосм. ун-т имени Н. Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт". - Х. : ХАИ, 2018. - Вып. 80. - С. 23-28.

157. Дослідження методів підвищення достовірності інформації сучасних безпілотних авіаційних комплексів / Сергій Зайцев, Ольга Башинська, Юрій Камак, Борис Горлинський // Технічні науки та технології. - 2016. - № 4. -С. 97-106.

158. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення.

159. Дурняк Б.В., Ткачук Р.Л., Машков О.А., Сікора Л.С., Лиса Н.К. Інформаційні та логіко-когнітивні технології підготовки оперативного персоналу для роботи в умовах термінальних надзвичайних ситуацій: монографія. Львів: Укр. Акад. Друкарства, 2022. 314 с.

160. Єфремов О. В. Методика вибору раціонального типу і варіанта обладнання безпілотних літальних апаратів для виконання завдань / О.В. Єфремов, О.А. Коршець // Системи управління, навігації та зв'язку. –2018. – № 5. – С. 3-7.

161. Жарикова М.В. Модель територіальної системи в умовах надзвичайних ситуацій природного характеру / М.В. Жарикова // Радіоелектроніка, інформатика, управління. - №2. – 2017. – С. 33-43.

162. Жарикова М.В. Розробка моделі надзвичайної ситуації природного характеру в системі підтримки прийняття рішень / М.В. Жарикова, В.Г. Шерстюк // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 1/4(73). – 2015. – С. 62-74.

163. Жарикова М.В., Шерстюк В.Г. Модель просторово розподіленого марковського процесу для ГИС-орієнтованої СППР. Матеріали Міжнародної наукової конференції “Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту” ISDMCI'2017, 22-26 травня, Залізний порт, 2017. С. 63-64.

164. Жукаускас С.В. Системи мобільного екологічного моніторингу обробки небезпечних відходів з використанням безпілотних літальних апаратів / С. В. Жукаускас, К. В. Сметанин // Аерокосмічні технології. – 2017. – № 2. – С. 66-76.

165. Журавська І.М. Синтез маршрутів суб-роїв безпілотних апаратів з використанням нейронної мережі Хопфілда для обстеження територій / І.М. Журавська, М.П. Мусієнко // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2017. - № 3. – С.86-94.

166. Забулонов Ю.Л. Система оперативного дистанційного контролю та спостереження за радіаційною обстановкою на базі безпілотного літального апарату / Ю. Л. Забулонов, В. М. Буртняк, Л. А. Одукалець // Наука та інновації. – 2017. – Т. 13, № 4. – С.46-52.

167. Закон України «Оцінка впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>.

168. Збруцький О.В. Безпілотні літальні апарати контейнерного старту: сучасний стан і напрямки досліджень / О.В. Збруцький та ін. // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування: збірник наукових праць. – 2012. – № 64. – С. 47–55.

169. Звіт. «Дослідження та гігієнічна оцінка впливу господарської діяльності Трипільської ТЕС, що входить до складу ПАТ «Центренерго», на забруднення навколишнього природного середовища та умови проживання населення територій Обухівського району Київської області. - Київ, 2016. - 38 с.

170. Іванюта С.П. Екологічна безпека регіонів України // Стратегічні пріоритети. – 2013. – № 3 (28). – с. 157-164.

171. Іванюта С.П., Качинський А.В. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків. К.: НІСД, 2012. 308 с.

**ДОДАТКИ**

Додаток А  
Портативний газоаналізатор ОКСІ-5М



## Додаток Б

## Результати дослідження атмосферного повітря

| Місце відбору проб   | Виконавець  | Дата відбору проб            | Відстань до золонакочувача, м | Метеофактори          |                 |              |          |           |             | Виявлена, разова концентрація, мг/м <sup>3</sup> |               |                    |  |             |
|--|---|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|----------|-----------|-------------|--|---------------|--------------------|--|-------------|
|  |   |                              |                               | атмосферний тиск, кПа | температура, °С | вологість, % | вітер    |           | стан погоди | азоту діоксид                                    | вуглецю оксид | ангідрид сірчистий | недиференційований за складом пил (аерозоль) | сажа        |
|  |   |                              |                               |                       |                 |              | напрямок | швидкість |             |  |               |                    |  |             |
| 1  | 2   | 3                            | 4                             | 5                     | 6               | 7            | 8        | 9         | 10          | 11   | 12            | 13                 | 14   | 15          |
| <b>ГДК, мг/м<sup>3</sup></b>   |   |                              |                               |                       |                 |              |          |           |             | <b>0,2</b>                                       | <b>5</b>      | <b>0,5</b>         | <b>0,5</b>                                   | <b>0,15</b> |
| Біля бювету, вул. Ревуцького, 5/7                                      | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України» | 26.07.2017р. Протокол №214   | 615                           | 738                   | 27              | 52           | пн-сх    | 3-8       | мн. хм.     | 0,05-0,06  | 1,1-1,3       | 0,1                | 0,23   |             |
| На межі санітарно-захисної зони золошлаковідвалу по вул. Здолбунівська |   | 26.07.2017р. Протокол №214   | 150                           |                       |                 |              |          |           |             |  | 0,12-0,13     | 3,2-3,5            | 0,3  | 0,34-0,40   |
| Золошлаковідвал (вул. Здолбунівська)                                   | ТОВ «НВП «Тетра»                                      | 23.07.2018р. Протокол №1     |                               | 738                   | 22              | 85           | пн-сх    | 2,0       | мн. хм.     | 0,043161   | 0,28883       | 0,00               | 0,14   |             |
| Перетин вул. Здолбунівської та пр-ту Петра Григоренка                  |   |                              | 440                           |                       |                 |              |          |           |             |  | 0,018141      | 0,34417            | 0,00   | 0,105       |
| 150 м у північно-східному напрямку (кооператив, вул. Затишна, 7)       | НВП «Екоальянс»                                       | 02.08.2018р. Протокол №08-02 | 150                           | 100,1                 | 25              | 59           | пн-сх    | 2,6       | мн. хм.     | 0,05-0,07  | 1,0-1,2       | 0,05-0,07          | менше 0,26                                   | менше 0,015 |
| На межі золошлаковідвалу, північно-східний напрям                      | НВП «Екоальянс»                                       | 02.08.2018р. Протокол №08-02 |                               | 100,1                 | 21              | 62           | пн-сх    | 3,1       | мн. хм.     | 0,05-0,08  | 0,7-0,8       | 0,04-0,06          | менше 0,26                                   | 0,024-0,026 |
| На межі золошлаковідвалу, південно-західний напрям                     | НВП «Екоальянс»                                       | 02.08.2018р. Протокол №08-02 |                               | 100,1                 | 23              | 61           | пн-сх    | 2,8       | мн. хм.     | 0,05-0,06  | 0,8-1,1       | 0,07-0,08          | менше 0,26                                   | 0,02-0,026  |
| 150 м у південно-західному напрямку                                    | НВП «Екоальянс»                                       | 02.08.2018р. Протокол №08-02 | 150                           | 100,1                 | 26              | 59           | пн-сх    | 2,5       | мн. хм.     | 0,05-0,006                                       | 1,2-1,3       | 0,06-0,07          | менше 0,26                                   | 0,02-0,03   |

