

**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ  
УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА  
УПРАВЛІННЯ**

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**НІГОРОДОВА Світлана Анатоліївна**

УДК 574.08:681.78:629.52.7

**ДИСЕРТАЦІЯ  
МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ ТА РИЗИКІВ  
РЕГІОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК**

21.06.01 – Екологічна безпека

Галузь знань – технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

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



\_\_\_\_\_ С.А. Нігородова

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник: МАШКОВ Олег Альбертович,  
доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України

Київ – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Нігородова С.А.* Методика оцінювання екологічних загроз та ризиків регіону з використанням аерокосмічних технологій та експертних оцінок. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Київ, 2021.

У дисертаційній роботі викладено результати досліджень, які спрямовані на створення передумов попередження негативного впливу на довкілля та підвищення екологічної безпеки регіонів України шляхом застосування методики оцінювання екологічних загроз та ризиків з використання аерокосмічних технологій та експертних оцінок.

За результатами дисертаційних досліджень, вирішено актуальне наукове завдання, яке спрямоване на підвищення ефективності оцінювання екологічних загроз та ризиків регіонів за рахунок комплексного застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок. В роботі розкриті особливості оцінювання екологічного ризику та системного аналізу сучасних інформаційних технологій оцінки стану навколишнього середовища з використанням аерокосмічних комплексів.

В роботі розроблено методику здійснення екологічного оцінювання довкілля для прогнозування екологічних загроз та ризиків, яка з використанням системного підходу дозволяє здійснювати ідентифікацію загроз техногенній і природній безпеці регіонів та визначити комплексні показники потенційної небезпеки регіонів щодо техногенних і природних надзвичайних ситуацій.

Автором розроблено методику управління екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу, яка з урахуванням норм екологічних ризиків та запропонованих механізмів регулювання екологічною безпекою дозволяє оптимізувати управлінські рішення щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям.

В роботі удосконалено методику оцінювання ризику ураження населення небезпечними речовинами при аваріях на об'єктах підвищеної небезпеки шляхом застосування аерокосмічних технологій, що дозволяє врахувати комплексний вплив атмосферних умов, характеристик викидів, алгоритм розрахунку потенційного територіального ризику ураження населення, програмно реалізовану методику прогнозування.

Автором удосконалено технологію оцінки ефективності щодо створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенно небезпечних об'єктів шляхом комплексного застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля та регіональних підсистем мережевих технологій.

В роботі набуло подальшого розвитку методика планування заходів забезпечення екологічної безпеки в системі екологічного моніторингу, в якій на відміну від відомих, з використання теорії управління складними системами, визначає механізми розподілу ресурсів у соціально- економічних системах та створення плану заходів забезпечення екологічної безпеки.

За результатами оцінки ефективності технології створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенно небезпечних об'єктів встановлено, що застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при використанні регіональної системи комплексного моніторингу з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,025) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків. Оцінено ефективність основних проектних рішень по системам комплексного моніторингу довкілля локального (міського) рівня (на прикладі міст Кам'янське та Жовті Води Січеславської області). Застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при комплексному моніторингу довкілля локального (міського рівня) з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,015) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків.

Розроблений науково-методичний та математичний апарат (програмне забезпечення) орієнтовано на фахівців операторів систем екологічного моніторингу навколишнього середовища та техногенно небезпечних об'єктів.

Достовірність наукових і практичних результатів підтверджена збігом отриманих результатів із відомими даними та перевіркою експериментальних досліджень. Основні наукові і практичні результати, що отримані в дисертаційній роботі впроваджені та можуть бути застосовані в державній та регіональних системах екологічного моніторингу при здійсненні екологічного моніторингу об'єктів критичної інфраструктури, техногенно небезпечних об'єктів, при виникненні нештатних, аварійних ситуацій.

Мета дослідження, яка полягала у підвищенні ефективності оцінювання екологічних загроз та ризиків регіонів за рахунок комплексного застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок – досягнута, та всі часткові завдання вирішені повністю. Наукові результати досліджень є внеском в технологію захисту навколишнього середовища.

Перспективними напрямком подальших досліджень є обґрунтування ступеня відповідності прогнозованих екологічних умов завданням збереження здоров'я людини, забезпечення сталого соціально-економічного розвитку та потенціалу держави, збереження й відновлення навколишнього середовища.

*Ключові слова:* аерокосмічні технології, екологічний моніторинг, екологічний ризик, екологічні загрози, екологічні загрози та ризики, експертні оцінки, інформаційні технології, навколишнє середовище, надзвичайні ситуації, оцінювання, система екологічного моніторингу, системний підхід, управління екологічною безпекою.

## ANNOTATION

*Nigorodova S.A.* Methods for assessing environmental and regional risks using aerospace technologies and expert assessments. Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Candidate of Science Degree in Specialty 21.06.01 - Environmental Safety. State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine, Kyiv, 2020.

The dissertation presents the results of research aimed at creating the prerequisites for



preventing negative impact on the environment and enhancing the environmental safety of Ukrainian regions by applying the methodology of environmental threats and risks assessment using aerospace technologies and expert assessments.

According to the results of the dissertation, a topical scientific task is solved, which is aimed at improving the effectiveness of environmental and regional risk assessments due to the integrated application of aerospace technologies and expert assessments. The features of environmental risk assessment and systematic analysis of modern information technologies for environmental assessment using aerospace complexes are revealed in the work.

The paper develops a methodology for environmental assessment to predict environmental threats and risks, which, using a systematic approach, allows identification of threats to the technogenic and natural security of the regions and to determine the complex indicators of the potential hazards of the regions in terms of man-made and natural emergencies.

The author has developed a methodology for environmental safety management using an environmental monitoring system, which, taking into account environmental risk norms and proposed mechanisms of environmental safety regulation, allows to optimize management decisions on the prevention of environmental accidents and environmental emergencies.

The technique of estimation of the risk of damage to the population by dangerous substances in case of accidents at high-risk objects by the application of aerospace technologies is improved, which allows to take into account the complex influence of atmospheric conditions, emission characteristics, the algorithm of calculation of the potential territorial risk of damage to the population.

The author has improved the technology of efficiency assessment for the creation and application of environmental monitoring systems for natural and man-made hazardous objects through the comprehensive application of state environmental monitoring geo-information system and regional network technology subsystems.

The method of planning ecological safety measures in the system of ecological monitoring, in which, unlike the known ones, using the theory of control of complex

systems, defines mechanisms of allocation of resources in socio-economic systems and creation of a plan of measures for ensuring ecological safety.

According to the results of the evaluation of the effectiveness of the technology of creation and application of environmental monitoring systems of natural and man-made hazardous objects, it is established that the use of geoinformation environmental monitoring system using the regional integrated monitoring system with the implementation of the proposed methodology allows to reduce the errors of the first (up to 0.025) and second kind (up to 0.001 ) when assessing environmental threats and risks. The effectiveness of the main design decisions on systems of integrated monitoring of the local (city) level environment (on the example of the cities of Kamyanskoe and Zhelty Vody of Sicheslav region) was evaluated. The use of geoinformation system for environmental monitoring in complex monitoring of local (urban) environment with the implementation of the proposed methodology allows to reduce the errors of the first (up to 0.015) and the second kind (up to 0.001) when assessing environmental threats and risks.

The developed methodological and mathematical apparatus (software) is aimed at specialists of operators of environmental monitoring systems and man-made hazardous objects.

The validity of the scientific and practical results is confirmed by the coincidence of the results obtained with known data and validation of experimental studies. The main scientific and practical results obtained in the dissertation are implemented and can be applied in state and regional systems of ecological monitoring in carrying out ecological monitoring of objects of critical infrastructure, technogenically dangerous objects, in case of emergency, emergency situations.

The aim of the study, which was to improve the effectiveness of environmental and regional risk assessments through the integrated use of aerospace technologies and expert assessments, has been achieved, and all partial objectives have been fully addressed. Scientific research results are a contribution to environmental technology.

A promising area of further research is to substantiate the degree of compliance of the projected environmental conditions with the task of preserving human health, ensuring sustainable socio-economic development and state potential, preserving and restoring the

environment.

*Keywords:* aerospace technologies, environmental monitoring, environmental risk, environmental threats, environmental threats and risks, expert assessments, information technology, environment, emergencies, assessments, environmental monitoring system, systematic approach, environmental safety management.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Статті у наукових фахових виданнях**

1. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія синтезу системи керування дистанційно пілотованого літального апарата з заданими динамічними властивостями / Стандартизація, сертифікація, якість. – К.: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2019. – № 1 (113). – с. 54–66.

2. Bondar A.I., Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Methodology of counteraction to environmental threats, risks and environmental terrorism: a system approach Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 1(24). Т.1, pp. 5-17.

3. Машков О.А., Триснюк В.М., МамчурЮ.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Курило А.В. Новий підхід до синтезу відновлюючого керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу / Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-техн. журнал / Івано- Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ) – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, №1(19), - 2019, с.69-78.

4. Машков О.А., ТриснюкВ.М., МамчурЮ.В., ЖукаускасС.В., Нігородова С.А., ТриснюкТ.В., КацишинО.В. Технологія синтезу алгоритму керування для забезпечення стабілізації дистанційно пілотованого літального апарату для оперативно-програмованої траєкторії / Математичне моделювання в економіці: міжнародний науковийжурнал / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, №1(14), січень-березень 2019, с.33-47.

5. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Системне застосування методів дистанційного моніторингу екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 2(25), 2019, с. 28-39.

6. Bondar A.I, Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Ecological threats, risks and environmental terrorism: system definition / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 2(25), 2019, pp. 113-122.

7. Mashkov O., Zhukauskas S., Nigorodova S., Kosenko V. Innovative approaches of using the methods for remote sensing of the earth for monitoring the ecological-technical condition of water ecosystems / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 3(26), 2019, pp. 115-125.

8. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Міхеєв В.С. Розвиток теорії функціональної стійкості екологічних систем, як стійкості функціонала екологічної безпеки / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, pp. 62-77.

9. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, pp. 201-206. 18

10. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Застосування концепцій зворотних задач динаміки в мобільних комплексах екологічного моніторингу для стабілізації руху при виникненні нештатних ситуацій / Системи управління, навігації та зв'язку, №5 (57), 2019,с.95-102.

11. Olga Krzyżanowska, Olena Wołochowa, Marina Diaczenko, Olena Kozak, Switłana Nihorodowa, Walentyna Kyryczenko. Działalność ekologiczno-edukacyjna i wychowawcza Parku Narodowego „Hołosijowski” we współpracy z Siecią Partnerską „Edukacja dla zrównoważonego rozwoju w Ukrainie” /Poradnik ekologiczny. Eko i My. №3 (267) Szczecin, 2019.

12. Mashkov O.A., Mikheev V.S., Nigorodova S.A., Zhukauskas S.V. System support of ecological security of the ecosystem by creating a system of tips for making

informational ecological decisions / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К., ДЕА, 2020.-№ 2(29), 2020, с. 133-142.

13. Бондар О.І., Машков О.А., Міхеєв В.С., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія побудови автоматизованої системи екологічного моніторингу з використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2020.-№ 4(31), 2020, с.11-19.

14. Колективна монографія «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (За науковою редакцією доктора технічних наук, професора Мальованого Мирослава Степановича), опублікована за результатами 6-го Міжнародного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», Бондар О.І., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Оцінка ефективності застосування системи екологічного моніторингу з використанням методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем, ЛьвівТзОВ «ЗУКЦ»2020, с.47-68.

#### **Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

15. Nigorodova S.A. Problematic issues of information and environmental safety / Матеріали науково-технічної конференції «Інноваційні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу», Київ, 24-25 квітня 2018, с. 37-38. 16. Машков О.А., Нігородова С.А. Сучасні проблеми формування державної політики в галузі розробки еколого-економічної системи природо-користування та природоохоронної діяльності на основі теорії екологічних ризиків / «Проблеми екологічної безпеки» XVI міжнародна науково-технічна конференція: Матеріали конференції – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2018 с.66.

17. Машков О.А., Нігородова С.А. Методологічні аспекти впровадження аерокосмічних технологій для оцінки екологічних ризиків та загроз стану навколишнього середовища / тези доповідей II науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи», 4 жовтня 2018, Київ, с. 22.

18. Потоцька С.О., Козак О.М., Нігородова С.А., Кириченко В.М., Дяченко М.О., Крижановська О.Т., Волохова О.В., Позіхайло А.Ю. Екологічні ризики та загрози / 19 II Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми екології та еволюції екосистем в умовах трансформованого середовища», Чернігів, Деснянське, 11-12 жовтня 2018 р., с. 347-355.

19. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технології конструктивного спілкування пілота оператора дистанційно пілотованого літального апарату та системи підтримки прийняття рішень в умовах впливу стрес-факторів екстремальної екологічної ситуації / Авіаційна та екстремальна психологія у контексті технологічних досягнень: збірник наукових праць. – К. ТОВ «Альфа-ПК», 2019, с. 183–189.

20. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Напрями удосконалення технічних засобів інструментальних психофізіологічних досліджень для оцінки достовірності інформації / Інтелектуальна власність і право на шляху до сталого розвитку України: Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 19 квітня 2019 року).-К. ФОП Кандиба- с. 286-289.

21. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Вишемирська С.В., Радецька С.В. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матеріали міжнар. наук. конф., с. Залізний Порт, 21-25 травня 2019 р. – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2019. – с. 105-109.

22. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Інноваційний підхід щодо інтеграції освіти, науки та бізнесу в галузі екології: створення Академії наук природокористування України / Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: літні диспути: тези доп. I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 1-2 серпня 2019 р. – Дніпро, 2019, с. 57-68.

23. Mashkov O.A., Zhukauskas S.V., Nigorodova S.A. Technology of stabilization of complex technogenic system on operational programmable environmental trajectory in

phase space / тези доповідей III-ї науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи» 12-13 вересня 2019 року, с.11-12.

24. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / тези доповідей III-ї науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи» 12-13 вересня 2019 року, с.71-72.

25. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія використання методів дистанційного зондування Землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25–27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2019, с.102.

26. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Оцінка можливості використання космічних апаратів для проведення екологічного моніторингу / 20 VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25–27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2019, с.103.

27. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Перспективні системи екологічного моніторингу довкілля з використанням аерокосмічних технологій та теорії функціональної стійкості екологічних систем / Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві: зб. тез доповідей і наук. повідомл. учасників III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 30 вересня 2019 р.) / за заг. ред. В.Л. Плескач, В.Л. Міронова. – К.: Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка, 2019, с.111-116.

28. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Сучасний рух науки: форми можливих наукових результатів у галузі захисту довкілля / Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.1., С. 183-196.

29. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Оцінка екологічних ризиків в системі управління екологічною безпекою регіону (на прикладі об'єктів

водокористування) / Збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки», України, Кременчук, 2-4 жовтня 2019, с.143-146.

30. Нігородова С.А. Технологія оцінювання екологічних загроз та ризиків навколишнього середовища з використанням аерокосмічних комплексів та експертних оцінок / Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції — Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу. – Львів : ЛДУБЖД, 2019, с. 113-114.

31. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використання аерокосмічних технологій / Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки», Україна, Кременчук, 06-08 жовтня 2020, с. 73-79.



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	16
ВСТУП	17
РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ РЕГІОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК	25
1.1 Аналіз концепцій побудови систем екологічного моніторингу	25
1.2 Аналіз використання космічних комплексів в системі екологічного моніторингу .....	35
1.3 Аналітичний огляд основних етапів обробки космічних знімків та принципи побудови рубрикатора завдань екологічного моніторингу	60
Висновки по першому розділу	69
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЦІНКИ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ	71
2.1. Аналіз особливостей побудови систем екологічного моніторингу навколишнього середовища з використанням аерокосмічних технологій	71
2.2 Оцінка існуючих інформаційних технологій обробки даних космічних зйомок при здійсненні екологічного моніторингу	76
2.3 Специфіка завдань екологічного моніторингу, що вирішуються з використанням аерокосмічних технологій	89
2.4 Обґрунтування експертної екологічної системи для діагностики та оцінки стану навколишнього середовища	92
2.5 Ідентифікація загроз техногенній і природній безпеці регіонів	98
2.6 Визначення комплексного показника потенційної небезпеки регіонів щодо техногенних і природних надзвичайних ситуацій	111
Висновки по другому розділу	118
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЗДІЙСНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ДОВКІЛЛЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ ТА РИЗИКІВ З	

ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ	120
3.1 Технологія здійснювання екологічного оцінювання довкілля	120
3.2 Технологія прогнозування екологічних процесів на основі системного підходу	124
3.2.1 Технологія оцінювання екологічних ризиків системи (на прикладі системи землеробства)	133
3.2.2 Методика здійснення екологічного оцінювання вегетаційної ділянки	135
3.2.3 Методика вибору розташування місця будівництва екологічне небезпечного об'єкту на основі системного підходу	138
3.3 Методика системного прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті	150
3.4 Методика оцінювання ризику ураження населення небезпечними речовинами за аварій на об'єктах підвищеної небезпеки	156
Висновки по третьому розділу	176
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	179
4.1 Розробка структури системи управління безпекою (ризиками)	179
4.2 Обґрунтування принципів управління та нормування екологічних ризиків	184
4.3 Механізми регулювання екологічної безпеки техногенних об'єктів та навколишнього природного середовища	188
4.4 Оптимізація управлінських рішень щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям	190
4.5 Методи вирішення задач оптимальних витрат на управління екологічним ризиком надзвичайних ситуацій	199
4.6 Методика планування заходів забезпечення екологічної безпеки в системі екологічного моніторингу	205
Висновки по четвертому розділу	218
РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНИМИ ТА ТЕХНОГЕННЕ НЕБЕЗПЕЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ	220

5.1 Оцінка ефективності застосування існуючої система екологічного моніторингу з використанням методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних технооекосистем	220
5.2 Оцінка ефективності застосування регіональної системи комплексного моніторингу довкілля (на прикладі Дніпровської області)	249
5.3 Оцінка ефективності основних проектних рішень по системам комплексного моніторингу довкілля локального (міського) рівня (на прикладі міст Кам'янське та Жовті Води Січеславської області)	255
5.4. Аналіз досвіду створення об'єктових систем комплексного моніторингу довкілля (на прикладі м. Кам'янське)	267
5.5 Оцінка ефективності застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля ( на прикладі м. Вінниці та Вінницької області)	272
5.6 Аналіз ефективності застосування комплексної екологічної ГІС (на прикладі м. Кривий Ріг)	276
5.7 Аналіз ефективності застосування регіональних підсистем збереження, оброблення та контролю даних водообліку на основі мережевих технологій (на прикладі Херсонської області)	278
Висновки по п'ятому розділу	280
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	282
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	285
ДОДАТОК А - Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію матеріалів дисертації	303
ДОДАТОК Б - Акти впровадження	309
ДОДАТОК В - Тематичний рубрикатор екологічних завдань	312
ДОДАТОК Г - Застосування методики оцінювання екологічних загроз та ризиків регіону з використанням аерокосмічних технологій та експертних оцінок	
ДОДАТОК Д - Технології оцінювання екологічних ризиків техногенне небезпечних об'єктів	

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС - атомна електростанція

АСЕМ - автоматизована система екологічного моніторингу

БД - база даних

БЗ - безпечна зона

ГДК - гранично допустима концентрація

ГІС - геоінформаційна система

ДЗЗ - дистанційне зондування Землі

ЗМЕР - зона можливого екологічного ризику

ЗМХЗ - зона можливого хімічного зараження

КА - космічний апарат

НЕС – небезпечна екологічна ситуація

НІК - наземний інформаційний комплекс

НОН - натуральна одиниця наслідків

НПС – навколишнє природне середовище

НХР - небезпечні хімічні речовини

ОЕС - оптико електронна система

ОПН – об'єкт підвищеної небезпеки

ПЗТЗ - прогнозована зона техногенного зараження

ПНО - потенційно небезпечний об'єкт

РТС - радіотехнічна станція

СУБД - система управління базами даних

ТГЕС - техногенна екосистема

ЦО - центральний орган

ЦОСІ - центру обробки спеціальної інформації

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Екологічна ситуація в Україні залишається вкрай складною, навантаження на навколишнє природне середовище (НПС) зростає. Забруднення і виснаження природних ресурсів продовжує загрожувати здоров'ю населення, екологічній безпеці та економічній стабільності держави [111, 124, 136].

Розвиток сучасного суспільства вимагає усе більшого споживання природних ресурсів, що веде до їх виснаження. Природокористування має антропоцентричний вектор розвитку з перевагою техногенної складової. Соціальний прогрес значною мірою залежить від ефективності заходів щодо попередження і мінімізації негативних наслідків техногенного впливу на навколишнє середовище. Світове співтовариство робить кроки до сталого соціоекологічного розвитку. Прийнято Декларацію Ріо-де-Жанейро (1992 р.) про перехід до екологічно безкризисного і стійкого розвитку. Україна також веде активну політику в сфері охорони навколишньої природного середовища і досягнення екологічної безпеки [35, 132, 140].

Одним із механізмів оптимізації природогосподарювання під час переходу до стійкого розвитку екосоціотехнополісної системи є створення єдиної загальнодержавної системи моніторингу навколишнього природного середовища як складової частини світової інформаційної екологічної системи. Загальнодержавна система моніторингу має будуватися з урахуванням особливостей регіональних екосистем, з опрацюванням підходів щодо створення регіональних систем моніторингу на територіях підданих надмірному техногенному навантаженню. Тим самим припускається часткове вирішення проблеми переходу такого регіону до стійкого розвитку.

Дисертаційна робота спрямована на вирішення актуального наукового завдання, яке спрямоване на підвищення ефективності оцінювання екологічних загроз та ризиків регіонів за рахунок комплексного застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок. В роботі розкриті особливості оцінювання екологічного ризику та системного аналізу сучасних інформаційних технологій

оцінки стану навколишнього середовища з використанням аерокосмічних комплексів.

Реорганізація та удосконалення регіональних систем комплексного моніторингу навколишнього природного середовища з урахуванням сучасних вимог до системи моніторингу як до інформаційно-аналітичної системи є складною організаційною та науково-технічною проблемою. Це потребує застосування системного підходу, обґрунтування структур та логічної організації складових системи з урахуванням сучасних інформаційних технологій, автоматизації вимірів, оперативності в обробці даних, аналізу їх достовірності. Впровадження такої стратегії сприятиме підвищенню ефективності обґрунтування заходів щодо вирішення задач екологічної безпеки країни.

Відзначено внесок у розвиток теорії і практичних питань створення систем екологічного моніторингу навколишнього природного середовища таких вчених як Александров А.І., Азаров С.І., Аверин Г.В., Белявський Г.О., Бондар О.І., Бугор А.Н., Бусигин Б.С., Ващенко В.М., Ємець М.А., Єрмаков В.М., Крапівін В.Ф., Луньова О.В., Лемешев М.Я., Лялько В.І., Машков О.А., Мокин В.Б., Петрук В.Г., Попов М.О., Рудько Г.І., Соколов Ю.М., Тарарико О.Г., Уліцкий О.А., Федоровський О.Д., Фролов В.Ф., Чумаченко С.М., Шапар А.Г., Шмандий В.М., Шматков Г.Г., Яцків Я.С. та інші. [10, 12, 57, 58, 67-69, 83, 88, 107-109, 125, 165].

Однак, залишаються ще недостатньо висвітлені питання щодо удосконалення певних підходів та методів, які б об'єднали теорію і практику побудови регіональної системи комплексного моніторингу НПС країни. На сьогодні гостро стоять питання обґрунтування інформаційно-логічної структури регіональної системи моніторингу НПС, визначення функціонально-структурних складових системи моніторингу НПС, принципів та схем інформаційної взаємодії між суб'єктами системи моніторингу регіонального рівня, оптимізації первинних та управлінських інформаційних потоків, визначення та обґрунтування рішень з загальносистемних питань, інформаційно-аналітичного центру та обчислювальних мереж збору, опрацювання та обміну інформації, технічного і програмного забезпечення; розробки способів та алгоритмів обробки моніторингової інформації та структури баз даних що

зберігаються, визначення критеріїв комплексної оцінки стану навколишнього природного середовища.

В сучасному світі все більше приділяється уваги вирішенню екологічних проблем, які можуть бути спричинені як самою природою, так і діяльністю людини, причому останній чинник проявляється все відчутніше. Проблеми забруднення навколишнього середовища та природних ресурсів та нераціонального природокористування – одні із найбільш нагальних і гострих проблем сучасності та вимагають участі усіх держав як на національному, так і на транснаціональному рівнях. Науковці справедливо стверджують, що екологічні проблеми не обмежені національними кордонами, вони мають загальнопланетарний характер. Особливої актуальності проблема охорони довкілля та раціонального природокористування набула в останні роки: поглиблення екологічної кризи, перевиробництва та екстенсивного використання природних ресурсів, ризиків екологічної безпеки, глобального потепління, зміни клімату тощо [70, 111].

На перший план все активніше виступають не стільки традиційні політичні й соціально-економічні проблеми, скільки злободенні екологічні проблеми, які в наш час посіли провідне місце серед проблем на національному рівні. Саме тому одним із пріоритетних національних інтересів України є забезпечення екологічно безпечних умов життєдіяльності людини і суспільства, збереження навколишнього середовища. З метою управління екологічною безпекою для виконання задач, які сформульовані у Законі України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики на період до 2020 року» [1], виникає потреба прогностичної оцінки екологічного ризику, як міри реальних існуючих загроз для прийняття попереджувальних заходів щодо зниження даного рівня ризику, що стає все більш актуальним.

Проблемами оцінки екологічного ризику займаються як вітчизняні, так і зарубіжні фахівці, серед яких особливий внесок у вивчення даного питання внесли: С.П. Іванюта, К.В. Таранюк, А.Б. Качинський, В. В. Вітлінський, О. О. Веклич, М. В. Голованенко, С. М. Ілляшенко, О. В. Козьменко, А. Б. Качинський, В., С. К. Харічков, Є. В. Хлобистов, Бурков, П. А. Ваганов, К. Рихтер, О. Н. Русак, О. В.

Садченко та інші [3, 7, 18, 21, 34, 63, 65, 137, 143, 144].

Незважаючи на глибоку еколого-економічну кризу в українському суспільстві, впровадження економічних методів регулювання природокористування, а саме таких як оцінка та моніторинг екологічного ризику, залишається одним із першочергових завдань, оскільки від його успішного вирішення значною мірою залежить економічна ефективність народного господарства, здатність економіки України до стабільного і тривалого саморозвитку. Але на жаль, даній темі сьогодні, не достатньо приділяється увага і вона потребує подальшого розвитку.

**Ідея дисертаційної роботи** полягає у створенні передумов попередження негативного впливу на довкілля та підвищення екологічної безпеки регіонів України шляхом застосування методики оцінювання екологічних загроз та ризиків з використанням аерокосмічних технологій та експертних оцінок.

#### **Мета і завдання дослідження.**

Метою дослідження є підвищення ефективності оцінювання екологічних загроз та ризиків регіонів за рахунок комплексного застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі сформульовані та вирішені такі часткові наукові завдання:

- обґрунтування необхідності оцінювання екологічного ризику регіону з використанням аерокосмічних технологій та експертних оцінок;
- системний аналіз сучасних інформаційних технологій оцінки стану навколишнього середовища з використанням аерокосмічних комплексів;
- розробка методики здійснювання екологічного оцінювання довкілля для прогнозування екологічних загроз та ризиків з використанням системного підходу;
- розробка методики управління екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу;
- аналіз підходів та оцінка ефективності щодо створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів.

*Об'єкт дослідження* – процес попередження негативного впливу на довкілля та підвищення екологічної безпеки регіонів України



*Предмет дослідження* – технологія здійснювання екологічного оцінювання загроз та ризиків в регіонах України з використанням аерокосмічних технологій та експертних оцінок.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених завдань у дисертації були застосовані: методи системного аналізу та синтезу управлінських рішень, методи математичного моделювання і функціонального аналізу для системного аналізу інформаційних технологій оцінки стану навколишнього середовища; методи теорії нечітких множин та нечіткої логіки для оцінювання небезпеки об'єктів; методи експертних систем, теорії нечітких множин і нечіткої логіки, на основі яких розроблено методику оцінювання небезпеки складного об'єкта. Також використовувались теорія матриць, інтегрального числення та методи імітаційного моделювання з використанням комп'ютерної програми Matlab для оцінки ефективності створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів. Отримані результати досліджень було оброблено методами статистичної та математичної обробки даних з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 2010.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у створенні наукових засад оцінювання екологічних загроз та ризиків регіону з використанням аерокосмічних технологій та експертних оцінок. При цьому:

*уперше:*

- розроблено методику здійснення екологічного оцінювання довкілля для прогнозування екологічних загроз та ризиків, яка з використанням системного підходу дозволяє здійснювати ідентифікацію загроз техногенній і природній безпеці регіонів та визначити комплексні показники потенційної небезпеки регіонів щодо техногенних і природних надзвичайних ситуацій;

- розроблено методику управління екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу, яка з урахуванням норм екологічних ризиків та запропонованих механізмів регулювання екологічною безпекою дозволяє оптимізувати управлінські рішення щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям;

*удосконалено:*

- методику оцінювання ризику ураження населення небезпечними речовинами при аваріях на об'єктах підвищеної небезпеки шляхом застосування аерокосмічних технологій, що дозволяє врахувати комплексний вплив атмосферних умов, характеристик викидів, алгоритм розрахунку потенційного територіального ризику ураження населення, програмно реалізовану методику прогнозування;

- технологію оцінки ефективності щодо створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів шляхом комплексного застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля та регіональних підсистем мережевих технологій;

*подальшого розвитку набуло:*

- методика планування заходів забезпечення екологічної безпеки в системі екологічного моніторингу, в якій на відміну від відомих, с використання теорії управління складними системами, визначає механізми розподілу ресурсів у соціально- економічних системах та створення плану заходів забезпечення екологічної безпеки.

**Особистий внесок здобувача.** Всі наукові результати, що подані до захисту, були отримані автором особисто. У роботах, що написані в співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в наступному. У роботах [88, 89, 93, 95, 96, 98, 99, 101, 162] автором було теоретично обґрунтовано методику здійснення екологічного оцінювання довкілля за допомогою аерокосмічних технологій. У роботах [84, 87, 97, 145, 146, 161] автор виконав розрахунки ризиків та загроз при управлінні екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу. У роботах [13, 14, 15, 86, 90, 94] автором були запропонована технологія організації та проведення екологічного моніторингу навколишнього середовища.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** забезпечено критичним аналізом літературних і патентних джерел, відповідністю методів дослідження поставленим в роботі мети і завданням, коректним застосуванням методів системного аналізу та прийняття управлінських рішень, відповідними теоретичними розрахунками та проведенням

експериментальних досліджень, задовільною збіжністю результатів моделювання та експериментальних результатів, а також поширеною апробацією результатів досліджень.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Тема дисертаційної роботи та отримані результати відповідають тематиці наукових досліджень за напрямком авіаційно-космічних тренажерів екологічного спостереження, що виконувалися у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління згідно з планом науково-дослідних робіт: «Дослідження антропогенних джерел електромагнітного випромінювання НЦУВКЗ та їх впливу на екосистеми» (0118U006675); «Розробка методики застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки стану навколишнього середовища» (0118U005460); «Розробка нормативно-методичного документа – рубрикатора завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС» (0118U005461); «Розробка проекту автоматизованої системи моніторингу довкілля Київської області» (0117U007076); «Проведення оцінки та вивчення еколого-техногенного стану Донецької та Луганської областей з метою розробки рекомендацій щодо природно-ресурсного відновлення на екологічних засадах» (0117U006967).

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що в роботі запропоновано методи, моделі, алгоритми, що дозволяють підвищення ефективності оцінювання екологічних загроз та ризиків регіонів за рахунок комплексного застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок, застосувати методику управління екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу, яка з урахуванням норм екологічних ризиків та запропонованих механізмів регулювання екологічною безпекою дозволяє оптимізувати управлінські рішення щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям. Запропоновану технологію оцінки ефективності щодо створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів шляхом комплексного застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля та регіональних підсистем мережевих технологій доцільне

застосовувати у державній системі екологічного моніторингу. За результатами моделювання на основі використання запропонованих методик досягнуто зменшення помилок 1 роду до 0,9, а другого роду до 0,99, що дозволяє говорити про підвищення достовірності прийняття рішень щодо екологічних загроз та ризиків. Запропонований науково-методичний апарат дозволяє знизити обчислювальну складність при створенні комп'ютерної системи підтримки прийняття екологічних рішень щодо загроз та ризиків.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи 278 сторінок, у тому числі: 175 сторінок друкованого тексту (145 сторінок основного тексту, 30 окремих сторінок з рисунками і таблицями), анотація на 5 сторінках, список використаних джерел на 16 сторінках (172 найменувань), додатки на 57 сторінках.

# РОЗДІЛ 1

## ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ РЕГІОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

### 1.1 Аналіз концепцій побудови систем екологічного моніторингу

Відомо, що під моніторингом середовища, що оточує людину розуміють “... стеження за станом оточуючого людину природного середовища і попередження про кризові ситуації, шкідливі для здоров’я людей та інших живих організмів” [57, 58]. В інших визначеннях моніторингу, наведених у словнику “Природокористування” (а їх 10), звернено увагу або на просторовий аспект (від фонового до імпактного), або на методи його реалізації: космічний, авіаційний, біологічний тощо. За таким підходом зміст моніторингу полягає у здійсненні двох взаємопов’язаних функцій – спостереження (стеження) і попередження. Такий моніторинг націлений на фіксацію негативних наслідків господарських дій та їх вторинних ефектів і, отже, має низький прогностичний потенціал. Це означає, що виконувані дії повинні мати характер рятівних робіт. Подібну концепцію екосистемного моніторингу розвиває Б.В. Виноградов: як об’єкт розглядають екосистеми, основний метод – аерокосмічний. Питання керування, регулювання, нормування та оптимізації не обговорюються. Відзначимо, що аерокосмічний моніторинг користується популярністю не тільки серед природодослідників, але й на урядовому рівні [4, 29].

У першій половині сімдесятих років у СРСР було розроблено дві альтернативні концепції екологічного моніторингу – Ю.А. Израелем та І.П. Герасимовим. У концепції, розробленій Ю.А. Израелем, отримав розвиток натуралістичний, або природно-науковий підхід. Сильною стороною цієї концепції є її спрямованість на фіксацію антропогенних змін природного середовища. “Моніторингом правильніше називати систему спостережень, які дозволяють виділити зміни стану біосфери під впливом діяльності людини [10, 57, 58, 165]. Основні блоки цієї системи – спостереження, оцінка та прогноз стану природного середовища”. “Екологічний

моніторинг .... включає спостереження, оцінку та прогноз антропогенних змін стану абіотичної складової біосфери (зокрема зміни рівнів забруднення природних середовищ), зворотної реакції екосистем на ці зміни і антропогенних змін в екосистемах змін, пов'язаних з впливом забруднень, сільськогосподарським користуванням земель, вирубуванням лісу, урбанізацією та ін.”[67, 107]. Проведений аналіз свідчить, що екологічний моніторинг може розглядатися як гідрологічне або метеорологічне спостереження і як підсистему системи моніторингу біосфери, що його охоплює. Результатом такої діяльності є відповідь на питання про співвідношення моніторингу та керування: “... моніторинг включає в себе спостереження, оцінку та прогноз стану природного середовища і не включає керування якістю довкілля і діяльністю людини” [109]. Тому ефективність ненаціленого на керування моніторингу низька. Це підтверджено низькою якістю середовища в країні. Строго кажучи, такий моніторинг не можна назвати екологічним. Так, під моніторингом І.П. Герасимов розумів “систему спостереження, контролю і керування станом довкілля, яка здійснюється у різних масштабах і зокрема у глобальному” [57]. Велика роль відводиться науці: “... спостереження, контроль і керування навколишнього середовища повинні бути цілеспрямовані, взаємопов'язані та ефективні (повноцінні). Але всі вимоги залежать передовсім від стану наукових знань, досконалості методів, рівня наукової теорії та відповідних технічних засобів” [88, 125].

Таким чином, повна формула моніторингу «спостереження»-«контроль»-«керування» спочатку повинна реалізуватися частково “... стосовно явищ, найбільш виявлених, з допомогою розробленої методики і стосовно найкерованіших процесів” [12]. У зв'язку з тим, може бути запропонована триступенева ієрархія моніторингу: перша ступінь – біоекологічний (санітарно-гігієнічний) моніторинг; друга ступінь – геоекологічний моніторинг (природно-господарський), який включає спостереження за станом природних екосистем і перетворенням їх у природно-технічні; третя ступінь – біосферний моніторинг (глобальний). Концепція керування моніторингу спрямована на виявлення і контроль екологічних небезпек, створення екологічного відповідного середовища, активну міжнародну співпрацю у цьому напрямку.

Концепція Ю. А. Израеля. Передбачає застосування принципу регіонального екологічного моніторингу (принципу проблемної організації). Цей принцип протилежний до ідеї тотального моніторингу і знімає синдром “надлишку даних – браку інформації” [12]. Програма дослідження і спостереження розгортається тільки під певну екологічну проблему. При вирішенні проблеми програма моніторингу згортається, інтенсивність спостережень знижується, а за певними показниками вони припиняються. Регіональний моніторинг складається з пакета таких проблемно організованих програм. Проблемний принцип організації постійно залишає можливість для постановки нових проблем і розгортання нових програм, і, отже, система залишається відкритою для розвитку. Це другий принцип організації регіонального екологічного моніторингу.