## Продовження додатка Б

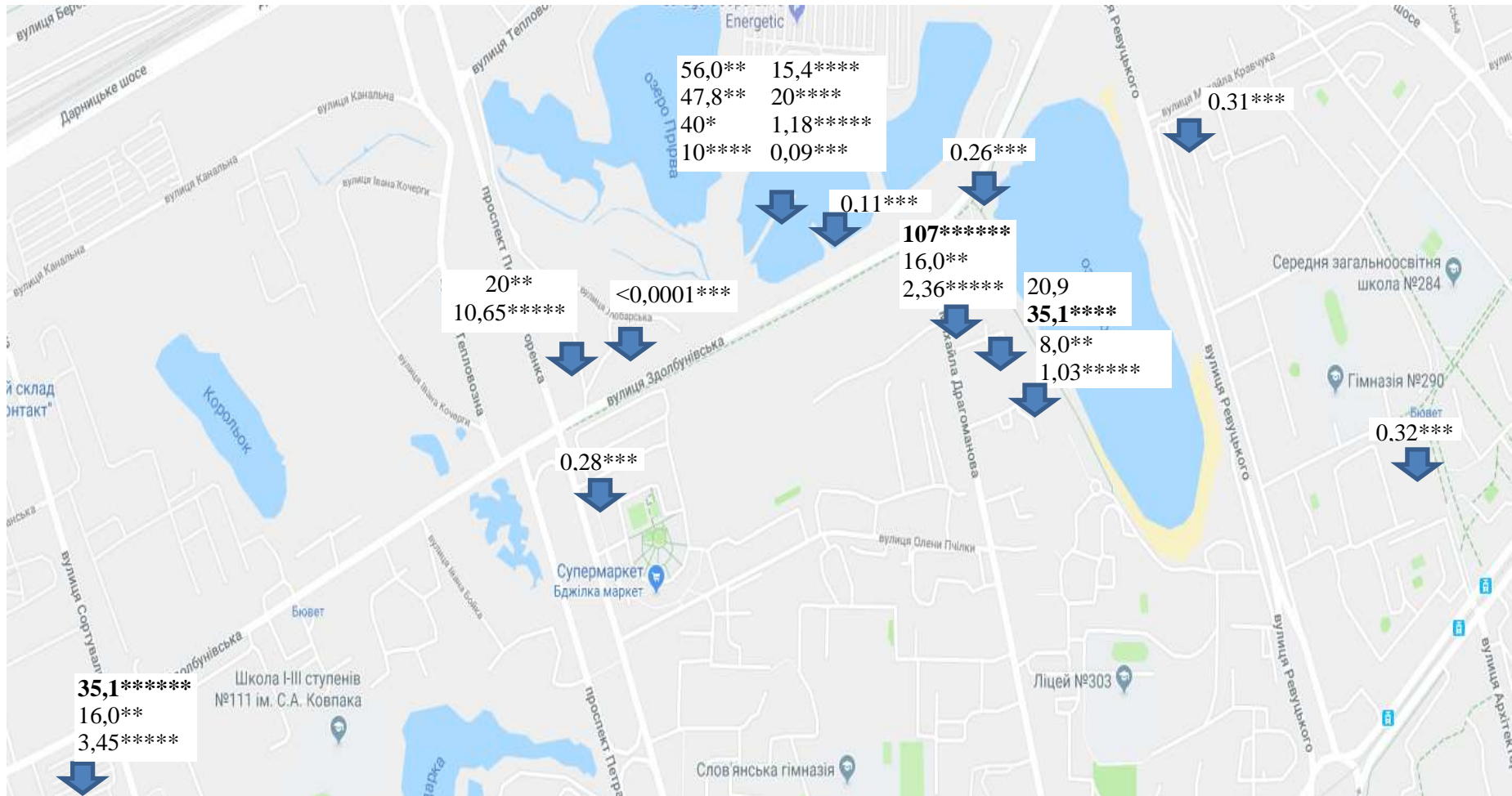
| 1   | 2               | 3                            | 4    | 5     | 6  | 7  | 8     | 9   | 10      | 11        | 12      | 13        | 14         | 15          |
|---|-----------------|------------------------------|------|-------|----|----|-------|-----|---------|-----------|---------|-----------|------------|-------------|
| 300 м у південно-західному напрямку                             | НВП «Екоальянс» | 02.08.2018р. Протокол №08-02 | 300  | 100,1 | 21 | 62 | пн-сх | 3,1 | мн. хм. | 0,07-0,08 | 1,2-1,3 | 0,06-0,07 | менше 0,26 | менше 0,015 |
| 1000 м у південно-західному напрямку (вул. Здолбунівська, 116)  | НВП «Екоальянс» | 02.08.2018р. Протокол №08-02 | 1000 | 100,1 | 21 | 62 | пн-сх | 3,1 | мн. хм. | 0,05-0,06 | 0,7-0,9 | 0,05-0,07 | менше 0,26 | менше 0,015 |
| 1000 м у південно-західному напрямку (вул. Здолбунівська, 116)  | НВП «Екоальянс» | 19.09.2018р. Протокол №09-05 | 1000 | 100,2 | 25 | 38 | пд-зх | 1,9 | ясно    | 0,04-0,05 | 0,3-0,5 | 0,05-0,06 | менше 0,26 | менше 0,015 |
| 300 м у південно-західному напрямку                             | НВП «Екоальянс» | 19.09.2018р. Протокол №09-05 | 300  | 100,2 | 25 | 38 | пд-зх | 2   | ясно    | 0,06-0,07 | 1,5-1,7 | 0,06-0,08 | менше 0,26 | менше 0,015 |
| 150 м у південно-західному напрямку                             | НВП «Екоальянс» | 19.09.2018р. Протокол №09-05 | 150  | 100,2 | 24 | 39 | пд-зх | 2,3 | ясно    | 0,05      | 1,2-1,3 | 0,05-0,07 | менше 0,26 | 0,02-0,025  |
| На межі золошлаковідвалу, південно-західний напрям              | НВП «Екоальянс» | 19.09.2018р. Протокол №09-05 |      | 100,2 | 23 | 42 | пд-зх | 2,2 | ясно    | 0,05      | 0,7-0,8 | 0,06-0,07 | менше 0,26 | 0,02-0,022  |
| На межі золошлаковідвалу, північно-східний напрям               | НВП «Екоальянс» | 19.09.2018р. Протокол №09-05 |      | 100,2 | 23 | 42 | пд-зх | 2,2 | ясно    | 0,06-0,07 | 0,6-0,7 | 0,04-0,05 | менше 0,26 | 0,018-0,022 |
| 150 м у північно-східному напрямку (кооператив вул. Затишна, 7) | НВП «Екоальянс» | 19.09.2018р. Протокол №09-05 | 150  | 100,2 | 24 | 39 | пд-зх | 2,4 | ясно    | 0,07-0,08 | 1,2-1,5 | 0,06-0,08 | менше 0,26 | менше 0,015 |

## Продовження додатка Б

| 1   | 2                  | 3                                  | 4    | 5     | 6  | 7  | 8         | 9   | 10   | 11            | 12            | 13        | 14         | 15              |
|---|--------------------|------------------------------------|------|-------|----|----|-----------|-----|------|---------------|---------------|-----------|------------|-----------------|
| На межі золошлако-<br>відвалу, північно-<br>східний напрям            | НВП<br>«Екоальянс» | 18.10.2018р.<br>Протокол<br>№10-02 |      | 100,4 | 16 | 82 | півд-схід | 1,7 | ясно | 0,06-<br>0,08 | 0,6-0,7       | 0,04-0,05 | менше 0,26 | 0,015-<br>0,020 |
| На межі<br>золошлаковідвалу,<br>південно-східний<br>напрямок          | НВП<br>«Екоальянс» | 18.10.2018р.<br>Протокол<br>№10-02 |      | 100,4 | 18 | 79 | півд-схід | 1,5 | ясно |               | 0,05-<br>0,07 | 0,06-0,08 | менше 0,26 | 0,015-<br>0,020 |
| 150 м у північно-<br>західному напрямку                               | НВП<br>«Екоальянс» | 18.10.2018р.<br>Протокол<br>№10-02 | 150  | 100,4 | 21 | 78 | півд-схід | 1,7 | ясно | 0,07-<br>0,08 | 1,2-1,3       | 0,08-0,09 | менше 0,26 | менше<br>0,015  |
| 300 м у південно-<br>східному напрямку<br>(вул. Драгоманова,<br>1Д)   | НВП<br>«Екоальянс» | 18.10.2018р.<br>Протокол<br>№10-02 | 300  | 100,4 | 22 | 78 | півд-схід | 1,9 | ясно | 0,05-<br>0,08 | 0,9-1,3       | 0,07-0,08 | менше 0,26 | менше<br>0,015  |
| 1000 м у південно-<br>західному напрямку<br>(вул. Драгоманова,<br>9А) | НВП<br>«Екоальянс» | 18.10.2018р.<br>Протокол<br>№10-02 | 1000 | 100,4 | 21 | 74 | півд-схід | 1,7 | ясно | 0,06-<br>0,07 | 0,9-1,2       | 0,06-0,07 | менше 0,26 | менше<br>0,015  |

### Додаток В

#### Схема розповсюдження цинку за результатами досліджень, мг/кг



\* за даними ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; \*\* ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»;  
 \*\*\* ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»; \*\*\*\* ДП «Українська геологічна компанія»;  
 \*\*\*\*\* КП «Санепідсервіс»; \*\*\*\*\* Деснянський міжрайонний відділ лабораторних досліджень.





## Продовження додатка Г

| 1  | 2   | 3     | 4                                   | 5   | 6    | 7     | 8    | 9    | 10   | 11   | 12  | 13 | 14 |
|----|---|-------|-------------------------------------|---|------|-------|------|------|------|------|-----|----|----|
| 23 | вул. Любарська, 22                                      | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол<br>№166С   | ТОВ «Центр<br>радіоекологічного<br>моніторингу»                 | 280  | 39,08 | 2,20 | 1,25 | 0,47 | 2,06 | 0,0 |    |    |
| 24 | оз. Сонячне, берегова<br>смуга,<br>вул. Драгоманова, 1е | грунт | 14.08.2018р.<br>Протокол<br>№10581  | КП «Санепідсервіс»  | 377  |       |      |      |      |      |     |    |    |
| 25 | оз. Сонячне, берегова<br>смуга, вул.<br>Драгоманова, 1е | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол<br>№166С   | ТОВ «Центр<br>радіоекологічного<br>моніторингу»                 | 377  | 39,83 | 2,24 | 0,87 | 0,50 | 1,52 |     |    |    |
| 26 | Біля бювету,<br>вул. Ревуцького, 5/7                    | грунт | 26.07.2017р.<br>Протокол<br>№61     | ДУ «Київський<br>міський лабораторний<br>центр МОЗ України»     | 615  |       |      |      |      |      |     |    |    |
| 27 | Біля бювету,<br>вул. Ревуцького, 11г                    | грунт | 26.07.2017р.<br>Протокол<br>№61     | ДУ «Київський<br>міський лабораторний<br>центр МОЗ України»     | 940  |       |      |      |      |      |     |    |    |
| 28 | вул. Здолбунівська, 1                                   | грунт | 19.10.2016р.<br>Протокол<br>№24     | Деснянський<br>міжрайонний відділ<br>лабораторних<br>досліджень | 1350 |       |      |      |      |      |     |    |    |
| 29 | вул. Здолбунівська, 1                                   | грунт | 14.08.2018р.<br>Протокол<br>№105885 | КП «Санепідсервіс»  | 1350 |       |      |      |      |      |     |    |    |
| 30 | вул. Здолбунівська, 1                                   | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол<br>№166С   | ТОВ «Центр<br>радіоекологічного<br>моніторингу»                 | 1350 | 41,14 | 2,19 | 0,38 | 0,31 | 1,03 | 0,0 |    |    |