Пріоритет управління (організаційна ієрархія) виник як антитеза середовищному підходу і відповідно екологічному моніторингу, побудованому на середовищному підході як ненаціленому на вирішення екологічних проблем. У тріаді «керування»-«моніторинг»-«експертиза» керуванню належить провідна роль. При цьому моніторинг та експертиза є дуже важливими, але тільки як фактори (блоки) забезпечення. У блоці «керування» розробляють цільові установки і намічають контур проблеми, під яку буде будуватися моніторинг. Екологічна експертиза використовується як засіб протидії можливої професійної вузькості вирішення проблеми. При цьому одним із результатів екологічного моніторингу є знання, які отримуються для прийняття рішення. У нерозривності цієї тріади і полягає інший принцип - «цілісності». Моніторингова система повинна бути відкрита не тільки для розвитку, але й для користувачів. Інформаційна відкритість – необхідна умова нормального функціонування системи. При цьому всі результати екологічних досліджень і спостережень повинні бути доступні для керівників, підприємців, політиків, широкої громадськості. Але цей принцип накладає певні зобов'язання на користувачів, які повинні сформулювати свої вимоги під час формування програм моніторингу. Необхідно враховувати, що закритість або недоступність екологічної інформації є джерелом соціальної напруженості і тому реалізація принципу «інформаційної відкритості» є необхідною умовою

ефективності моніторингу. Тому оперативність екологічного моніторингу повинна виражатися не стільки у технічній стороні справи – оперативності перероблення і видавання інформації, – скільки в оперативності прийняття рішень у критичних ситуаціях. За такої вимоги інформація, що надається керівнику (особі, яка приймає рішення), повинна бути орієнтована на прийняття рішення і містити типи екологічних ситуацій і дію щодо їх розв'язання.

Ідея глобального моніторингу довкілля вперше була висловлена у монографії “Глобальний моніторинг навколишнього середовища”, виданій у 1971 р. науковим комітетом з проблем довкілля Міжнародної ради наукових союзів (SCOPE). Під моніторингом тут розуміють систему контролю довкілля, яка включає три блоки: спостереження за станом середовища, визначення можливих змін і заходів щодо керування (регулювання) довкіллям. У цей самий час виходять роботи Дж. Форрестера “Світова динаміка” (1971) і Д. Медоуза зі співавторами “Границі зростання” (1972), які викликали переворот у світовій громадській свідомості. У 1972 р. Конференція ООН з проблем довкілля рекомендувала створити Глобальну систему моніторингу довкілля. У 1974 р. у Найробі відбулася Перша міжнародна нарада з моніторингу у межах ЮНЕП (Програми ООН з довкілля). До цієї зустрічі Р.С. Мунном була розроблена концепція Глобального екологічного моніторингу середовища (ГЕМС), яка була схвалена конференцією, а визначення моніторингу, запропоноване автором, широко використовують досі. Під моніторингом довкілля було запропоновано розуміти систему “...повторних спостережень елементів навколишнього середовища у просторі і в часі з певними цілями і відповідно до раніше підготованих програм [57, 58]. Звернемо увагу на цільовий характер та необхідність програмованих дій при реалізації моніторингу у розумінні Р.С. Мунна, на відміну від підходів Б.В. Виноградова, Н.Ф. Реймерса та Ю.А. Ізраеля, які основну увагу звертають на засоби моніторингу або на його просторову ієрархію. Народою у Найробі було ухвалено програму Глобальної системи моніторингу довкілля, яка спирається на сім напрямків[165]:

- організація і розширення системи попередження про загрозу здоров'ю людини;



- оцінка глобального забруднення атмосфери і його вплив на клімат;
- оцінка кількості і розподілу забруднень у біологічних системах, особливо у харчових ланках;
- оцінка критичних проблем, які виникають у результаті сільськогосподарської діяльності і землекористування;
- оцінка реакцій наземних екосистем на дію довкілля;
- оцінка забруднення океану і вплив забруднення на морські організми;
- створення удосконаленої системи попереджень про стихійні лиха у міжнародному масштабі.

У 1986 р. секретаріат ООН з довкілля, спираючись на розробки Р.Є. Мунна, випустив “Довідник з екологічного моніторингу” (під ред. Р. Кларка) [165]. У цьому довіднику велику увагу приділено дистанційним аерокосмічним засобам. Основним недоліком довідника є відсутність цілісної теоретичної концепції екологічного моніторингу для країн, що розвиваються, що була б орієнтована на створення екологічного господарства. Довідник відповідає на питання про моніторинг як систему спостережень, але залишає відкритим питання оцінки результатів спостережень і, найголовніше, питання про подальші керуючі впливи. У зв’язку з гострою економічною ситуацією у світі ООН через ЮНЕП субсидує проект «Моніторинг довкілля», який розробляє Дослідницький центр з моніторингу і оцінки Лондонського університету. Основні дослідницькі теми проекту «Моніторингу довкілля» [165]:

1. Характеристика і раціоналізація вимог до даних моніторингу та інформації.
2. Варіації вимог до моніторингу (у різних регіонах і країнах).
3. Моніторинг динаміки природних ресурсів (на основі підходу доза–ефект).
4. Перспективи змін стану довкілля в часі.

Доцільне визначити наступні природні та штучні тенденції зміни біосфери. Моніторинг як метод керування світовою екологічною ситуацією звертанням уваги світової громадськості на певні екологічні проблеми активно використовує Інститут всесвітнього спостереження (World Watch Institute). Такий підхід ґрунтується на

тому, що кожна з екологічних проблем має природничо-науковий, економічний, соціальний, національний, політичний аспекти.

Сьогодні розгортаючи програми моніторингу, розвинуті країни спираються на рекомендації ООН, вироблені спільні рішення у межах міжнародних і регіональних організацій [35, 39, 138, 140]. Ще у середині сімдесятих років минулого століття Європейським економічним співтовариством було прийнято і рекомендовано членам так званій “чорний список”, який об’єднує вісім особливо небезпечних речовин. «Сірий список», тобто набір небезпечних речовин, які не мають регіонального значення, кожна держава приймає самостійно.

У Великобританії моніторинг стану довкілля інформаційно забезпечений системою DESNET (мережа даних з хімічних сполук, а також дані з моніторингу і оцінок стану довкілля) [165]. Ця система створена для досягнення шести організаційно-управлінських та дослідних цілей. Дослідні цілі системи полягають у вивченні динаміки ситуації у плані її покращання або погіршення, у виявленні найменш стійких компонентів екосистем до прогнозованих антропогенних впливів і розроблення заходів їх захисту. В організаційно-управлінському плані система повинна забезпечувати ефективність відомих засобів боротьби із забрудненням, розроблення нових засобів, раннє сповіщення про нові форми забруднень, вказувати на альтернативи у керуванні довкіллям. Система моніторингу довкілля Великобританії має цільовий відкритий характер, і може розвиватися: “... моніторинг як самоціль не має сенсу. Немає сенсу збирати велику кількість даних, якщо вони не будуть відповідати потребам споживачів” [88, 108]. Але основне в її організації полягає в тому, що вона має «двоповерхову» проблемну побудову. На «першому» поверсі систему будують, зважаючи на відомі небезпеки та відомі ситуації. При цьому здійснюються спостереження за тим, “що відбувається” на основі встановлених лімітів і стандартів для здоров’я населення та довкілля. Такий тип спостережень можна назвати «моніторингом якості». На «другому», проблемному поверсі моніторинг завжди має справу з нестандартними ситуаціями. Причини виникнення нетипових ситуацій можуть бути різними. Вони можуть бути пов’язані з появою нових токсичних речовин, нових форм шкоди живим організмам

внаслідок впливу старих або нових хімічних речовин, виникнення нових хвороб або появою нових теорій, які повністю перевертають застарілі уявлення і застарілі дані.

Проведений аналіз визначив, що за допомогою моніторингу можливо окреслити контур нової проблеми, оцінити її небезпеку для людини і середовища, і своєчасно попередити тих, хто приймає рішення для вироблення подальших дій, наприклад, у вигляді нових дослідницьких програм і нових програм практичного моніторингу. Такий «проблемний моніторинг» А. Дж. Фейєрклаф назвав моніторингом пильності або передбачливості. Мета такого моніторингу полягає у виявленні і оцінюванні нових небезпек для розробки нових систем безпеки. Так, швидке зростання нових небезпек (деякі з них набувають глобального характеру, наприклад, проблема СНІДу), все частіше ставлять дослідників та осіб, що приймають рішення, у нестандартні ситуації, які вимагають нетривіальних рішень. У цьому й полягає об'єктивна причина так званої «проблематизації національного моніторингу довкілля». Як приклад може бути розглянута організація проблемного моніторингу повітря у Канаді і води у Швеції. Так, якість повітря у Канаді визначається п'ятьма екологічними проблемами: проблемою смогу і арктичної димки; кислотних дощів; токсичних речовин в атмосфері; парникового ефекту і руйнування озонового шару; радіоактивності. Виявивши проблему, приділяють увагу її генезису, - бо кожна екологічна проблема має подвійне походження – природне і антропогенне (штучне). Наприклад, джерелами окислів сірки та азоту, основних закислювачів довкілля є не тільки промислові підприємства, але й вулкани та перезволожені території. При організації моніторингу це особливо важливо, оскільки тільки штучні джерела піддаються керуванню. Для правильної організації моніторингової системи велике значення мають аналіз і типологія небезпечних впливів (об'єктів впливу). Тому при реалізації розроблених екологічних програм, наприклад, при здійсненні програми боротьби з кислотними викидами, спостереження за станом об'єкта впливу дадуть змогу визначити їх ефективність. Так саме проблемний моніторинг вод у Швеції вирішує вісім проблем, які визначають якість води [152, 153]: винесення речовин ріками у прибережні моря; навантаження хімічними речовинами деяких великих озер Швеції; якість води

деяких великих озер; знелужнення ґрунтів під впливом закислених поверхневих вод; якість води в інтегрованих сферах дослідження; озера, які були піддані вапнуванню; якість води в національних парках; оцінювання якості води з допомогою супутників.

Кожна з перерахованих проблем має свою програму досліджень і спостережень, самостійну організаційну побудову (певні показники і певну періодичність спостережень) і, звичайно, історію і певні функції. Наприклад, програма моніторингу винесення речовин ріками у прибережні моря забезпечує реалізацію Міждержавної угоди щодо Балтійського моря, контролюючи внесок Швеції у забруднення балтійських вод, а програми моніторингу знелужнення ґрунтів і вапнування озер націлені на гостру для Швеції проблему кислотних дощів. Перша з них, фіксація вторинних ефектів та їх наслідків для лісового, сільського та рибного господарства. А друга – оцінка ефективності протикислотних заходів щодо десульфуризації шведських озер.

Національна система моніторингу в СРСР була побудована на інших засадах порівняно з Канадою та шведською системами. Її теоретичною основою була концепція, розроблена Ю.А. Ізраєлем, в основу якої покладено геофізичний середовищний підхід, який не націлений на керування якістю довкілля. Не сприяло розвитку екологічного моніторингу і перенесення досвіду діяльності гідрометеорологічної служби на принципово інші об'єкти спостереження. Такій підхід не визначав ресурси для вирішення завдань екологічного моніторингу. Незрозуміло, що треба робити, якщо у заповіднику виявлено аномально високі концентрації ртуті або свинцю. Незрозуміло, у чому полягає екологічність такого моніторингу? У межах «середовищного» підходу не може бути вирішена жодна екологічна проблема, зокрема й проблема якості довкілля. Це пов'язано з тим, що була відсутня цілісна концепція екологічного моніторингу з чітко поставленими цілями (проблемно не організована, функціонально не пов'язана з програмами регіонального моніторингу).

Проведений аналіз свідчить, що й в Україні все ще не розвинута та й практична не реалізована комплексна система екологічного моніторингу. Це підтверджується

на регіональному і локальному рівні низкою непрогнозованих екологічних катастроф і відсутністю ефективної системи ліквідації їх наслідків.

Ієрархічну структуру екологічного моніторингу має п'ять рівнів:

- станції фонового екологічного моніторингу;
- регіональні центри моніторингу;
- національний центр моніторингу, який отримує інформацію з регіональних центрів;
- міжнародні центри моніторингу;
- світовий центр моніторингу.

За функціональним призначенням виділяють три види моніторингу довкілля: базовий (стандартний), оперативний (кризовий), фоновий (науковий). Програму фонового моніторингу забруднювальних речовин у біосферних заповідниках наведено в таблиці 1.1. [12, 83]

Таблиця 1.1

Середовище	Забруднювальні речовини	Частота спостережень
Атмосфера	Мутність, зависі, озон, CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , вуглеводні, бензопірен, ДДТ та інші хлорорганічні сполуки	Від доби до п'яти діб
Атмосферні опади, сніговий покрив	Pb, Hg, Cd, ДДТ, бензопірен, аніони і катіони (за стандартною програмою)	Опади – раз на декаду, місяць, сніговий покрив – раз на рік
Поверхневі і підземні води, донні відклади і зависі	Pb, Hg, метил, ртуть, Cd, As, ДДТ, бензопірен, біогенні елементи	Вода – 6 разів на рік характерні гідрологічні періоди, зависі – у ті самі терміни, донні відкладення – 1 раз на рік
Ґрунти	Pb, Hg, Cd, As, ДДТ, бензопірен, біогенні елементи	1 – 2 рази на рік, вертикальний розріз на представницьких майданчиках
Біота	Pb, Hg, Cd, As, ДДТ, бензопірен, біогенні	2 рази на рік

	елементи	
--	----------	--

Таким чином, фоновий моніторинг довкілля доцільне розглядати як складну інформаційно-прогнозну систему, яка забезпечує спеціальні високоточні спостереження, оцінку та прогноз стану об'єктів біосфери, визначення ступеня і джерел антропогенного впливу на навколишнє природне середовище та особливих змін біосфери, створення науково обґрунтованих методів і методик спостережень. При цьому науково обґрунтоване керування якістю природного середовища можливе тільки за наявності достовірної інформації про сучасний стан, характер і ступінь антропогенного впливу на біосферу та про реакцію природних систем на цей вплив. Таку інформацію повинні давати станції фонового моніторингу природного середовища [12]. Одним з основних принципів фонового моніторингу є системність. Цей принцип передбачає здійснення комплексних спостережень за фоновим забрудненням повітря, ґрунту, біоти, атмосферних опадів, поверхневих та підземних вод, а також супутніх метеорологічних, гідрологічних і головне, біологічних спостережень. При цьому необхідно зазначити, що інформація про фоновий стан природних екологічних систем повинна отримуватися з біосферних заповідників, парків, резерватів тощо. Інформація, отримана на фонових станціях, є предметом міжнародного обміну, а створення мережі фонових станцій – предметом співпраці. Інформація про фоновий стан біосфери, яка має безсумнівне значення для розв'язання задач і регулювання якості природних середовищ на національному рівні, є основою розробки стратегії охорони довкілля в міжнародному масштабі.

Сьогодні в Україні практично відсутні станції фонового моніторингу. Тому екологічні системи спостереження є елементами системи державного екологічного моніторингу. Зокрема, в [64, 107] запропоновано програму, структуру та принципи організації фонового екологічного моніторингу України.

До складу станцій фонового екологічного моніторингу доцільно ввести: лабораторію математичного моделювання екосистеми спостереження; лабораторію біологічних досліджень; комп'ютерний центр і засоби комунікації;

гідрометеостанцію; автоматичну станцію контролю; гідрохімічну лабораторію; геоінформаційну систему; станції контролю атмосфери та ґрунту.

Дані спостережень станції фонового моніторингу повинні передаватися в регіональний екоцентр. До складу регіонального центру можуть входити: лабораторія екологічних інформаційно-вимірювальних систем; лабораторія математичного моделювання; лабораторія опрацювання даних та регіональний комп'ютерний центр.

## **1.2 Аналіз використання космічних комплексів в системі екологічного моніторингу**

Одним з основних напрямів підвищення екологічної безпеки є контроль параметрів навколишнього природного середовища, пошук та локалізація антропогенних впливів на стан довкілля, визначення епіцентру та зон впливу, а також характеру забруднення. В останні роки спостерігається розширення великомасштабної діяльності людини, пов'язаної з розвитком небезпечних високотехнологічних процесів (фізико-хімічних, теплових, радіаційних та ін.), що призводить до значної зміни стану природних умов. При цьому ступінь впливу і масштаби наслідків залежать від інтенсивності та характеру самого забруднення і стійкості навколишнього середовища до антропогенного навантаження [1, 17, 53].

Для контролю за параметрами довкілля і визначення ступеня впливу техногенного забруднення застосовують екологічний моніторинг, який включає спостереження за подіями, процесами, явищами, а також здійснює оцінювання і прогнозування змін стану природного середовища на основі різних методів.

На сьогодні класичні методи контролю (контактні і біологічні), за допомогою яких оцінюють стан навколишнього природного середовища, не дають змоги виконати поставлені завдання в повному обсязі та в заданий час, через розширення масштабів техногенного впливу і збільшення часу обробки отриманих результатів. Саме тому світові тенденції свідчать, що на перший план виходять дистанційні методи моніторингу, пов'язані в передусім із використанням можливостей

космічних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у видимому та радіолокаційному діапазонах спектру. Застосування космічних систем спостереження для проведення екологічного моніторингу є одним з основних джерел застосування дистанційних методів для визначення стану і характеру навколишнього середовища. Це дає змогу виявляти стан розвитку та антропогенний вплив на навколишнє середовище, зокрема визначати його характер (наприклад, викиди в атмосферу) та його зони з необхідною оперативною і просторовою повнотою спостереження, а також комплексно оцінювати: властивості впливу, розміри, концентрацію, прогнозування наслідків впливу, зміст взаємодії і спостерігати за антропогенною зоною [59, 66, 85].

Забезпечення своєчасного отримання інформації та її повнота під час проведення екологічного моніторингу є актуальним і важливим напрямком досліджень, пов'язаним із розробленням рубрикатора екологічних завдань щодо своєчасного комплексного виявлення і визначення характеру техногенного впливу на основі обробки космічних знімків для забезпечення екологічної безпеки з використанням космічних систем ДЗЗ. Крім цього, космічні системи ДЗЗ можуть здійснювати безперервний моніторинг території, що дає змогу вирішувати деякі екологічні завдання на основі контролю та оцінювання раптових впливів, пов'язаних з викидами в навколишнє середовище (атмосферне повітря природних зон та територій, промислових підприємств, у разі виникнення надзвичайних ситуацій та інших випадків) [92, 94].

Для ефективного дешифрування космічних зображень на сучасному етапі активно розвиваються підходи, пов'язані із обробкою отриманих даних в різних спектральних діапазонах під час проведення екологічного моніторингу дистанційними методами. При цьому із кожного датчика можна отримати цифрові зображення підстильної поверхні в різних спектрах електромагнітного випромінювання. Інформація про зміни поверхні сцени може міститися у зміні геометричних характеристик, просторових розподілів рівнів яскравостей, а також у спектральних сигнатурах. Щоб отримати максимальну кількість інформації про зміну і стан процесів природних змін та антропогенного впливу, які відбуваються в районі спостереження, можна вдатися до процедури комплексування отриманих



даних від різних методів обробки космічних знімків. В роботі показані діапазони випромінювань для якісної обробки радіометричних, геометричних та багатоспектральних складових на етапі дешифрування космічних зображень.

Зважаючи на випадковість природних процесів та антропогенних впливів на природні умови, для підвищення достовірності оцінки стану довкілля під час виконання завдань екологічного моніторингу дистанційними методами, а також можливості розширення інформаційних властивостей космічних систем спостереження за техногенним забрудненням довкілля виникає необхідність розробки рубрикатора екологічних завдань для своєчасного проведення моніторингу та оцінювання на основі використання космічних знімків для побудови екологічних карт, що і визначило основні напрями наукових досліджень [103, 135, 172].

Таким чином у теперішній час для проведення екологічного моніторингу стану довкілля та оцінювання техногенного забруднення територій на основі обробки та застосування космічних знімків потрібно мати рубрикатор екологічних завдань.

Побудова та використання рубрикатора екологічних завдань дасть змогу підвищити якість проведення екологічного моніторингу за допомогою космічних систем спостереження; удосконалити моніторингову систему для оптимального отримання даних щодо оцінювання ризиків впливу техногенного забруднення довкілля; використовувати в системі екологічного моніторингу космічні знімки для моделювання та прогнозування стану навколишнього природного середовища за допомогою геоінформаційних систем.

### **1.2.1 Можливість використання космічних апаратів для проведення екологічного моніторингу**

Одним з основних завдань Національної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013-2017 роки, є розвиток, в першу чергу, Національної системи дослідження Землі з космосу [2, 14, 29, 32]. Використання космічних систем (КС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на основі застосування бортових оптико-електронних систем (ОЕС) космічних апаратів (КА), дозволяє вирішувати, в

першу чергу, завдання пов'язані із спостереженням об'єктів та екологічним моніторингом земної поверхні [20, 33, 73, 74]. Завдяки космічним знімкам можна здійснювати екологічний контроль об'єктів та стежити за процесами, які відбуваються на земній поверхні, і за результатами їх дешифрування можна проводити аналіз геохімічної інформації та робити висновки відносно поточної екологічної ситуації, а також контролювати стан окремих небезпечних об'єктів [19, 55, 112, 113].

Перш ніж почати розмову про використання космічних технологій та роль космічних систем дистанційного зондування в екологічному моніторингу, необхідно визначитися з поняттям екологічного моніторингу. Під екологічним моніторингом (моніторинг навколишнього середовища) будемо розуміти комплексну систему спостережень за станом навколишнього середовища, оцінювання та прогнозування змін стану навколишнього середовища під впливом природних і антропогенних чинників [86, 90, 100]. Основні концепції екологічного моніторингу закладені ще в 70-х роках. Так моніторинг навколишнього середовища розглядається як система спостережень, оцінки і прогнозу антропогенних змін стану абіотичних компонентів біосфери, у відповідь на реакції екосистем на ці зміни і антропогенних змін в екосистемах, пов'язаних з впливом господарської діяльності [79, 101, 161]. Система екологічного моніторингу повинна накопичувати, систематизувати і аналізувати інформацію [47, 48]:

- про стан навколишнього середовища;
- про причини спостережуваних і вірогідних змін стану (тобто про джерела і чинники впливу);
- про допустимість змін і навантажень на середовище в цілому;
- про існуючі резерви біосфери.

Таким чином, в систему екологічного моніторингу входять системи спостереження за станом елементів біосфери і спостереження за джерелами і чинниками антропогенного впливу.

Тому, необхідно провести аналіз технічних можливостей бортового спеціального комплексу для використання космічних систем ДЗЗ при проведенні екологічного моніторингу.

Відповідно до приведених визначень і покладених на систему функцій, моніторинг включає три основні напрями діяльності [13, 15, 88]:

- спостереження за чинниками впливу і станом середовища;
- оцінювання фактичного стану середовища;
- прогнозування стану навколишнього природного середовища і оцінювання прогнозованого стану.

Слід взяти до уваги те, що сама система моніторингу не передбачає діяльності щодо управління якістю середовища, але є джерелом інформації необхідної для ухвалення екологічно значущих рішень [25, 40, 84].

Основні завдання екологічного моніторингу:

- спостереження за джерелами антропогенного впливу;
- спостереження за чинниками антропогенного впливу;
- спостереження за станом природного середовища і процесами, що відбуваються в ньому під впливом антропогенних чинників;
- оцінювання фактичного стану природного середовища;
- прогнозування зміни стану природного середовища під впливом антропогенних чинників та оцінка прогнозованого стану природного середовища.

Екологічний моніторинг навколишнього середовища може проводитися на різних рівнях просторової організації: на рівні промислового об'єкту, міста, області, краю, регіону, а також на національному рівні [10, 12, 27].

Відповідно до приведених визначень і покладених на систему функцій, моніторинг включає декілька основних процедур [12, 107, 108]:

- виділення (визначення) об'єкту спостереження;
- обстеження виділеного об'єкту спостереження;
- створення інформаційної моделі об'єкту спостереження;
- планування вимірювань;

– оцінювання стану об'єкту спостереження та ідентифікація його інформаційної моделі;

– прогнозування зміни стану об'єкту спостереження; представлення інформації в зручній для користувача формі і доведення її до споживача.

Таким чином, в систему екологічного моніторингу входять спостереження за станом елементів біосфери і спостереження за джерелами і чинниками антропогенного впливу.

Характер і механізм узагальнення інформації про екологічну обстановку під час її переміщенні по ієрархічних рівнях системи екологічного моніторингу визначають за допомогою поняття інформаційного портрета екологічної обстановки. Останній є сукупністю графічно представлених просторово розподілених даних, що характеризують екологічну обстановку на певній території, спільно з картоосною місцевості. Розпізнавальна здатність інформаційного портрета залежить від масштабу використовуваної картооснови.

При розробці проектів екологічного моніторингу необхідна така інформація [68, 69, 88]:

1. Джерела надходження забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище – викиди забруднюючих речовин в атмосферу промисловими, енергетичними, транспортними та іншими об'єктами; скидання стічних вод у водні об'єкти; поверхневі змиви забруднюючих і біогенних речовин в поверхневі води суші і моря; внесення на земну поверхню та (або) в ґрунтовий шар забруднюючих і біогенних речовин разом з добривами і отрутохімікатами під час сільськогосподарській діяльності; місця поховання і складування промислових і комунальних відходів; техногенні аварії, що приводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин та (або) розливу рідких забруднюючих і небезпечних речовин тощо;

2. Перенесення забруднюючих речовин – процеси атмосферного перенесення; процеси перенесення і міграції у водному середовищі;

3. Процеси ландшафтно-геохімічного перерозподілу забруднюючих речовин – міграція забруднюючих речовин за ґрунтовим профілем до рівня ґрунтових вод;

міграція забруднюючих речовин по ландшафтно-геохімічному сполученню з урахуванням геохімічних бар'єрів і біохімічних кругообігів; біохімічний кругообіг тощо.

4. Дані про стан антропогенних джерел емісії – потужність джерела емісії і місцезонаштування його, гідродинамічні умови емісії забрудників у навколишнє середовище.

У зоні впливу джерел емісії організують систематичне спостереження за наступними об'єктами і параметрами навколишнього природного середовища.

1. Атмосфера: хімічний і радіонуклідний склад газової і аерозольної фази повітряної сфери; тверді і рідкі опади (сніг, дощ) та їх хімічний і радіонуклідний склад; теплове забруднення і вологість атмосфери.

2. Гідросфера: хімічний і радіонуклідний склад поверхневих вод (річки, озера, водосховища і т. д.), ґрунтових вод, суспензій і донних відкладів в природних водостоках і водоймах; теплове забруднення поверхневих і ґрунтових вод.

3. Ґрунт: хімічний і радіонуклідний склад родючого шару ґрунту.

4. Біота: хімічне і радіоактивне забруднення сільськогосподарських угідь, рослинного покриву, ґрунтових зооценозів, наземних співтовариств, домашніх і диких тварин, птахів, комах, водних рослин, планктону, риб.

5. Урбанізоване середовище: хімічний і радіаційний фон повітряного середовища населених пунктів; хімічний і радіонуклідний склад продуктів харчування, питної води тощо.

6. Населення: характерні демографічні параметри (чисельність і щільність населення, народжуваність і смертність, віковий склад, захворюваність, рівень уродженої потворності і аномалій); соціально економічні чинники.

Системи моніторингу природних середовищ і екосистем включають засоби спостереження екологічної якості повітряного середовища, екологічного стану поверхневих вод і водних екосистем, екологічного стану геологічного середовища і наземних екосистем. Для вирішення поставлених завдань екологічного моніторингу приземного шару можна використовувати космічні апарати дистанційного зондування Землі, які зв'язують в єдину мережу інформаційного простору, що може

бути сформований на основі використання сучасних геоінформаційних технологій [17, 59, 106, 142, 164]. При цьому ефективність функціонування космічної системи спостереження залежить від можливостей розпізнавання оптико-електронними системами процесів та об'єктів у просторі [110, 134, 139]. На сьогоднішній день з'явилися нові підходи, які не потребують високого просторового розрізнення, а саме – застосовують методи поліпшення якості обробки багатоспектральних (гіперспектральних) космічних знімків, отриманих в результаті використання спектрометричних камер [139]. При аналізі сучасних технологій побудови оптико-електронних систем ОЕС [172] встановлено що, особливістю використання видимого діапазону  $\epsilon$ , в першу чергу, здатність відбиття об'єктом сонячної енергії, яка характеризує хімічний склад його поверхні. Це дає можливість при проведенні відеоспектральної зйомки отримувати зображення в різних зонах спектру. При цьому, з декількох спектральних зон можна синтезувати не один, а безліч варіантів зображення що відображають екологічну обстановку. Кожен варіант такого багатоспектрального зображення містить свою окрему інформацію про стан земної поверхні. При цьому, основна увага приділяється не просторовій здатності розподілу оптико-електронних камер, а виявленню або висвітленню змін спектрального складу отриманого електромагнітного випромінювання [116]. Так на одному краще виділяються дороги і споруди, на іншому - водні поверхні та їх вміст, а на третьому краще видно деталі рослинності за допомогою вегетаційного індексу.

Аналіз джерел [2, 72, 81] показав, що побудова орбітального угруповання космічних апаратів оптико-електронного спостереження надвисокої розпізнавальної здатності відбувається на сонячно-синхронних орбітах (див. табл.1.2). Це дає можливість, щоб супутник завжди пролітав над однією і тією ж територією на заданій широті в один і той же місцевий сонячний час. Таким чином, для заданих зображень отримуваних з КА, може бути досягнуте однакове сонячне освітлення (за винятком сезонних змін). Постійність освітленості і взаємного розташування супутника і Сонця відносно спостережуваної території створюють сприятливі умови фотометричної обробки космічних знімків. При такому створенні космічних

систем спостереження за поверхнею Землі застосовують комплексне використання приладів, що працюють в різних спектральних діапазонах.

Аналітичний огляд літератури [4, 20, 73, 75] показав, що відповідно до спектральної щільності енергетичної яскравості характеристик об'єкту можна визначити спектральні діапазони для проведення екологічного моніторингу за допомогою використання ОЕС спостереження в космічних системах ДЗЗ. Можливий вибір багатоспектрального пристрою (сенсору) для виконання завдань екологічного спостереження представлено в табл.1.3. - табл.1.5.

Таким чином, в табл. 1.3. та табл. 1.4. представлені основні завдання щодо проведення екологічного контролю та моніторингу на основі застосування космічних систем ДЗЗ з використанням сучасних оптико-електронних засобів спостереження. При цьому необхідна цільова поетапна обробка багатоспектральних космічних знімків в наземних програмно-апаратних комплексах екологічного спостереження. Одним із можливих програмних продуктів є геоінформаційні системи (ГІС), які мають інтеграційні властивості і дають можливість створити на їх основі потужний інструмент для збирання, зберігання, систематизації, аналізу і представлення інформації [17, 78, 172]. Геоінформаційні системи мають такі характеристики, які забезпечують необхідне відображення, прогнозування та управління моніторинговою інформацією. Тільки з появою ГІС повною мірою реалізується можливість цілісного, узагальненого погляду на комплексні екологічні проблеми навколишнього середовища. ГІС стає основним елементом систем моніторингу.

Таблиця 1.2

## Характеристики космічних апаратів оптико-електронного спостереження надвисокої сенсорності

Космічний апарат (країна)	Висота орбіти, км	Нахилення орбіти, град.	Період обертання, хв	Параметри оптико-електронної камери						Параметри ЗП та передачі інформації		Вихідні параметри КС			
				$f$ , м	$d$ , см	Розмір $p$ , мкм		Кількість $p$		Ємність, Гбіт	Швидкість, Мбіт/з	Захват, км	МС	Дозвіл	
						PAN	MS	PAN	MS					PAN	MS
IKONOS-2 (США)	681	98,1	98,3	10,0	70	12	48	13500	3375	80	320	11	68000	1,0	4,0
Quickbird-2 (США)	450	97,2	93,4	8,8	60	12	48	27568	6892	128	320	16,5	51000	0,6	2,4
Orbview-3 (США)	470	97,2	92,6	3,0	45	6	24	8000	2000	32	150	8	157000	1,0	4,0
EROS B (Ізраїль)	~500	97,3	94,8	5,0	50	7	немає	10000	немає	2×120	450	7	100000	0,7	немає
Ресурс ДК-1 (Росія)	361-604	70,4	94,0	4,0	50	9	-	36000	-	768	300	28,3	90000	1,0	3,0
KOMPSAT-2 (Корея)	685	98,1	98,5	-	-	-	-	15000	3750	64 і 96	320	15	137000	1,0	4,0
Cartosat-2 (Індія)	637	97,9	97,4	5,6	70	7	немає	12288	немає	64	105	9,6	114000	0,8	немає
Worldview-1 (США)	496	97,2	93,0	8,8	60	8	немає	35000	немає	2200	800	16,4	113000	0,5	немає
Cartosat-2A (Індія)	635	97,9	97,4	5,6	70	7	немає	12288	немає	64	105	9,6	56000	0,8	немає
Geoeye-1 (США)	684	98,0	98,0	13,3	110	8	32	35000	9300	1200	740	15,2	51000	0,41	1,64
Worldview-2 (США)	770	97,8	100,0	13,3	110	8	32	35000	9300	2200	800	16,4	58000	0,48	1,8
Pleiades-1 (Франція)	694	90,2	-	12,9	65	13	52	30000	7500	600	465	20	53800	0,5	2,0



Таблиця 1.3

Відповідність завдань щодо проведення екологічного моніторингу до вибору спектральних діапазонів оптико-електронними системами

№ з/п	Завдання щодо проведення екологічного моніторингу		Спектральний діапазон	Тип багатоспектрального пристрою (сенсор)
	Загальне	Спеціальне		
1.	Кордон між земною поверхнею і хмарами	Хлорофіл рослин	620-670 нм	MSS, HSI, HRVIR, ШМСА, ГСА
		Хмарність і рослинність	840-780 нм	
2.	Властивість земної поверхні і хмар	Відмінності в ґрунтах та рослинності	460-480 нм	RBV, TM, MODIS, HRVIR, ШМСА, ГСА
		Зелена рослинність	545-568 нм	
		Властивості листового покриву	1230-1250 нм	
		Відмінності снігового покриву (хмарності)	1630-1653 нм	
		Параметри земного покриву та хмарності	2100-2155 нм	
3.	Колір океану	Спостереження за хлорофілом	405-420 нм, 437-450 нм, 405-420 нм, 405-420 нм	TM, MSS, HRV, HRVIR
		Опади	546-556 нм	
		Опади, атмосфера	660-673 нм	
		Флюоресценція хлорофілу	673-683 нм	
		Властивості аерозолів	743-753 нм	
		Властивості аерозолів та параметри атмосфери	860-880 нм	
		4.	Атмосфера і хмари	
Пір'яні хмари	1,36-1,39 мкм			
Вологість в середній частині тропосфери	6,53-6,9 мкм			
Вологість у верхній частині тропосфери	7,17-7,48 мкм			
Температура поверхні Землі	8,4-8,7 мкм			
5.	Теплові властивості	Температура морської поверхні	3,66-3,8 мкм	MTI, TIMS
		Лісові пожежі, вулкани	3,92-3,98 мкм	
		Температура хмар та земної поверхні	3,92-3,98 мкм, 4,02-4,08 мкм, 10,78-11,3 мкм, 11,76-12,3 мкм	
		Температура в тропосфері, склад хмар	4,43-4,55 мкм	
		Аналіз загального вмісту озону	9,58-9,88 мкм	
		Висота і склад хмар	13,18-13,49 мкм, 13,48-13,79 мкм, 13,78-14,09 мкм, 14,08-14,39 мкм	

Таблиця 1.4

**Рекомендовані сфери застосування оптико-електронних систем ДЗЗ  
надвисокої роздільної здатності (< 1 м)**

Найменування видів робіт	Найменування космічних апаратів				
	GeoEye - 1	WorldView - 1	QuickBird	Ресурс- ДК1	IKONOS
1	2	3	4	5	6
<b>Створення і оновлення топографічних планів масштабів :</b>					
1:2000	•	•			
1:5000	•	•	•		•
<b>Створення і оновлення топографічних і спеціальних тематичних карт масштабу :</b>					
1:10 000	•	•	•	•	•
1:25 000			•	•	•
1:50 000				•	
<b>Створення висотної основи</b>					
Цифрові моделі місцевості, цифрові моделі рельєфу	•	•			•
<b>Інвентаризація і моніторинг стану об'єктів інфраструктури видобування і транспортування нафти і газу</b>					
Планування і контроль розвитку інфраструктури	•	•	•	•	•
Оперативне виявлення несанкціонованих врізань в магістральні трубопроводи і моніторинг появи об'єктів в охоронних зонах	•	•	•	•	•
Моніторинг екологічного стану територій видобування, переробки і транспортування нафти і газу	•	•	•	•	•
Моніторинг аварійних розливів нафти	•	•	•	•	•
Інвентаризація і моніторинг стану і об'єму кар'єрів і штабелів гідронамивання піску	•	•			•
<b>Пошук і прогнозування родовищ корисних копалин</b>					
Вибір напрямів і обґрунтування перспективних площ під пошукові роботи, прогнозування і виявлення пасток нафти і газу	•		•		•
Оцінка загроз тектонічного і сейсмологічного характеру	•	•			
<b>Сільське господарство</b>					
Виявлення і прогнозування несприятливих екологічних явищ, пов'язаних з сільськогосподарським природокористуванням	•	•	•	•	•
<b>Лісове господарство</b>					
Визначення породного складу, стану лісового масиву	•	•	•	•	•
Визначення висоти лісових масивів	•	•			•
Виявлення і моніторинг вирубувань, гару і вітровалу	•	•			•
Контроль лісовідновлювальних робіт	•	•	•	•	•
<b>Водне господарство і ресурси</b>					
Моделювання процесів затоплення території під час повеней	•	•			•
Визначення біологічної продуктивності і стану водойм	•		•		•

Найменування видів робіт	Найменування космічних апаратів				
	GeoEye - 1	WorldView - 1	QuickBird	Ресурс-ДК1	IKONOS
Моніторинг водного і льодового режимів водойм	•	•			
Моніторинг стану водозахисних зон	•	•	•	•	•
<b>Вивчення ландшафтної структури, природних ресурсів і типів природокористування</b>					
Побудова ландшафтних карт, дистанційне вивчення ландшафтів	•		•		•
Дослідження і моніторинг регіональної структури природокористування	•	•	•	•	•
<b>Екологічні дослідження</b>					
Оцінка масштабів прояву і темпів розвитку ерозійних процесів	•	•	•	•	•
Спостереження за швидкозмінними екосистемами	•	•			
Виявлення локальних джерел забруднення	•	•	•	•	•
<b>Транспорт, комунікації, зв'язок</b>					
Оперативне картографування доріг, що з'явилися, вивчення транспортної доступності	•	•	•	•	•
Моніторинг будівництва і реконструкції об'єктів	•	•	•	•	•
Виявлення зон видимості радіосигналу по ЦММ	•	•			•
<b>Муніципальне управління</b>					
Моніторинг фактичного використання земель	•	•	•	•	•
Моніторинг транспортної мережі міста	•	•	•	•	•
Інвентаризація зелених насаджень	•	•	•	•	•
<b>Рекреація, спорт і туризм</b>					
Створення реалістичних тривимірних моделей об'єктів туризму і спортивних споруд	•	•	•		•
Моніторинг будівництва і стану об'єктів туризму, відпочинку і спорту	•	•	•	•	•
<b>Право і дотримання законності</b>					
Виявлення незаконних посівів наркотичних культур	•		•		•
Вирішення судових суперечок, пов'язаних із землекористуванням	•	•	•		•
Визначення зон несанкціонованих будівельних робіт і самовільного зайняття земельних ділянок	•	•	•	•	•

Таблиця 1.5.

## Рекомендовані сфери застосування оптико-електронних систем ДЗЗ

Найменування видів робіт	Найменування космічних апаратів								
	Розрізняювальна здатність								
	Висока (<2,5 м)			Середня (<10 м)			Низька (>10 м)		
	FORMOSAT - 2	ALOS	SPOT - 5	CARTOSAT - 1	RapidEye	SPOT - 2/4	TERRA(ASTER)	Landsat - 7	Landsat - 5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Створення і оновлення топографічних і спеціальних тематичних карт масштабів :</b>									
1:25 000	•	•	•	•					
1:50 000	•	•	•	•	•				
1:100 000					•	•	•	•	
1:200 000						•	•	•	•
<b>Створення висотної основи</b>									
Цифрові моделі місцевості, цифрові моделі рельєфу		•	•	•					
<b>Інвентаризація і моніторинг стану об'єктів інфраструктури видобування і транспортування нафти і газу</b>									
Планування і контроль розвитку інфраструктури	•	•	•	•	•				
Оперативне виявлення несанкціонованих врізань в магістральні трубопроводи і моніторинг появи об'єктів в охоронних зонах	•	•							
Контроль функціонування факельних установок	•	•			•				
Моніторинг екологічного стану територій здобичі, переробки і транспортування нафти і газу	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Моніторинг аварійних розливів нафти	•	•	•	•	•	•	•	•	
Інвентаризація і моніторинг стану і об'єму кар'єрів і штабелів гідронамивання піску		•		•					
<b>Пошук і прогнозування родовищ корисних копалин</b>									
Вибір напрямів і обґрунтування перспективних площ під пошукові роботи, прогнозування і виявлення пасток нафти і газу		•			•	•	•	•	•
Оцінка загроз тектонічного і сейсмологічного характеру							•	•	•
<b>Сільське господарство</b>									
Поточний контроль за станом посівів, моніторинг темпів збирання врожаю	•				•				
Виявлення і прогнозування несприятливих екологічних явищ, пов'язаних з сільськогосподарським природокористуванням	•	•	•		•	•	•	•	•



Виявлення незаконних посівів наркотичних культур	•	•	•	•					
Визначення зон несанкціонованих будівельних робіт і самовільного зайняття земельних ділянок	•								
Найменування видів робіт	Найменування космічних апаратів								
	Розрізняювальна здатність								
	Висока (<1 м)			Середня (<7 м)			Низька (>7 м)		
	TerraSAR - X	COSMO - SkyMed - 1-3	RADARSAT - 2	ALOS(PALSA R)	RADARSAT - 1	Envisat			
1	2	3	4	5	6	7			
<b>Створення і оновлення топографічних і спеціальних тематичних карт масштабів :</b>									
1:10 000									
1:25 000	•	•							
1:50 000	•	•	•						
1:100 000			•	•	•				
1:200 000				•	•				
<b>Створення висотної основи</b>									
Цифрові моделі місцевості, цифрові моделі рельєфу									
<b>Інвентаризація і моніторинг стану об'єктів інфраструктури видобування і транспортування нафти і газу</b>									
Планування і контроль розвитку інфраструктури	•	•	•	•	•	•			
Оперативне виявлення несанкціонованих врізань в магістральні трубопроводи і моніторинг появи об'єктів в охоронних зонах	•	•	•						
Моніторинг екологічного стану територій здобичі, переробки і транспортування нафти і газу	•	•	•	•	•	•			
Моніторинг аварійних розливів нафти	•	•	•	•	•	•			
Інвентаризація і моніторинг стану і об'єму кар'єрів і штабелів гідронамивання піску			•	•	•	•			
<b>Пошук і прогнозування родовищ корисних копалин</b>									
Вибір напрямів і обґрунтування перспективних площ під пошукові роботи, прогнозування і виявлення пасток нафти і газу	•	•	•	•	•	•			
Визначення величин тих, що просіли земної поверхні	•				•	•	•		
Оцінка загроз тектонічного і сейсмологічного характеру					•	•	•		
<b>Сільське господарство</b>									
Поточний контроль за станом посівів, моніторинг темпів збирання врожаю	•	•	•	•	•				
1	2	3	4	5	6	7			
Виявлення і прогнозування несприятливих екологічних явищ, пов'язаних з сільськогосподарським					•			•	

природокористуванням						
<b>Лісове господарство</b>						
Визначення порідного складу, стану лісового масиву	•	•	•	•		
Визначення висоти лісових масивів				•		
Виявлення і моніторинг вирубувань, гару і ветровалу	•	•	•	•		
Контроль лесовосстановительних робіт	•	•	•	•		
<b>Водне господарство і ресурси</b>						
Виявлення річкових і озерних басейнів, водозборів	•	•	•	•	•	•
Моделювання процесів затоплення території під час повеней				•		•
Моніторинг водного і льодового режимів водойм	•	•	•	•	•	•
Моніторинг стану водозахисних зон	•	•	•	•	•	
<b>Вивчення ландшафтної структури, природних ресурсів і типів природокористування</b>						
Побудова ландшафтних карт, дистанційне вивчення ландшафтів	•	•	•	•		•
Дослідження і моніторинг регіональної структури природокористування	•	•	•			
<b>Екологічні дослідження</b>						
Оцінка масштабу прояву і темпів розвитку ерозійних процесів				•		•
Спостереження за быстроизменяющимися екосистемами	•	•	•	•	•	•
Виявлення локальних джерел забруднення	•	•				
<b>Транспорт, комунікації, зв'язок</b>						
Оперативне картографування доріг, що знову з'явилися, вивчення транспортної доступності	•	•	•	•	•	•
Моніторинг будівництва і реконструкції об'єктів	•	•	•			
Виявлення зон видимості радіосигналу по ЦММ				•		•
<b>Муніципальне управління</b>						
Моніторинг транспортної мережі міста	•	•	•			
Інвентаризація зелених насаджень	•	•	•	•		•
Оцінка вертикальних зміщень різних споруд	•	•	•			•
<b>Рекреація, спорт і туризм</b>						
Створення реалістичних тривимірних моделей об'єктів туризму і спортивних споруд				•		•
Моніторинг будівництва і стану об'єктів туризму, відпочинку і спорту	•	•	•			
<b>Право і дотримання законності</b>						
Визначення зон несанкціонованих будівельних робіт і самовільного зайняття земельних ділянок	•	•				

### 1.2.2 Особливості застосування наземного інформаційного комплексу в системі екологічного моніторингу

Безпосереднє вирішення завдань приймання космічних знімків з космічного апарата пов'язане з формуванням наземного інформаційного комплексу (НІК) на основі наявних технічних засобів [32, 81, 112] у вигляді територіально рознесених радіотехнічних систем, центру обробки спеціальної інформації (ЦОСІ) і мережі зв'язку [81]. Наземний інформаційний комплекс, як складова частина космічної системи ДЗЗ, призначений для систематичного, згідно з поданими заявками, забезпечення споживачами цільовою інформацією для розв'язання соціально-економічних і наукових завдань [121, 160]. Тому, вважаємо доцільним розглянути умови функціонування технічних засобів НІК. Слід зауважити, що побудова НІК принципово відрізняються способом обміну інформацією між апаратурою космічного апарату та самім НІК. Тому в Україні використовують, переважно, персональні НІК.

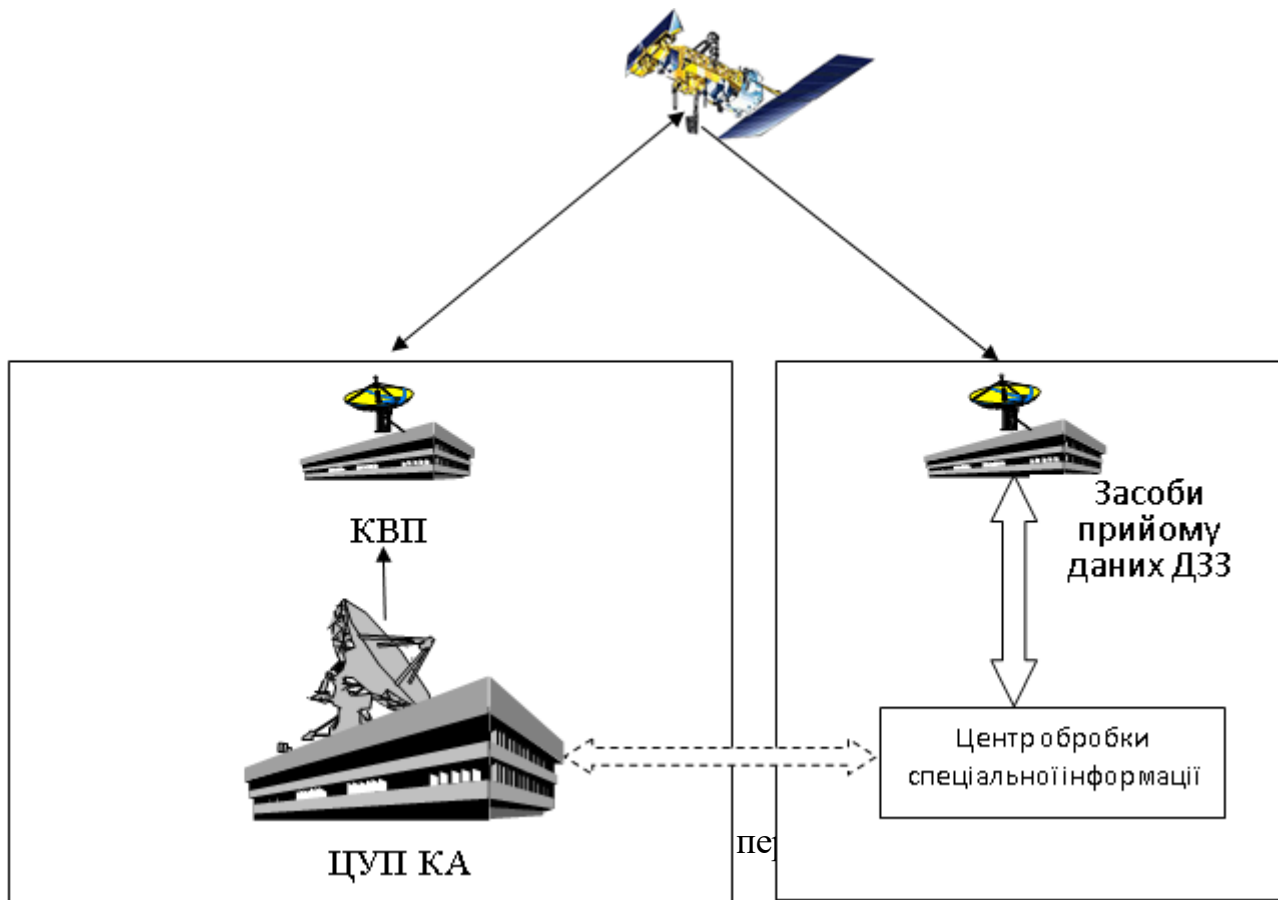
Персональні НІК: геоінформаційні реєстратори, цифрові тахеометри та лазерні сканери, GPS-станції працюють в системі (рис. 1.1) і вирішують завдання передачі інформації протягом одного сеансу. У зв'язку з тим, що в ЦОСІ надходить інформація з однієї радіотехнічною станцією (РТС), то це суттєво скорочує інформаційний обмін. Крім цього, значно зростає оперативність обробки отриманих даних і ухвалення рішення. При цьому виникає необхідність побудови уніфікованих технічних засобів і апаратно-програмних комплексів.

Основними недоліками персональних НІК вважають:

- підвищення вимог до виконання завдань передачі цільової інформації з борта КА у зв'язку з обмеженістю часу прольоту його в зоні радіовидимості;
- прийняття ряду окремих рішень на виконання завдань передачі цільової інформації з борта КА відбувається на основі великої апріорної невизначеності бортового комплексу;
- обмеженість можливості перерозподілу використання технічних засобів НІК у разі виходу з ладу радіотехнічних систем, що призводить до зниження надійності передачі цільової інформації. Разом з тим, для висот орбіт більш 500 км вся



територія України є зоною видимості одного НК, що зумовлює використання тільки однієї радіотехнічної системи.



Враховуючи можливості обмеженого приймання радіосистемами в зоні радіовидимості, виникає необхідність досліджувати фактори, що впливають на якість функціонування радіоканалу та стійкість роботи наземної РТС при побудові наземного інформаційного комплексу однопунктної технології. При цьому, спочатку необхідно розглянути особливості побудови оптико-електронних систем спостереження, а також формування зображення в бортовому спеціальному комплексі КА.

Застосування дистанційних методів екологічного моніторингу поверхні Землі з космосу базується на тематичному аналізі зображень, отриманих цільовими приладами (радіолокаторами, скаттерометрами, радіометрами та оптико-електронною технікою) бортового спеціального комплексу, встановленими на космічних апаратах [4, 29, 32, 81, 113]. Цілий ряд супутників, обладнаних

приладами дистанційного зондування, виведені на орбіту спеціально для отримання різнобічної геофізичної інформації, необхідної для оцінки стану навколишнього середовища і для природно-ресурсних досліджень. Зображення із супутників передаються на станцію приймання спеціальної інформації НК для первинної обробки, і служить основою для повсякденного контролю за станом навколишнього середовища (схема проходження інформації представлена на рис. 1.2.) [81, 100]. Після приймання і первинної обробки космічної інформації, на станції прийому спеціальної інформації НК проводиться дешифрування знімка. Метою обробки даних дистанційного зондування, є отримання знімків або зображень з необхідними спектральними, радіометричними і геометричними характеристиками. При цьому обробка даних космічного зображення, відповідно до типової процедури, відбувається на декількох рівнях. У загальному випадку вона передбачає такі етапи: попередню обробку; первинну обробку [81, 103, 116, 167, 172] (рис.1.2).

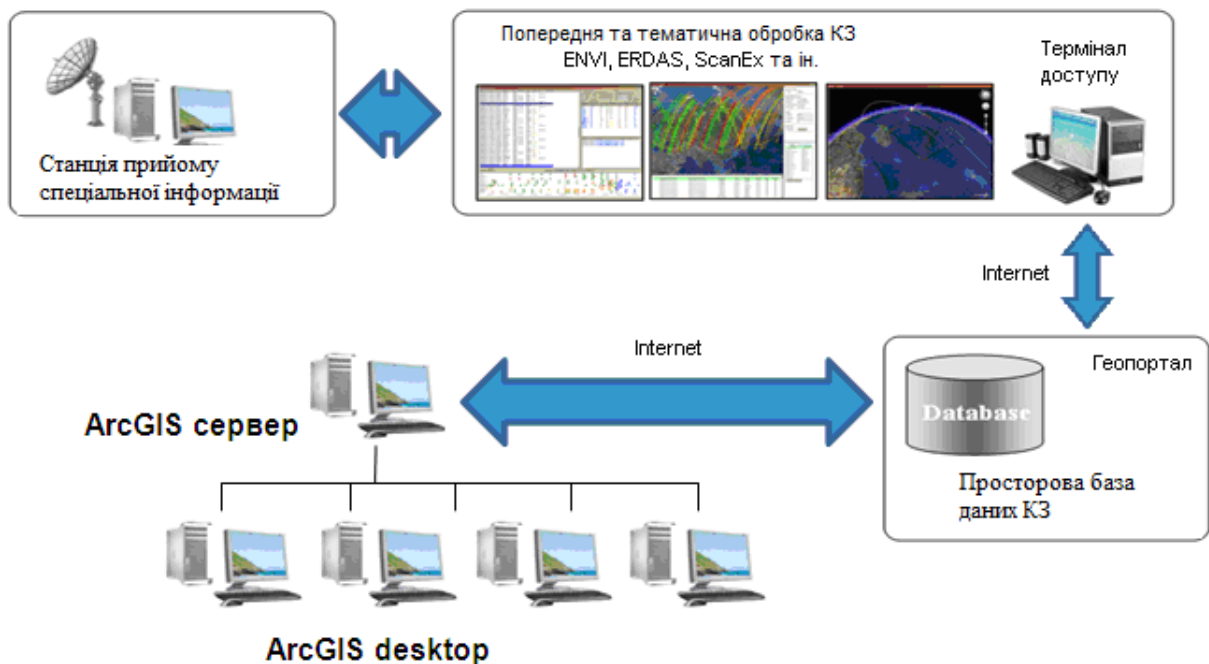


Рис. 1.2 - Структурна схема спеціального каналу космічного моніторингу

На першому етапі, після прийому супутникових даних та запису їх на магнітний носій, здійснюються необхідні декодувальні та коригувальні операції, внаслідок яких відбувається перетворення даних (з урахуванням калібровок),

переданих з космічного апарату, безпосередньо в зображення або космічний знімок, а також перетворення їх в формати, зручні для подальших видів обробки.

На другому етапі проводять необхідні операції перетворення, в тому числі радіометричну і геометричну корекцію, що є основними для виправлення радіометричних і геометричних спотворень, викликаних нестабільністю роботи космічного апарату (КА) і датчика, а також географічну прив'язку зображення з накладенням її на сітку координат, змінюють масштаб зображення і подають зображення в необхідній географічній проекції (геокодування).

Третій етап - тематична обробка - передбачає як цифровий аналіз із застосуванням спектральних і статистичних методів обробки (кластерний аналіз, методи виділення ознак і класифікацію для кількісних оцінок і т. П.), так і візуальне дешифрування та інтерпретацію з використанням різних спеціальних програмних комплексів (ENVI, ERDAS, ScanEx, Definiens Developer, Geomatica тощо).

Тематичну обробку доцільно проводити в інтерактивному або повністю автоматизованому режимі. З цією метою розроблені різні види тематичної обробки з використанням інструментарію та спеціалізованих програмних модулів, які здійснюють [54, 59, 116, 139]: передобробку даних і генерацію стандартних продуктів; радіометричну і геометричну обробку; просторову прив'язку зображень; ортотрансформування зображення; спектральний аналіз зображення; створення мозаїчних покриттів; створення цифрових моделей рельєфу; ортокоррекцію знімків; створення 3D моделей місцевості; класифікацію і дешифрування; створення тематичних картографічних продуктів; та інші види робіт [139, 141].

У сфері екологічного управління сьогодні можна виділити кілька напрямків спеціалізації ГІС, які мають практичне застосування [1, 17, 53, 59, 164, 172]: ГІС для управління територіями (національний, регіональний, місцевий та об'єктовий рівні); ГІС для ведення кадастрів природних ресурсів; моніторингові ГІС (національний, регіональний, місцевий та об'єктовий рівні); ГІС для управління та моніторингу техногенних потенційно небезпастних об'єктів; диспетчерські ГІС; прикладні ГІС; довідково інформаційні ГІС; ГІС для геопросторових банків даних; ГІС для

тематичних і спеціалізованих банків даних; ГІС для корпоративних систем управління.

Основними етапами технологічного процесу ГІС є отримання даних, введення і попередня обробка, управління даними, обробка та аналіз, генерування інформаційного продукту і створення звіту (рис. 1.3) [17, 172].

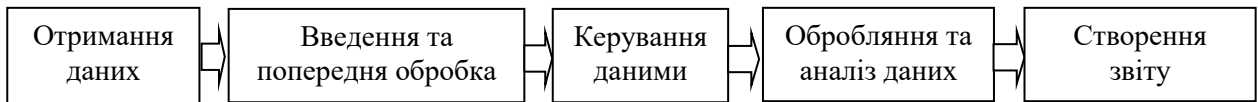


Рис. 1.3 - Основні етапи технологічного процесу в ГІС

Розглянемо більш детально кожен з етапів технологічного процесу.

**Отримання даних.** Початковий процес, на якому відбувається збирання даних необхідних для вирішення поставлених завдань. Дані просторового характеру і пов'язані з ними табличні або описові дані збираються самим користувачем або можуть бути придбані на комерційній або іншій основі. Джерелами даних є картографічні матеріали, статистичні дані, аерокосмічні знімки, результати натурних вимірювань і зйомок, фондові та текстові матеріали [17, 53].

Важливим елементом вхідної інформації є карти, які використовують для побудови картографічних моделей в ГІС. Спектр видів карт надзвичайно широкий: топографічні, тематичні, екологічні, економічні, демографічні тощо. Іншим видом картографічної інформації, яка є результатом застосування такого цінного технологічного інструменту вивчення Землі, як дистанційне зондування навколишнього середовища з космосу, є матеріали космічного моніторингу (рис.1.4). Новий вид карт - космічні знімки поверхні Землі з розпізнавальною здатністю від 3,5км до 5м, надає унікальні можливості для користувачів ГІС [2, 20, 32].



Рис. 1.4 - Структура використання даних дистанційного зондування Землі для оцінки навколишнього середовища з космосу

**Введення і попередня обробка.** На цьому етапі відбувається введення первинних даних в комп'ютер і їх перетворення (первинна обробка інформації з карт, фотографій, друкованих записів на формат, придатний для внесення всієї цієї інформації в комп'ютерну базу даних) та ідентифікація розміщення об'єктів [142, 164].

Опис просторових даних в ГІС складається з двох частин: просторової - координати і непросторової, або змістовної – атрибути. У ГІС є кошти, які забезпечують зберігання і маніпулювання непросторових даних разом з просторовими. Множина елементарних просторових об'єктів, з якими працює ГІС, складають точки (точкові об'єкти), лінії (лінійні об'єкти), контури (ареали, полігони), поверхні (рельєфи), комірки періодичних просторових мереж і пікселі (найменші елементи зображень аерокосмічних знімків).

У ГІС просторові дані подають із застосуванням двох моделей: векторної і растрової.

Векторна модель містить інформацію про точки, лінії, контури і поверхні, яка кодується і зберігається у вигляді набору координат. Місцезнаходження точки (точкового об'єкта), наприклад джерела емісії забруднювальних речовин, описується парою координат  $X$ ,  $Y$ . Лінійні об'єкти, такі як річки, дороги або трубопроводи, зберігаються як набори координат  $X$ ,  $Y$ . Полігональні об'єкти, такі як земельні та

лісові ділянки, зберігаються в вигляді замкнутого набору  $X, Y$ . Спрощення, які є основою 3D –поверхневі карт, подаються наборами координат  $X, Y$ . Векторна модель зручна для опису дискретних об'єктів і неефективна для опису об'єктів з безперервним характером зміни властивостей, таких як типи ґрунтів, види рослинності тощо [14, 19, 29, 72].

Растрова модель є оптимальною для роботи з об'єктами, які мають безперервний характер зміни властивостей. Растрове зображення складається з окремих елементарних комірок, кожна з яких характеризується певним значенням. Цей спосіб представлення даних широко використовується для аерокосмічних знімків.

**Управління даними.** Управління даними здійснюють на основі введення інформації після попередньої обробки в базу даних, відновлення, виключення даних та їх пошук. Залежно від типів і форматів даних, програмного забезпечення ГІС, а також її проблемної орієнтації можуть використовуватися різні способи організації збереження, розподілу і доступу до даних. В основі роботи ГІС лежить система управління базами даних (СУБД). Сучасні СУБД ізолюють користувача від деталей організації баз даних, забезпечуючи йому максимально просте і зручне спілкування з ГІС [17, 53]. Використання СУБД є необхідною умовою забезпечення зберігання, структуризації та управління великими обсягами інформації.

Бази даних ГІС містять екологічні показники, дані їхньої територіальної і часової прив'язки, джерела отримання тощо. Ці бази структурно складаються з блоків, які акумулюють інформацію, згруповану за певними напрямками: геолого-геоморфологічний, ґрунтовий, гідрологічний, біологічний, кліматичний, економічний, соціальний тощо. Такі набори даних дають можливість оцінювати стан довкілля та отримувати характеристику комплексного антропогенного впливу [53, 59, 92, 94].

**Обробка та аналіз даних.** Обробка та аналіз даних здійснюється за допомогою аналітичних операцій. На даному етапі відбувається безпосередня робота з вмістом бази даних для отримання нової інформації. Найбільш важливою складовою ГІС є модуль аналізу даних. Сучасні ГІС характеризуються широким спектром

аналітичних і моделюючих функцій, які можна розділити на такі класи [172]: операції реструктуризації даних; зміна систем координат і трансформація проєкцій; операції обчислювальної геометрії; оверлейні операції (створення композицій з кількох тематичних шарів даних); загальні аналітичні функції; графоаналітичні процедури; моделючі процедури.

За допомогою запитів користувач ГІС може отримувати відповіді стосовно обсягів викидів, які можуть призвести до забруднення, рівня хімічного, радіоактивного чи іншого забруднення даної території тощо.

В даний час спостерігається досить масштабне впровадження і використання ГІС для широкого діапазону досліджень, управління і планування. Одна з основних тенденцій у сфері вирішення завдань моніторингу та геоінформаційного моделювання промислових підприємств у регіонах на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу. Так космічні системи оптико-електронного спостереження дають змогу здійснювати спектрально-гіперспектральну та панхроматичну зйомку [4, 19, 32, 164, 172].

Оперативний супутниковий контроль за станом техногенних екосистем, управління природними ресурсами, дослідження динаміки протікання природних процесів і явищ, аналізу причин екологічних забруднень, прогнозування можливих наслідків і вибору способів попередження надзвичайних ситуацій є невід'ємним атрибутом методології збирання інформації про стан території, яка досліджується (країна, регіон, місто). Така інформація необхідна для прийняття правильних і своєчасних управлінських рішень.

Однак, застосування ГІС-технологій не знайшло належного поширення для організації та проведення екологічного аудиту промислових підприємств. Це пов'язано з конкретними особливостями промислових об'єктів, а так само відсутністю єдиного підходу в методиках оцінки підприємств. При цьому у теперішній час існують всі можливості для їх реалізації.

### **1.3 Аналітичний огляд основних етапів обробки космічних знімків та принципи побудови рубрікатора завдань екологічного моніторингу**

Класифікатор є одним з інструментів планування і координації робіт із створення технологій і методик обробки даних дистанційного зондування Землі (далі - ДЗЗ), проведення спостережень і рішення завдань моніторингу природних ресурсів і довкілля, за визначенням можливості і доцільності використання цих даних для задоволення потреб користувачів в геопросторовій інформації.

При дистанційному зондуванні довкілля у бортових комплексах космічних апаратів розміщують технічні засоби ДЗЗ, які фіксують електромагнітні властивості об'єкту дослідження (здатність випромінювати, розсіювати, відбивати або поглинати випромінювання в певних спектральних діапазонах). У практичній же діяльності, як правило, для характеристики стану довкілля використовують фізичні величини (об'єм біомаси, міра загазованості атмосфери, стан снігового покриву на момент дослідження і тому подібне) [14, 29, 100, 113].

У зв'язку з великою різноманітністю способів(методів) визначення фізичних параметрів довкілля за отриманими електромагнітними характеристиками об'єктів обробку даних ДЗЗ для отримання достовірного інформаційного продукту формалізують у вигляді технології або методики обробки даних. В якості вхідних даних для отримання інформаційного продукту по конкретних технологіях або методиками використовують первинні дані (у виді, в якому вони отримані від бортового комплексу ДЗЗ) або заздалегідь оброблені (згідно з технологіями або методиками, що формалізують ці процедури).

Значення ознак, що характеризують дані, визначають характеристиками бортового комплексу ДЗЗ, космічного апарату (далі - КА), на якому він розташований, і траєкторією руху КА на орбіті. Додаткові показники і їх значення формує оператор космічної системи ДЗЗ відповідно до потреб користувача.

Дані ДЗЗ використовуються багатьма галузями знань, такими як науки про Землю, прикладні наукові технічні дисципліни галузевого геоінформаційного характеру, математика, механіка, астрономія і тому подібне і для єдиного теоретико-методического підходу застосовується цей класифікатор.



До основних напрямів тематичного використання даних ДЗЗ відносяться:

- раціональне використання і періодична інвентаризація природних ресурсів;
- оперативне інформаційне забезпечення суб'єктів управління і безпеки центрального, регіонального і локального рівнів;
- облік земель і організація раціонального землекористування;
- моніторинг надзвичайних ситуацій, екологічних лих, природних і техногенних катастроф;
- космічна діагностика регіональної інфраструктури, у тому числі протяжних інженерно-технічних комунікацій.
- прогнозування, пошук і освоєння нових родовищ природних копалин на маловивчених і важкодоступних територіях;

Обробка даних ДЗЗ – це багаторівневий процес, спрямований на отримання достовірного інформаційного продукту в результаті усунення спотворень і обліку додаткових даних і вимог користувачів. На цих рівнях виконуються наступні операції обробки космоснимка (відповідно до ДСТУ 4758 : 2007 «Дистанційне зондування Землі з космосу. Обробка даних. Терміни і визначення понять») (таб 1.6.) [33]:

Таблиця 1.6

*Рівні обробки космічних даних*

Рівні	Зміст обробки інформації
0	формування вихідного космоснимка з первинних даних і доповнення його необхідними метаданими
1	геометрична, радіометрична корекція с використанням паспортних цих приладів і просторова прив'язка за орбітальними даними
2	поліпшена геометрична і радіометрична корекція з використанням додаткової інформації, просторова прив'язка з використанням наземних опорних точок
3	набуття значень дешифровочных ознак або визначення фізичних параметрів об'єктів зондування
4	дешифрування космоснимка і складання легенди

Обробка даних на рівнях 0, 1 робиться оператором космічної системи ДЗЗ на основі таких даних, як характеристики КА і технічних засобів ДЗЗ (клас), умови зйомки, територія зйомки і так далі.

Обробка даних на рівнях 2 - 4 робиться на основі інформаційних продуктів, отриманих на попередніх рівнях обробки, і додаткових даних.

Склад тематичних завдань, що включаються в класифікатор, визначається для рівнів 2 - 4 обробки даних ДЗЗ. У додатку А наведені приклади рішення тематичних завдань.

Тематичні завдання, визначувані для рівня 4, мають бути гармонізовані з міжвідомчими класифікаторами і міжнародними класифікаторами, передбаченими в проектах GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), GMES (Global Monitoring for Environment and Security), INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe).

В результаті розвитку інформаційних систем останніми роками сталося значне зрушення в науково-методичних підходах і їх реалізації при проведенні екологічного моніторингу. У свою чергу під екологічним моніторингом докілья розумітимемо регулярне виконання за заданою програмою спостереження природних середовищ, природних ресурсів, рослинних і тваринних організмів, що дозволяє оцінити стан і зміни, що відбуваються, під впливом антропогенної дії. При цьому, виникає ряд завдань пов'язаних з визначенням антропогенних зон, а також з їх фізико-хімічний склад, розмір і мірою їх впливу на довкілля.

Одним з перспективних напрямів розвитку при проведенні екологічного моніторингу є застосування дистанційних методів контролю параметрів довкілля. Особливістю використання дистанційних методів є активне застосування космічних систем спостереження у видимому діапазоні. Космічні системи видового спостереження сьогодні дозволяють здійснити зйомку і визначити параметри атмосфери Землі, її підстилаючої поверхні, а також морських акваторій і водного середовища. У зв'язку з цим в розділі розглянута класифікація, достоїнства і недоліки існуючих методів екологічного контролю, визначена роль і місце дистанційних методів в системі моніторингу, а також досліджуються ті напрями, які

дозволяють підвищити точність контролю параметрів і провести якісну оцінку стану довкілля.

Система екологічного моніторингу включає: засоби спостереження, оцінку спостереження довкілля і її прогноз, оцінку параметрів прогнозу, вироблення і ухвалення оптимального рішення того, що дозволяє управляти якістю природного місця існування, методи і моделі оцінки стану довкілля, а також бази цих поточних параметрів отриманих при відборі проб, отриманих емпіричним шляхом, а також розрахунком в імітаційних моделях.

Проведення екологічного моніторингу здійснюється на основі конкретної постановки завдання, а так само з пріоритетних напрямів екологічної обстановки з урахуванням аналізу поточних проблемних і конфліктних ситуацій, масштабів зміни і впливу на екосистему. З урахуванням розвинених інформаційних технологій система екологічного моніторингу вирішують три типи завдань:

- 1) Первинний збір параметрів довкілля, їх накопичення і формування базиданих.
- 2) Обробка, представлення і прогнозування даних в сприйманому виді (таблиць, графіків, карт та ін.).
- 3) Оперативна оцінка і забезпечення інформацією, необхідною і достатньою для виявлення і ухвалення рішення для управління ситуацією.

При цьому необхідно здійснити вибір критеріїв для отримання поточної оцінки в системі екологічного моніторингу, визначення об'єктів і їх меж впливу (зон екологічного ризику, зон надзвичайних екологічних ситуацій), умов функціонування, параметри які необхідно контролювати, формування спостережливої мережі, засобів і методів спостереження. Це дозволить досягти поставленої мети. Проте при формуванні критеріїв необхідно враховувати компроміс між повнотою (точністю) опису процесів (об'єктів) і кількістю вибраних параметрів. Це пов'язано в першу чергу з вибором тих або інших методів і засобів моніторингу і контролю параметрів довкілля. При цьому, вибір критеріїв оптимальності при проведенні екологічного моніторингу залежить від еколого-економічної ефективності, тобто при мінімумі витрат на його організацію і

проведення моніторинг повинен забезпечувати отримання максимуму корисної інформації про чинники дії, стан довкілля і зміни, що відбуваються в природно-техногенних системах, в періоді реального часу. Таким чином, ставиться завдання аналітичного вибору методів моніторингу, які дозволять оцінити стани довкілля в кротчайший період часу.

Розглянемо особливості побудови космічних систем спостереження, проаналізувати особливості різних етапів обробки і дешифрування космічних зображень, і визначити необхідні напрями їх вдосконалення.

Класифікатор має відкриту ієрархічну структуру, в основу якої покладено рівні обробки даних ДЗЗ. Рівень 4 має 3 ступені вкладеності: "область", "розділ", "тема". Відповідно до прийнятої в світовій практиці класифікацією виділяються 10 областей використання даних ДЗЗ для вирішення тематичних завдань. У таблиці 1.7 наведені приклади кодів рівнів обробки і областей використання даних ДЗЗ. На рис 1.5 наведено приклад ієрархії класифікатора для рівня 4 обробки даних ДЗЗ. У таблиці 1.8 наведено коди і назви тематичних завдань рівнів 2 і 3 обробки даних ДЗЗ.

### ***Рубрикатор завдань у сфері екологічного моніторингу***

Незважаючи на те що різні типи даних ДДЗ створюються переважно з урахуванням актуальних і потенційних потреб кінцевих користувачів, існує база про блага обмеженості вимірювальних властивостей отримуваних інформаційних продуктів. Так в умовах природної різноманітності об'єктів спостереження і явищ на земній поверхні для повноцінного вирішення завдання екологічного моніторингу доцільне використання результатів різнотипних дистанційних вимірів разом з залученням додаткових джерел даних. Використання класифікаторів інформаційних продуктів, на основі яких функціонують у тому числі сервіси розповсюдження продуктів ДЗЗ (наприклад, портал Earthdata EOS DIS, <https://earthdata.nasa.gov>), дозволяє споживачеві отримати лише обмежене рішення проблеми.

Вказані обставини роблять пріоритетним проблемно-орієнтований підхід до використання даних ДЗЗ в завданнях екологічного моніторингу. Таким чином, разом з систематизацією тематичних продуктів ДЗЗ зростає актуальність розробки класифікатора тематичних завдань, при розв'язанні яких використання початкових

даних і продуктів ДЗЗ виправдане і ефективно з позиції отримання повноцінного рішення. При цьому класифікація тематичних завдань з акцентом на потребі кінцевих тематичних користувачів повинна враховувати різнотипні, мультимасштабні, високорозмірні, високоперіодичні, ізомерні і нелінійні характеристики сучасних так званих великих даних ДЗЗ (Liu, 2015).

Класифікація тематичних завдань (детально сформульованих і обґрунтованих потреб тематичних споживачів), базується на класифікації технологій отримання, верифікації і застосування інформаційних продуктів, що створюються дані ДЗЗ. Ключову роль грають аналіз і оцінка екологічних загроз та ризиків.

В системі тематичного рубрикатора 276 завдань, які розбиті на класи та підкласи, що чітко відповідають фізико-географічному районуванню території України з особливостями територіального розміщення біогеоценозів, флори та фауни, системи життєзабезпечення територіальних громад, планування міського середовища та земельного кадастру.