## Продовження додатка Г

| № п/п | Місце відбору проб   | Матеріал проби     | Дата відбору проб               | Виконавець  | Відстань від золовідвалу, м | Валовий вміст, % |               |               |                |                |                |                |                |                |               |
|-------|--|--------------------|---------------------------------|---|-----------------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|       |  |                    |                                 |   |                             | Hg               | Mn            | Cd            | Pb             | Ba             | Zn             | Cu             | Ni             |                |               |
| 1     | 2  | 3                  | 4                               | 5   | 6                           | 15               | 16            | 17            | 18             | 19             | 20             | 21             | 22             |                |               |
|       | <b>Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве №6229-91, мг/кг</b> |                    |                                 |   |                             | <b>≤ 2,1</b>     | <b>≤ 1500</b> | <b>≤ 0,7</b>  | <b>≤ 32</b>    |                | <b>≤ 23</b>    | <b>≤ 3,0</b>   | <b>≤ 4,0</b>   |                |               |
|       | <b>Фон (кларк)</b>   |                    |                                 | ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України» |                             |                  |               |               | <b>0,001</b>   |                | <b>0,005</b>   | <b>0,002</b>   | <b>0,004</b>   |                |               |
| 1     | Золовідвал   | Проба 1            | 07.2013 р.                      | ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України» |                             |                  |               |               | 0,00179        |                | <b>0,004</b>   | <b>0,002</b>   | <b>0,0033</b>  |                |               |
| 2     | Золовідвал   | Проба 2            | 07.2013 р.                      |   |                             |                  |               |               |                | 0,00215        |                | <b>0,0 04</b>  | <b>0,003</b>   | <b>0,003</b>   |               |
| 3     | Золовідвал   | Проба 3            | 07.2013 р.                      |   |                             |                  |               |               |                | 0,00220        |                | <b>0,004</b>   | <b>0,003</b>   | <b>0,004</b>   |               |
| 4     | Золовідвал   | золошлак, > 40 мкм | 13.06.2018р.<br>Протокол №167С  | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»                                 |                             | 0,1094           |               |               | 0,2083         |                | <b>0,0052</b>  | <b>0,0040</b>  | <b>0,0030</b>  |                |               |
| 5     | Золовідвал   | золошлак, < 40 мкм |                                 |   |                             |                  |               | <b>0,1834</b> |                |                | 0,2407         |                | <b>0,0046</b>  | 0,0            | 0,0           |
| 6     | Золовідвал   | золошлак           |                                 |   |                             |                  |               | <b>0,1553</b> |                |                | 0,2284         |                | <b>0,005</b>   | <b>0,0015</b>  | <b>0,0011</b> |
| 7     | Золовідвал   | золошлак           | 02.08.2018р.<br>Протокол №166С  | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»                                 |                             | <b>0,3949</b>    |               | <b>0,0186</b> | 0,0            |                | <b>0,00562</b> | <b>0,0034</b>  | 0,0            |                |               |
| 8     | Золовідвал   | золошлак           | 26.07.2017р.<br>Протокол №61    | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»                     |                             | менше 0,000001   |               | 0,00013       | менше 0,00025  |                | 0,000009       | 0,00005        |                |                |               |
| 9     | Золовідвал   | золошлак           | 08.11.2016р.<br>Вих. №314       | ДП «Українська геологічна компанія»                                       |                             | 0,000059         | 0,00732       | 0,00003       | 0,00326        |                | 0,00154        | <b>0,00203</b> | <b>0,003</b>   |                |               |
| 10    | Золовідвал   | золошлак           | 14.08.2018р.<br>Протокол №10586 | КП «Санепідсервіс»  |                             | 0,00004          | 0,0053        | 0,00002       | <b>0,00337</b> |                | 0,002          | <b>0,00106</b> | <b>0,00147</b> |                |               |
| 11    | Золовідвал   | золошлак           |                                 |   |                             |                  | 0,000034      | 0,0101        | 0,00002        | <b>0,00225</b> |                | 0,001          | <b>0,00102</b> | <b>0,00201</b> |               |
| 12    | Золовідвал   | золошлак           |                                 |   |                             |                  |               | менше 0,00005 | менше 0,00005  | 0,0002         |                | 0,000118       | 0,000093       | менше 0,00005  |               |
| 13    | Біля паркану зі сторони вул. Здолбунівської  | грунт              | 26.07.2017р.<br>Протокол №61    | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»                     | 50                          | менше 0,000001   |               | 0,000039      | менше 0,00025  |                | 0,000011       | 0,00021        |                |                |               |

## Продовження додатка Г

| 1  | 2   | 3     | 4                            | 5  | 6   | 15             | 16            | 17              | 18            | 19  | 20             | 21             | 22             |
|----|---|-------|------------------------------|--|-----|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----|----------------|----------------|----------------|
| 14 | Біля хреста на березі оз. Сонячного зі сторони вул. Ревуцького  | грунт | 26.07.2017р. Протокол №61    | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»  | 120 | менше 0,000001 |               |                 | менше 0,00025 |     | 0,000026       | 0,000014       |                |
| 15 | На межі СЗЗ на території дитячого майданчика між житловими будинками по вул. Здолбунівській, 13 та вул. О. Пчілки, 26 | грунт | 26.07.2017р. Протокол №61    | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»  | 340 | менше 0,000001 |               | менше 0,0000005 | менше 0,00025 |     | 0,000028       | 0,000016       |                |
| 16 | оз. Сонячне   | грунт | 08.11.2016р. вих.№314        | ДП «Українська геологічна компанія»                    |     | 0,000011       | 0,0078        | 0,000033        | 0,00198       |     | <b>0,00351</b> | <b>0,00199</b> | <b>0,002</b>   |
| 17 | оз. Сонячне   | грунт |                              |  |     | 0,000016       | 0,0054        | 0,000054        | 0,00266       |     | 0,00209        | <b>0,00207</b> | <b>0,00201</b> |
| 18 | вул. Любарська, 31  | грунт | 19.10.2016р. Протокол №24    | Деснянський міжрайонний відділ лабораторних досліджень | 170 |                |               | <0,0001 мг/кг   | 0,000106      |     | <0,0001 мг/кг  | <b>0,0049</b>  |                |
| 19 | вул. Драгоманова, 1м  | грунт | 19.10.2016р. Протокол №24    | Деснянський міжрайонний відділ лабораторних досліджень | 240 |                |               | <0,0001 мг/кг   | 0,00246       |     | <b>0,0107</b>  | <b>0,00273</b> |                |
| 20 | вул. Драгоманова, 1м (дитячий майданчик)  | грунт | 14.08.2018р. Протокол №10582 | КП «Санепідсервіс»                                     | 240 |                | 0,00009       | 0,0000078       | 0,000207      |     | 0,000236       | 0,000043       | менше 0,00005  |
| 21 | вул. Драгоманова, 1м (дитячий майданчик)  | грунт | 02.08.2018р. Протокол №166С  | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»              | 240 |                | <b>0,2591</b> | 0,0             | <b>0,0037</b> | 0,0 | 0,0016         | 0,0002         | 0,0            |
| 22 | вул. Любарська, 22  | грунт | 14.08.2018р. Протокол №10583 | КП «Санепідсервіс»                                     | 280 |                | менше 0,00005 | 0,000016        | 0,001432      |     | 0,001065       | 0,000135       | 0,000062       |

## Продовження додатка Г

| 1  | 2   | 3     | 4                                | 5  | 6    | 15             | 16            | 17              | 18            | 19  | 20             | 21              | 22            |
|----|---|-------|----------------------------------|--|------|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----|----------------|-----------------|---------------|
| 23 | вул. Любарська, 22                                | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол №166С   | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»              | 280  |                | 0,0           |                 | <b>0,0074</b> | 0,0 | 0,002          | 0,00024         | 0,0           |
| 24 | оз. Сонячне, берегова смуга, вул. Драгоманова, 1є | грунт | 14.08.2018р.<br>Протокол №10581  | КП «Санепідсервіс»                                     | 377  |                | менше 0,00005 | 0,00005         | менше 0,0001  |     | 0,000103       | 0,000036        | менше 0,00005 |
| 25 | оз. Сонячне, берегова смуга, вул Драгоманова, 1є  | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол №166С   | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»              | 377  |                | 0,1428        |                 | 0,0028        | 0,0 | 0,0008         | 0,00016         | 0,0           |
| 26 | Біля бювету, вул. Ревуцького, 5/7                 | грунт | 26.07.2017р.<br>Протокол №61     | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»  | 615  | менше 0,000001 |               | менше 0,0000005 | менше 0,00025 |     | 0,000031       | 0,000016        |               |
| 27 | Біля бювету, вул. Ревуцького, 11г                 | грунт | 26.07.2017р.<br>Протокол №61     | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»  | 940  | менше 0,000001 |               | менше 0,0000005 | менше 0,00025 |     | 0,000032       | 0,000017        |               |
| 28 | вул. Здолбунівська, 1                             | грунт | 19.10.2016р.<br>Протокол №24     | Деснянський міжрайонний відділ лабораторних досліджень | 1350 | н/в            |               | <0,0001 мг/кг   | 0,000081      |     | <b>0,00351</b> | <b>0,000884</b> |               |
| 29 | вул. Здолбунівська, 1                             | грунт | 14.08.2018р.<br>Протокол №105885 | КП «Санепідсервіс»                                     | 1350 |                | менше 0,00005 |                 | 0,000421      |     | 0,000345       | 0,000108        | менше 0,00005 |
| 30 | вул. Здолбунівська, 1                             | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол №166С   | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»              | 1350 |                | 0,1137        |                 | 0,0           | 0   | 0,0016         | 0,00024         | 0,0           |