Обґрунтовані характеристики матеріалів ДЗЗ у відповідності до рубрики проведеного екологічного моніторингу, що включає: роздільну здатність космічного зображення із зазначенням спектральних діапазонів та технічні характеристики знімальної апаратури. Для проведення і реалізації системи екологічного моніторингу можуть застосовуватися супутники вітчизняного та іноземного виробництва (метеорологічні, екологічні, дослідницькі).

В результаті обробки даних космічного знімання формується реляційна база даних спеціалізованої ГІС, що включає назву тематичної карти та проблений шар обробки. Поряд з цим розроблений (запропонований) масштабний ряд відповідних тематичних карт в розрізі загальнодержавного, регіонального та об'єктового рівнів моніторингу. Визначається за кожним класом періодичність проведення космічного знімання території для оновлення відповідних карт.

Рубрикатор тематичних завдань структурований у вигляді графів із функціональними засобами отримання екологічної інформації. Це дозволить на більш високому методичному рівні, актуально і аргументовано застосовувати системи ДЗЗ на виконання поставлених завдань.

Таблиця 1.7.

Приклади кодів рівнів обробки і областей використання даних ДЗЗ.

Код класа	Клас	Код підкласу	Підклас "Область"
1	Трансрегіональні диз'юнктиви.	1.	Виявлення трансрегіональних лінеаментів, розривних порушень
2	Структурно формаційні підрозділи.	1.1.	Виявлення зон планетарної тріщинності
3	Регіональні диз'юнктиви.	1.1.1.1	Виявлення кільцевих структур різних рангів і типів(мега-, макро- мезоструктури, полігенні, моногенні тощо).
		1.1.1.2	Уточнення структурного каркасу території, у тому числі виділення тектонічних блоків різного ступеню переробки (внаслідок кливажування, розсланцювання, зім'яття в складки тощо).
		1.1.1.3	Виявлення структур, уточнення контурів виявлених структур і зон різних типів (синклинорії, антиклинорії, мікститові, сутурні комплекси тощо).
		1.1.2.1	Виявлення регіональних лінеаментів, розривних порушень різних видів та елементів їх будови.

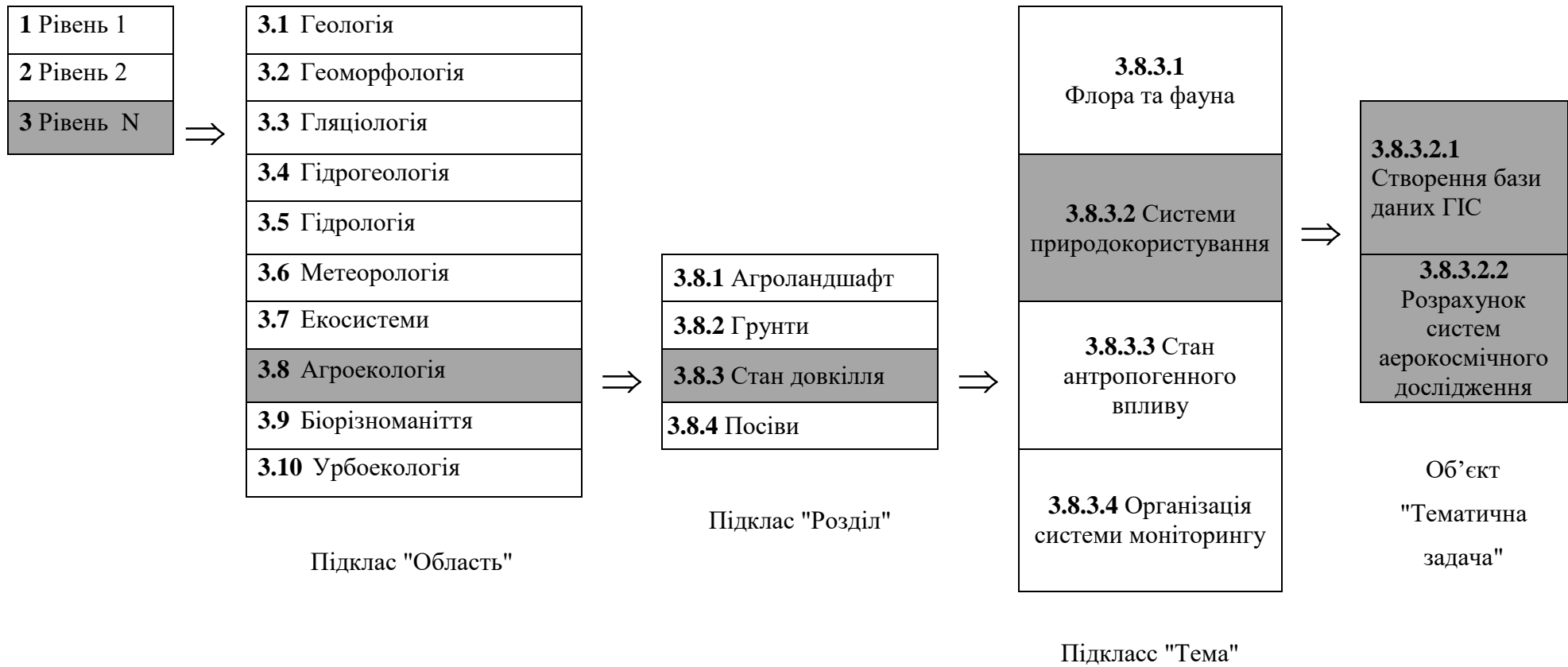


Рис 1.5 - Приклад ієрархії класифікатора для рівня 4 обробки даних ДЗЗ

Таблиця 1.8

Коди і назви тематичних завдань рівнів 2 і 3 обробки даних ДЗЗ

Код задачі	Найменування задачі
<b>Рівень 2</b>	
1.1	Створення опорних космокарт з використанням польових вимірювань
1.2	Прив'язка з поліпшеною геометричною точністю з використанням опорних космокарт
1.3	Підвищення просторового дозволу багатоспектральних космоснімків
1.4	Орторектифікація знімків високого просторового дозволу на місцевості
1.5	Створення ортокосмокарт
1.6	Автоматизована генерація набору опорних точок
1.7	Перерахунок в задану картографічну проекцію з використанням опорних точок методом тріангуляції
1.8	Поправка на освітленість
1.9	Створення спектральної бібліотеки опорних поверхонь
1.10	Поправка (калібрування) яскравості сигналу по опорних поверхнях
1.11	Атмосферна корекція
1.12	Оцінка хмарності на зображенні
1.13	Виявлення присутніх на сцені перешкод, обумовлених хмарністю
1.14	Компенсація присутніх на сцені перешкод, обумовлених хмарністю
1.15	Топографічна корекція космоснімків
1.16	Створення цифрової моделі рельєфу
1.17	Оцінка снігового покриву на зображенні
1.18	Перетворення космоснімків на підставі Wavelet-технологій
<b>Рівень 3</b>	
2.1	Формування основних інформаційних дешифрувальних ознак багатоспектрального зображення
2.2	Визначення температури об'єктів ґрунтового конусу
2.3	Формування карти температури поверхні
2.4	Формування карти тимчасових змін
2.5	Класифікація земних покриттів за певною легендою
2.6	Визначення вологості поверхні
2.7	Виявлення і контроль межі "лід-вода" за радіолокаційними даними
2.8	Виявлення протяжно-комунікаційних об'єктів
2.9	Визначення джерел аерозольно-димових забруднень
2.10	Віділення висотної забудови
2.11	Автоматичне віділення доріг
2.12	Віділення об'єктів на зображенні
2.13	Векторизація віділених об'єктів на зображенні



Код задачі	Найменування задачі
2.14	Візуалізація віділеніх об'єктів

### **Висновки по першому розділу**

1. Обґрунтована необхідність оцінювання екологічного ризику регіону з використанням аерокосмічних технологій та експертних оцінок.

2. Здійснено аналіз концепцій побудови систем екологічного моніторингу. Визначено, що фоновий моніторинг довкілля доцільне розглядати як складну інформаційно-прогнозну систему, яка забезпечує спеціальні високоточні спостереження, оцінку та прогноз стану об'єктів біосфери, визначення ступеня і джерел антропогенного впливу на навколишнє природне середовище та особливих змін біосфери, створення науково обґрунтованих методів і методик спостережень.

3. При аналіз використання космічних комплексів в системі екологічного моніторингу визначено технічні можливості використання космічних апаратів для проведення екологічного моніторингу а також особливості застосування наземного інформаційного комплексу в системі екологічного моніторингу. Визначено, що сама система моніторингу не передбачає діяльності щодо управління якістю середовища, але є джерелом інформації необхідної для ухвалення екологічно значущих рішень

4. Аналітичний огляд основних етапів обробки космічних знімків та дозволив визначити принципи побудови рубрикатора завдань екологічного моніторингу. Класифікація тематичних завдань (детально сформульованих і обґрунтованих потреб тематичних споживачів), по суті, базується на класифікації технологій отримання, верифікації і застосування інформаційних продуктів, що створюються дані ДЗЗ. Ключову роль грають аналіз і оцінка споживчих властивостей. В системі тематичного рубрикатора 276 завдань, які розбиті на класи та підкласи, що чітко відповідають фізико-географічному районуванню території України з особливостями територіального розміщення

біогеоценозів, флори та фауни, системи життєзабезпечення територіальних громад, планування міського середовища та земельного кадастру.

Подальшим етапом досліджень є системний аналіз сучасних інформаційних технологій оцінки стану навколишнього середовища з використанням аерокосмічних комплексів.

## **РОЗДІЛ 2**

### **СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЦІНКИ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Метою даного розділу є системний аналіз аналіз сучасних інформаційних технологій, які можуть використовуватися при цьому для оцінки стану навколишнього середовища, дослідження особливостей побудови систем мобільного екологічного моніторингу навколишнього середовища з використанням аерокосмічних технологій, обґрунтування методики проведення екологічної оцінки довкілля з використанням системного підходу.

#### **2.1 Аналіз особливостей побудови систем екологічного моніторингу навколишнього середовища з використанням аерокосмічних технологій**

За даними «Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища у 2017 році» нинішню екологічну ситуацію на території України в цілому можна охарактеризувати як напружену. Існуючий рівень екологічної безпеки в основному обумовлений надзвичайно високою техногенним навантаженням на території України [47, 111, 126].

Низьким сьогодні залишається рівень застосування інноваційних, ресурсозберігаючих і природоохоронних технологій, включаючи і технології переробки, утилізації та знищення відходів. Накопичення відходів стало одним з найвагоміших чинників забруднення навколишнього середовища, негативного впливу на всі його компоненти. Тому обмеження обсягів утворення відходів, розширення сфери, пов'язаної з їх утилізацією, знешкодженням та екологічно безпечним видаленням і послідовним зменшенням їх накопичень повинні стати одними з найважливіших завдань [45, 47, 49].

Основне навантаження на навколишнє середовище в промисловому секторі надають підприємства хімічної, металургійної, гірничодобувної галузей та електроенергетики.

Потенційно екологічно небезпечні об'єкти, раптове виникнення надзвичайних ситуацій, на яких можуть завдати істотної екологічної шкоди, складають значну питому вагу в структурі промисловості держави. Основними джерелами їх забруднення є сільське господарство, промисловість і транспорт. Окрему проблему становить великомасштабне нафтохімічне забруднення підземних вод і ґрунтів [56, 111].

Головним завданням на найближчу перспективу є мінімізація рівня антропогенного впливу на навколишнє середовище. При цьому заміна технологій і технічне переоснащення підприємств вимагає значних капіталовкладень. Основними загрозами в екологічній сфері сьогодні є: [131, 137, 143-147].

- значне антропогенне порушення і техногенна перевантаженість території України, зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характерів;

- нераціональне, виснажливе використання мінерально-сировинних природних ресурсів як відновлюваних, так і відновлюваних;

- негативні соціально-екологічні наслідки Чорнобильської катастрофи;

- погіршення екологічного стану водних басейнів, загострення проблеми транскордонних забруднень та якості води;

- загострення техногенного стану гідротехнічних споруд каскаду водосховищ на р. Дніпро;

- неефективність заходів щодо подолання негативних наслідків та іншої екологічно небезпечної діяльності;

- посилення впливу шкідливих генетичних ефектів у популяціях живих організмів, в тому числі генетично змінених організмів, та біотехнологій;

- застарілість та недостатня ефективність комплексів з утилізації токсичних і екологічно небезпечних відходів.

Згідно зі світовою і європейською практикою передбачається розвиток вже існуючих і впровадження нових механізмів регулювання екологічної безпеки, зокрема:

ідентифікація небезпечних видів діяльності як основного критерію при оцінці стану екологічної безпеки;

ліцензування небезпечних видів діяльності як інструменту регулювання рівня безпеки при роботі з небезпечними речовинами і процесами;

страхування екологічних ризиків;

здійснення екологічного аудиту як одного з можливих інструментів оцінки рівня безпеки;

застосування поняття "ризик" як інтегрального показника можливих екологічних загроз.

За допомогою системи моніторингу виявляються критичні ситуації, виділяються критичні фактори впливу і найбільш чутливі до дії елементи біосфери.

Одним з перспективних методів проведення екологічного моніторингу є дистанційний, який базується на основі комплексного використання космічних, повітряних і рухливих наземних комплексів спостереження систем спостереження. У якості повітряних комплексів розглядаються безпілотні літальні апарати (БПЛА), дистанційно пілотовані літальні апарати (ДПЛА) [93, 95, 96, 98, 99].

Система екологічного моніторингу повинна в інформаційному плані забезпечити організацію необхідних інформаційних потоків і поліпшити спостереження за основними процесами і явищами в біосфері. Для прийняття раціональних управлінських рішень необхідною умовою є наявність якісного інформаційного забезпечення по динаміці різних показників, що характеризують екологічний стан навколишнього середовища.

Екологічний моніторинг навколишнього середовища в сучасному розумінні можна розглядати як аналітично-інформаційну систему, яка охоплює такі основні напрями:

1) спостереження за станом навколишнього середовища і за факторами, які впливають на окремі елементи навколишнього середовища;

- 2) оцінка та аналіз фактичного стану всіх складових навколишнього середовища;
- 3) прогнозування стану навколишнього середовища і оцінки цього стану;
- 4) забезпечення науково-інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень.

Екологічний моніторинг дозволяє на підставі оцінки і прогнозу стану навколишнього середовища регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях щодо попередження екологічних аварій, катастроф, оцінювання екологічних ризиків та загроз.

Оперативний (кризовий) моніторинг - це вивчення спеціальних показників на цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах. Такі регіони розглядаються як зони надзвичайної ситуації або райони можливих аварій з шкідливими екологічними наслідками. Оперативний моніторинг забезпечує оперативне реагування на кризові ситуації шляхом прийняття рішень щодо їх ліквідації, створення безпечних умов для населення.

Фоновий (науковий) моніторинг - це спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими навколишнього середовища. Його проводять на базових станціях в природних і біосферних заповідниках, а також на інших природоохоронних територіях.

Об'єктами спостереження системи моніторингу також можуть бути окремі точки і зони, розміри яких не перевищують десятків кілометрів (локальний моніторинг). Наприклад, локальні джерела підвищеної небезпеки, - території поблизу місць поховання радіоактивних відходів, хімічні заводи і т.д. При збільшенні масштабів спостереження до тисяч квадратних кілометрів здійснюється регіональний моніторинг. Спостереження за загальносвітовими процесами і явищами в біосфері Землі і в її екосфері є предметом глобального моніторингу [57, 58].

Для вирішення завдань виявлення, картографування і моніторингу техногенних екосистем (ТГЕС) дослідники різних країн використовують дані

дистанційного зондування Землі з космосу. Значно кращими ДДЗ перед наземними методами є високий територіальне охоплення і можливість частому зйомки території. Архівні дані дистанційного зондування Землі доступні з використанням сервісів Американського географічного товариства: EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>), USGS Global Visualization Viewer (GloVis) (<http://glovis.usgs.gov>), CRSSP Imagery-Derived Requirements (CIDR) (<http://cidr.cr.usgs.gov>). [165].

Для вирішення завдань моніторингу територій використовуються дані космічних зйомок у видимому (Visible), ближньому (Near Infrared, NIR), середньому (Short-Wave Infrared, SWIR) і далекому (Thermal Infrared, TIR) інфрачервоному діапазонах електромагнітного спектра (табл. 2.1).

До сенсорам, що забезпечує збір даних теплових зйомок середнього просторового дозволу, слід віднести ETM + (супутник Landsat-7, ПРЗ 60 м), ASTER (супутник Terra, ПРЗ 90 м), TIRS (супутник Landsat-8, ПРЗ 100 м), TM (супутник Landsat-5, ПРЗ 120 м), МСУ-В (супутники Океан-О, ПРЗ 250 м), BIRD (супутник BIRD, ПРЗ 370 м), МСУ-СК (супутники РЕСУРС-01-3 / 4, ПРЗ 548 м), MODIS (супутники Terra, Aqua, ПРЗ 1000 м), AVHRR (супутники NOAA, ПРЗ 1100 м) та ін.

Дані Terra ASTER, Landsat TM / ETM + / TIRS застосовуються для вирішення наступних завдань температурного картографування: визначення температури земної поверхні; виявлення та картографування промислових, сільськогосподарських і лісових пожеж; складання карт рослинного покриву промислових регіонів, які використовуються для побудови зон ризику виникнення пожеж та виявлення обумовлених пожежами аномалій; теплові спостереження; моніторинг активних пожеж; кліматичні зміни в мегаполісах і ін.

В даний час ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) є єдиним космічним бортовим датчиком, який дозволяє отримувати багатоканальні теплові дані, які використовуються для картографування пожеж малих просторових розмірів (табл. 2.2).

Landsat TM / ETM + / TIR. Сканери TM (Thematic Mapper) супутника Landsat-5, ETM + (Enhanced Thematic Mapper Plus) супутника Landsat-7 і TIRS (Thermal InfraRed Sensor) супутника Landsat-8 дозволяють виконувати температурне картографування територій з точністю до 0,5 К при виконанні атмосферної корекції і 10 К - без урахування атмосферних впливів (табл. 2.3).

Основний недолік даних Landsat - низька тимчасова просторове дозвіл знімок з відсутньою хмарністю. Вказана обставина не дозволяє використовувати для вивчення теплового стану ТГЕС за даними Landsat TM / ETM + / TIRS традиційні методи прогнозування часових рядів і математичного моделювання, які передбачають дотримання принципу повноти і рівності інтервалів між датами зйомок, а також присутність в тимчасовому ряді детермінованою складової.

## **2.2 Оцінка існуючих інформаційних технологій обробки даних космічних зйомок при здійсненні екологічного моніторингу**

Існуючі інформаційні технології тематичної обробки даних космічних зйомок можна умовно розділити на наступні категорії: інформаційні технології розробки програмних продуктів обробки растрових зображень, веб-технології візуалізації даних космічних зйомок, інформаційні технології зберігання даних, інформаційні технології тематичної обробки даних космічних зйомок [116, 135, 139, 141].

Інформаційні технології розробки програмних продуктів обробки растрових даних космічних зйомок. Розробка сучасних інформаційних систем обробки та аналізу даних космічних зйомок здійснюється з використанням великої кількості об'єктно-орієнтованих мов і середовища програмування, до яких відносяться язик: Object Pascal, C++ (середовище швидкої розробки додатків Embarcadero Delphi), C # (платформа Microsoft. NET Framework), Python, Java та ін.

Розробка інформаційних систем обробки растрових зображень на високорівневих мовах програмування Python базується на бібліотеці Python



Imaging Library (PIL), яка підтримує більшість операцій растрової графіки (фільтрація, матричні перетворення). Використання в Python-додатках (так само як в додатках, створених на мовах Java, C ++, C #) коштів бібліотеки GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) організації Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) забезпечує можливість розробки додатків для управління представленими в різних форматах растровими геопросторовими даними, в тому числі космічними зображеннями. [116].

Таблиця 2.1

Діапазоні електромагнітного спектра космічних зйомок

Участок спектра		Длина волны, мкм
Ділянка спектру	VNIR	0,38-0,72
Близький інфрачервоний		0,72-1,30
Середній інфрачервоний	SWIR	1,30-3,00
Далекий інфрачервоний	TIR	7,00-15,00

Таблиця 2.2

Характеристики сканера ASTER супутника Terra

Діапазон зйомки	Межі спектральних зон зйомки, мкм	Роздільна здатність зйомки, м	Ширина смуги огляду зйомки, км
<b>VNIR</b>	0,52–0,60; 0,63–0,69; 0,78–0,86	15	60
<b>SWIR</b>	1,60–1,70; 2,145–2,185; 2,185–2,225; 2,235–2,285; 2,295–2,365; 2,360–2,430	30	
<b>TIR</b>	8,125–8,475; 8,475–8,825; 8,925–9,275; 10,25–10,95; 10,95–11,65	90	

Таблиця 2.3

Характеристики сканера ТМ Супутник Landsat-5

Діапазон зйомки	Межі спектральних зон зйомки, мкм	Просторова роздільна здатність	Ширина смуги огляду

		зйомки, м	зйомки, км
<b>VNIR</b>	0,45–0,51; 0,52–0,61; 0,63–0,69; 0,75–0,90; 1,55–1,75	30	185
<b>SWIR</b>	2,09–2,35	30	
<b>TIR</b>	10,40–12,50	90	
<b>PAN</b>	0,52–0,90	15	

Java є високорівневою об'єктно-орієнтованою мовою програмування, програмною платформою (Java Platform Enterprise Edition, Java EE) і технології створення програмних продуктів обробки зображень. Програмна платформа Java містить інтерфейс прикладного програмування (Application Programming Interface, API), включає в себе класи і бібліотеки для розробки інформаційних систем, а також технології обробки зображень:

- Java 2D API - набори класів для створення двовимірної кольорової графіки;

- Java Advanced Imaging API (JAI) - набір об'єктно-орієнтованих API для реалізації процедур обробки та аналізу зображень.

Технологія Java підтримує можливості роботи з просторово-координованими даними космічних зйомок. Компонентом технології Java відкрите програмне забезпечення World Wind, розроблене Національним управлінням з повітроплавання і дослідженню космічного простору США (National Aeronautics and Space Administration, NASA). Засоби розробки World Wind Java SDK забезпечують можливість впровадження тривимірних уявлень даних багатоканальних космічних зйомок в структуру прикладних інформаційних систем на базі технології тривимірної візуалізації NASA World Wind. Технології Java склали основу для створення вільної растрово-векторної геоінформаційної системи з відкритим вихідним кодом gvSIG.

*Веб-технології візуалізації даних космічних зйомок.* Інформаційна технологія візуалізації просторових даних Google Maps API дозволяє впроваджувати інтерактивні карти і космічні зображення в призначені для користувача інформаційні системи і веб-сайти. Службові утиліти Google Maps

JavaScript API призначені для управління картами і знімками Google, які використовуються в якості підкладки для візуалізації растрових і векторних просторово-координованих даних.

Роботу з просторовими даними (зображеннями, картами, базами геоданих) в локальних мережах і мережі Інтернет забезпечує також інформаційна технологія і програмний продукт GeoMixer Інженерно-технологічного центру «Сканекс». Технологія послужила основою для створення програмного сервісу ScanEx Fire Monitoring Service (SFMS) оперативного моніторингу пожеж за даними космічних зйомок сканера MODIS супутників Aqua і Terra і завдяки інтерфейсу GeoMixer API забезпечує можливість розміщення даних космічних зйомок і готових тематичних продуктів компанії «Сканекс» на призначених для користувача сайтах.

*Інформаційні технології зберігання даних.* Програмний інструментарій ГІС ArcGIS дозволяє зберігати просторові дані про розташування об'єктів та їх атрибутивної інформацію в формі баз геоданих.

База геоданих ArcGIS є спеціальною моделлю зберігання та подання просторової інформації у вигляді тематичних шарів і просторових уявлень, забезпечує інструментарій доступу і управління просторовими даними.

Перевагою використання бази геоданих ArcGIS на основі серверної технології ArcSDE компанії ESRI є підтримка механізмів зберігання різних типів інформації та її впровадження з використанням стандартних СУБД, можливість завдання правил зв'язування даних і встановлення топологічних відносин і ін.

*Інформаційні технології тематичної обробки даних космічних зйомок.* Світовими лідерами по створенню і практичній реалізації технологічних рішень в сфері роботи з просторовими даними і супутниковими зображеннями є компанії ERDAS, Intergraph, ІТЦ «Сканекс», ESRI, Leica Geosystems і ін.

У загальному вигляді технологічний ланцюжок процедур автоматизованого рішення тематичних завдань складається з етапів реєстрації, геометричній корекції, радіометричної корекції, тематичної обробки і

візуалізації растрових просторових даних. Програмні системи ERDAS Imagine, ENVI, ScanEx Image Processor і ін. Містять в своєму складі стандартний функціональний інструментарій для реалізації загальноприйнятих технологій фільтрації, сегментації, класифікації та інтерпретації зображень, а також набори бібліотек для розробки нових програм і доповнення існуючих версій програмного забезпечення (наприклад, набір бібліотек IMAGINE Developers Toolkit компанії Leica Geosystems).

*Фактори, які повинні досліджуватися в системі моніторингу*

Як відомо, комплекс антропогенних факторів дуже різноманітний. Це і забруднення природного середовища різними речовинами, і фізичний вплив, яке порушує природне покриття планети, і вилучення поновлюваних і невідновлюваних ресурсів. Вивчення та оцінки негативних наслідків антропогенних збурень з метою їх попередження або зменшення збитків є виключно важливим завданням як для оптимізації економічної діяльності, так і для збереження навколишнього середовища і здоров'я населення. [47-50].

Найбільш складними є проблеми, пов'язані зі значними антропогенними збуреннями, які характеризуються масштабністю виявлених змін і ефектів (аж до глобального охоплення), а також значною інерційністю і гостротою негативних наслідків. Це, в першу чергу, аерозолі антропогенного походження, які впливають на зміну структурного балансу атмосфери. Іригаційні споруди, урбанізація і зменшення площ зелених насаджень призводять до суттєвих змін альbedo підстильної поверхні. Поява нафтових плівок в океані порушує енерго- і газообмін між океаном і атмосферою.

*Підходи до визначення об'єктів моніторингу навколишнього середовища.*

Кожна система моніторингу навколишнього середовища, в залежності від її призначення, має свої об'єкти дослідження, але існує кілька загальних підходів щодо визначення цих об'єктів в цілому [10, 12, 58].

Виділяють 5 розділів спостережень - від локальних джерел і чинників впливу на навколишнє середовище до впливу змін стану навколишнього середовища на здоров'я та добробут населення (табл. 2.4) (Ізраель, 1984).

У загальному випадку задача екологічного моніторингу полягає у виявленні в екосистемах змін антропогенного характеру (на тлі природних флуктуацій). Вирішити це завдання пропонується шляхом комплексування наземних рухомих, повітряних, космічних систем шляхом безпосередніх вимірювань окремих характеристик забруднень біоти і її реакцій на ці забруднення, а також за допомогою безперервних вимірювань інтегральних показників на значних територіях.

Фактори, індикатори та показники, які досліджуються в системі моніторингу навколишнього середовища

Залежно від конкретного завдання моніторингу ці фактори і показники можуть бути різними [10, 12].

При визначенні індикаторів і показників слід шукати компроміс між достовірністю і доступністю інформації. При цьому втрати інформації повинні бути мінімальними, а сам показник повинен забезпечувати інформативність, реальність і можливість практичної реалізації; спрощення інформації таким чином, щоб допомогти уповноваженим особам приймати обґрунтовані рішення, а громадськості - зрозуміти проблему.

Таблиця 2.4.

Класифікація реакцій природних систем, джерел і чинників впливу, які повинні бути охоплені системою моніторингу

Розділ спостережень	Класифікація
А. Локальні джерела і фактори впливу	А.1. Джерела забруднень і впливів А.2. Фактори впливу (забруднюючі речовини, випромінювання т. Д.)
Б. Стан навколишнього природного середовища	Б.1. Стан середовища, яке характеризується фізичними і фізико-географічними даними Б.2. Стан середовища, яке характеризується геохімічними даними, даними про склад і характер забруднень
В. Стан біотичної складової біосфери	В.1. Реакція біоти - відгуки та наслідки: а) в окремому організмі, б) в популяції, в) в угрупованнях і екосистемі

Г. Реакція великих систем і біосфери в цілому	Г.1. Реакція великих систем (погода і клімат) Г.2. Реакція біосфери в цілому
Д. Стан здоров'я та добробут населення	Д 1. Вплив стану навколишнього середовища на захворюваність і здоров'я населення Д 2. Вплив зміни стану навколишнього середовища на добробут населення

В Європейському агентстві з навколишнього середовища (ЄАНС; англ. - ЕЕА) виділяють п'ять типів інтегральних показників.

Описові показники (А). Наприклад, частка органічного землеробства на всіх сільгоспугіддях, %.

Показники виконання (В) - показники, що характеризують хід виконання намічених цілей (викиди парникових газів).

Показники ефективності (С) - показники, що характеризують екологічну ефективність, наприклад, рівень викидів на одиницю внутрішнього валового продукту.

Показники політичної ефективності (D) - показники, що характеризують зв'язок змін навколишнього середовища з політичними заходами (реагування).

Сумарні показники добробуту (Е) - показники, що характеризують розвиток суспільства, наприклад, показники сталого розвитку.

Необхідно відзначити, що визначення пріоритетів для підсистем моніторингу при вирішенні різних завдань може призвести до різних результатів для одного і того ж фактора обурення. Наприклад, збитки від збільшення CO<sub>2</sub> в атмосфері для деяких екосистем незначні, а в багатьох випадках збільшення CO<sub>2</sub> навіть корисно - воно сприяє збільшенню продуктивності рослин. З іншого боку, накопичення CO<sub>2</sub> призводить до парникового ефекту і можливих змін клімату з різними негативними наслідками для біосфери.

Якщо говорити про спостереження за територіями, то найвищий пріоритет мають міста і зони, з яких беруть питну воду. Для повітря найважливішими інгредієнтами є пил, оксиди сірки, вуглецю та азоту, важкі метали, бензапірен

та пестициди. Для води - біогенні продукти, феноли і нафтопродукти. Серед джерел забруднень найвищий пріоритет мають автомобільний транспорт, теплові електростанції, підприємства кольорової металургії тощо.

При організації спостережень за зміною стану екосистем необхідно, в першу чергу, приділяти увагу можливих порушень і перебудовам в умовах ведення лісового господарства, землеробства і тваринництва. [10, 12].

Для здійснення моніторингу антропогенних змін природного середовища необхідно визначити найбільш представницькі види ознак і відгуків в екосистемі. Для цього необхідно вивчити характер відгуків елементів біосфери на обурення як за допомогою натурних, так і лабораторних експериментів, математичного моделювання та аналізу результатів польових спостережень. [19].

Завдання оперативного аерокосмічного контролю природних ресурсів, дослідження динаміки протікання природних процесів і явищ, аналізу причин, прогнозування можливих наслідків і вибору способів запобігання надзвичайним ситуаціям є на сучасному етапі невід'ємним атрибутом методології збору інформації про стан цікавить території (країни, краю, міста), необхідної для прийняття правильних і своєчасних управлінських рішень. Особлива роль відводиться супутникової інформації в геоінформаційних системах (ГІС), де результати дистанційного зондування поверхні Землі з космосу є регулярно оновлюється джерелом даних, необхідних для формування природоресурсних кадастрів і інших додатків, охоплюючи досить широкий спектр масштабів (від 1:10 000 до 1:10 000 000). Сьогодні стоїть питання створення державної комплексної системи моніторингу навколишнього середовища і природокористування з можливістю її подальшої інтеграції з аналогічними зарубіжними системами [11, 16, 38].

Доступ до даних дистанційного зондування регулюється так на́званою політикою «відкритого неба» (Open Sky Policy), відповідно до якої кожному споживачеві гарантується вільний доступ до всіх наявних даних на недискримінаційній основі. Основним міжнародним консультативним органом,

створеним в 1984 р для обміну інформацією, координації та обговорення політики в області ДЗЗ є Комітет по супутниках дистанційного зондування Землі CEOS (Committee on Earth Observation Satellites). Під заступництвом CEOS були засновані різні технічні робочі групи, в тому числі за даними ДЗЗ (WGD - Working Group on Data) і мереж передачі даних ДЗЗ (WGN - Working Group on Networks). Членами CEOS є представники національних космічних агентств Австралії, Бразилії, Великобританії, Індії, Італії, Канади, Китаю (два), Росії (два), США (два), України, Франції, ФРН, Швеції, Японії, а також Європейського космічного агентства ESA і консорціуму Eumetsat. [160, 164, 172].

Системи отримання і поширення даних оперативного моніторингу включають в себе:

- 1) носії знімальної апаратури, в даному випадку - мобільні екологічні комплекси;
- 2) власне апаратуру дистанційного зондування;
- 3) бортові засоби передачі даних по радіоканалу від носіїв до пункту прийому;
- 4) наземні комплекси прийому цієї інформації, її обробки і надання споживачам.

*Основні характеристики, що визначають можливості і особливості функціонування систем мобільного екологічного моніторингу навколишнього середовища і техногенних об'єктів.*

1. Для ДЗЗ зазвичай використовуються два основні типи супутників: геостаціонарні і полярноорбітальні. Якщо перші ШСЗ постійно забезпечували огляд однієї і тієї ж частини планети, зберігаючи незмінне положення щодо певної точки на екваторі, то наступні, знаходяться на орбіті, площина якої приблизно перпендикулярна площині обертання Землі, через певний період часу, (тривалість залежить від ширини смуги огляду ШСЗ), виявляються над заданим районом спостереження [20, 29, 112, 160].



2. Знімальна апаратура ДЗЗ, що встановлюється на супутнику, може працювати в чотирьох основних діапазонах: ультрафіолетовому, видимому, інфрачервоному (ІК) і мікрохвильовому - тільки в цих областях спектру земна атмосфера прозора для електромагнітних хвиль. У видимому діапазоні датчики реєструють відбите від земних покривів і пройшовши крізь атмосферу сонячне випромінювання. В ІК-діапазоні превалує власне теплове випромінювання поверхні Землі. У мікрохвильовому діапазоні використовують власне випромінювання планети, або відбиті сигнали штучних джерел опромінення, встановлених на борту ШСЗ. Можливості апаратури дистанційного зондування в різних спектральних діапазонах істотно розрізняються: оптичні дають найбільш якісні, звичні для спостерігача кольорові зображення з високою просторовою роздільною здатністю, синтезовані з декількох монохроматичних знімків. Інфрачервону зйомку можна проводити в темний час доби, спостерігаючи температурні аномалії поверхні; а для специфічних випадків зондування в мікрохвильовому діапазоні не є перешкодою навіть хмарний покрив.

Найважливішими характеристиками формованого зображення є просторова і радіометрична (яркостная, температурна) дозволяють здібності знімальної апаратури. Просторова роздільна здатність залежить від довжини хвилі випромінювання, що приймається, діаметра об'єктива (в разі радіолокаційного спостереження - розмірів апертури антени) і висоти орбіти [32, 73, 76].

Радіометрична роздільна здатність визначається, перш за все, шириною динамічного діапазону використовуваного датчика, тобто кількістю рівнів дискретизації, відпо переходу від яскравості абсолютно «чорного» до абсолютно «білому» тілу.

*Апаратура аерокосмічного моніторингу.* Аерокосмічеській моніторинг - унікальна інформаційна система, оскільки тільки з її використанням можуть бути легко отримані усереднені по великих масштабів (в просторі і в часі) інтегральні ознаки і характеристики екосистем. Аерокосмічеській метод -

основний в рішенні завдання стеження за динамікою антропогенних змін в екосистемах на великих площах.

Для цієї мети, крім, спеціальних супутників і супутникових систем («Метеор» і «Метеор - Природа»), а також створених в «ERTS» (Earts Resources Technology Sattelite), «SKYLAB» і «LANDSAT», можуть застосовуватися безпілотні, літакові, аеростатні кошти.

При організації екологічного моніторингу отримується наступна інформація [12, 88, 108, 109, 125, 165]:

- про стан лісів, сільськогосподарських угідь, про рослинність на суші і про сезонні зміни їх стану;
- про фітопланктоні моря;
- про стан земної поверхні (грунтовий покрив, порушення земної поверхні в результаті антропогенної діяльності, ерозійних процесах, про урбанізаційних процесах);
- про забруднення атмосфери, морів і суші.

В аерокосмічному моніторингу в основному використовуються пасивні методи вимірювання. Серед них найбільшого поширення набув метод многозональної відеоінформації (МВВ), одержуваної з використанням спеціальних приладів - сканерів типу MSS - (multispectral scanners), що працює в чотирьох смугах ІК - випромінювання 0,5 - 0,6; 0,6 - 0,7; 0,7-0,8 і 0,8-1,1 мкм. Цей спосіб отримання інформації, в основному, використовується на супутниках США. [81, 112, 160].

МВВ-знімки перспективно використовувати при визначенні ступеня забрудненості атмосфери пиловими і аерозольними частками. Для багатозональних спектральних зйомок використовується випромінювання в діапазоні довжин хвиль, що відносяться до вікон прозорості атмосфери.

УФ-випромінювання з довжинами хвиль коротше 300 нм при таких зйомках не використовується, оскільки воно практично повністю поглинається атмосферою.

Видиме випромінювання легко проходить через атмосферу Землі і тому з успіхом застосовується в спектральних зйомках, так само як і випромінювання в ближній ІЧ області, які найчастіше використовують для вивчення природних ресурсів і стану природних, середовищ, виділення антропогенних ефектів. Для багатоцільового зондування зручний також діапазон ІК області 8-15 мкм, оскільки тут практично відсутня поглинання в атмосфері, а також теплової та радіодіапазон. В цілому цінність інформації про підстильної поверхні і за тією атмосферою залежить від правильності вибору діапазонів довжин хвиль.

Отримати інформацію про речовинний склад пасивними методами вкрай складно. Застосування ж активних лазерних методів, здатних забезпечити отримання інформації про склад і зміст домішок можливо, але сильно ускладнюється цілим рядом явищ в атмосфері, що створює значні перешкоди для вимірювань концентрацій забруднюючих речовин на протяжних трасах (атмосферне шум).

Навіть в найсприятливіших умовах 54% сигналу МВВ визначається так званої атмосферним серпанком. Істотні перешкоди виникають через турбулентність атмосфери. Тому просте вимірювання поглинання світла на якійсь довжині хвилі не дозволяє зробити однозначних висновків аероаналітичного характеру.

Подальший розвиток існуючих засобів спостережень планується сконцентровано на розширенні засобів спостережень в радіодіапазоні, підвищенні просторової роздільної здатності даних, отриманні стереоскопічних зображень.

*Специфіка вимог до інформації систем екологічного моніторингу з використанням аерокосмічних технологій.* В даний час понад 15 країн мають у своєму розпорядженні власними космічними системами дистанційного зондування, а загальне число одночасно функціонуючих супутників вже досягає декількох десятків. Сьогодні використовуються як мали спеціалізовані супутники з мінімальним складом бортової апаратури ДЗЗ, так і складні багатофункціональні космічні платформи [81, 112, 160].

Проведений аналіз свідчить, що з використанням комічних знімків можна отримувати таку інформацію:

- стан рослинності і водної поверхні на певних територіях зі значним техногенним навантаженням зі змінами спектральних характеристик;
- динаміка змін лісів, водойм і біорізноманіття;
- відстеження переформування берегів водних артерій і узбережжя морів;
- моніторинг змін площ звалищ, розмірів кар'єрів;
- відстеження стану акваторій морів і каскадів водосховищ (фітопланктон, температура, наявності плям техногенного забруднення, несанкціонованих викидів);
- контроль територіальних вод щодо скидання баластних вод іноземними та вітчизняними суднами, а також виявлення розливів нафтопродуктів внаслідок катастроф;
- моніторинг лісових (в тому числі торф'яних) і степових пожеж;
- моніторинг паводків і підтоплень та своєї території і суміжних держав;
- оцінка стану сніжного покриву, льодової обстановки;
- моніторинг небезпечних метеорологічних явищ (урагани, град, посуха, пилові бурі) і їх наслідків;
- виявлення потенційно пожежонебезпечних ділянок та території країни і вздовж кордонів.

Однак засобами ДЗЗ неможливо отримувати дані про вміст (концентрацію) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, водних об'єктах, почве- що необхідно для проведення оцінок стану навколишнього природного середовища та визначення впливу на неї антропогенної діяльності.

Крім того, інформація, яка виходить в результаті космічного моніторингу, не може відображати зміни стану навколишнього середовища в режимі реального часу.

Слід також враховувати високу вартість отримання відомостей. Так, наприклад, вартість одного км<sup>2</sup> знімка з роздільною здатністю 0,5-1,5 м становить від 15 до 26 \$, обробка та аналіз орієнтовно від 20 до 30 \$.

Для споживача результатів екологічного моніторингу може бути побудована ієрархія вимог до інформації дистанційного зондування, причому в цій ієрархії в загальному випадку можна виділити наступні три рівня: вимоги до первинної, «об'єктової» і споживчої інформації ДЗЗ.

Таким чином, з'являється можливість створення геоінформаційної системи моніторингу довкілля, яка дозволить відображати стан навколишнього середовища в реальному часі. При цьому повинна бути передбачена мережа мобільних автоматизованих комплексів спостереження за станом атмосферного повітря, а тому числі уздовж автомагістралей, транспортних розв'язок, водних ресурсів, що забезпечить отримання екологічної інформації в режимі реального часу.

### **2.3 Специфіка завдань екологічного моніторингу, що вирішуються з використанням аерокосмічних технологій.**

*1. Кліматологія, контроль глобальних атмосферних змін на основі аерокосмічних технологій.*

Найбільш пріоритетними завданнями кліматології є:

- контроль вмісту газів, що викликають «парниковий» ефект, освіта смогу і кислотних відкладень, вимірювання концентрації в атмосфері хлорфторвуглеці CFC11 і CFC12, а також хлорофторметанов CFM, що викликають руйнування стратосферного озонового шару;

- контроль загального радіаційного балансу Землі: аналіз загального кількості випромінюваного тепла, відбитого сонячного випромінювання, падаючого сонячного ультрафіолетового (УФ) випромінювання, відбитого УФ-випромінювання, вимірювання температури поверхні Землі (основна частина вимірювань проводиться в ближній ІЧ області спектра);

- моніторинг вмісту озону в тропосфері і стратосфері;

- вимірювання концентрації газів, що викликають «парниковий» ефект;

- контроль вмісту атмосферного озону, контроль вмісту аерозолів в земній атмосфері, контроль забруднення атмосфери

- дослідження радіаційного балансу Землі;
- вимірювання температури поверхні, вимірювання вертикального профілю температури, вимірювання температури і топографування поверхні моря;
- спостереження за переміщенням хмар, спостереження хмарного покриву, спостереження конвективних хмар, спостереження грозових розрядів, спостереження опадів;
- аналіз особливостей транстропіческого перенесення енергії;
- вимір вертикального профілю тропосферних вітрів, вимір вологості верхньої тропосфери, вимір вологості водяної пари, вимірювання висоти «верхівок» хмар, вимірювання концентрації в атмосфері малих газових компонентів.

## *2. Пошук корисних копалин та енергоносіїв.*

Серед природних джерел енергії прийнято виділяти викопні енергоносії і джерела «вільної» енергії. Основні завдання дистанційного зондування, спрямовані на пошук джерел енергії зазначених двох класів, такі:

- пошук нафти, природного газу і вугілля;
- отримання інформації дистанційного зондування, необхідної для використання енергії вітру;
- отримання інформації, необхідної для використання сонячної енергії;
- визначення потенційних можливостей, оптимізація характеристик і районів розміщення коштів, призначених для використання геліотермальної енергії;
- отримання інформації, необхідної для створення і експлуатації ветророелектростанцій;
- геологорозвідувальні завдання оглядового масштабу;
- геологорозвідувальні завдання регіонального масштабу.

## *3. Землекористування.*

Рішення задач землекористування в глобальному масштабі направлено на виявлення тенденцій розвитку ландшафтів і виділення змін земної поверхні, що

мають природний і антропогенний характер. Основні завдання землекористування наступні:

- топографічне картування;
- спостереження за ростом міст;
- спостереження за пасовищами, розподілом і міграціями диких тварин.

#### *4. Спостереження прибережних зон.*

Виділяють три основні групи завдань, пов'язані з наглядом прибережних зон і океанів:

- вивчення впливу океану на глобальну циркуляцію вуглецю і енергетическій баланс Землі (контроль динаміки розвитку фітопланктону, вивчення динаміки процесів випадання планктону, вивчення механізму участі океану в процесі глобального теплообміну);

- пошук океанських ресурсів (вивчення океанських ресурсів);
- контроль забруднення Світового океану (виявлення джерел забруднення океану).

#### *5. Лісове господарство.*

Використання космічної інформації ДЗЗ для забезпечення потреб лісового господарства здійснюється за такими основними напрямками:

- контроль за знищенням лісів (збезлісенням);
- інвентаризація лісу (визначення типів лісонасаджень і домінуючих порід, оцінка запасів лісоматеріалів, вимір загальної площі і кількісна оцінка біомаси, картографування лісів;

- виявлення значних пошкоджень лісових масивів (оцінка збитку, нанесеного лісових масивів, вивчення водного режиму лісових масивів);

- лісівництво (виявлення безконтрольних рубок лісу, вирубочної динаміки; контроль поразки дерев комахами і пестицидами; виявлення і спостереження лісових пожеж; контроль за посадками дерев на місці пошкоджених).

#### *6. Контроль водних ресурсів.*

Контроль водних ресурсів передбачає:

- спостереження снігового і крижаного покривів (аналіз особливостей взаємодії льоду і атмосфери, вимірювання температури і товщини льоду, вивчення окремих крижин, аналіз шорсткості і температури льоду, вимір відбивної здатності льоду, виявлення областей зі сніговим покривом, класифікація снігового покриву, визначення характеристик снігового покриву) ;

- визначення характеристик джерел ґрунтових вод, в тому числі якості води (виявлення ділянок розвантаження (розтину) ґрунтових вод на поверхні, непряме виявлення ґрунтових вод, окреслення водоносних шарів, контроль якості води);

- моніторинг повеней, здатних привести до небезпечних наслідків.

#### *7. Моніторинг надзвичайних ситуацій.*

Аерокосмічні системи ДЗЗ мають переваги перед іншими системами отримання інформації для оцінки обстановки в тих випадках, коли зона надзвичайної ситуації охоплює території великої площі або з різних причин іншими способами цього зробити не можна. Крім того, основними перевагами аерокосмічних систем є: оперативність, менша залежність від метеоумов, захоплення в смугі огляду великих територій при вирішенні наступних завдань:

- попередження, контроль і оцінка наслідків повеней (паводків і повеней в результаті зливових дощів);

- організація інформаційного забезпечення при екстремому реагування на землетруси, пожежі, повені і т.п.

### **2.4 Обґрунтування експертної екологічної системи для діагностики та оцінки стану навколишнього середовища**

Важливим фактором, який обумовлює необхідність інформатизації, є проведення мобільного моніторингу за фактичним станом навколишнього середовища. Завдяки автоматизованим моніторинговим системам стає більш ефективним контроль за природоохоронною діяльністю. При цьому інформаційні технології системи мобільного екологічного моніторингу припускають пошук, обробку і поширення великих масивів даних, створення і



експлуатацію різних інформаційних систем, що містять бази і банки даних і знань [1, 53, 85].

*Експертна екологічна система.*

Експертна екологічна система - це система, призначена для зберігання екологічної інформації в спеціальним чином організованої формі, має кошти для виконання процедур введення, розміщення, обробки, пошуку і видачі екологічної інформації за запитами користувачів. Найважливішими підсистемами експертної екологічної системи є бази і банки даних, а також належні до класу систем штучного інтелекту експертні інформаційні системи.

*Бази і банки даних.*

Загальною метою інформаційного забезпечення екологічних досліджень є вивчення інформаційних потоків і підготовка матеріалів для прийняття рішень на всіх рівнях управління в питаннях виконання екологічного моніторингу. Комплексні екологічні інформаційні системи повинні бути розраховані, як правило, на установку і підключення автоматизованих робочих місць.

На автоматизованому робочому місці на основі просторово прив'язаної інформації можуть вирішуватися екологічні завдання різного спектру:

- аналіз зміни навколишнього середовища під впливом природних і техногенних факторів;
- раціональне використання і охорона водних, земельних, атмосферних, мінеральних і енергетичних ресурсів;
- зниження шкоди і запобігання техногенним катастрофам;
- забезпечення безпечного проживання людей, охорона їх здоров'я.

Відомості про потенційно екологічно небезпечних об'єктах, про концентрацію шкідливих речовин, допустимих нормах і т.д. повинні супроводжуватися географічної, геоморфологічної, ландшафтно-геохімічної, гідрогеологічної і іншими типами інформації.

Державна система моніторингу може бути призначена для накопичення, обробки та аналізу даних про екологічні проекти прикладного та дослідницького характеру на всій території. Регіональна система моніторингу

покликана служити джерелом інформації про джерела і реальному забрудненні навколишнього середовища, запобігання катастроф, екологічних заходах в області охорони навколишнього середовища, платежі підприємств на території області з метою економічного управління і контролю з боку державних органів.

### *Експертні системи екологічного моніторингу*

В області екології в даний час експертні системи не набули поширення через відсутність єдиної стандартизованої бази знань, їх складність і дорожнечу. Експертні екологічні системи повинні бути побудовані на основі спеціальних знань в області екології та природних ресурсів, отриманих від експертів - фахівців у цій галузі. Експертні екологічні системи можуть вирішувати такі завдання: інтерпретація, прогноз, діагностика, проектування, планування, навчання, спостереження, управління. Схема структури екологічної експертної системи предста представлена рис. 1.2.

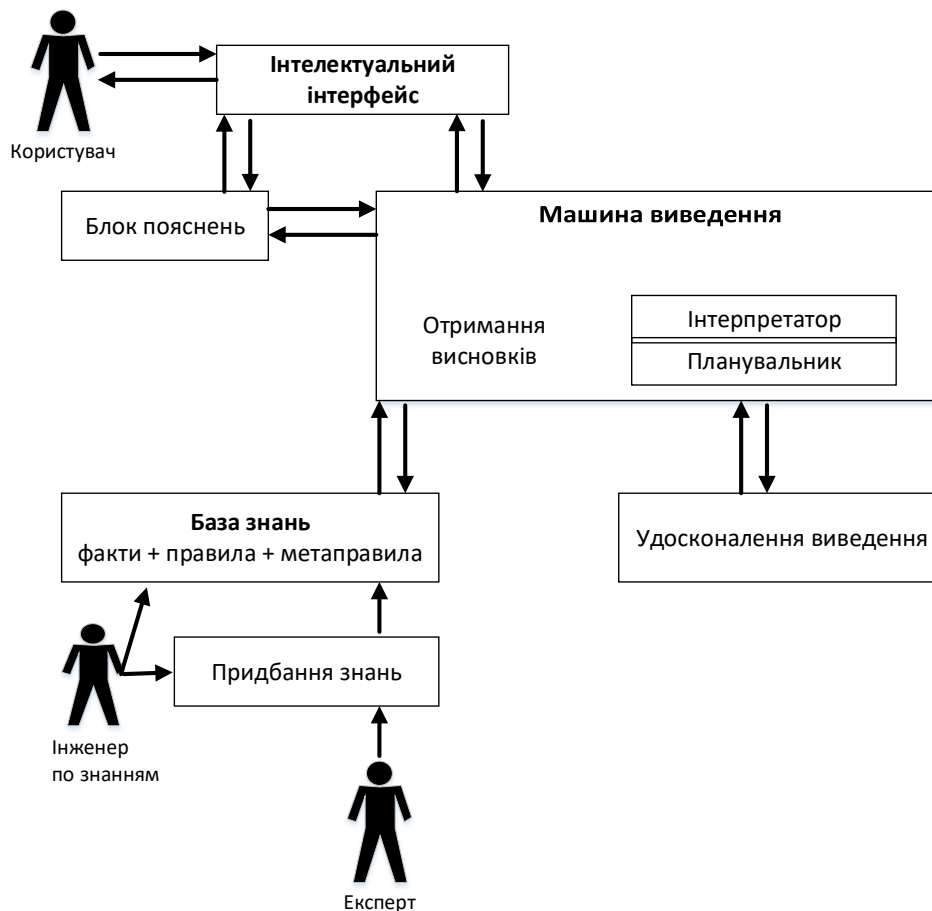


Рис. 2.1 - Структура екологічної експертної системи.

### *Геоінформаційні системи.*

Сучасні геоінформаційні системи (ГІС) являють собою складні і багатофункціональні інструменти для роботи з даними про Землю. Можливості, що надаються користувачеві ГІС: робота з картою (переміщення і масштабування, видалення і додавання об'єктів); друк в заданому вигляді будь-яких об'єктів території; висновок на екран об'єктів певного класу; висновок атрибутивної інформації про об'єкт; обробка інформації статистичними методами і відображення результатів такого аналізу безпосереднім накладенням на карту [17, 134, 142].

За допомогою ГІС фахівці можуть оперативно спрогнозувати можливі місця розривів трубопроводу, простежити на карті шляхи поширення забруднень і оцінити можливі збитки для природного середовища, обчислити об'єм коштів, необхідних для усунення наслідків аварії.

За допомогою ГІС можна виділити промислові підприємства, які здійснюють викиди шкідливих речовин, відобразити розу вітрів і ґрунтові води в навколишньому їх місцевості і змодельовати поширення викидів в навколишнє середовище.

Безумовним лідером у створенні локальних баз даних є ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc., США) Сервер ArcAtlas "Our Earth" містить більше 40 тематичних покриттів, які широко використовуються у всьому світі. Практично всі картографічні проекти масштабу 1:10 000 000 і більше дрібних масштабів створюються з його використанням.

Найбільш серйозним проектом по створенню розподіленої бази даних є «Цифрова Земля» (Digital Earth). Цей проект був запропонований віце-президентом США Гором в 1998р., Основним виконавцем є NASA. У проекті взяли участь міністерства і державні відомства США, університети, приватні організації, Канада, Китай, Ізраїль і Європейський союз. Всі проекти розподілених баз даних зазнають серйозних труднощів у питаннях

стандартизації даних і сумісності окремих ГІС і проектів, створених різними організаціями із застосуванням різного програмного забезпечення.

### *Моделювання*

Моделювання, як один з основних методів прогнозування і оцінки ризиків аварійних катастрофічних екологічних ситуацій, широко застосовується в екології. Моделювання дозволяє спрогнозувати зміни, які можуть відбуватися в навколишньому середовищі в результаті впливу будь-яких чинників. При цьому екологічна модель дозволяє детально вивчити проблему і знайти оптимальний спосіб її організаційного та технічного рішення щодо забезпечення екологічної безпеки.

Модель може служити зразком «екологічно безпечного об'єкта» або ідеалізованого поведінки, при порівнянні з яким можна оцінювати і вимірювати реальні об'єкти і процеси. [37; 88].

Застосування математичного моделювання може дати практичний ефект тільки при створенні єдиної мережі даних, пов'язаної з моделлю системи «суспільство-природа». Для цього необхідне об'єднання різних наук в єдину систему і створення можливості гнучкого управління цими знаннями. Це можливо здійснити шляхом об'єднання ГІС-технології, методів експертних систем та імітаційного моделювання. Такій підхід сприяє створенню геоінформаційних моделюючих систем (ГІМС). При цьому ГІС забезпечує обробку географічних даних, зв'язок з базами даних і символічне уявлення топології досліджуваних територій. Розширення ГІС в ГІМС умовно здійснюється за схемою

$$\text{ГІМС} = \text{ГІС} + \text{Модель}$$

Розвиток і застосування ГІМС-технології передбачає з'єднання методик і алгоритмів математичного моделювання з наземними і дистанційними вимірами характеристик навколишнього природного середовища, пропонується на базі синтезу космічних, повітряних і наземних екологічних комплексів.

На комплекси ГІМС слід покласти вирішення таких основних завдань:

- прогнозування часу початку і ступеня небезпеки стихійних лих, аварійних ситуацій і техногенних катастроф;
- контроль динаміки аварій і катастроф, в тому числі і в складних метеоумовах, і видача інформації для прийняття рішення;
- оцінка наслідків аварій і катастроф для міст, сільськогосподарських і лесоболотної угідь, морський і приморської флори і фауни;
- видача цілевказівки рятувальним службам при проведенні пошуково-рятувальних робіт.

Крім того, ГІМС-технологія дозволить вирішувати проблеми моніторингу територій великих промислових центрів. Серед них можна виділити:

- вивчення сезонних параметрів елементів міського та приміського ландшафтів, геофізичних полів і локальних аномалій, виявлення закономірностей взаємозв'язку їх характеристик, представлення результатів дослідження у вигляді тематичних карт;
- створення методології оцінок екологічного і санітарного стану житлової, промислової, лісопаркової та приміської зон, водойм і річок, теплотрас і продуктопроводів, транспортних та електромереж;
- дослідження сезонної і добової динаміки показників місць складування побутових і виробничих відходів, джерел забруднення земних покривів, повітряного і водного басейнів;
- рішення обернених задач і розробка статистичних критеріїв подібності стосовно до локальних антропогенних і геофізичних особливостей міській та приміській території, приземної атмосфери, хмарності та озонового шару, динаміки забруднення і їх елементів.

#### *Напрямки перспективного вдосконалення ГІСМ*

У перспективі доцільно організувати цілісну систему, яка дозволила б об'єднати в собі параметри навколишнього середовища і показники здоров'я населення, проаналізувати і представити особам, які беруть управлінські рішення, можливі варіанти вдосконалення системи (рис.2.2).

ГІСМ повинна стати центральним елементом у державній системі комплексного управління екологічними процесами.

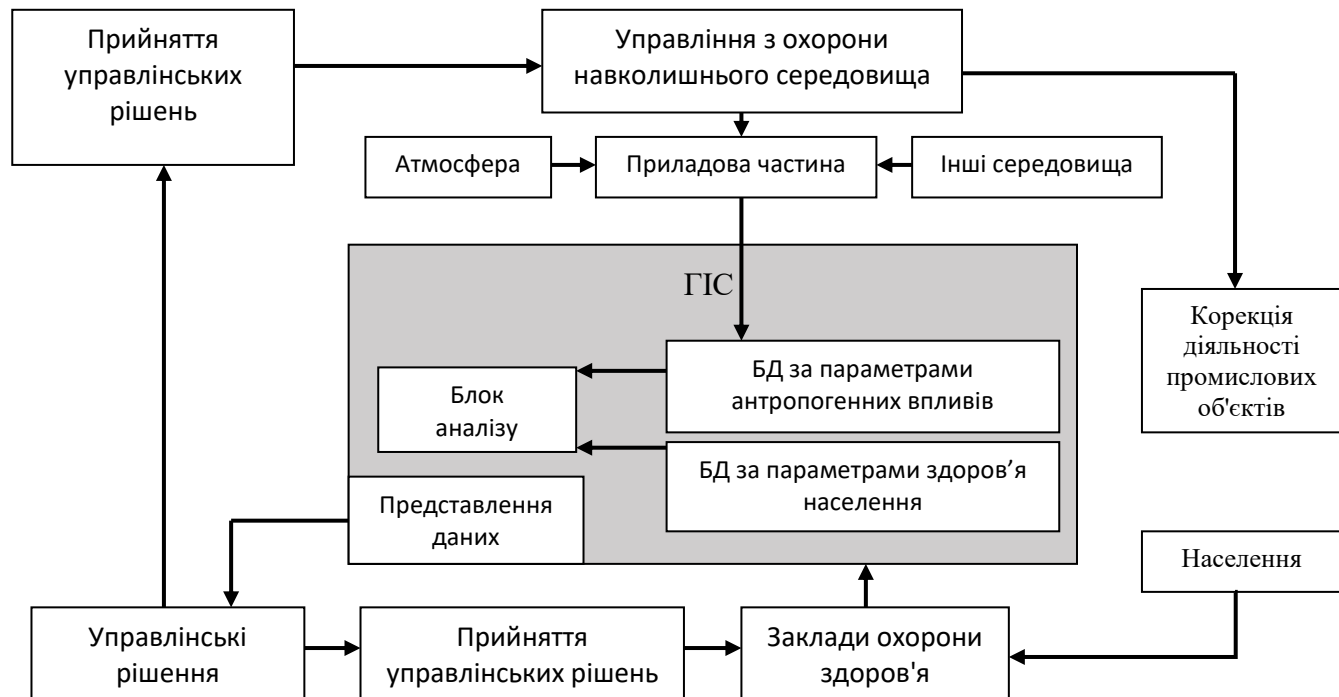


Рис. 2.2 - Блок-схема системи комплексного управління соціально-економічно-екологічними процесами.

## 2.5 Ідентифікація загроз техногенній і природній безпеці регіонів

Для об'єктивної кількісної оцінки, порівняння, аналізу, управління впливом забруднювачів різною і різноманітною природи в останні десятиліття за кордоном і в Україні активно розвивається методологія ризиків. Ризик впливу забруднювача того чи іншого виду визначається як імовірність виникнення у людини або його потомства будь-якого шкідливого ефекту в результаті цього впливу. Екологічний ризик - імовірність настання події, що має несприятливі наслідки для природного середовища і викликаного негативним впливом господарської та іншої діяльності, надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру [3, 7, 18, 21, 63].

Екологічний ризик характеризується наступними нормативними рівнями:

*Прийнятний екологічний ризик* - це ризик, рівень якого виправданий з точки зору як екологічних, так і економічних, соціальних та інших проблем у конкретному суспільстві і в конкретний час.

*Гранично допустимий екологічний ризик* - максимальний рівень прийняттого екологічного ризику. Він визначається по всій сукупності несприятливих екологічних ефектів і не повинен перевищуватися незалежно від інтересів економічних або соціальних систем.

*Припустимий екологічний ризик* - мінімальний рівень прийняттого екологічного ризику. Екологічний ризик знаходиться на рівні флуктуацій рівня фонового ризику або визначається як 1% від гранично допустимого екологічного ризику. У свою чергу, фоновий ризик - це ризик, обумовлений наявністю ефектів природи і соціального середовища проживання людини.

Широке застосування знаходить таке поняття, як *індивідуальний екологічний ризик*. Це ризик, який зазвичай ототожнюється з імовірністю того, що людина в ході своєї життєдіяльності випробує несприятливий екологічний вплив. Індивідуальний екологічний ризик характеризує екологічну небезпеку в певній точці, де знаходиться індивідуум, тобто характеризує розподіл ризику у просторі. Це поняття може широко використовуватися для кількісної характеристики територій, на які мають вплив негативні фактори [131, 137, 143].

Для аналізу ризику, встановлення його допустимих меж у зв'язку з вимогами безпеки прийняття керуючих рішень, необхідні:

- наявність інформаційної системи, що дозволяє оперативно контролювати існуючі джерела небезпеки та стан об'єктів можливого ураження, зокрема, статистичний матеріал з екологічної епідеміології;
- відомості про передбачувані напрямки господарської діяльності, проекти і технічних рішеннях, які можуть впливати на рівень екологічної безпеки, а також програми для ймовірної оцінки пов'язаного з ними ризику;
- експертиза безпеки і зіставлення альтернативних проектів і технологій,

які є джерелами ризику;

- розробка техніко-економічної стратегії збільшення безпеки і визначення оптимальної структури витрат для управління величиною ризику і її зниження до прийняттого рівня з соціальної, економічної та екологічної точок зору;

- складання ризикоекологічних прогнозів та аналітичне визначення рівня ризику, при якому припиняється ріст кількості екологічних поразок

- формування організаційних структур, експертних систем і нормативних документів, призначених для виконання зазначених функцій і процедури прийняття рішень.

- вплив на громадську думку і пропаганда наукових даних про рівні екологічного ризику з метою орієнтації на об'єктивні, а не емоційні чи популістські оцінки ризику.

Ризик - це кількісна або якісна оцінка небезпеки; відповідно, екологічний ризик - це кількісна або якісна оцінка екологічної небезпеки несприятливих впливів на навколишнє середовище.

На основі аналізу стану навколишнього природного середовища України та проведеної ідентифікації загроз техногенній і природній безпеці України, у теперішній час основними загрозами у техногенній сфері є радіаційно небезпечні, хімічно небезпечні, вибухопожежонебезпечні, гідродинамічні об'єкти та аварії на транспорті.

Серед найважливіших загроз природній безпеці України фахівці визнали загрози гідрометеорологічного характеру (сильні дощі, зливи, сильний вітер, шквали, смерчі, заморозки, посухи тощо); загрози геологічного характеру; пожежі в природних екосистемах; загрози медико-біологічного характеру.

Кількісною мірою загрози є ризик. До характеристик ризиків техногенної сфери віднесено такі: зони радіаційної небезпеки, кількість населення, що потрапляє під вплив радіації за можливих аварій на АЕС; кількість небезпечних хімічних речовин (НХР) на одиницю території регіону; кількість населення, що потрапляє у зону можливого зараження НХР; наявність систем виявлення НХР (чим їх більше, тим небезпека аварії менша); кількість осіб, які загинули від



пожежі чи вибуху; кількість вибухопожежонебезпечних речовин на душу населення, зони катастрофічного затоплення, кількість населення, що потрапляє у зону можливого катастрофічного затоплення, ризик загинути внаслідок дорожньо транспортних подій (ДТП), ризик бути травмованим внаслідок ДТП.

Як характеристики ризиків природної сфери доцільно розглядати: сильні дощі, зливи, сильний вітер, шквали, смерчі, великий град, заморозки, сильні хуртовини, ожеледь, високі рівні води (водопілля, паводки), зсуви, підтоплення, карст, сейсмонебезпечні території, лісові, степові пожежі та пожежі хлібних масивів, а також інфекційні захворювання людей, масове отруєння людей, інфекційні захворювання тварин, ураження рослин хворобами і шкідниками, оскільки вони належать до природних надзвичайних ситуацій.

В таблиці 2.5 наведено базу даних показників, що характеризують ризики виникнення техногенних і природних надзвичайних ситуацій у регіональному вимірі (у переліку 28 показників) [133].

Таблиця 2.5

## Показники екологічної небезпеки

Показник	Стислий зміст показника
	<b>Радіоактивні ураження за потенційних аварій на АЕС</b>
X1	Небезпека ураження території за аварій на АЕС (зони можливого радіоактивного ураження, тис. км <sup>2</sup> , відсоток усїєї території регіону)
X2	Кількість населення, що потрапляє у зону можливого ураження за аварій на АЕС (відсоток усього населення регіону)
	<b>Розміщення хімічно небезпечних виробництв</b>
X3	Небезпека ураження території регіону НХР (маса НХР на одиницю території, т/км <sup>2</sup> )
X4	Небезпека ураження населення регіону НХР (кількість населення, яке знаходиться у зоні можливого зараження НХР, відсоток усього населення регіону)
X5	Наявність систем виявлення НХР на хімічно небезпечних об'єктах (одиниць)
X6	Пожежо- і вибухонебезпечні об'єкти Небезпека загинути від пожежі чи вибуху (кількість осіб, які

	загинули від пожежі чи вибуху, на 10 000 населення)
X7	Небезпека ВПНР для територій (маса вибухопожежонебезпечних речовин на одиницю території, т/км <sup>2</sup> )
	<b>Розміщення гідродинамічних об'єктів</b>
X8	Небезпека катастрофічного затоплення територій (зони можливого катастрофічного затоплення, км <sup>2</sup> , відсоток усієї території регіону)
X9	Кількість населення, що потрапляє у зону можливого затоплення (тис. осіб)
	<b>Аварії на транспорті</b>
X10	
X11	Ризик бути травмованим внаслідок ДТП (кількість осіб, травмованих внаслідок дорожньо-транспортних пригод, на 10 000 населення)
	<b>Небезпечні чинники гідрометеорологічного характеру</b>
X12	Сильні дощі, зливи (кількість стихійних явищ за відповідний період)
X13	Сильний вітер, шквали, смерчі (кількість стихійних явищ за відповідний період)
X14	Великий град (кількість стихійних явищ за відповідний період)
X15	Заморозки – загибель посівів, врожаю (кількість стихійних явищ за відповідний період)
X16	Сильний сніг, сильні хуртовини, ожеледь (кількість стихійних явищ за відповідний період)
X17	Високі рівні води – водопілля, паводки (кількість НС за відповідний період)
	<b>Небезпечні чинники геологічного характеру</b>
X18	Площа зсувонебезпечних територій (км <sup>2</sup> )
X19	Заболочені і перезволожені сільськогосподарські угіддя внаслідок підтоплення (відсоток площі території)
X20	Ураженість території карстовими процесами (відсоток площі території)
X21	Сейсмічнонебезпечні території (силою понад 6 балів) (тис. км <sup>2</sup> )
	<b>Пожежі в природних екосистемах</b>
X22	Зона можливих лісових пожеж (тис. га)
X23	Площа можливих польових пожеж (відсоток усіх сільськогосподарських угідь)
	<b>Небезпечні чинники медико-біологічного характеру</b>
X24	Інфекційні захворювання людей (кількість НС за відповідний період)
X25	Масове отруєння людей (кількість НС за період відповідний період)
X26	Інфекційні захворювання тварин (кількість НС за відповідний період)

X27	Ураження рослин шкідниками (кількість НС за відповідний період)
	<b>Небезпечні чинники соціально-політичного характеру</b>
X28	Виявлення застарілих боєприпасів

Статистичні дані показників, які характеризують ризики виникнення техногенних і природних надзвичайних ситуацій в регіонах України для подальшого використання в розрахунках нормували за формулою

$$X_i'' = \frac{X_i}{X_i^{\max}}$$

Наведений перелік показників є основою статистичної бази даних для кількісної оцінки інтегральних показників безпеки у регіонах України щодо виникнення надзвичайних ситуацій, їхнього комплексного порівняльного аналізу. Статистичні дані, потрібні як вхідні для математичних моделей, можуть бути підготовлені й оброблені за допомогою програми Microsoft Excel.

### ***Визначення пріоритетів елементів системи техногенної і природної безпеки.***

Центральним питанням у загальній ієрархічній екологічній моделі є, - наскільки відчутно впливають окремі чинники найнижчого рівня ієрархії на вершину – загальну ціль. Встановлення пріоритетів чинників найнижчого рівня відносно цілі зводиться до послідовності завдань визначення пріоритетів для кожного рівня, а кожне таке завдання – до послідовності парних порівнянь.

Розглянемо елементи системи техногенної і природної безпеки деякого рівня ієрархії  $C_1, C_2, \dots, C_n$ . Визначимо пріоритети (вагові коефіцієнти)  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  їх впливу на деякий елемент іншого рівня. Елементи цього рівня ієрархії  $C_1, C_2, \dots, C_n$  розмістимо у вигляді квадратної матриці, де в лівому куті і зверху запишемо порівнювані елементи.

Позначимо через  $a_{ij}$  число, що відповідає значенню переваги елемента  $C_i$  порівняно з  $C_j$ . Матрицю, яка складається з цих чисел, позначимо через  $A$ , тобто  $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$ . Матрицю парних порівнянь можна зобразити так:

	$C_1$	$C_2$	...	$C_n$
$C_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$
$C_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2n}$
...	...	...	...	...
$C_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nn}$

Для такої матриці, коли порівняння ґрунтуються на точних вимірюваннях, тобто ваги  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  відомі,  $a_{ij} = \omega_i / \omega_j$ , де  $i, j = 1, \dots, n$ .

Тому

$$a_{ji} = \omega_j / \omega_i = 1 / (\omega_i / \omega_j) = 1 / (a_{ij})$$

Це означає, зокрема, що коли об'єкт  $x_i$  важливіший за об'єкт  $x_j$  в  $a > 1$  разів, то цінність об'єкта  $x_j$  становить  $1/a$  частину цінності об'єкта  $x_i$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} (\omega_j / \omega_i) = n, \quad i = 1, \dots, n,$$

Для матриці  $A$  маємо причому  $n$  – це максимальне власне значення матриці  $A$ , а сума усіх власних значень дорівнює

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} = n$$

сліду матриці

Отже, для знаходження вектора пріоритетів треба знайти вектор  $\omega$ , який би задовольняв рівняння

$$A\omega = \lambda_{\max}\omega, \quad (2.1)$$

де  $\lambda_{\max}$  – найбільше власне значення матриці  $A$ .

Таблиця 2.6

**Шкала відносної важливості елементів**

Інтенсивність відносної важливості	Означення	Пояснення і рекомендації щодо використання
1	Однакова важливість	Однаковий вплив двох видів елементів на ціль
3	Значна перевага одного над іншим	Досвід і судження дають значну перевагу одному виду елемента над іншим
5	Істотна перевага	Досвід і судження дають істотну перевагу одному виду над іншим
7	Велика перевага	Одному виду елемента надається настільки велика перевага, що він стає практично визначальним
9	Величезна перевага	Очевидність переваги одного виду елемента над іншим підтверджується найбільшою мірою
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома сусідніми судженнями	Застосовують у компромісному випадку

Оскільки вагові коефіцієнти елементів  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  невідомі, то для проведення парних порівнянь елементів використано шкалу відносної важливості, розроблену Т. Сааті й наведену в табл. 2.6. Врахувавши той факт, що здатність людини розпізнавати різні властивості об'єктів обмежена числом Міллера, яке дорівнює  $7 \pm 2$ , то для більшої узгодженості й точності експерту не слід порівнювати більше ніж 9 об'єктів.

Парні порівняння приводять до формування квадратної таблиці матричної форми з однаковими кількостями рядків і стовпців, яка має властивості оберненої симетричності. Однакова вага впливу вимірюється одиницею, тому по діагоналі матриць парних порівнянь завжди будуть знаходитись одиниці.

У разі порівняння ваги кожного елемента з вагою будь-якого іншого елемента відносно загальної для них властивості або мети матриця порівнянь набуває такого вигляду:

Елемент	$C_1$	$C_2$	...	$C_n$
$C_1$	$\omega_1/\omega_1$	$\omega_1/\omega_2$	...	$\omega_1/\omega_n$
$C_2$	$\omega_2/\omega_1$	$\omega_2/\omega_2$	...	$\omega_2/\omega_n$
...	...	...	...	...
$C_n$	$\omega_n/\omega_1$	$\omega_n/\omega_2$	...	$\omega_n/\omega_n$

(2.2)

У формуванні матриць парних порівнянь треба участь група експертів, а матриці (2.2) кожен експерт заповнює окремо. Результати усереднюються з метою поєднання різних суджень.

Після заповнення експертами матриць парних порівнянь потрібно перейти до розрахунків векторів їхніх пріоритетів, що визначають вплив елементів другого рівня на фокус проблеми. Для цього розраховується множина власних векторів матриці та нормалізується отриманий результат. Існують комп'ютерні програми обчислення власних векторів матриці. Крім того, можна скористатися наближеним обчисленням компонент власного вектора матриці, а саме: для рядка  $C_i$  матриці наближену оцінку компонент власного вектора знайти за формулою

$$\sqrt[n]{\frac{\omega_i}{\omega_1} \times \frac{\omega_i}{\omega_2} \times \dots \times \frac{\omega_i}{\omega_n}} = q_i. \quad (2.3)$$

Наступним кроком в обчисленнях є нормалізація отриманого за формулою (2.3) вектора:

$$b_i = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}, \quad (2.4)$$

де  $b_i$  – нормалізована компонента власного вектора матриці (2.2).

Відомий математичний апарат, який дає змогу перевірити узгодженість (об'єктивність) заповнення матриць. Т. Сааті ввів індекс узгодженості

$$J = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

Якщо його значення становить 1–10 % табличного, то результати

опитування вважають об'єктивними і задовільними. У разі порушення критеріїв об'єктивності оцінки парних зіставлень потрібно знову уточнити.