## Продовження додатка Г

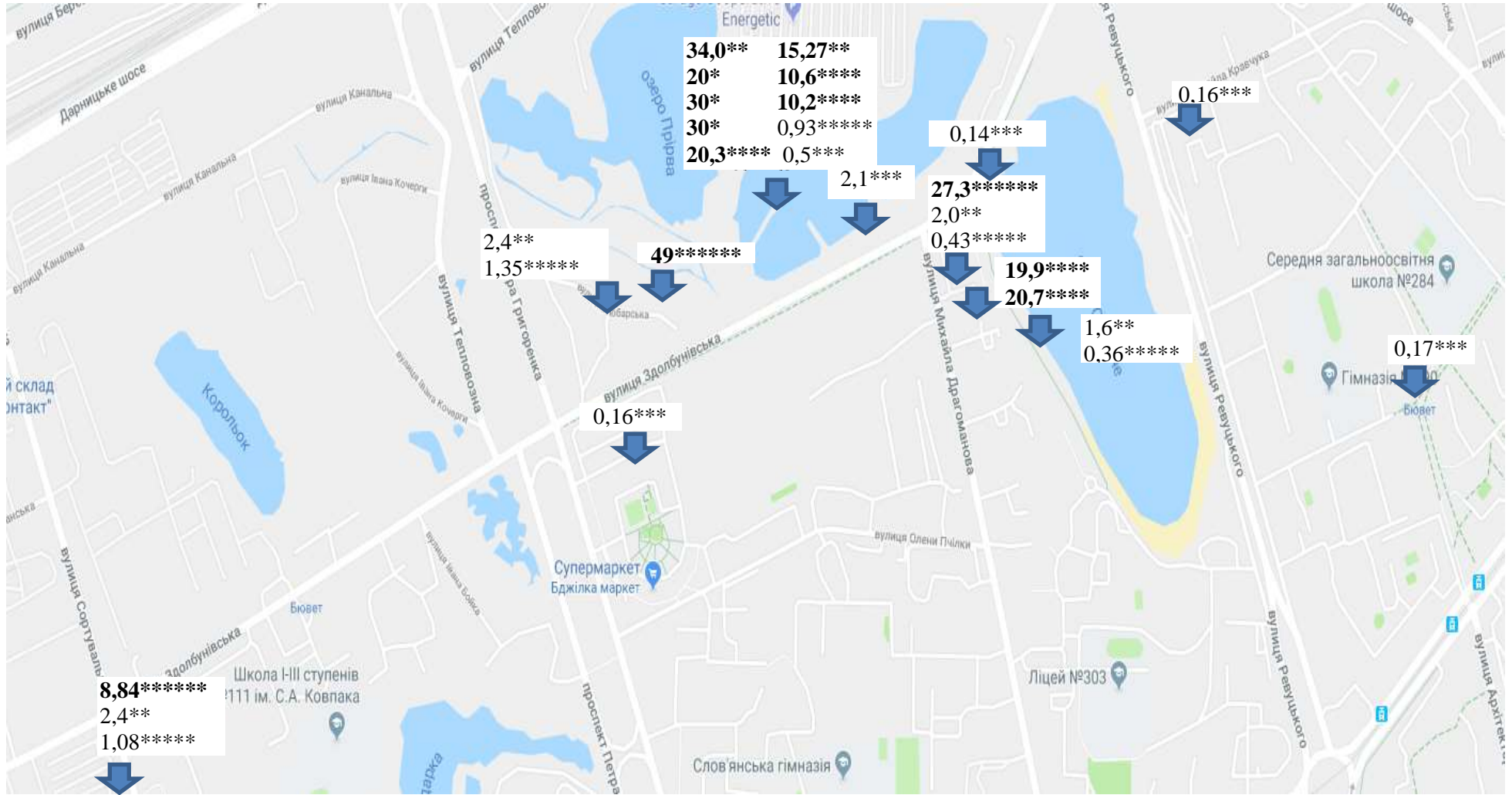
| № п/п  | Місце відбору проб | Матеріал проби     | Дата відбору проб              | Виконавець  | Відстань від золівідвалу, м | Валовий вміст, % |               |               |          |        |          |                 |               |  |
|--|--------------------|--------------------|--------------------------------|---|-----------------------------|------------------|---------------|---------------|----------|--------|----------|-----------------|---------------|--|
|  |                    |                    |                                |   |                             | Mo               | V             | Cr            | Ti       | Ce     | Nb       | Бенз(а)-пірен   | Нафтопродукти |  |
| 1  | 2                  | 3                  | 4                              | 5   | 6                           | 23               | 24            | 25            | 26       | 27     | 28       | 29              | 30            |  |
| <b>Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве №6229-91, мг/кг</b> |                    |                    |                                |   |                             |                  | ≤ 150         | ≤ 6,0         |          |        |          | ≤ 0,02          |               |  |
| <b>Фон (кларк)</b>   |                    |                    |                                |   |                             |                  |               |               |          |        |          |                 |               |  |
| 1  | Золівідвал         | Проба 1            | 07.2013р.                      | ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України» |                             |                  |               |               |          |        |          |                 |               |  |
| 2  | Золівідвал         | Проба 2            | 07.2013р.                      |   |                             |                  |               |               |          |        |          |                 |               |  |
| 3  | Золівідвал         | Проба 3            | 07.2013р.                      |   |                             |                  |               |               |          |        |          |                 |               |  |
| 4  | Золівідвал         | золошлак, > 40 мкм | 13.06.2018р.<br>Протокол №167С | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»                                 |                             |                  | <b>0,0024</b> | 0,6748        | 0,1145   | 0,0323 |          |                 |               |  |
| 5  | Золівідвал         | золошлак, < 40 мкм |                                |   |                             |                  | <b>0,0020</b> | 0,7455        | 0,1308   | 0,0    |          |                 |               |  |
| 6  | Золівідвал         | золошлак           |                                |   |                             | 0,0              | 0,0           | <b>0,0021</b> | 0,7186   | 0,1246 | 0,0123   | 0,0             |               |  |
| 7  | Золівідвал         | золошлак           | 02.08.2018р.<br>Протокол №166С |   |                             |                  | 0,0           |               |          |        |          |                 |               |  |
| 8  | Золівідвал         | золошлак           | 26.07.2017р.<br>Протокол №61   | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»                     |                             |                  |               |               |          |        |          |                 | 0,000167      |  |
| 9  | Золівідвал         | золошлак           | 26.07.2017р.                   | ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України» |                             |                  |               |               |          |        |          | <b>0,000044</b> |               |  |
| 10   | Золівідвал         | золошлак           | 08.11.2016р.<br>Вих. №314      | ДП «Українська геологічна компанія»                                       |                             | <0,002           | 0,002         | <b>0,0061</b> | 0,000033 |        |          |                 |               |  |
| 11   | Золівідвал         | золошлак           |                                |   |                             | <0,002           | <0,002        | <b>0,0062</b> | 0,00004  |        | 0,000086 |                 |               |  |
| 12   | Золівідвал         | золошлак           |                                |   |                             | <0,002           | 0,0011        | <b>0,0043</b> | 0,000041 |        | 0,000088 |                 |               |  |