Оскільки на I рівні ієрархії завжди знаходиться один елемент (фокус проблеми), що передбачено методичними положеннями методу аналізу ієрархій, то матриця парних порівнянь для елементів II рівня теж буде одна. Як наслідок, її нормалізований власний вектор  $B(b_1, b_2, \dots, b_n)$ , компоненти якого обчислені за формулою (5.69), і буде вектором пріоритетів II рівня ієрархії.

Для визначення пріоритетів окремих елементів інших рівнів ієрархічної структури досліджуваного процесу (починаючи з III і до останнього) число матриць парних порівнянь завжди відмінне від одиниці. У разі повної ієрархії їх число обумовлюється числом структурних елементів вищого рівня, а за неповної ієрархії – числом причинно-наслідкових зв'язків між сусідніми рівнями. Тому виникає потреба зважування нормалізованих векторів, отриманих із матриць попарних порівнянь для елементів нижчого рівня, на пріоритети елементів вищого рівня. Це досягається множенням справа матриці нормалізованих векторів, розрахованих для кожного причинно-наслідкового зв'язку між елементами сусідніх рівнів, на вектор пріоритетів елементів вищого рівня. У матричному вигляді розрахунки виконують за формулою

$$B^{r+1} = C^{r+1} B^r, (2.5)$$

де  $B^{r+1}$ ,  $B^r$  – вектори пріоритетів елементів ієрархії на рівнях  $r + 1$  та  $r$ ;  $C^{r+1}$  – матриця нормалізованих векторів елементів  $r + 1$  рівня ієрархії.

Наведемо конкретний приклад. Для II рівня ієрархії експерти відповідали на запитання: який тип небезпеки більшою мірою визначає рівень небезпеки регіону спостереження щодо виникнення надзвичайних ситуацій? Матриця порівнянь і нормалізований власний вектор матриці зведені в табл. 2.7.

Для III рівня ієрархії – загрози – формують матриці парних порівнянь (їх уже буде 9, якщо враховувати і соціально-політичну небезпеку) і заповнюють експерти, які відповідають на запитання: яка із загроз є вагомішою щодо

відповідного типу небезпеки?

Після заповнення експертами всіх матриць парних порівнянь і визначення їх власних векторів та нормалізації цих векторів, оцінюють індекс узгодженості матриць.

Таблиця 2.7

**Приклад анкети після відповіді експерта на запитання: яка з небезпек є вагомішою щодо виникнення НС.**

Небезпека виникнення НС	Техногенна	Природна	Соціально-політична (виявлення застарілих боєприпасів)	Нормалізований власний вектор
Техногенна	1	2	5	0,689
Природна	0,5	1	5	0,201
Соціально-політична (виявлення застарілих боєприпасів)	0,2	0,2	1	0,110

Якщо рівень узгодженості задовільний, то розраховують глобальні пріоритети елементів ієрархії за вищенаведеним алгоритмом, інакше експертам пропонується переглянути оцінки порівняльних міркувань.

Нижче наведено глобальні пріоритети множини елементів техногенної і природної небезпеки в регіонах України (табл. 2.8)

Таблиця 2.8.

**Глобальні пріоритети множини елементів техногенної і природної небезпеки**

Позначення	Тип небезпеки	Пріоритет
Ds1	Техногенні НС	0,543
Ds2	Природні НС	0,387
Ds3	Соціально-політичні НС	0,072
Hs1	Радіаційно-небезпечні об'єкти	0,140
Hs2	Хімічно небезпечні об'єкти	0,130
Hs3	Вибухопожежонебезпечні об'єкти	0,110
Hs4	Гідродинамічні об'єкти	0,061



Hs5	Аварії на транспорті	0,102
Hs6	Гідрометеорологічні явища	0,150
Hs7	Геологічні явища (зсуви, карст, підтоплення, сейсмічна активність)	0,074
Hs8	Пожежі в природних екосистемах	0,034
Hs9	НС медико-біологічного характеру Ризики загроз	0,129
Rsi	Сумарні площі зон можливого радіаційного ураження за аварій на АЕС (тис. км <sup>2</sup> )	0,0467
Rs2	Кількість населення, що потрапить під вплив радіації в разі аварії на АЕС (тис. осіб)	0,0933
Rs3	Небезпека ураження території регіону НХР (маса НХР на одиницю території, т/км <sup>2</sup> )	0,0221
Rs4	Небезпека ураження населення регіону НХР (кількість населення, яке знаходиться у зоні можливого зараження НХР, відсоток загальної чисельності населення регіону)	0,0697
Rs5	Наявність систем виявлення НХР на хімічно небезпечних об'єктах (одиниць)	0,0383
Rs6	Небезпека загибелі від пожежі чи вибуху (кількість осіб, які загинули від пожежі чи вибуху, на 10 000 населення)	0,0733
Rs7	Небезпека ВПНР для територій (маса вибухопожежонебезпечних речовин на одиницю території, т/км <sup>2</sup> )	0,0366
Rs8	Небезпека катастрофічного затоплення територій (зони можливого катастрофічного затоплення, км <sup>2</sup> , відсоток загальної площі регіону)	0,0204
Rs9	Кількість населення, яке потрапить у зону можливого затоплення (тис. осіб)	0,0406
Rs10	Ризик загибелі внаслідок ДТП (кількість осіб, які загинули внаслідок дорожньо-транспортних пригод, на 10 000 населення)	0,0679
Rs11	Ризик бути травмованим внаслідок ДТП (кількість осіб, травмованих внаслідок дорожньо-транспортних пригод, на 10 000 населення)	0,0341
Rs12	Сильні дощі, зливи (число стихійних явищ за період 1981-2003 рр.)	0,0453
Rs13	Сильний вітер, шквали, смерчі (число стихійних явищ за період 1981–2003 рр.)	0,0491

Rs14	Великий град (число стихійних явищ за період 1981– 2003 рр.)	0,0087
Rs15	Заморозки – загибель посівів, врожаю (число стихійних явищ за період 1981–2003 рр.)	0,0069
Rs16	Сильний сніг, сильні хуртовини, ожеледь (число стихійних явищ за період 1981–2003 рр.)	0,0114
Rs17	Високі рівні води – водопілля, паводки (число НС за період 1997–2003 рр.)	0,0285
Rs18	Площа зсувонебезпечних територій, км <sup>2</sup>	0,0280
Rs19	Заболочені і перезволожені сільськогосподарські угіддя внаслідок підтоплення (відсоток площі території)	0,0334
Rs20	Ураженість території карстовими процесами (відсоток площі території)	0,0096
Rs21	Сейсмічнонебезпечні території (силою понад 6 балів) (тис. км <sup>2</sup> )	0,0030
Rs22	Загальна площа можливих лісових пожеж (тис. га)	0,0221
Rs23	Площа можливих польових пожеж (відсоток усіх сільськогосподарських угідь)	0,0119
Rs24	Інфекційні захворювання людей	0,0743
Rs25	Масове отруєння людей	0,0368
Rs26	Інфекційні захворювання тварин	0,0127
Rs27	Ураження рослин шкідниками і хворобами	0,0053
Rs28	Виявлення застарілих боєприпасів	0,0165

Так, експерти визначили, що на рівень потенційної небезпеки в Україні найбільшою мірою впливають техногенні НС (ваговий коефіцієнт 0,543), за ними йдуть природні НС (ваговий коефіцієнт 0,387), далі – соціально-політичні НС (ваговий коефіцієнт 0,072). Зауважимо, що із соціально-політичних НС брали до уваги лише виявлення застарілих боєприпасів [62, 115].

Серед глобальних пріоритетів III рівня ієрархії (загрози) для України найнебезпечнішими виявилися гідрометеорологічні явища (ваговий коефіцієнт – 0,150), радіаційно небезпечні (ваговий коефіцієнт – 0,140), хімічно небезпечні об'єкти (ваговий коефіцієнт – 0,130), а також НС медико-біологічного

характеру (ваговий коефіцієнт – 0,129). Найнижчий пріоритет серед загроз III рівня ієрархії отримали пожежі в природних екосистемах – 0,034.

Серед глобальних пріоритетів IV рівня ієрархії пріоритетними є такі характеристики: високий ризик для населення, яке потрапляє під вплив радіації в разі аварій на АЕС (ваговий коефіцієнт – 0,0933); небезпека загибелі на даній території від пожежі чи вибуху (ваговий коефіцієнт – 0,0733); небезпека ураження населення НХР у зоні можливого хімічного зараження (ваговий коефіцієнт – 0,0697); інфекційні захворювання людей (ваговий коефіцієнт – 0,0743), небезпека загибелі внаслідок дорожньо-транспортної пригоди (ваговий коефіцієнт – 0,0679).

## 2.6 Визначення комплексного показника потенційної небезпеки регіонів щодо техногенних і природних надзвичайних ситуацій

За наявності вагових коефіцієнтів характеристик ризиків і нормованих значень вхідних даних комплексний показник потенційної небезпеки  $j$ -го регіону розраховують за формулою

$$KN_j = \sum_{i=1}^n P_i X_{ij}, \quad (2.6)$$

де  $KN_j$  – комплексний показник потенційної небезпеки  $j$ -го регіону;  $P_i$  – питомий внесок (ваговий коефіцієнт) характеристики  $X_i$  у комплексний показник потенційної небезпеки  $KN_j$ ;  $X_{ij}$  – нормоване значення характеристики  $i$  для  $j$ -го регіону.

За допомогою цього показника можна порівнювати окремі території, райони, області, країни щодо потенційної небезпеки надзвичайних ситуацій.

Нижче наведено розраховані комплексні показники  $KN_j$  потенційної техногенної і природної небезпеки для адміністративних одиниць України (таблиця 2.8). Комплексний показник потенційної небезпеки інтерпретують так: даний регіон тим більше потенційно небезпечний, чим більше значення його комплексного показника  $KN_j$ .

Згідно з розрахунками, високий рівень потенційної небезпеки щодо

надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру мають Дніпропетровська ( $KN_j = 0,520$ ), Запорізька ( $KN_j = 0,463$ ) та Одеська ( $KN_j = 0,414$ ) області, відповідно до класифікації вони становлять потенційно найбільш небезпечну щодо виникнення НС групу областей України. Донецька ( $KN_j = 0,385$ ), Херсонська ( $KN_j = 0,385$ ), Житомирська ( $KN_j = 0,377$ ) області.

Групу областей з помірним рівнем небезпеки утворюють Кіровоградська ( $KN_j = 0,360$ ), Волинська ( $KN_j = 0,356$ ), Миколаївська ( $KN_j = 0,355$ ), Рівненська ( $KN_j = 0,344$ ), Івано-Франківська ( $KN_j = 0,336$ ). Комплексні показники потенційної небезпеки в них дещо вищі за середньоукраїнський показник ( $KN_j = 0,332$ ).

Потенційно найбезпечнішими щодо НС можна вважати групу таких областей (за винятком окремих їх районів): Закарпатська ( $KN_j = 0,227$ ), Київська ( $KN_j = 0,257$ ), Вінницька ( $KN_j = 0,266$ ), Чернівецька ( $KN_j = 0,276$ ), Тернопільська ( $KN_j = 0,291$ ). На рис. 2.3 наведено розподіл регіонів (областей) України за комплексним показником потенційної небезпеки щодо НС. Прямою лінією позначено середньоукраїнський показник небезпеки. Отримані результати підтвердили неоднорідність регіонів України щодо комплексного показника потенційної небезпеки. Отже, отримані кількісні оцінки комплексних показників потенційної небезпеки областей України надають можливість створити необхідну базу для подальших досліджень основних напрямів забезпечення техногенної і природної безпеки, здійснення постійного моніторингу загроз безпеці України, вжиття заходів щодо мінімізації цих загроз.

Таблиця 2.9

Комплексні показники  $KN_j$  потенційної техногенної і природної небезпеки

Адміністративна одиниця	Комплексний показник потенційної небезпеки $KN_j$
Вінницька обл.	0,266003

Волинська обл.	0,355784
Дніпропетровська обл.	0,520184
Донецька обл.	0,384702
Житомирська обл.	0,376985
Закарпатська обл.	0,226684
Запорізька обл.	0,462532
Івано-Франківська обл.	0,336314
Київська обл. (із м. Київ)	0,257049
Кіровоградська обл.	0,359802
Луганська обл.	0,283873
Львівська обл.	0,322841
Миколаївська обл.	0,354920
Одеська обл.	0,414468
Полтавська обл.	0,305137
Рівненська обл.	0,343733
Сумська обл.	0,334357
Тернопільська обл.	0,290784
Харківська обл.	0,301074
Херсонська обл.	0,385231
Хмельницька обл.	0,302975
Черкаська обл.	0,313990
Чернівецька обл.	0,276199
Чернігівська обл.	0,289863
Україна в середньому	0,332024

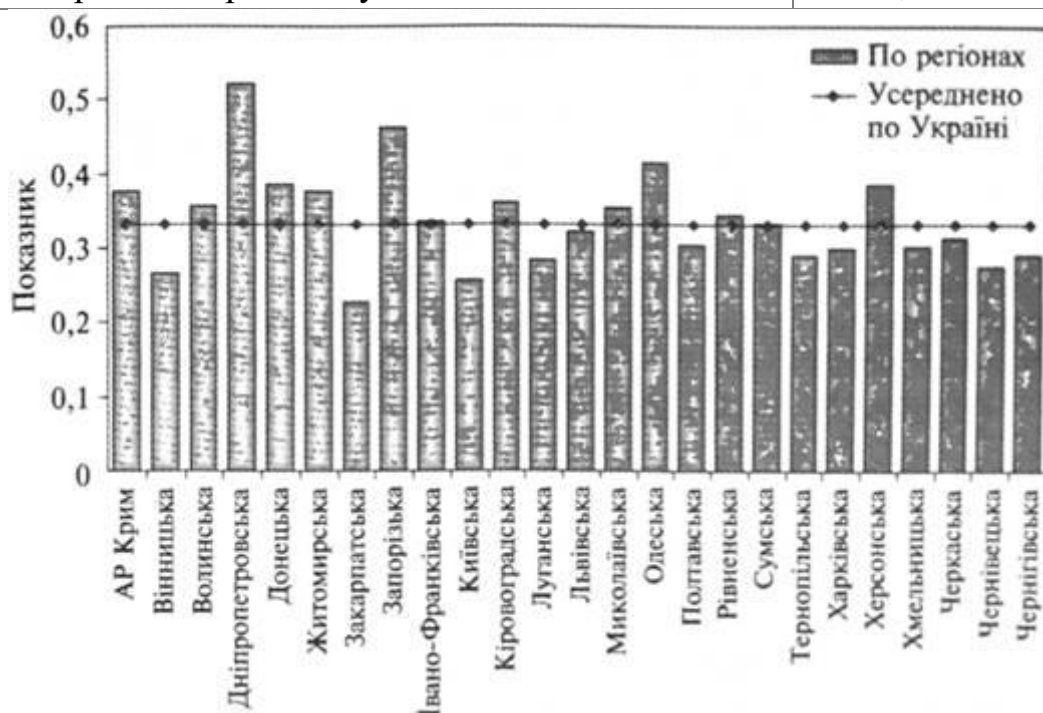


Рис. 2.3 Розподіл регіонів України за комплексним показником потенційної небезпеки

*Розрахунок інтегрального показника небезпеки регіонів України щодо техногенних і природних надзвичайних ситуацій*

Інтегральні показники небезпеки регіонів України можливо визначити на основі врахування потенційної їх небезпеки щодо НС, реальних матеріальних збитків та індивідуальних ризиків смерті за рік у надзвичайних ситуаціях природного і техногенного характеру.

Аналогічний підхід застосований у праці [21, 34] при порівнянні безпеки регіонів.

Індивідуальний ризик смерті за рік внаслідок НС техногенного і природного характеру для населення  $j$ -го регіону обчислюють за формулою

$$q_j = N_j / M_j,$$

де  $N_j$  – кількість загиблих внаслідок НС на території  $j$ -го регіону;  $M_j$  – чисельність населення  $j$ -го регіону.

Цей показник є найважливішим показником небезпеки для життя і здоров'я людини. Для порівняння регіонів і в розрахунках брали нормовані значення індивідуальних ризиків смерті:

$$q_j^N = q_j / q_{\max},$$

де  $q_{\max}$  – максимальне значення індивідуального ризику смерті для порівнюваних регіонів.

Частку матеріального збитку (втрат) від НС у бюджеті відповідного регіону знаходять за формулою

$$X_{НСj} = C_{НСj} / C_j,$$

де  $C_{НСj}$  – матеріальний збиток (втрати) від НС  $j$ -го регіону;  $C_j$  – бюджет  $j$ -го регіону.

За відсутності даних щодо бюджету регіону відносний матеріальний збиток від НС регіону можна визначити за співвідношенням

$$C_{mj} = C_{НСj} / M_j,$$

де  $C_{mj}$  – відносний матеріальний збиток від НС  $j$ -го регіону;

$C_{НСj}$  – матеріальний збиток від НС  $j$ -го регіону;  $M_j$  – чисельність населення  $j$ -го регіону.

Для порівняння регіонів України використано нормований відносний матеріальний збиток внаслідок НС:

$$C_{mj}^N = C_{mj} / C_{mj}^{\max},$$

де  $C_{mj}$  – відносний матеріальний збиток від НС  $j$ -го регіону;

$C_m^{\max}$  – максимальний відносний матеріальний збиток по регіонах.

За статистичними даними щодо наслідків НС у 2014–2018 рр., показниками індивідуальних ризиків, матеріальними збитками та комплексним показником потенційної небезпеки територій щодо надзвичайних ситуацій отримано інтегральні показники небезпеки регіонів України за формулою

$$Z_j = \sum_k \alpha_k Z_{kj}, \quad k = 1, 2, 3; \quad j = 1, \dots, 26, \quad (2.7)$$

де  $Z_{kj}$  –  $k$ -й показник  $j$ -го регіону;  $\alpha_k$  – вагові коефіцієнти показників

$$\sum_k \alpha_k = 1. \quad (2.8)$$

Зауважимо, що  $Z_{1j} = KN_j$ , де  $KN_j$  – комплексний показник потенційної небезпеки території  $j$ -го регіону;  $Z_{2j} = q_j^N$  – нормовані значення індивідуальних ризиків смерті населення порівнюваних регіонів;  $Z_{3j} = C_{mj}^N$  – нормовані значення матеріального збитку внаслідок НС.

На основі визначених кількісних оцінок інтегральних показників небезпеки проведено порівняльний аналіз рівнів техногенної і природної

небезпеки регіонів України, їх ранжування та класифікацію за чотиризначною якісною шкалою.

Для розрахунку інтегрального показника безпеки регіонів України щодо надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру були розроблені і заповнені експертами анкети для визначення вагових коефіцієнтів показників  $\alpha_k$  за формулою (2.8).

У результаті для  $\alpha_k$  отримано такі значення: 0,554 – для комплексного показника потенційної безпеки областей щодо надзвичайних ситуацій, 0,245 – для показника індивідуального ризику смерті, 0,201 – для матеріальних збитків внаслідок НС.

Як з'ясувалося у результаті розрахунків інтегрального показника (табл. 5.9), на території України найбільший інтегральний показник техногенної і природної безпеки станом на 2003 р. мали Херсонська (0,492), Миколаївська (0,470) та Запорізька (0,423) області.

Високі рівні техногенної і природної безпеки мали Дніпропетровська (0,359), Хмельницька (0,358), Одеська (0,329), Донецька (0,323), Харківська (0,321) і Житомирська (0,309) області.

Інтегральні показники безпеки регіонів України позначено на адміністративній карті держави за допомогою чотиризначної якісної шкали З карти видно, що найменший інтегральний показник безпеки мають Закарпатська, Тернопільська, Рівненська, Вінницька, Кіровоградська, Київська та Полтавська області.

Отже, проведений системний аналіз техногенної і природної безпеки території України та застосування експертних оцінок дали змогу визначити системні пріоритети окремих елементів і обчислити інтегральні показники техногенної і природної безпеки адміністративних одиниць України на основі запропонованої системи показників.

Отримані оцінки інтегральних показників потенційної безпеки території України дали можливість створити необхідну базу для подальших досліджень основних напрямів забезпечення техногенної і природної безпеки в



державі.

Практичне використання цього методичного підходу уможливить підвищення якості комплексного аналізу безпеки регіонів України щодо виникнення техногенних і природних надзвичайних ситуацій, сприятиме обґрунтованості управлінських рішень із вироблення механізмів оптимального розподілу матеріальних і фінансових ресурсів для запобігання надзвичайним ситуаціям в окремих регіонах України, зниження ризиків виникнення аварій та катастроф.

Таблиця 2.10

Інтегральний показник техногенної і природної небезпеки регіонів  
України станом на 2017 р.

№ з/п	Адміністративна одиниця	Комплексний показник потенційної небезпеки $KN_j$	Нормований індивідуальний ризик смертності	Нормований матеріальний збиток, грн/особа	Інтегральний показник техногенної і природної небезпеки $Z_j$
1	Вінницька обл.	0,266003	0,07956	0,08153	0,18324429
2	Волинська обл.	0,355784	0,22157	0,00008	0,25140511
3	Дніпропетровська обл.	0,520184	0,28985	0,00100	0,35939604
4	Донецька обл.	0,384702	0,44663	0,00345	0,32324135
5	Житомирська обл.	0,376985	0,40593	0,00239	0,30878235
6	Закарпатська обл.	0,226684	0,11206	0,00469	0,15398131
7	Запорізька обл.	0,462532	0,43856	0,29266	0,42251396
8	Івано-Франківська обл.	0,336314	0,40009	0,00841	0,28602882
9	Київська обл. (із м. Київ)	0,257049	0,16941	0,04536	0,19302888
10	Кіровоградська обл.	0,359802	0,00000	0,00957	0,20125398
11	Луганська обл.	0,283873	0,35075	0,02850	0,24892672
12	Львівська обл.	0,322841	0,39371	0,01076	0,27747538
13	Миколаївська обл.	0,354920	0,29733	1,00000	0,47047044
14	Одеська обл.	0,414468	0,39979	0,00720	0,32901027
15	Полтавська обл.	0,305137	0,23068	0,00001	0,22556477
16	Рівненська обл.	0,343733	0,12018	0,00097	0,22006709
17	Сумська обл.	0,334357	0,43398	0,00334	0,29222952

18	Тернопільська обл.	0,290784	0,12343	0,00022	0,19137892
19	Харківська обл.	0,301074	0,62904	0,00001	0,32091151
20	Херсонська обл.	0,385231	0,99999	0,16908	0,49240045
21	Хмельницька обл.	0,302975	0,59132	0,22384	0,35771389
22	Черкаська обл.	0,313990	0,26804	0,00183	0,23998824
23	Чернівецька обл.	0,276199	0,50936	0,08401	0,29469312
24	Чернігівська обл.	0,289863	0,45294	0,04718	0,28103762
	Україна в середньому (без Криму)	0,332024	0,36760	0,06287	0,28664013

### Висновки по другому розділу

1 Проаналізовано особливості побудови систем мобільного екологічного моніторингу навколишнього середовища та визначено основні погрозами в екологічній сфері.

2. Отримано оцінку існуючих інформаційних технологій обробки даних космічних зйомок для задач екологічного моніторингу. Оцінка дозволила виділити для екологічного моніторингу наступні технології: інформаційні технології розробки програмних продуктів обробки растрових даних космічних зйомок; веб-технології візуалізації даних космічних зйомок; інформаційні технології зберігання даних; технології обліку чинників, які повинні досліджуватися в системі моніторингу.

3. Виявлено фактори, індикатори та показники, які досліджуються в системі моніторингу навколишнього середовища.

4. Сформульовано коло завдань, що вирішуються за допомогою системи мобільного екологічного моніторингу.

5. Визначено специфіку завдань екологічного моніторингу, що вирішуються за використання аерокосмічних технологій.

6. Експертні системи є одним з небагатьох видів систем штучного інтелекту, які набули широкого поширення і знайшли практичне застосування в різних областях. Однак в області екології в даний час не отримали поширення через відсутність єдиної стандартизованої бази знань, їх складність і дорожнечу.

7. Розвиток і застосування ГІМС-технології (використання методик і алгоритмів математичного моделювання з наземними і дистанційними вимірами характеристик навколишнього середовища), пропонується на базі інтеграції космічних, повітряних і наземних (речних, морських) систем екологічного спостереження.

Наступним етапом досліджень є розробка методики здійснювання екологічного оцінювання довкілля для прогнозування екологічних загроз та ризиків з використанням системного підходу.

## РОЗДІЛ 3

### МЕТОДИКА ЗДІЙСНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ДОВКІЛЛЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ ТА РИЗИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

#### 3.1 Технологія здійснювання екологічного оцінювання довкілля

*Екологічна оцінка* - процес систематичного аналізу і оцінки екологічних наслідків запланованій діяльності, консультацій із зацікавленими сторонами, а також облік результатів цього аналізу і консультацій у плануванні, проектуванні, затвердженні та здійсненні даної діяльності. Процес екологічної оцінки включає на ступні основні компоненти (рис. 3.1) [9, 10, 31, 115, 118, 129, 130]:

- аналіз (прогноз) потенційних впливів запланованій діяльності на навколишнє середовище і оцінка їх значущості. Ця складова називається *оцінкою впливу на навколишнє середовище (ОВНС)*;
- консультації із зацікавленими сторонами з метою пошуку взаємоприйнятних рішень;
- використання результатів прогнозу впливів і консультацій в процесі прийняття рішень, що відносяться до запланованій діяльності. Ця складова виражається у вигляді проведення екологічної експертизи та виробленні укладення по впливу на навколишнє середовище.

Принципи екологічної оцінки зводяться до трьох основних положень: превентивність (+ аналіз альтернатив); комплексність; демократичність.

Принцип *превентивності* означає, що екологічна оцінка проводиться до прийняття основних рішень по реалізації запланованій діяльності. Екологічна оцінка повинна виконуватися не тільки до прийняття рішення про можливість здійснення намічуваної діяльності (наприклад, видачі відповідного дозволу), але і до прийняття найважливіших проектних рішень. Принцип превентивності обов'язково передбачає аналіз альтернатив у процесі прийняття рішення щодо реалізації проекту. Розгляд і порівняння декількох альтернатив досягнення

цілей запланованій діяльності і варіантів її здійснення забезпечують свободу прийняття рішень в залежності від результатів екологічної оцінки.

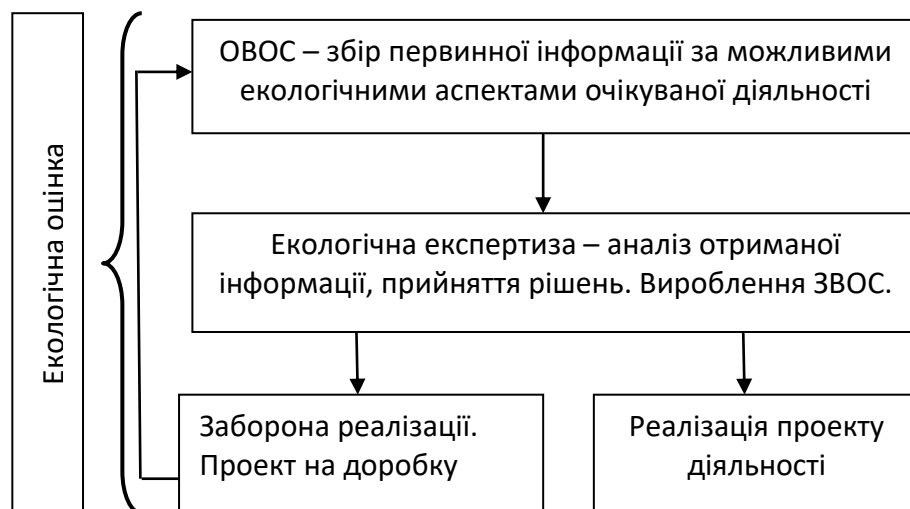


Рис. 3.1 - Основні стадії процесу екологічної оцінки

Принцип *комплексності* передбачає розгляд та врахування всієї сукупності екологічних аспектів запланованій діяльності і пов'язаних з ними змін у всіх природних середовищах, а також і в соціальному середовищі. Цей принцип ґрунтується на уявленні про те, що поділ навколишнього середовища на такі компоненти, як повітря, вода, ґрунт, є спрощенням реальної ситуації. Насправді мова повинна йти про єдину природного системи, нерозривно пов'язаної з суспільством. Завдання екологічної оцінки полягає не тільки в тому, щоб простежити, наскільки дотримуються діючі стандарти і нормативи для окремих компонентів природного середовища, а й у тому, щоб зрозуміти, як природно-соціальна система в цілому відреагує на вплив запланованій діяльності.

Принцип *демократичності* заснований на тому, що екологічна оцінка не зводиться до науково-технічному дослідженню, а служить інструментом прийняття взаємоприйнятних рішень. Передбачуваний вплив запланованій діяльності на навколишнє середовище зачіпає інтереси потенційно необмеженого кола осіб і організацій. Більшість з них не володіє будь-якими

формальними повноваженнями щодо цієї діяльності.

Інструментом захисту інтересів цих сторін можуть служити різного роду системи дозволів і ліцензування, а також норми проектування. Проте принцип демократичності ґрунтується на визнанні за цими сторонами права на безпосередню участь у процесі прийняття рішень. Таким чином, зацікавлені сторони повинні мати можливість брати участь у процесі екологічної оцінки, і їх думка має враховуватися разом з висновками експертів при формулюванні висновків і використанні результатів процесу екологічної оцінки. Відсутність демократичності, закритість і непрозорість процесу прийняття рішення часто призводить до того, що на практиці рішення в таких системах приймаються на основі неформальних переговорів і угод за участю окремих, найбільш впливових зацікавлених сторін. У результаті нерідко страждає об'єктивність екологічної оцінки.

Предмет екологічної оцінки - вплив запланованій діяльності на навколишнє середовище. Під *впливом* тут розуміються ті зміни в навколишньому середовищі, які повністю або частково являють собою результат запланованій діяльності.

Процес екологічної оцінки проектів повинен починатися на самих ранніх стадіях розробки проекту і проходити паралельно з процесом проектування (рис. 3.2). На цій стадії процес екологічної оцінки зводиться до процедури ОВНС, що проводиться ініціатором майбутньої діяльності.

Екологічна оцінка запланованій діяльності згідно з принципом превентивності повинна здійснюватися ще до фактичного прийняття рішення про проектування запланованій діяльності, тому що найчастіше в процесі проектування виявляється, що намічувана діяльність в даному районі і даній формі неприпустима в принципі. Така оцінка називається *стратегічною екологічною оцінкою* (СЕО). У ході такої оцінки можуть бути розглянуті альтернативні варіанти досягнення поставлених цілей, наприклад вибір типу джерела енергії, проекти, спрямовані на енергозбереження.

Процедура ОВНС - найбільш важлива стадія процесу екологічної оцінки.

Мета цієї стадії - встановлення того, які зміни можуть відбутися в навколишньому середовищі в результаті здійснення кожної з розглянутих у проекті діяльності альтернатив, а також оцінка значимості цих змін.



### Рис. 3.2 - Процес екологічної оцінки проектів

При проведенні ОВНС необхідно окремо оцінити вплив на повітряне середовище, поверхневі, ґрунтові і артезіанські води, ґрунт; оцінити шумову обстановку; оцінити вплив на флору і фауну, ландшафт і естетичну обстановку; оцінити соціально-економічну та санітарно-епідеміологічну обстановку; оцінити вплив на культурно-історичну спадщину.

### **3.2. Технологія прогнозування екологічних процесів на основі системного підходу**

Одним з найбільш важливих етапів стадії ОВНС є визначення значущості очікуваних впливів на довкілля та здоров'я людей. Найбільш простий і застосовний метод оцінки значущості впливу - порівняння зі стандартними значеннями і правилами природокористування. В якості стандартних значень, наприклад, можуть бути використані такі величини, як гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючих речовин, обмеження на певні види господарської діяльності в межах особливо охороняється природного території або поблизу природних і культурних пам'яток.

Існує так званий метод "нормування та зважування". У ході його використання прогнозовані впливи спочатку нормуються, тобто приводяться до безрозмірним показниками за єдиною шкалою. Нормування може здійснюватися, наприклад, співвіднесенням очікуваної концентрації забруднюючої речовини з ГДК по даному параметру або з фоновим значенням цього ж параметра. Далі здійснюється присвоєння ранжируванню параметрах ваг відповідно до їх "важливості".

У теперішній час ефективним методом, що дозволяє привласнити ваги різними показниками і визначитися з найбільш прийнятною альтернативою



реалізації проекту діяльності, є метод аналізу ієрархій.

*Метод аналізу ієрархій* може застосовуватися як системна процедура для ієрархічного уявлення елементів екологічної системи, визначальних показників екологічної проблеми. В основі методу лежать декомпозиція проблеми на більш прості складові частини і подальша обробка суджень на кожному ієрархічному рівні за допомогою парних порівнянь. У результаті може бути виражена відносна ступінь чи інтенсивність взаємодії елементів в розглянутому ієрархічному рівні або перевагу одних елементів по відношенню до інших. Цим судженням надається чисельна оцінка. При розгляді екологічних проблем, втім, як і інших, необхідно прагнути до того, щоб декомпозиція була доведена до такого рівня, на якому парні порівняння можуть бути виконані нехай вузькопрофільним, але зате компетентним у даній області фахівцем [23, 25, 40, 82].

Процедура експертного оцінювання повинна здійснюватися наступним чином.

На *першому* етапі після вивчення доступної інформації необхідно всебічно охарактеризувати проблему, виявити зацікавлені сторони, що впливають на результат її вирішення, а також ті об'єкти, які будуть відчувати вплив з боку планованої діяльності. Слід виконати також аналіз переслідуваних цілей для вирішення поставленої проблеми. Ця робота, втім, як і подальша, за винятком проставлення власне експертних оцінок в матрицях парних порівнянь, здійснюється групою системних фахівців.

*Другий* етап полягає в побудові ієрархій, починаючи з вершини (мети - з точки зору управління), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до самого нижнього рівня - переліком альтернатив (досліджуваних варіантів). Побудова ієрархій - не просто формальний методичний прийом. На кожному ієрархічному рівні структурні елементи розташовуються в матрицях парних порівнянь, в яких власне і проставляються експертні оцінки. Тут в кожній клітині матриці експерту необхідно висловити результат порівняння двох об'єктів або процесів у вигляді розумних чисел. Для

визначення цих чисел служить спеціальна шкала порівняння, що дозволяє привласнювати чисельні оцінки, що характеризують перевагу одного елемента системи, що вивчається над іншим.

Для матриць парних порівнянь потрібно оцінити узгодженість експертних суджень. Якщо умова узгодженості не виконана, то необхідно переосмислити завдання на даному конкретному ієрархічному рівні і повторити процедуру експертного оцінювання.

На кожному рівні ієрархії визначається свій вектор пріоритетів, який зважується коефіцієнтами важливості (вагами) вищого рівня. У результаті виходить вектор глобальних (узагальнених) пріоритетів щодо розглянутих варіантів, що характеризує їх перевагу (ефективності з точки зору експертів) для досягнення основної мети. Наведемо схему порівняння.

Є набір  $n$  об'єктів (факторів), що підлягають порівнянню. Позначимо ці об'єкти  $A_1, A_2, \dots, A_n$  символами. Нехай в рамках експертного оцінювання ці об'єкти характеризуються відповідно за допомогою позитивних чисел  $w_1, w_2, \dots, w_n$  наявність і ступінь прояву деякого розглянутого експертизою властивості. Приміром, число  $w_i$  відображає ступінь прояву (інтенсивність) розглянутої властивості у об'єкта  $A_i$ . Числа  $w_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) залежно від контексту іменують "вагами", "інтенсивностями", "коефіцієнтами важливості" об'єктів  $A_i$ .

Для зручності та не на шкоду спільності розглянутої задачі надалі будемо оперувати нормованими величинами  $w_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ), які володіють тим властивістю, що

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1.$$

Таким чином, при використанні нормованих величин можна стверджувати, що  $w_i \cdot 100\%$  являє собою вагу об'єкта (фактора)  $A_i$ , виражений у відсотках.

Зіставимо вагу кожного з об'єктів з вагами інших об'єктів, утворюючи тим самим так звану *матрицю відносних ваг*

$$A = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix}. \quad (3.1)$$

Матриця відносних ваг володіє чотирма важливими властивостями:

$a_{ij} = w_i / w_j > 0$  для всіх  $i$  і  $j$ , так як всі ваги  $w_i$  і  $w_j$  позитивні;  $a_{ii} = w_i / w_i = 1$  для всіх  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Матриця  $A$  симетрична, а  $a_{ij} = 1 / a_{ji}$  саме:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} = \frac{1}{\frac{w_j}{w_i}} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \text{для всіх } i \text{ і } j. \quad (3.2)$$

Матриця  $A$  має властивість спільності, а саме

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = \frac{w_i}{w_j} \cdot \frac{w_j}{w_k} = \frac{w_i}{w_k} = a_{ik} \quad \text{для всіх } i, j \text{ і } k. \quad (3.3)$$

Якщо з ваг  $w_1, w_2, \dots, w_n$  утворити вектор-стовпець

$$w = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}, \quad (3.4)$$

то неважко переконатися, що має місце рівність

$$A \cdot w = n \cdot w, \quad (3.5)$$

якщо зауважити, що  $i$ -я компонента вектору, записаного в лівій частині співвідношення (3.5), дорівнює

$$\begin{aligned} (a_{i1} \ a_{i2} \ \dots \ a_{in}) \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} &= a_{i1} \cdot w_1 + a_{i2} \cdot w_2 + \dots + a_{in} \cdot w_n = \\ &= \frac{w_i}{w_1} \cdot w_1 + \frac{w_i}{w_2} \cdot w_2 + \dots + \frac{w_i}{w_n} \cdot w_n = n \cdot w_i, \end{aligned} \quad (3.6)$$

що збігається з  $i$ -ю компонентою вектора, розташованого в правій частині співвідношення (3.5).