## Продовження додатка Г

| 1  | 2   | 3     | 4                                | 5  | 6    | 23 | 24 | 25      | 26 | 27 | 28 | 29 | 30             |
|----|---|-------|----------------------------------|--|------|----|----|---------|----|----|----|----|----------------|
| 24 | вул. Любарська, 22                                | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол №166С   | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»              | 280  |    |    | 0,00051 |    |    |    |    |                |
| 25 | оз. Сонячне, берегова смуга, вул. Драгоманова, 1е | грунт | 14.08.2018р.<br>Протокол №10581  | КП «Санепідсервіс»                                     | 377  |    |    |         |    |    |    |    | 0,0006         |
| 26 | оз. Сонячне, берегова смуга, вул. Драгоманова, 1е | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол №166С   | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»              | 377  |    |    | 0,0004  |    |    |    |    |                |
| 27 | Біля бювету по вул. Ревуцького, 5/7               | грунт | 26.07.2017р.<br>Протокол №61     | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»  | 615  |    |    |         |    |    |    |    | менше 0,000167 |
| 28 | Біля Бювету по вул. Ревуцького, 11г               | грунт | 26.07.2017р.<br>Протокол №61     | ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»  | 940  |    |    |         |    |    |    |    | менше 0,000167 |
| 29 | вул. Здолбунівська, 1                             | грунт | 19.10.2016р.<br>Протокол №24     | Деснянський міжрайонний відділ лабораторних досліджень | 1350 |    |    |         |    |    |    |    |                |
| 30 | вул. Здолбунівська, 1                             | грунт | 14.08.2018р.<br>Протокол №105885 | КП «Санепідсервіс»                                     | 1350 |    |    |         |    |    |    |    |                |
| 31 | вул. Здолбунівська, 1                             | грунт | 02.08.2018р.<br>Протокол №166С   | ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу»              | 1350 |    |    | 0,00051 |    |    |    |    |                |

### Додаток Д Схема розповсюдження міді за результатами досліджень, мг/кг



\*за даними ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України»;

\*\*\* ДУ «Київський міський лабораторний центр МОЗ України»;

\*\*\*\*\* КП «Санепідсервіс»;

\*\* ТОВ «Центр радіо-екологічного моніторингу»;

\*\*\*\* ДП «Українська геологічна компанія»;

\*\*\*\*\* Деснянський міжрайонний відділ лабораторних досліджень.





## Додаток 3

## Список публікацій

[1] Тіщенко, В.Н. Філін, **Печений В.Л.** Пилопригнічення на золошлаковідвалах ТЕЦ з використанням водорозчинних полімерів / Екологічні науки. - 2018. - № 4 (23). - С. 60-62. (Особистий внесок: визначено основні забруднювачі атмосферного повітря).

[2] Тіщенко, В.Н. Філін, **Печений В.Л.** Оцінка золошламонакопичувача Дарницької ТЕЦ, як потенційного джерела цвітіння / Екологія і промисловість. - 2019. - № 2. - С. 121-129. (Особистий внесок: досліджено стан забруднення атмосферного повітря).

[3] Денисенко І.Ю., **Печений В.Л.** Екологічна безпека об'єктів критичної інфраструктури / Екологічна безпека та технології захисту довкілля. Науковий журнал. – 2019. - №2, 2019. – С. 29-34. (Особистий внесок: досліджено показники екологічної безпеки об'єктів критичної інфраструктури).

[4] Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю., **Печений В.Л.** Система моніторингу довкілля в Україні: проблеми та шляхи їх вирішення / Судостроение и морская инфраструктура. - №1(13)2020. – с. 51-56. (Особистий внесок: досліджено компоненти екологічного моніторингу в Україні).

[5] Виговська Г.П., Горобей М.С., Денисенко І.Ю., **Печений В.Л.** Наукові підходи до удосконалення регулювання поводження з поліхлорованими дифенілами (ПХД) в Україні / Екологічна безпека та технології захисту довкілля. Науковий журнал. – 2019. - №3, 2021. – С. 43-51. (Особистий внесок: проаналізовано процедуру реалізації екологічного моніторингу під час поводження з небезпечними відходами).

[6] Бондар О.І., Машков О.А., Присяжний В.І., Оводенко Т.С., **Печений В.Л.** Концепція створення інтелектуальної інформаційної системи для підтримання прийняття рішень у галузі екологічної безпеки / Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2023. -№ 3(48), с. 7-16. (Особистий внесок:

розроблено схему інтелектуальної інформаційної системи прийняття управлінських рішень).

[7] Бондар О.І., Машков О.А., Присяжний В.І., Оводенко Т.С., **Печений В.Л.** Парадигма обробки інформації в інтелектуальній інформаційній системі для підтримки прийняття рішень в галузі екологічної безпеки / Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2023. -№ 4(49), с. 144-152. (Особистий внесок: визначено компоненти інформаційної системи для прийняття управлінських рішень в галузі екологічної безпеки).

[8] Машков О.А., Абідов С.Т., Іващенко Т.Г., Оводенко Т.С., **Печений В.Л.** Особливості екологічного прогнозування за допомогою штучних інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень / Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2023. -№ 1(46), с. 168-174. (Особистий внесок: проаналізовано штучні інтелектуальні системи підтримки прийняття управлінських рішень).

[9] Проскурнін О.А., Гуленко О.Б., Громова І.Ю., **Печений В.Л.** Основні методологічні проблеми нормування скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами / Науковий журнал: Екологічна безпека та технології захисту довкілля, № 5, 2023, с.37-43. (Особистий внесок: проведено аналіз даних стосовно забруднення водних об'єктів зі зворотними водами).

[10] Машков О.А., Іващенко Т.Г., Мухіна К.Є., **Печений В.Л.** Інтеграція аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою: оцінка ефективності застосування системи підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень / Науковий журнал: Екологічна безпека та технології захисту довкілля, № 4, 2023, с.20-27. (Особистий внесок: досліджено особливості застосування безпілотних літальних апаратів у системі екологічного моніторингу).

[11] Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю., **Печений В.Л.**, Резніченко В. А. Пристрій електрогідравлічної очистки великих виробів. № 148333, U 2021 00125. Дата подання 13.01.2021, МПК (2021.01) B08B 3/00, B08B 6/00, B08B 9/02

(2006.01). (Особистий внесок: здійснено аналітичний пошук щодо забруднення технологічного обладнання різних галузей виробництва).

[12] Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю., **Печений В.Л.**, Резніченко В.А. Пристрій очищення труб. № 148334, U 2021 00126. Дата подання 13.01.2021, МПК (2021.01) B08B 3/00, B08B 6/00, B08B 9/02 (2006.01). (Особистий внесок: здійснено аналітичний пошук щодо забруднення технологічного обладнання різних галузей виробництва).

[13] Approaches to assessing consequences of accidents during transportation of hazardous substances by road (Особистий внесок: проаналізовано ефективність системи екологічного моніторингу під час транспортування небезпечних речовин автомобільним транспортом).

[14] Іващенко Т.Г., Прибитько Г.В., **Печений В.Л.**, Вінніченко В.І. Екологічно прийнятні технологічні процеси утилізуваня фосфогіпсу / Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи». – Львів. – 4-6 листопада 2015р. С. 205.(Особистий внесок: проаналізовано сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку системи екологічного моніторингу процесів переробки фосфогіпсу).

[15] Іващенко Т.Г., **Печений В.Л.** Екологічно прийнятні способи утилізуваня фосфогіпсу / Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки». – Кременчук, 6-8 жовтня 2015р. – С. 51. (Особистий внесок: проаналізовано сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку системи екологічного моніторингу процесів переробки фосфогіпсу).

[16] Іващенко Т.Г., Гладиш Н.В., **Печений В.Л.** Перспективи застосування фосфогіпсу для вирішення екологічних проблем зони відчуження / Матеріали круглого столу в рамках Міжнародного екологічного Форуму «Довкілля для України». – Київ, 27 квітня 2016р. (Особистий внесок: систематизовано дані щодо здійснення екологічного моніторингу Чорнобильської зони відчуження).

[17] Іващенко Т.Г., **Печений В.Л.** Спеціальна експериментальна аналітична лабораторія як мобільний комплексний засіб вимірювання концентрацій газових забруднювачів та пилу в атмосферному повітрі населених пунктів та санітарних зонах промислових підприємств / Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екології та енергезбереження». – Миколаїв, 20-22 вересня 2019р. – С. 22-23. (Особистий внесок: досліджено ефективність застосування експериментальної аналітичної лабораторії як мобільного засобу вимірювання концентрацій газових забруднювачів та пилу в атмосферному повітрі).

[18] Денисенко І.Ю., **Печений В.Л.** Принципи здійснення екологічного моніторингу на регіональному рівні. Матеріали II всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України». – Миколаїв, 18-19 вересня 2020р. – С. 136-138. (Особистий внесок: проаналізовано проблемні питання щодо реалізації екологічного моніторингу на регіональному рівні).

[19] Бондар О.І., Машков О.А., Іващенко Т.Г., Михайлюк О.С., **Печений В.Л.** Сучасні методи оцінки забруднень техногенно-небезпечних об'єктів (об'єктів критичної інфраструктури) / Монографія / Під загальною науковою редакцією доктора біологічних наук О. І. Бондаря. – К.: Основа. 2021.- 56 с. (Особистий внесок: досліджено метод комплексної оцінки забруднень об'єктів критичної інфраструктури).

[20] Іващенко Т. Г., Печений В. Л., Салімов Е. Т. Концептуально-методичні основи побудови автоматизованої системи прийняття управлінських рішень щодо покращення якості атмосферного повітря / Екологія. Довкілля. Енергозбереження : матеріали IV міжнар. наук.-практ.конф., 7-8 грудня 2023р., Полтава. 2023. С. – 52-54. (Особистий внесок: розроблено рекомендації щодо побудови автоматизованої системи прийняття управлінських рішень щодо покращення якості атмосферного повітря).

Додаток И  
Акти впровадження



МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ  
(Міненерго)  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «БАР'ЄР»  
51938, м. Кам'янське, пр. Аношкіна 179-Б, ЄДРПОУ 31330051  
e-mail: dp-baryer@ukr.net

**АКТ**

**про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи,  
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії Печеного В. Л.  
«Технології забезпечення екологічної безпеки золошлаковідвалів за  
допомогою дистанційного моніторингу»**

Результати науково-дослідної роботи асистента кафедри екологічного аудиту та технологій захисту довкілля Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління дають можливість надання практичних рекомендацій щодо методики застосування безпілотних літальних апаратів у системі реалізації дистанційного екологічного моніторингу.

Окремі матеріали та положення дисертаційної роботи стосовно дистанційного екологічного моніторингу з використанням безпілотних літальних апаратів планується використати при проведенні екологічного моніторингу Державним підприємством «Бар'єр» для отримання уточнених і більш коректних даних на радіоактивно-забруднених територіях для оптимізації стану природного середовища в межах території діючих хвостосховищ.

Т. в. о. директора ДП «Бар'єр»,  
канд.техн.наук



Юрій РЕЦЬ

**Товариство з обмеженою відповідальністю  
«УКРАЇНСЬКИЙ ЦЕНТР РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ»**

04119, м. Київ, вул. Зоологічна 4а, оф. 139, ІК 35410177, тел. (044)499-56-32.  
№ 90 від « 18 » 01 2024 р.

**ДОВІДКА**

**Про впровадження результатів дисертаційного дослідження**

**Печеного Володимира Леонідовича**

Печеним Володимиром Леонідовичем, завідувачем комплексної науково-дослідної лабораторії прикладної екології Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, за результатами проведеного дослідження щодо технології забезпечення екологічної безпеки золошлаковідвалів за допомогою дистанційного моніторингу, запропоновано застосування безпілотних літальних апаратів для дослідження стану навколишнього природного середовища таких небезпечних об'єктів як місця розміщення золи та шлаків від діяльності теплових електростанцій.

Фахівцями ТОВ «Український центр радіаційної безпеки» запропоновано застосовувати розроблений в дисертаційній роботі метод дистанційного екологічного моніторингу із застосуванням безпілотних літальних апаратів для дослідження радіаційно небезпечних об'єктів, оскільки даний спосіб дає можливість мінімізувати негативний вплив радіаційного опромінення на здоров'я експерта-еколога під час виконання робіт.

Апробація результатів досліджень Печеного В. Л. свідчить про їх можливість ефективного використання на практиці.

Директор



Польовий Л.П.