Виконання рівності (3.5) означає, що число  $n$  є власним значенням (числом) матриці відносних ваг  $A$ , в той час як  $w$  - власний вектор, що відповідає цьому

власному значенню.

Нагадаємо, що в лінійній алгебрі число  $\lambda$  називають власним значенням матриці  $A$ , а ненульовий вектор-стовпець  $x$  - власним вектором, відповідним власному значенню  $\lambda$ , якщо має місце рівність

$$A \cdot x = \lambda \cdot x. \quad (3.7)$$

Власне значення матриці  $A$  можна знайти з так званого характеристичного рівняння

$$|A - \lambda \cdot E| = 0, \quad (3.8)$$

де  $|A - \lambda \cdot E|$  - визначник відповідного матричного виразу;  $E$  - одинична матриця.

Характеристичне рівняння (3.8) для матриці  $n$ -го порядку є алгебраїчне рівняння  $n$ -го степеню. Звідси випливає, що матриця  $A$  порядку  $n$  має  $n$  взагалі кажучи комплексних власних чисел, що є крайніми відповідного характеристичного рівняння.

Для матриці відносних ваг, що володіє чотирма розглянутими вище властивостями, можна довести наступне положення.

Матриця відносних ваг  $A = (w_i / w_j)$  має лише два дійсних власних значення:  $n$  і  $0$ .

Якщо  $\lambda_{\max} = n = \max\{n, 0\}$  позначити, то відповідно до теореми рівність (3.5) можна представити у вигляді

$$A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w. \quad (3.9)$$

Вираз (3.9) - основа для подальшої математичної обробки та інтерпретації експертних оцінок в рамках методу аналізу ієрархій.

На практиці при проведенні експертного оцінювання експертам дуже важко одночасно зіставити властивості всієї групи порівнюваних об'єктів  $A_1, A_2, \dots, A_n$  (факторів), яких може бути досить багато, і призначити їм відповідні  $w_1, w_2, \dots, w_n$  ваги. Куди легше порівнювати об'єкти попарно, характеризуючи за допомогою якої-небудь шкали оцінок ступінь переваги одного об'єкта над іншим. Зважаючи експертно перевага одного об'єкта над іншим і не утримуючи

в пам'яті всі безліч відносин між розглянутими об'єктами, ми маємо право розраховувати на те, що експертне оцінювання буде більш обґрунтованим і коректним. Схема попарного порівняння об'єктів широко використовується в різних методах експертного оцінювання і призводить до побудови *матриці парних порівнянь*

$$A^* = (a_{ij}) \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}. \quad (3.10)$$

Заповнюючи клітини цієї матриці, при парному порівнянні експерт не знає всього набору  $w_1, w_2, \dots, w_n$  чисел, тобто ваг об'єктів. Його завдання якраз і полягає в тому, щоб визначити їх згодом. При парному порівнянні матриця заповнюється  $a_{ij} = w_i / w_j$  числами, що характеризують відносне перевагу (важливість, вага) об'єкта  $A_i$  над об'єктом  $A_j$  в той час як власні ваги цих об'єктів  $w_i$  і  $w_j$  поки ще не визначені. Іншими словами,  $a_{ij}$  призначається експертом, а ваги  $w_i$  і  $w_j$ , що утворюють при діленні один на одного величину  $a$  підлягають подальшому визначенням.

Для призначення чисел необхідно домовитися про шкалою, за якою буде оцінюватися перевага одного об'єкта над іншим при їх попарному порівнянні. Для цілей експертного оцінювання приймемо 9-бальну шкалу, запропоновану автором методу аналізу ієрархій Томасом Сааті [23, 25, 40, 82].

Матриця парних порівнянь заповнюється, як правило, наступним чином. Об'єкт  $A_1$  порівнюють з усіма іншими  $A_2, \dots, A_n$ , заповнюючи послідовно перший рядок матриці. Потім об'єкт  $A_2$  порівнюють з усіма іншими, заповнюючи другий рядок числами обумовленими за шкалою відносної важливості і т.д. Якщо вага об'єкта  $A_i$  дорівнює вазі об'єкта  $A_j$ , то згідно шкалі  $a_{ij} = 1$ . Якщо вага об'єкта  $A_i$  більше ваги об'єкта  $A_j$ , то у відповідності зі шкалою експерт визначає ступінь переваги, виражену в балах,  $a_{ij} > 1$  причому. Якщо навпаки вага об'єкта  $A_i$  менше ваги об'єкта  $A_j$ , то за шкалою задається бальна  $a_{ij} < 1$  оцінка.

За правилами заповнення матриць парних порівнянь повинні виконуватися

умови:

$a_{ij} = w_i / w_j > 0$  для всіх  $i$  і  $j$ , так як всі бальні оцінки позитивні;

$a_{ii} = w_i / w_i = 1$  для всіх  $i = 1, 2, \dots, n$

Елементи матриці  $A$  володіють зворотного симетрією, а  $a_{ij} = 1 / a_{ji}$  саме, інакше кажучи, якщо перевагу об'єкта  $A_i$  над об'єктом  $A_j$  оцінюється за шкалою, наприклад в 5 балів і, то зворотне зіставлення об'єкта  $A_j$  з  $A_i$  повинно давати оцінку  $a_{ji} = 5a_{ij} = 1/5$ .

При цьому, в силу зворотної симетричності при заповненні матриці парних порівнянь зручно знайти тільки елементи, які стоять вище діагоналі. Діагональні елементи дорівнюють одиниці, а елементи під діагоналлю в силу зворотної симетричності визначаються автоматично.

Необхідно звернути увагу на те, що матриця парних порівнянь має всі властивості матриці відносних ваг у схемі ідеального порівняння, крім четвертого. Таким чином, вона не володіє, взагалі кажучи, властивістю  $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$  спільності. Це, очевидно, відбувається через те, що експерт не знає точно ваги  $w_1, w_2, \dots, w_n$  об'єктів, а оперує лише їх відносинами  $a_{ij}$

Можна знайти максимальне речовий власне значення  $\lambda_{\max}^*$  і власний вектор  $w$  матриці парних порівнянь. Взагалі кажучи,  $\lambda_{\max}^*$  і  $w$  не збігаються з відповідним власним значенням  $\lambda_{\max} = n$  і власним вектором матриці відносних ваг у схемі ідеального порівняння. Можна довести, що в загальному випадку має місце  $\lambda_{\max}^* \geq n$  нерівність. Причому рівність досягається тоді і тільки тоді, коли матриця  $A$  є спільною, тобто виконується властивість  $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$

Ідея Т. Сааті полягає в тому, що коефіцієнти матриці парних порівнянь  $A_{ij}$  задані порівняно точно, тобто відхилення  $a_{ij}$  від щирих відносин ваг  $w_i / w_j$  незначні. Тоді можна сподіватися, що і  $\lambda_{\max}^*$  буде близько до  $n$ . Тут використовується відоме положення лінійної алгебри, згідно з яким при малих відхиленнях від вихідних значень елементів матриці має місце мале відхилення її власних значень.

Визначивши  $\lambda_{\max}^*$  одним з методів лінійної алгебри, можна знайти і вектор  $w$  який буде мало відрізнятися від "істинного" вектору так. Вектор  $w^*$

визначається, наприклад із системи однорідних рівнянь

$$(A^* - \lambda_{\max}^* \cdot E) \cdot w^* = 0. \quad (3.11)$$

Вектор  $w^*$  задовольняє умові нормування

$$w_1^* + w_2^* + \dots + w_n^* = 1, \quad (3.12)$$

як доводиться в лінійній алгебрі, завжди існує і визначається однозначно.

Застосування запропонованого підходу буде виправдано, якщо реальна ситуація виявиться близькою до ідеальної. В якості міри відхилення реальної схеми від ідеальної використовується *індекс спільності*, що визначається за формулою

$$I_c = \frac{\lambda_{\max}^* - n}{n - 1}. \quad (3.13)$$

Якщо  $I_c < 0,2$ , то вважається, що розбіжність між ідеальною і реальною схемами порівняння знаходиться в допустимих межах і отриманим результатам можна довіряти. Якщо ця умова не виконується, слід переглянути задачу, уточнити експертні оцінки і заново сформулювати матрицю парних порівнянь  $A$ .

В окремому випадку  $n = 2$  характеристичне рівняння будь-якої симетричної позитивної матриці з одиничними діагональними членами буде мати вигляд

$$\begin{vmatrix} 1 - \lambda & a_{12} \\ 1/a_{12} & 1 - \lambda \end{vmatrix} = 0,$$

або, розкриваючи детермінант,

$$(1 - \lambda)(1 - \lambda) - 1 = 0.$$

Останнє рівняння має два корені, які дорівнюють 0 і 2. Таким чином, в цьому окремому випадку  $\lambda_{\max}^* = 2$  завжди, тобто завжди має місце повна узгодженість  $I_c = 0$ , а значить, і повний збіг реальної та ідеальної схем порівняння.

Розглянемо основні етапи визначення ваг об'єктів відповідно до методом Т. Сааті.

- Побудувати матрицю парних порівнянь  $A^*$ .
- Знайти максимальне власне значення  $\lambda_{\max}^*$  для матриці  $A^*$  за допомогою

одного з відомих математичних чисельних методів. Наближені методи визначення власних значень і векторів, які не потребують використання ЕОМ, будуть описані в наступному розділі. Перевірити, що  $\lambda_{\max}^* \geq n$ .

- Визначити власний вектор  $w^*$  виходячи з рівняння (3.5) або, що зручніше, наближеним способом, який буде описаний нижче.

- Виконати нормування вектору  $w^*$ .

- Обчислити індекс узгодженості за формулою (3.7). Переконайтеся, що  $I_c < 0,2$ . У тому випадку, якщо ця умова не виконується, необхідно переосмислити завдання, задати інші експертні оцінки, заново складаючи матрицю парних порівнянь. Вектор  $w^*$  є остаточним рішенням завдання.

Компоненти вектору  $w^*$  наближено визначають ваги (значимість, інтенсивність) порівнюваних об'єктів (факторів). Очевидно, що великі за величиною компоненти відповідають більш важливому (значимого) з погляду експерта фактору.

Можливо використовувати наступні наближені способи визначення власних значень і власних векторів матриці парних порівнянь [23, 25].

1. Алгоритм наближеного визначення власного вектору матриці  $A^*$ .

Якщо  $A^*$  є матриця парних порівнянь, то компонента  $w_i$  її власного вектору може бути наближено обчислена за формулою

$$A^* = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} w = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

$$w_i = \sqrt[n]{a_{i1} a_{i2} a_{i3} \dots a_{in}} \quad (3.14)$$

2. Алгоритм наближеного обчислення власного значення  $\lambda_{\max}^*$  матриці  $A^*$ :

а) знайти суму кожного стовпця матриці  $A^*$ :

$$S_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

б) помножити суму кожного стовпця  $S_j$  на відповідну за номером компоненту  $w_j$  нормалізованого власного вектору;

в) визначити



$$\lambda_{\max}^* \equiv \sum_{j=1}^n S_j \cdot w_j = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot w_j.$$

### Алгоритм побудови нормованого вектору

Нехай дано ненормований вектор  $w$ , тобто його компоненти не відповідають  $w_1^* + w_2^* + \dots + w_n^* = 1$  умові. Для того, щоб унормувати вектор, знайдемо суму всіх його  $\sum_{i=1}^n w_i^*$  компонент, після чого компоненти нормованого вектору можна визначити наступним чином:

$$w = \begin{pmatrix} w_1^* / \sum_{i=1}^n w_i^* \\ w_2^* / \sum_{i=1}^n w_i^* \\ \vdots \\ w_n^* / \sum_{i=1}^n w_i^* \end{pmatrix}.$$

### 3.2.1 Технологія оцінювання екологічних ризиків системи (на прикладі системи землеробства).

Моделі сучасного землеробства доцільно будувати враховуючи антропогенний вплив на кругообіг  $\text{CO}_2$ , 2/3 якого утворюються внаслідок діяльності ґрунтових мікроорганізмів – найбільшої гетеротрофної ланки як природних, так і трансформованих біогеоценозів. Порушення балансу  $\text{CO}_2$  викликає деградацію ґрунтового покриву, функціональною ознакою якого є гумус як акумулятор вуглецевих сполук, що надає гірським вивітраним породам ознак родючості [5, 6, 119, 120].

Застосування знань про змінний потенціал земельних ресурсів на місцевому рівні зумовило розвиток новітніх технологій у сучасному рослинництві, що отримали назву «точне землеробство» (ТЗ). До основних компонентів системи ТЗ відносять: глобальні системи позиціонування (ГСП), географічні інформаційні системи (ГІС), технології змінних норм внесення (ЗНВ) технологічних матеріалів (ТМ), засоби картографування врожаю, системи дистанційного моніторингу: системи та методи вимірювання параметрів рослин та властивостей ґрунту.

Відомо, що системи дистанційного моніторингу складаються із оптичних і радіометричних датчиків та фотокамер, установлених на супутниках і літаках, інших повітряних платформах (враховуючи модельні літаки і повітряні кулі), за допомогою яких можна досить швидко отримати знімок усієї площі сільськогосподарського поля. Отримані дані порівнюють з картографіями врожаю, картами типів ґрунту та іншими інформаційними ресурсами.

Сучасні досягнення в галузі інформаційних технологій дозволяють вийти на якісно новий рівень обстеження агроландшафтів та оцінювання екологічних ризиків. Науковий підхід із впровадження геоінформаційних систем в агровиробництво забезпечує оперативність і точність оцінки стану рослинного та ґрунтового покриву, дозволяє зменшити обсяг польових і лабораторних робіт.

Форма спектральних кривих відбиття листків в області «червоного краю» дуже чутлива до вмісту хлорофілів [1, 17, 135, 139]. Кількісним показником цих змін може слугувати відношення інтенсивностей двох головних максимумів в графіку 1-ої похідної ( $I_2/I_1$ ), розташованих в інтервалах 722-725 нм і 700-705 нм. Використання цієї закономірності дозволило отримати рівняння лінійної і нелінійної регресії для розрахунку вмісту пігменту за спектральними характеристиками [135, 139].

Спільно з методом 1-ої похідної розроблено метод головних компонент, що дозволяє оперативно отримати оцінку вмісту хлорофілу у випадку неповного проективного покриття з високою точністю спектральних вимірювань. Слід враховувати, що спектральні криві відбиття рослинності у видимому діапазоні можуть бути використані для тестування таких важливих параметрів як забезпечення рослин азотним живленням і вологою, обробки пестицидами. Нові прилади застосовують з позицій старого підходу до визначення параметрів рослинності шляхом комбінації спектральних коефіцієнтів яскравості із застосуванням сучасного програмного забезпечення. Так, використання 1-ої похідної спектральної кривої передбачає вирахування вегетаційних індексів як традиційних якісних показників.

Проведений аналіз свідчить, що у практиці американських фахівців існують різні підходи щодо використання індексів рослинності на основі вимірювань датчиків і обрахування з використанням алгоритмів визначення індексу достатності азоту (NSI). Декілька додаткових індексів рослинності Інді-СЕС використовують для розрахунку N статусу рослин сої і пшениці із застосуванням активного датчику з вимірювання різниці зеленого нормалізованого індексу рослинності (GNDVI), а також CI.

### **3.2.2 Методика здійснення екологічного оцінювання вегетаційної ділянки.**

Екологічне оцінювання вегетаційної ділянки здійснювалося на прикладі рослини сої сорту Сузір'я, яке вирощували у польових умовах поблизу смт Чабани на експериментально-дослідній базі НААН України протягом вегетаційного сезону 2018 р. на трьох фазах: формування четвертого листка, початку цвітіння, кінця цвітіння, початку плодоношення. Рядки рослин встановлювали за допомогою програми визначення координат GPS-навігатора. Спектри відбиття рослинного проектного покриття аналізували за розробленою методикою за допомогою комп'ютерного прикладного програмного забезпечення (ППЗ) WINCHL [135, 139].

Перший етап методики передбачає накопичення наземної інформації про стан розвитку сої на вегетаційній ділянці (Рис. 3.3). Спостереження проводились в наступні фази розвитку рослин: формування четвертого ярусу листя, початку цвітіння, кінця цвітіння, початку плодоношення. Для подальших досліджень проводили векторизацію полів та ділянок шляхом сканування поверхні із координатною прив'язкою сканованих зображень (Рис. 3.4).

На другому етапі методики використовували багато спектральний космічний знімок у чотирьох каналах: зеленому (0,50-0,59 мкм), червоному (0,61-0,68 мкм), ближньому інфрачервоному (0,79-0,89 мкм) і середньому інфрачервоному (1,58-75 мкм) (Рис.3.5). У всіх каналах просторове розрізнення на місцевості складало 10 м. По кожній з ділянок було отримано середні

значення та статистичні параметри розподілу спектральних яскравостей рослинного покриву.

На третьому етапі методики визначали нормалізований вегетаційний індекс NDVI у період вегетації та плодоношення рослин (Рис. 3.6).

Знімки забезпечували досить надійну інформацію про стан та розташування рослин. За високої періодичності зйомки можна відслідкувати за динамікою змін. Комплексування цих даних з агрометеорологічною інформацією забезпечило надійність та достовірність прогнозів врожайності.

Четвертий етап методики передбачає одержання значення вегетаційного індексу щодо врожайності рослин.

Запропонована методика дозволяє отримати кількісну оцінку стану хлорофілу в листках сої, а також розраховувати інші параметри, необхідні для тестування стану рослин. На відміну від інших відомих підходів він базується на використанні кількісних показників форми спектрального відбиття. Також за його допомогою можливо визначати найбільш важливі показники стану сої у обмеженому спектральному інтервалі 500-800 нм. Це дозволило спростити вимірювальну апаратуру, забезпечити її функціональність за рахунок відповідного програмного забезпечення.



A





Б



В



Г



Д



Е

Рис. 3.3 - Фотознімки дослідних ділянок і листків рослин.

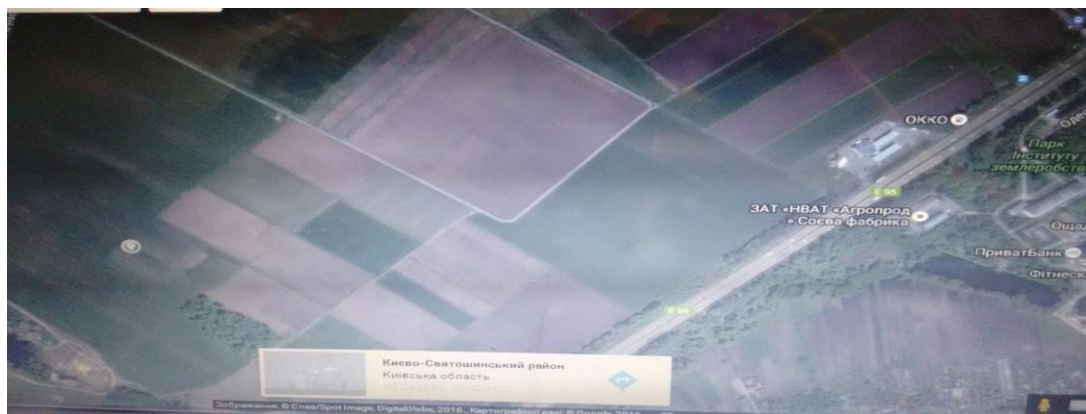


Рис. 3.4 - Векторизація полів та ділянок шляхом сканування поверхні із координатною прив'язкою сканованих зображень.

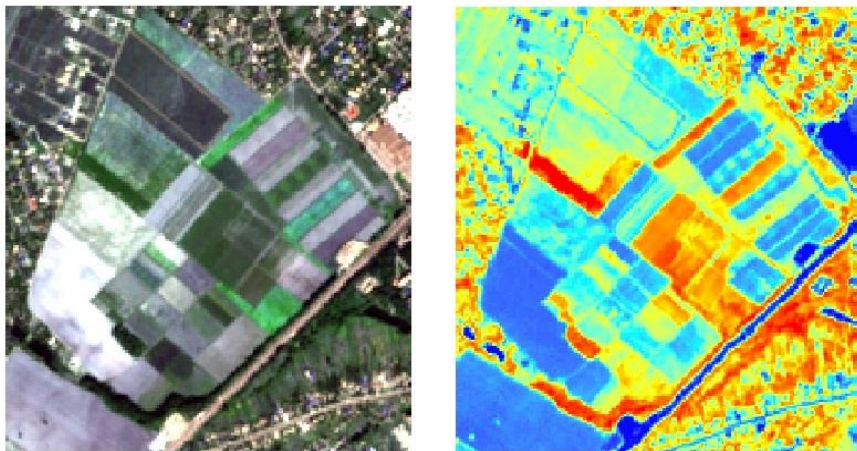


Рис. 3.5 - Знімок апаратурою MSI супутника Sentinel-2 від 26.08.2018 та результат розрахунку NDVI загальної території.

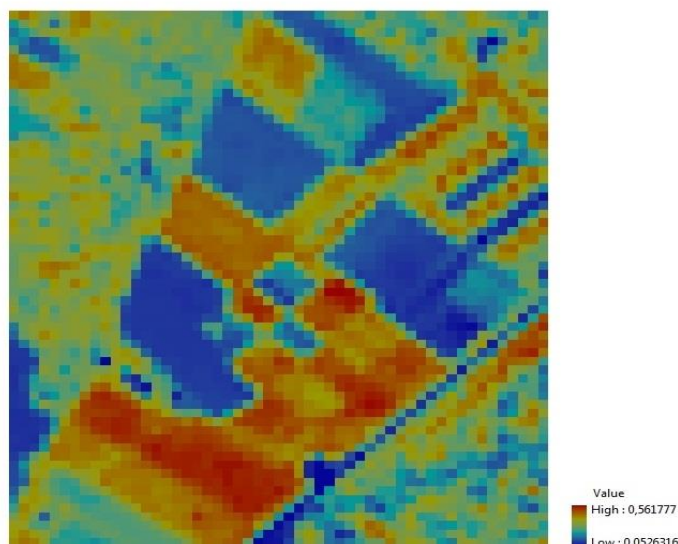


Рис. 3.6 - Нормалізований вегетаційний індекс NDVI у період вегетації та плодоношення рослин.

### 3.2.3 Методика вибору розташування місця будівництва екологічне небезпечного об'єкту на основі системного підходу

Методику вибору розташування місця будівництва екологічне небезпечного об'єкту на основі системного підходу розглянемо на ретроспективному аналізі об'єктів реєстрації в базі даних гідротехнічних споруд, що знаходяться в експлуатації під технічним наглядом Регістра



судноплавства України є судноплавні гідротехнічні споруди гідровузлів Дніпровського каскаду, причальні гідротехнічні споруди всіх типів та призначень, берегоукріплювальні та огорожувальні споруди, суднопідйомні споруди, підхідні канали та акваторії (<http://shipregister.ua/pdf/gts.pdf>). Розглядалися об'єкти товариства з обмеженою відповідальністю «Трансшипойл» [41, 43, 71].

Планована діяльність ТОВ «Трансшипойл» полягає у здійсненні робіт технологічного процесу виконання приймально-навантажувально-перевантажувальних операцій з вантажем рослинної олії. Вантаж -рослинна олія (соєва, рапсова, кукурудзяна, бавовняна, соняшникова). Технологічні схеми які планується застосовувати: судно-судно (другим бортом біля причалу); спеціалізований вантажний автотранспорт (автоцистерна)-судно(напричалі); судно-спеціалізований вантажний автотранспорт (автоцистерна); залізничні цистерни-судно та судно-залізничниці стерни. Основні місця локацій-причальні споруди та місця якірних стоянок басейну річки Дніпро та Бузько-Дніпровсько-Лиманського каналу, включно Миколаївський морський порт, Дніпро-Бузький морський порт, рейдова стоянка «банка Трутаєва» -359-а якірна стоянка, рейдова стоянка 3-го і 4-го колін БДЛК (рейд Очаківського морського порту).

Екологічна ситуація, що розглядається, полягає у тому, що біля місць локації причальних споруд знаходяться населенні пункти, до яких підходять залізниці (рис. 3.7). На березі затоки планується побудувати нафтоналивний порт. Розглядаються три варіанти розміщення порту А, Б, В, майданчики для яких вказані на малюнку пунктиром. Необхідно вибрати найбільш прийнятну з екологічних позицій майданчик для будівництва, враховуючи головні екологічні особливості території та акваторії затоки. Очевидно, що з екологічних позицій кожен варіант володіє своїми перевагами і недоліками.

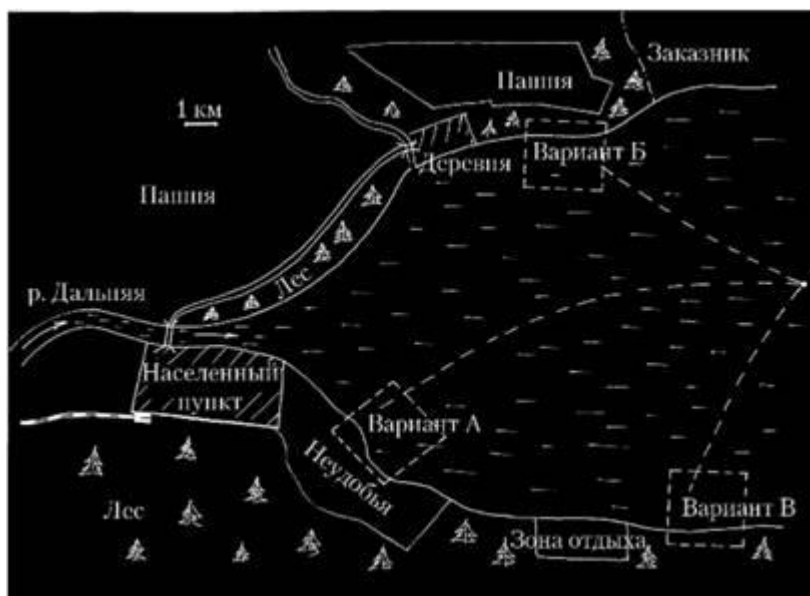


Рис. 3.7 - Варіанти розміщення портових майданчиків

*Варіант А* хороший тим, що займає незручні, а значить, дешеві землі, не торкається лісових і орних угідь, розташований близько до населеного пункту, протяжність нових доріг і трубопроводів, які доведеться прокласти до нового порту, невелика. Разом з тим при будівництві порту в цьому місці потрібно провести значні днопоглиблювальні роботи для створення морського каналу, прогнозований рівень забруднення водного середовища несприятливий через високого фонового забруднення прісних вод, що виносяться рікою. Фарватер складний, і ймовірність аварій на ньому найбільш велика.

*Варіант Б* відрізняється тим, що знаходиться в глибоководній частині затоки і великого обсягу днопоглиблювальних робіт, що згубно впливають на гідробіонтів, не буде потрібно. Проте неподалік знаходяться заказник і невелике село. Майбутній порт не зачепить кордонів заказника, але додатковий вплив на нього матиме. Прокладка транспортних магістралей до порту потребують заняття орних угідь, оскільки по берегу у водоохоронній зоні прокласти магістралі можна. Крім того, трубопроводом доведеться перетнути річку.

*Варіант В* вимагає проведення днопоглиблювальних робіт, але їх обсяг значно менше, ніж для варіанту А. Прокладка магістралей потребують вилучення лісових і частково незручних земель. Несприятливий момент -



близькість до майбутнього порту зони відпочинку.

Визначимо мету дослідження. Потрібно вибрати найбільш прийнятний з екологічних позицій варіант розміщення нового порту.

Далі необхідно побудувати ієрархію, починаючи з вершини (цілі), через проміжні рівні (критерії) до самого нижнього рівня, який є переліком варіантів. Для того щоб правильно вибрати критерії і, тим більше, осмислене дати їм вагові оцінки в попарному порівнянні, робочій групі, а потім експертам слід всебічно і ретельно вивчити проблему, освоїти всю доступну інформацію. У даному навчальному прикладі не представляється можливим детально описати проблемну ситуацію, дати вичерпні характеристики навколишнього середовища, тому обмежимося наявною скромною інформацією. Нижче побудована найпростіша ієрархічна структура, де є всього лише один рівень критеріїв (тільки по екологічними ознаками) і перелік розглянутих альтернатив А, Б, В (рис. 3.8).

Вибрані критерії для подальших обчислень пронумеруємо:

- Вилучення сільгоспугідь - № 1;
- Вилучення лісів - № 2;
- Вплив на атмосферу - № 3;
- Шумовий вплив - № 4;
- Вплив на воду, в тому числі вплив днопоглиблювальних робіт - № 5;
- Вплив на тваринний і рослинний світ - № 6;
- Екологічно небезпечні аварії - № 7.

Матрицю парних порівнянь для рівня критеріїв оформимо у вигляді табл. 3.1, використовуючи 9-бальну шкалу оцінок.

*Вилучення сільгоспугідь.* Як видно з розглянутої матриці, наприклад фактору № 1 (вилучення сільгоспугідь) експерт дає сильне перевага в порівнянні з фактором № 2 (вилучення лісів), даючи оцінку 5 балів. Аналогічно визначаються й інші парні оцінки. Звичайно, ступінь переваги того чи іншого фактору сильно залежить від конкретних умов. У реальній ситуації експерт повинен пояснити, з яких міркувань він віддає перевагу відповідним факторам.

Власний вектор  $w^*$  обчислений по формулі (3.14). У крайній правій колонці табл. 3.1 розраховані компоненти нормованого власного  $w^*$  нормвектору. Як бачимо, найбільш значним фактором, що впливає на екологічну обстановку, експерт вважає аварійні ситуації, пов'язані з розливами нафти (елемент вектору, рівний 0,345). Дійсно, аварії можуть становити значну екологічну небезпеку і відбуватися як в акваторії затоки, так і на суші вздовж траси нафтопроводу. На другому місці стоїть вплив на воду (0,334), на третьому - вилучення сільгоспугідь (0,125).

Далі слід знайти максимальне власне значення розглядуваної матриці. Користуючись алгоритмом, описаним вище, обчислимо максимальне власне значення:

$$\lambda_{\max}^* = 13,06 \cdot 0,125 + 28 \cdot 0,027 + 16,33 \cdot 0,067 + 7,83 \cdot 0,063 + 2,49 \cdot 0,334 + 27,33 \cdot 0,037 + 3,69 \cdot 0,345 = 7,71.$$

Перевіряємо  $\lambda_{\max}^* \geq n$  умову. Умова виконується, так як  $7,71 > 7$ , де 7 - порядок матриці.

Обчислюємо індекс узгодженості за формулою (3.13):

$$I_c = \frac{\lambda_{\max}^* - n}{n-1} = \frac{7,71-7}{6} = 0,12 < 0,2$$

Таким чином, умова узгодженості виконується.

Наступний етап вирішення завдання експертного оцінювання полягає в складанні матриць парного порівняння альтернатив (варіантів розташування порту) з кожного розглянутого критерію. Тут важливо уникнути можливої логічної помилки, яка пов'язана з тим, що на рівні критеріїв ми давали більш високі оцінки факторам, що тягне за собою більш важкі, на наш погляд, наслідки для навколишнього середовища. Тому зіставляти варіанти між собою необхідно в тому ж ключі, тобто давати більш високі бали тому варіанту, який надаватиме найбільш сильний негативний вплив з даного критерію.

Оцінки, дані в цій матриці, зрозумілі. Варіанти А і В зовсім не зачіпають сільськогосподарських угідь, у той час як варіант Б через необхідність прокладання по ріллі магістралей зачіпає їх істотним чином (табл. 3.2).

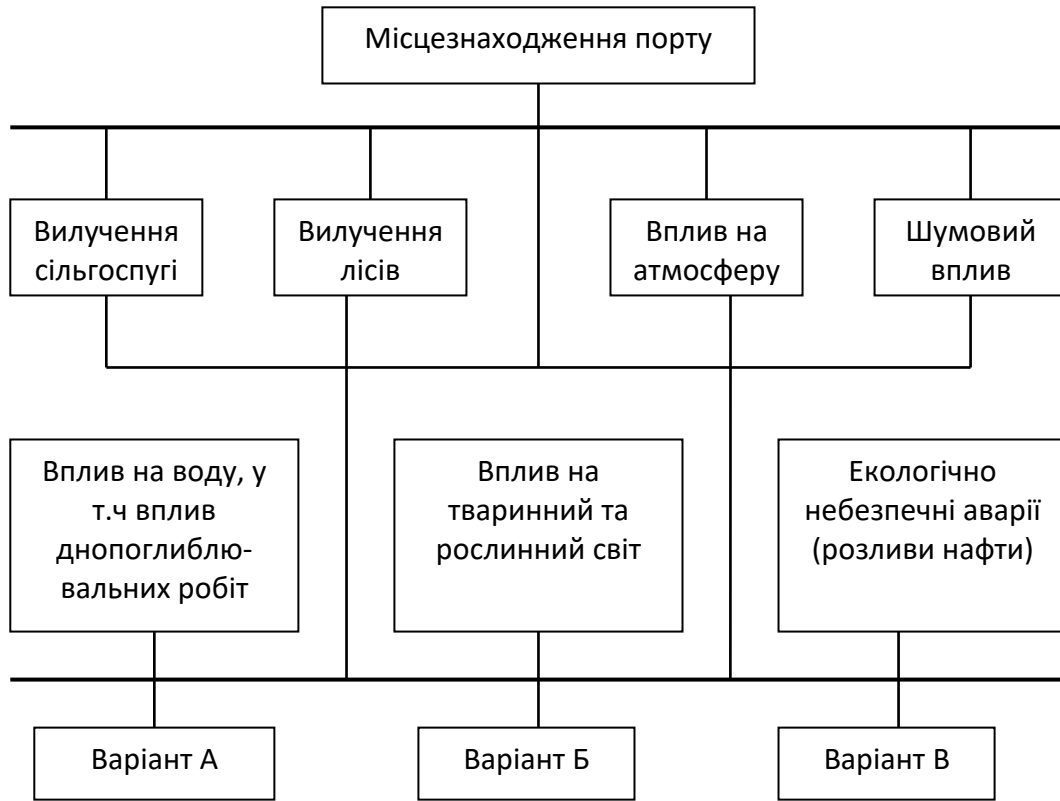


Рис. 3.8 - Схема вибору варіантів розташування порту

Таблиця 3.1

## Матриця парних порівнянь

Критерій	№ 1	№ 2	№3	№ 4	№ 5	№6	№7	W*	норм
№ 1	1	5	3	3	1/4	5	1/7	1,34	0,125
№2	1/5	1	1/3	1/3	1/6	1/3	1/7	0,29	0,027
№3	1/3	3	1	1	1/4	3	1/7	0,72	0,067
№4	1/3	3	1	1	1/5	2	1/7	0,68	0,063
№5	4	6	4	5	1	8	2	3,58	0,334
№6	1/5	3	1/3	1/2	1/8	1	1/8	0,40	0,037
№ 7	7	7	7	7	1/2	8	1	3,70	0,345

Сума елементів по стовпцях	13,0628	16,33	17,83	2,49	27,33	3,69	10,71		
----------------------------	---------	-------	-------	------	-------	------	-------	--	--

Таблиця 3.2

## Вилучення сільгоспугідь. Матриця парних порівнянь

Варіант	А	Б	В	W*	норм
А	1	1/9	1	0,33	0,099
Б	9	1	9	2,66	0,802
В	1	1/9	1	0,33	0,099
Сума елементів по стовпцях	11	1,22	11	3,32	

Таким чином, варіанту Б по негативному впливу на сільгоспугіддя віддано абсолютну перевагу (9 балів).

$$\lambda_{\max}^* = 11 \cdot 0,099 + 1,22 \cdot 0,802 + 11 \cdot 0,099 = 3,15 > 3;$$

$$I_c = 0,075.$$

*Примітка.* У дійсності матриця (див. табл. 3.2) повністю узгоджена. У цьому неважко переконатися, якщо в характеристичне рівняння (3.8) підставити

$$\lambda_{\max}^* = 3$$

І справді, детермінант цього рівняння при  $\lambda_{\max}^* = 3$  дорівнює

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & 1/9 & 1 \\ 9 & 1-\lambda & 9 \\ 1 & 1/9 & 1-\lambda \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 1/9 & 1 \\ 9 & -2 & 9 \\ 1 & 1/9 & -2 \end{vmatrix} \rightarrow -8 + 1 + 1 - 2 - 2 - 2 = 0,$$

що і доводить твердження. Таким чином, тут, як бачимо, має місце прояви неточність, пов'язана з наближеним визначенням власного  $\lambda_{\max}^*$  значення:

Рішення експерта зрозуміло: ліс в найбільш істотному розмірі вилучається при реалізації варіанту В, а в найменшій мірі (тільки під магістралі) - для варіанту А.

*Вплив на атмосферу.* Потужність джерел забруднення атмосфери власне для портової майданчики для всіх варіантів однакова. Однак необхідно

врахувати транспортні магістралі, які також будуть служити джерелами забруднення повітря. Інша важлива обставина при призначенні оцінок, наскільки близько до житлової забудови будуть розташовуватися майданчики і магістралі. Необхідно врахувати, що за варіантом В майданчик розташований поблизу зони відпочинку, а нормативи для неї більш суворі, ніж для житлової зони (табл. 3.4).

Таблиця 3.3

Вилучення лісів. Матриця парних порівнянь

Варіант	А	Б	В	$w^*$	$w^*_{норм}$
А	1	1/5	1/7	0,31	0,064
Б	5	1	1/7	0,89	0,185
В	7	7	1	3,61	0,750
Сума елементів по стовпцях	13	8,2	1,28	4,81	

$$\lambda_{\max}^* \cong 13 \cdot 0,064 + 8,2 \cdot 0,185 + 1,28 \cdot 0,750 = 3,30;$$

$$I_c = 0,15.$$

Таблиця 3.4

Вплив на атмосферу. Матриця парних порівнянь

Варіант	Л	Б	В	$w^*$	$w^*_{норм}$
А	1	5	1/5	1,00	0,235
Б	1/5	1	1/5	0,35	0,083
В	5	5	1	2,89	0,682
Сума елементів по стовпцях	6,2	11	1,4	4,24	

$$\lambda_{\max}^* \cong 6,2 \cdot 0,235 + 11 \cdot 0,083 + 1,4 \cdot 0,682 = 3,32;$$

$$I_c = 0,16 < 0,2.$$

*Вплив шуму.* При оцінці впливу шуму міркування при зіставленні варіантів ті ж самі, що і для оцінки впливу на повітря (табл. 3.5).

Вплив на воду у тому числі вплив днопоглиблювальних робіт. Тут при оцінці до уваги беруться наступні обставини. Скидання забруднюючих речовин при роботі порту на будь-який з розглянутих майданчиків буде однаковим. Однак для варіанта А слід очікувати істотно більш високий рівень забруднення води, оскільки води р. Дальньої, впадає в затоку поряд з майданчиком А, вже спочатку забруднені, в тому числі і нафтопродуктами. Для організації фарватеру на підході до майданчику А необхідно виконати великий обсяг днопоглиблювальних робіт, які згодом для підтримки морського каналу в належному стані необхідно буде повторювати. Це потягне за собою вторинне забруднення вод затоки.

Таблиця 3.5

Вплив шуму. Матриця парних порівнянь

Варіант	А	Б	У	$w^*$	$w^*_{\text{норм}}$
				А	1
Б	1/5	1	1/5	0,35	0,083
У	5	5	1	2,89	0,682
Сума елементів по стовпцях	6,2	11	1,4	4,24	

$$\lambda^*_{\text{max}} \cong 6,2 \cdot 0,235 + 11 \cdot 0,083 + 1,4 \cdot 0,682 = 3,32;$$

$$I_c = 0,16 < 0,2.$$

Для варіанту В обсяг днопоглиблювальних робіт істотно менше, а для варіанта Б він мінімальний. Фонові концентрації забруднюючих речовин, обумовлені їх виносом р. Дальньої, істотно менше, ніж для варіанта А (табл. 3.6).

*Вплив на тваринний і рослинний світ.* Найбільш сильний вплив на охоронювані види рослин і тварин буде надавати варіант розміщення Б, так як порт розташований неподалік від заказника, найменше - варіант А (табл. 3.7):

*Екологічно небезпечні аварії.*

При оцінці ролі екологічно небезпечних аварій, насамперед розливів нафти, враховується, що фарватер до порту А найбільш складний, а значить і можливість аварій найбільш висока. Найзручніший і безпечний підхід до порту Б. Необхідно враховувати також розливи нафти у майданчиків Б, В, які можуть торкнутися екологічну безпеку заказника і зони відпочинку (табл. 3.8).

Таблиця 3.6

Вплив на воду у тому числі вплив днопоглиблювальних робіт.

Матриця парних порівнянь

Варіант	А	Б	В	$w^*$	$w^*_{норм}$
А	1	8	6	3,58	0,742
Б	1/8	1	1/5	0,30	0,062
В	1/6	5	1	0,94	0,196
Сума елементів по стовпцях	1,29	14	7,2	4,82	

$$\lambda_{max}^* \cong 1,29 \cdot 0,742 + 14 \cdot 0,062 + 7,2 \cdot 0,196 = 3,22$$

$$I_c = 0,11 < 0,2.$$

Таблиця 3.7

Вплив на тваринний і рослинний світ.

Матриця парних порівнянь

Варіант	А	Б	В	$w^*$	$w^*_{норм}$
А	1	1/7	1/5	0,31	0,069
Б	7	1	5	3,23	0,711
В	5	1/5	1	1,0	0,220
Сума елементів по стовпцях	13	1,34	6,2	4,54	

$$\lambda_{max}^* \cong 3,22; I_c = 0,11 < 0,2.$$

Слід також враховувати можливість аварій на магістральному нафтопроводі, яка тим більше, чим більше його протяжність. При прокладанні нафтопроводу до порту Б необхідно також перетнути річку, що є додатковим джерелом загрози. Як бачимо, задача призначення оцінок для цієї категорії непроста, оскільки вельми багато обставин, що впливають на перевагу тому чи іншому варіанту, треба врахувати при аналізі можливості прояву аварій і масштабів їх наслідків. Для уточненого аналізу доцільно побудувати додатковий рівень ієрархії, що дозволило б більш точно розібратися в складності проблеми, більш точно і обґрунтовано задати експертні оцінки, однак це виходить за рамки розглянутого прикладу.

Таблиця 3.8

Екологічно небезпечні аварії.  
Матриця парних порівнянь

Варіант	A	Б	В	$\lambda^*$	$\bar{w}^*$ норм
A	1	1/4	4	1,00	0,246
Б	4	1	5	2,68	0,661
В	1/4	1/5	1	0,37	0,093
Сума елементів по стовпцях	5,25	1,45	10	4,05	

Тут

$$\lambda_{\max}^* \cong 5,25 \cdot 0,246 + 1,45 \cdot 0,661 + 10 \cdot 0,093 = 3,18;$$

$$I_c = 0,09 < 0,2.$$

Отже, всі матриці парних порівнянь для рівня альтернатив сформовані. Знайдені нормовані власні вектори, визначені власні значення, підтверджена узгодженість матриць.

Тепер необхідно перейти до синтезу остаточного рішення. Останнім кроком тут є операція зважування нормованих власних векторів альтернатив вагами критеріїв, які нами були отримані на початку рішення задачі і містяться у власному векторі матриці критеріїв.

Математичного запису такої операції можна надати компактну форму,



якщо позначити через  $C$  матрицю, складену з нормованих власних векторів матриць парного порівняння альтернатив, а за  $w$  - позначення власного вектора матриці порівняння критеріїв:

$$\begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1n} \\ \vdots & & & & \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_m \end{pmatrix},$$

де  $m$  - число порівнюваних варіантів (альтернатив),  $n$  - число критеріїв порівняння,  $X_i (i = 1, \dots, m)$ - вектор пріоритетів між варіантами, що є остаточним рішенням задачі.

У нашому конкретному випадку це буде виглядати так:

$$\begin{pmatrix} 0,099 & 0,064 & 0,235 & 0,235 & 0,742 & 0,069 & 0,246 \\ 0,802 & 0,185 & 0,083 & 0,083 & 0,062 & 0,711 & 0,661 \\ 0,099 & 0,750 & 0,682 & 0,682 & 0,196 & 0,220 & 0,093 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,125 \\ 0,027 \\ 0,067 \\ 0,063 \\ 0,334 \\ 0,037 \\ 0,345 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix},$$

де  $X_1, X_2, X_3$  відповідають відповідно варіантам А, Б, В.

Множачи матрицю на вектор-стовпець, знайдемо:

$$X_1 = 0,099 \cdot 0,125 + 0,064 \cdot 0,027 + 0,235 \cdot 0,067 + 0,235 \cdot 0,063 + 0,742 \cdot 0,334 + 0,069 \cdot 0,037 + 0,246 \cdot 0,345 = 0,380;$$

$$X_2 = 0,802 \cdot 0,125 + 0,185 \cdot 0,027 + 0,083 \cdot 0,067 + 0,083 \cdot 0,063 + 0,062 \cdot 0,334 + 0,711 \cdot 0,037 + 0,661 \cdot 0,345 = 0,434;$$

$$X_3 = 0,099 \cdot 0,125 + 0,750 \cdot 0,027 + 0,682 \cdot 0,067 + 0,682 \cdot 0,063 + 0,196 \cdot 0,334 + 0,220 \cdot 0,037 + 0,093 \cdot 0,345 = 0,216.$$

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,380 \\ 0,434 \\ 0,216 \end{pmatrix}$$

Отже, варіант Б (відповідний елемент вектору  $X_2$ ) має найбільшу оцінку (0,434) і, отже, несе в цілому по комплексу розглянутих факторів саме

несприятливий вплив на навколишнє середовище. Трохи меншу екологічну небезпеку, на думку експерта, представляє варіант А (оцінка 0,38). Перевага по комплексу екологічних умов, як бачимо, в результаті експертного оцінювання віддана варіанту В.

На закінчення слід зазначити, що результати експертного оцінювання не варто абсолютизувати і сприймати їх як незаперечну істину. Експертне оцінювання - всього лише один із способів розгляду і вирішення проблем, який в екологічних дослідженнях доречно застосовувати поряд з іншими методами дослідження. Тому пропонується застосовувати алгоритмічний підхід використання методу експертного оцінювання в автоматизованій експертній системі екологічного моніторингу.

### **3.3 Методика системного прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті**

Для України істотним є ризик виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з аваріями на хімічно небезпечних об'єктах та трубопровідному транспорті, в результаті яких у навколишнє середовище викидаються небезпечні хімічні речовини. В разі аварії на хімічному підприємстві відбувається залповий вплив на навколишнє середовище вкрай інтенсивного несприятливого чинника [8, 36, 56].

Методика системного прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті призначена для прогнозування масштабів зараження в разі аварій із НХР на промислових об'єктах, автомобільному, річковому, залізничному, трубопровідному транспорті, а також може бути використана для розрахунків на морському транспорті, якщо хмара НХР за аварії на ньому може дістатись прибережної зони, де мешкає населення.

Методику застосовують тільки для НХР, які зберігаються у газоподібному або рідкому стані, та які в момент виліву, викиду переходять у газоподібний стан і створюють первинну або (і) вторинну хмару НХР. Вона передбачає проведення розрахунків для планування заходів щодо захисту населення тільки

на висоті до 10 м над поверхнею землі (приземний шар повітря). Методика подається у вигляді таблиць готових розрахованих параметрів зон забруднення, що дає змогу оперативно прогнозувати масштаби забруднення. На основі моделювання і прогнозування атмосферного переміщення хімічних речовин за нею можна побудувати зону можливого хімічного забруднення та зону фактичного хімічного забруднення.

Зона можливого екологічного ризику (ЗМЕР) – це територія, в межах якої під впливом зміни напрямку вітру можливе переміщення хмари НХР з небезпечними концентраціями. Зона фактичного хімічного зараження НХР – це територія як осередок хімічного зараження, де фактично розлита НХР, та місцевості, над якими утворилась хмара НХР.

У методиці вживається термін «прогнозована зона техногенного зараження» (ПЗТЗ), що є замкненою ділянкою території, де концентрація НХР у приземному шарі повітря перевищує поріг гострого отруєння. Це розрахункова зона в межах ЗМХЗ, параметри якої приблизно визначають за формою еліпса.

*Довгострокове прогнозування* здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів зараження, сил і засобів, які залучатимуться для ліквідації наслідків аварії, складання планів локалізації аварій та інших документів.

Для довгострокового (оперативного) прогнозування використовують такі вихідні дані – характеристики викиду та довколишніх умов:

- загальна кількість НХР для об'єктів, які знаходяться в небезпечних районах (на воєнний час, для сейсмонебезпечних районів тощо); у цьому разі приймають розлив НХР “вільно”;
- кількість НХР в одиничній максимальній технологічній ємкості для інших об'єктів; у цьому разі приймають розлив НХР “у піддон” або “вільно” залежно від умов зберігання НХР;
- метеорологічні умови: швидкість вітру в приземному шарі – 1 м/с, температура повітря 20 °С, ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП) – інверсія, напрямок вітру не враховують, а поширення хмари забрудненого

повітря беруть у крузі 360°;

- середня щільність населення для цієї місцевості;
- площа зони можливого хімічного зараження:  $S_{(ЗМХЗ)} = 3,14\Gamma^2$ ;
- площа прогнозованої зони хімічного зараження:  $S_{(ПЗХЗ)} = 0,11\Gamma^2$ ;
- ступінь заповнення резервуара (резервуарів) беруть 70 % його

паспортного об'єму;

- резервуари з НХР у разі аварій руйнуються повністю;
- за аварій на продуктопроводах (аміакопроводах тощо) кількість НХР, яка може бути викинута, беруть за її кількістю між відсікачами (для продуктопроводів масу НХР беруть 300–500 т);

• заходи щодо захисту населення детальніше плануються на глибину зони можливого хімічного зараження, яка утворюється протягом перших 4 год після початку аварії.

У методиці вертикальну стійкість повітря характеризують трьома якісними категоріями: інверсією, ізотермією і конвекцією.

*Інверсія* – це такий стан приземного шару повітря, за якого температура поверхні ґрунту нижча за температуру повітря на висоті 2 м над поверхнею. За інверсії температура повітря підвищується зі збільшенням висоти.

*Ізотермія* – стан приземного шару повітря, за якого температура поверхні ґрунту орієнтовно дорівнює температурі повітря на висоті 2 м над поверхнею. За ізотермії температура повітря не змінюється або змінюється дуже слабо в міру віддалення від поверхні ґрунту.

*Конвекція* – стан приземного шару повітря, за якого температура поверхні ґрунту вища за температуру повітря на висоті 2 м над поверхнею. За конвекції температура швидко знижується в міру віддаляння від поверхні ґрунту.

За інших однакових умов (напрямок і швидкість вітру) конвекція призводить до швидкого розсіювання забрудненого повітря у вертикальному стовпі атмосфери, а глибина зони зараження в цьому разі, як правило, невелика; в умовах інверсії інтенсивність вертикального перемішування незначна і

забруднене повітря “стелиться” уздовж поверхні, утворюючи зони великої глибини (найнесприятливіша ситуація з погляду ураження населення); за ізотермічного стану глибина зони зараження має проміжне значення. Про вертикальну стійкість повітря судять за швидкістю вітру, наявністю або відсутністю хмарності, часом доби.

*Аварійне прогнозування* здійснюють у разі виникнення аварії за даними розвідки для визначення можливих наслідків аварії і порядку дій у зоні можливого зараження. Для аварійного прогнозування використовують такі дані: загальна кількість НХР на момент аварії в резервуарі (трубопроводі), на якому сталася аварія; характер розливу НХР на підстильній поверхні (“вільно” або “у піддон”); висота обвалування (піддону); реальні метеорологічні умови – температура повітря (°C), швидкість (м/с) та напрямок вітру у приземному шарі, ступінь вертикальної стійкості повітря (інверсія, конвекція, ізотермія); середня щільність населення місцевості, над якою поширюється хмара НХР; площа зони можливого хімічного зараження; площа прогнозованої зони хімічного зараження; прогнозування здійснюють на термін не більш як 4 год, після чого прогноз має бути уточнений.

Розмір ЗМХЗ приймають за сектор круга, форма і розмір якого залежать від швидкості та напрямку вітру і розраховують за такою емпіричною формулою:

$$S_{\text{ЗМХЗ}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \varphi \text{ (км}^2\text{)}, \quad (3.15)$$

де  $\Gamma$  – глибина зони, км;  $\varphi$  – коефіцієнт, який умовно дорівнює кутовому розміру зони, град.

Параметри  $\Gamma$  і  $\varphi$  задають табличним способом. Площу прогнозованої зони хімічного зараження обчислюють так:

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = K \Gamma^2 N^{0.2} \text{ (км}^2\text{)}, \quad (3.16)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря, його беруть таким, що дорівнює 0,081 – за інверсії, 0,133 – за ізотермії, 0,235 – за конвекції;  $\Gamma$  – глибина зони, км;  $N$  – час, на який розраховують глибину

ПЗТЗ.

Для обчислення площі ПЗХЗ використовують також і ширину ПЗХЗ, яка дорівнює за інверсії  $0,3\Gamma^{0,60}$ , км; за ізотермії –  $0,3\Gamma^{0,75}$ , км; за конвекції –  $0,3\Gamma^{0,95}$ , км, де  $\Gamma$  – глибина зони зараження, яку визначають із застосуванням таблиць, наведених у методиці.

Час підходу хмари НХР до заданого об'єкта залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою

$$t = r/V \text{ (год)}, \quad (3.17)$$

де  $r$  – відстань від джерела зараження до заданого об'єкта, км;  $V$  – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру, км/год.

Для прогнозування за цією методикою розлив “вільно” приймають, якщо НХР розливається підстильною поверхнею шаром  $h$  завтовшки не більше як 0,05 м. Розлив “у піддон” приймають, якщо НХР розливається поверхнею, яка має обвалування, при цьому товщина шару має бути:  $h = H - 0,2$  (м), де  $H$  – висота обвалування.

Усі розрахунки виконують на термін не більш як 4 год. Після обчислення даних з урахуванням усіх коефіцієнтів отримане значення  $\Gamma$  порівнюють з максимальним значенням перенесення повітряних мас за 4 год:  $\Gamma = 4 V$ , де  $V$  – швидкість перенесення повітряних мас;  $\Gamma$  – глибина зони.

Для подальшої роботи за розрахункову глибину зони зараження беруть менше з двох порівнюваних значень.

Запропоновану методику розглядаємо на прикладі складання планів реагування і захисту населення та проведення довгострокового (оперативного) прогнозування небезпеки хімічного небезпечному об'єкті, який знаходиться на відстані 9 км від населеного пункту, та має 2 резервуари – 50 і 100 т хлору. Навколо них побудовано обвалування заввишки 2,3 м.

*Додаткові дані.* За картою визначимо, що населений пункт має глибину зони забруднення 5 км і ширину – 4 км. Площа населеного пункту становить 18

км<sup>2</sup>, у ньому проживає 12 тис. осіб.

*Метеоумови:* для оперативного планування приймають тільки такі метеоумови: інверсія, швидкість вітру – 1 м/с, температура повітря +20 °С. Напрямок вітру не враховують, а поширення хмари зараженого повітря розглядають у крузі 360°.

Розв'язок. Для оперативного планування розрахунки виконують за максимальним об'ємом одиничного резервуара. Глибина зони поширення для 100 т хлору дорівнює 82,2 км. З урахуванням того, що резервуар обвалований, для висоти обвалування 2,3 м (близько 2 м) беремо коефіцієнт зменшення глибини, що дорівнює 2,4, тоді глибина зони поширення зараженого повітря становитиме  $G = 82,2/2,4 = 34,25$  (км).

Ширина зони прогнозованого хімічного зараження буде:  $Ш_{зпхз} = 0,3 \cdot 34,250,60 = 2,5$  (км), площа зони прогнозованого хімічного зараження, що проходить через населений пункт, –  $2,5 \text{ км} \cdot 4 \text{ км} = 10 \text{ км}^2$ . Площа населеного пункту дорівнює 18 км<sup>2</sup>. Частка площі населеного пункту, яка опиниться у ПЗХЗ, становитиме  $10 \cdot 100/18 = 55,6$  (%).

Кількість населення, яке проживає в населеному пункті і опиняється у ПЗХЗ, буде  $12\ 000 \cdot 55,6/100 = 6672$  (особи).

Втрати серед населення поділяють на: легкі – до  $6672 \cdot 25/100 = 1668$  (осіб); середньої тяжкості – до  $6672 \cdot 40/100 = 2669$  (осіб); зі смертельними наслідками – до  $6672 \cdot 25/100 = 1668$  (осіб).

Час підходу хмари зараженого повітря до населеного пункту за швидкості вітру 1 м/с (5 км/год) становить  $9/5 = 1,8$  (год).

Для оперативного планування приймають  $\varphi = 360^\circ$

Площу ЗМХЗ розраховують за формулою (4.1)

$$S_{ЗМХЗ} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 34,25^2 \cdot 360 = 3682,48 \text{ (км}^2\text{)}.$$

Площу ПЗХЗ обчислюють за формулою (4.2)

$$S_{ПЗХЗ} = 0,081 \cdot 34,25^2 \cdot 4^{0,2} = 125,38 \text{ (км}^2\text{)}.$$

Якщо об'єкт знаходиться в населеному пункті і площа прогнозованої зони

хімічного зараження не виходить за межі населеного пункту, то всі дані щодо кількості населення в ПЗХЗ, а також втрати населення розраховують тільки за ПЗХЗ.

Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин за аварій на промислових об'єктах і транспорті не передбачає розрахунку ризику, хоча промислові об'єкти, на яких застосовуються, виготовляються, переробляються чи зберігаються хімічно небезпечні речовини, потребують, згідно з чинними нормативно-правовими актами, декларування безпеки. Розроблення декларації безпеки об'єкта, у свою чергу, потребує оцінювання ризику. Однією з проблем декларування є недосконалість вітчизняних методик оцінювання ризику, які часто не враховують специфіку об'єктів, або передбачають розрахунок тільки наслідків аварій. Тому нижче наведено методичний підхід щодо оцінювання ризику ураження населення НХР за аварій на техногенне небезпечних об'єктах.

### **3.4 Методика оцінювання ризику ураження населення небезпечними речовинами при аваріях на об'єктах підвищеної небезпеки**

Для переходу до кількісного оцінювання ризику ураження населення небезпечною хімічною речовиною необхідно враховувати той факт, що кількість уражених, відповідно до методики, залежить від площі зони зараження й часу експозиції (тривалості впливу отруйної хмари на людей). При виконанні оцінних розрахунків час експозиції беруть таким, що дорівнює часу випаровування НХР. Як уже зазначалося, площа зони зараження й час випаровування розлитої НХР є функціями погодного стану  $P$ .

Далі треба розрахувати ймовірність реалізації зони зараження тієї чи іншої глибини. Для цього потрібна інформація про ймовірність реалізації відповідної комбінації метеорологічних параметрів з урахуванням того факту, що глибина зони зараження  $\Gamma$  є функцією чотирьох змінних:

$$\Gamma = \Gamma(\alpha, v, g, c), \quad (3.18)$$

де  $\alpha$  – напрямок вітру;  $v$  – швидкість вітру;  $g$  – частка уражених серед



населення, яке опинилося в зоні зараження;  $c$  – ознака наявності або відсутності хмарності.

Метеорологічні параметри зазвичай наводяться у довідниках у вигляді так званих таблиць повторюваності. Наприклад, для певного поєднання швидкості й напрямку вітру вказано число днів у році, протягом яких зазначене поєднання, як правило, реалізується. Крім інформації про повторюваність швидкостей і напрямків вітру для отримання повноцінного опису погодних станів в обсязі, необхідному для виконання розрахунків, потрібні додаткові дані про наявність хмарності. На підставі даних про повторюваність  $N$  погодних станів  $\Pi$  можна знайти оцінку ймовірності реалізації погодного стану:

$$p(\Pi) = N_{\Pi}/T,$$

де  $N_{\Pi}$  – число днів, що відповідають певному погодному стану;  $T$  – період спостережень.

Відповідно до формули (3.18), кожному погодному стану може бути поставлена в однозначну відповідність глибина зони зараження. Оскільки наведені в літературі метеорологічні дані мають дискретний і обмежений характер, то відповідна їм множина зон ураження також буде обмеженою і дискретною. Як уже зазначалось, кожному погодному стану  $\Pi$  відповідає певна ймовірність його реалізації  $p(\Pi)$ . З погодним станом однозначно пов'язана глибина  $\Gamma$  зони поширення хмари, тому кожному значенню  $\Gamma$  можна поставити у відповідність імовірність  $p(\Pi)$ , яку надалі позначатимемо як  $p(\Gamma)$  – ймовірність реалізації відповідної зони зараження (рис. 3.9).

Завдання оцінювання ризику (умовного, оскільки ймовірність оцінювальної події в цьому випадку вважають такою, що дорівнює 1, тобто  $P(A)_i = 1$ ) зводиться до двох етапів:

- оцінювання ймовірності для будь-якої точки території опинитися під дією отруйної хмари;
- оцінювання розподілу ймовірного збитку (кількість або частка

уражених).

Загроза для будь-якого об'єкта опинитися в зоні зараження виникає тільки тоді, коли зазначений об'єкт знаходиться з підвітряного боку відносно епіцентру аварії, а в разі оцінювання ймовірності реалізації цієї події треба врахувати також дальність об'єкта від епіцентру аварії.

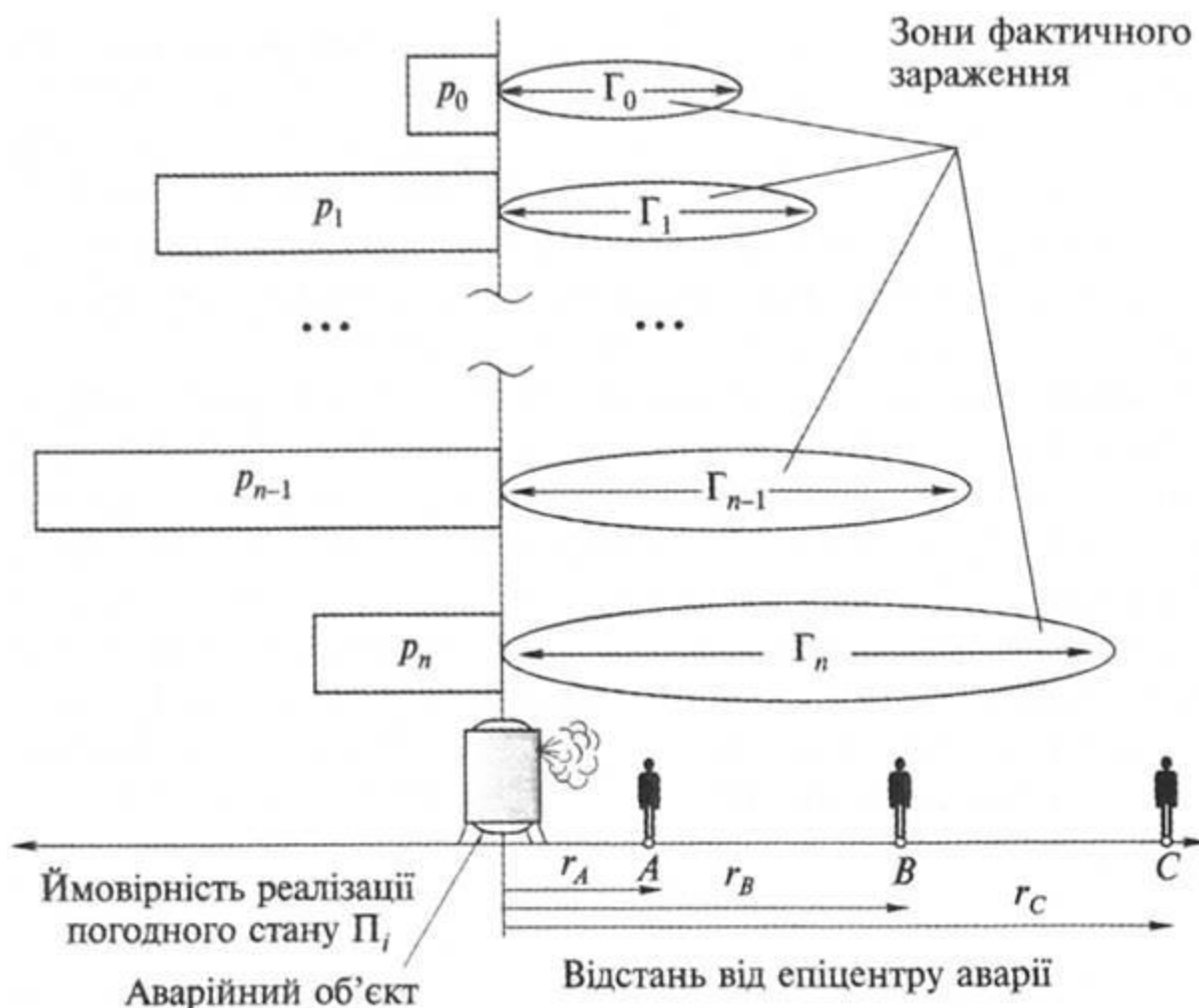


Рис. 3.9 - Ймовірність реалізації небезпечних зон різної глибини

Так, існує деякий радіус, за межі якого НХР небезпечної концентрації не вийде за жодних погодних умов. На рис. 3.9 точка  $C$  знаходиться на безпечній відстані, тобто за будь-якого ймовірного погодного стану фронт отруйної хмари не досягне зазначеної точки. З підвітряного боку можна виділити деяку відстань, що буде гарантовано перекрита зоною зараження.

На рис. 3.9 точка  $A$ , що знаходиться з підвітряного боку щодо аварійного об'єкта, опиниться під дією хмари НХР за будь-якого погодного стану. Ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P(\Pi)_{\Sigma} = \sum_{i=0}^n p(\Pi_i) \quad (3.19)$$

або

$$P(\Gamma)_{\Sigma} = \sum_{i=0}^n p(\Gamma_i), \quad (3.20)$$

де  $P_{\Sigma}$  – сумарна ймовірність усіх погодних станів, які відповідають даному напрямку вітру.

Отже, за формулами (3.19) і (3.20) визначають ймовірність опинитися під дією отруйної хмари людини, яка знаходиться у точці  $A$ .

Точка, що лежить між радіусом “гарантованого ураження” і безпечним віддаленням, опиниться під дією отруйної хмари в разі виникнення зони ураження, глибина якої перевищуватиме відстань від епіцентру аварії до розглянутої точки. На рис. 3.9 точка  $B$  виявиться в зоні ураження тільки за її глибини більшої, ніж  $r_B$ , тобто  $\Gamma_{n-1}$  і  $\Gamma_n$ . Ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_B = p(\Gamma_{n-1}) + p(\Gamma_n).$$

У загальному випадку для точки, що знаходиться на відстані  $r$  від епіцентру аварії, ймовірність  $P(r)$  (тобто умовний територіальний ризик) опинитися в зоні ураження розраховують за виразом

$$P(r) = \sum_i p(\Gamma_i \geq r) \quad (3.21)$$

або

$$P(r) = P_{\Sigma} \left[ 1 - \sum_i p(\Gamma_i < r) \right]. \quad (3.22)$$

Варто звернути увагу на те, що у формулі (3.21) додаються ймовірності утворення всіх зон, глибина яких більша або дорівнює  $r$ , а у формулі (3.22) – ймовірності утворення зон, глибина яких менша за  $r$ .

Слід зауважити, що ймовірність опинитися в зоні ураження в разі

виникнення аварії в загальному випадку недостатньою мірою характеризує загрозу ураження. Не менш важливо оцінити можливість вчасного оповіщення населення про наближення фронту зараженого повітря. Населення буде оповіщено, якщо час спрацьовування системи оповіщення  $\tau$  (тобто час від початку аварії до моменту початку оповіщення) буде меншим, ніж час  $t$  підходу хмари НХР. Час  $t$  підходу хмари до об'єкта, який знаходиться на відстані  $r$  від епіцентру аварії, дорівнює:  $t = r/v$ , де  $v$  – швидкість переміщення фронту отруйної хмари, км/год.

Алгоритм розрахунку вчасного оповіщення населення про підхід фронту зараженої хмари для об'єкта, розміщеного з підвітряного боку на відстані  $r$  від епіцентру аварії, передбачає такі операції.

1. Для кожного погодного стану  $\Pi$  визначають швидкість переміщення фронту отруйної хмари повітря.

2. За формулою (3.17) знаходять час  $t$  підходу хмари до об'єкта, що знаходиться на відстані  $r$  від епіцентру аварії.

3. Перевіряють виконання умови ( $\tau < t$ ).

4. Додаються усі ймовірності  $p_i$ , для яких виконується умова ( $\tau < t$ ).

Зазначений алгоритм може бути записаний у вигляді рівняння

$$P_0(r) = \sum_i p_0(\tau \leq t_i), \quad (3.23)$$

де  $P_0(r)$  – ймовірність того, що населення, яке знаходиться на відстані  $r$ , буде вчасно оповіщене про підхід зараженої хмари;  $p_0(t_i)$  – ймовірність реалізації погодного стану, за якого час підходу хмари до точки, віддаленої від епіцентру на відстань  $r$ , дорівнює  $t_i$ . Додавання у формулі (3.23) виконується для всіх  $i$ , для яких  $\tau \leq t_i$

Ризик (умовний)  $RI(r)$ , як імовірну частку населення, яке буде уражене отруйною хмарою в точці, що знаходиться з підвітряного боку на відстані  $r$  від епіцентру аварії, розраховують за формулою

$$RI(r) = \sum_i p(\Pi_i) g_i, \quad (3.24)$$

де  $p(\Pi_i)$  – ймовірність реалізації погодного стану  $\Pi_i$ ;  $g_i$  – частка уражених серед населення, яке опинилося в зоні ураження;  $\Gamma_i$  – глибина зони зараження;  $r$  – відстань від розглянутої точки до епіцентру аварії.

Додавання у формулі (3.24) виконують для всіх  $i$ , для яких  $\Gamma_i \geq r$ .

Такий розрахунок здійснюють для різних напрямків вітру й різних значень  $r$  – від 0 до безпечної відстані. Нанісши на карту місцевості точки, що відповідають однаковим рівням збитку, і з'єднавши їх між собою, можна отримати зображення зон, які характеризують рівень небезпеки даної території з погляду ураження населення в разі виникнення аварії з викидом НХР у навколишнє середовище. Для переходу від розподіленого збитку до потенційного ризику треба помножити значення розподіленого збитку в кожній точці на ймовірність виникнення аварії на підприємстві.

Проте існуюча методика має певні недоліки. Згідно з нею, коректне враховувати атмосферні характеристики можна лише за умови їх стабільності протягом періоду поширення хмари зараження. Незначна зміна атмосферних параметрів, наприклад різкі пориви вітру, початок дощу, істотно впливають на динаміку поширення хімічного забруднення в атмосфері. У зв'язку з цим навіть побудовані для оперативного реагування зони можливого і фактичного хімічного зараження не будуть достатньо повною мірою відповідати дійсності.

Крім того, у методиці відсутній алгоритм розрахунку потенційного територіального ризику ураження населення. Тому у зв'язку з розвитком інформаційних систем і технологій, доцільне вдосконалення цієї методики у наведених нижче основних *напрямах*.

1. *Атмосферні умови.* Головним напрямом удосконалення методики є розробка і введення до її складу математичних моделей, які враховують часову змінну атмосферних умов, зокрема напрямку вітру, температури, вологості,

тиску, загального стану атмосфери. Додатково система математичних моделей має передбачати врахування просторової неоднорідності напрямку і швидкості руху повітряних мас як у горизонтальному, так і вертикальному напрямках.

2. *Характеристики викиду.* Для аварій на промислових об'єктах можливий такий перебіг подій. Під час аварій можливі викиди кількох речовин відразу, тому прогнозовані зони можливого і фактичного зараження треба будувати з урахуванням небезпечної дії усіх речовин. Остання редакція методики, як уже зазначалось, містить табличні дані глибини зон зараження для окремих речовин. В екстремальних випадках визначення параметрів цих зон за кількома речовинами неможливе.

3. *Доповнення алгоритмом розрахунку* потенційного територіального ризику ураження населення.

4. *Програмна реалізація методики.* Вдосконалена відповідно до викладених вимог методика прогнозування має бути програмно реалізована (комп'ютерний варіант).

***Методика оцінювання екологічної безпеки об'єкта на основі методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки.***

Класифікація математичних методів розв'язку задач в умовах невизначеності показала, що в основу сучасних систем підтримання прийняття рішень покладено методи системного аналізу, експертних систем, теорії нечітких множин і нечіткої логіки, на основі яких розроблено методику оцінювання небезпеки складного об'єкта [5, 6, 60, 61].

Останнім часом нечітке управління є однією з найбільш результативних сфер досліджень застосування теорії нечітких множин. Нечітке управління виявляється особливо корисним, коли технологічні процеси занадто складні для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів або коли доступні джерела інформації інтерпретуються на якісному рівні, неточно чи невиразно.

Нечітка логіка, на якій ґрунтується нечітке управління, ближче за духом до людського мислення і вживаних мов, ніж традиційні логічні системи. Нечітка логіка в основному забезпечує ефективні засоби відображення невизначеностей

і неточностей реального світу. Автори праці [23, 25] запропонували підхід до оцінювання стану безпеки і ступеня роботоздатності складного об'єкта на основі нечіткої логіки.

#### *Побудова моделі складного екологічного об'єкта*

У процесі вирішення завдання екологічного оцінювання стану деякого об'єкта будують його математичну модель. Оскільки йдеться про оцінювання безпеки (стану) ПНО, то можна вважати, що стан об'єкта (складна властивість) залежить від низки простіших властивостей. Параметри моделі, а також зв'язки між ними описуються за допомогою апарату нечіткої логіки. Крім того, зазначимо, що перед використанням у моделі треба провести фазифікацію вхідних параметрів, а після, для отримання остаточного результату, – дефазифікацію.

Нехай у розглянутому об'єкті ( $Y$ ) виділено основні властивості (якості) ( $A$ ,  $B$ ), вузли ( $D$ ,  $F$ ,  $K$ ) і вимірювані параметри ( $d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3$ ). У процесі моделювання визначають структуру моделі і тип зв'язків між її параметрами. Для зв'язування використовують операції кон'юнкції (тісний зв'язок) і диз'юнкції (менш тісний зв'язок). Нехай у результаті проведеного аналізу отримано модель досліджуваного об'єкта, наведену на рис. 3.10. Наприклад, у цій моделі враховано як стани конкретних вузлів ( $D$ ,  $F$ ,  $K$ ), так і різні якісні поняття ( $A$ ,  $B$ ). У процесі аналізу дослідник може дійти висновку, що стан деяких вузлів об'єкта впливає відразу на кілька різних властивостей (якісних понять).

У такій ситуації в разі виявлення причинно-наслідкових зв'язків видається правомірним не шукати відповідь на запитання, з якою однією властивістю зв'язати такий вузол, а зв'язати його з усіма тими властивостями, на які він впливає. Саме таке розуміння ситуації ілюструє рис. 3.10, де вузли  $D$ ,  $F$ ,  $K$  повторюються.

Варто підкреслити, що вимірювані параметри  $d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3$ , вузли  $D, F, K$ , властивості  $A, B$  та об'єкт  $Y$  є нечіткими множинами однакової розмірності, визначеними на одному універсумі. Позначимо універсум  $E$ . Слід

також наголосити, що в нашому прикладі функції належності можуть набувати значень в інтервалі  $[0, 1]$ .

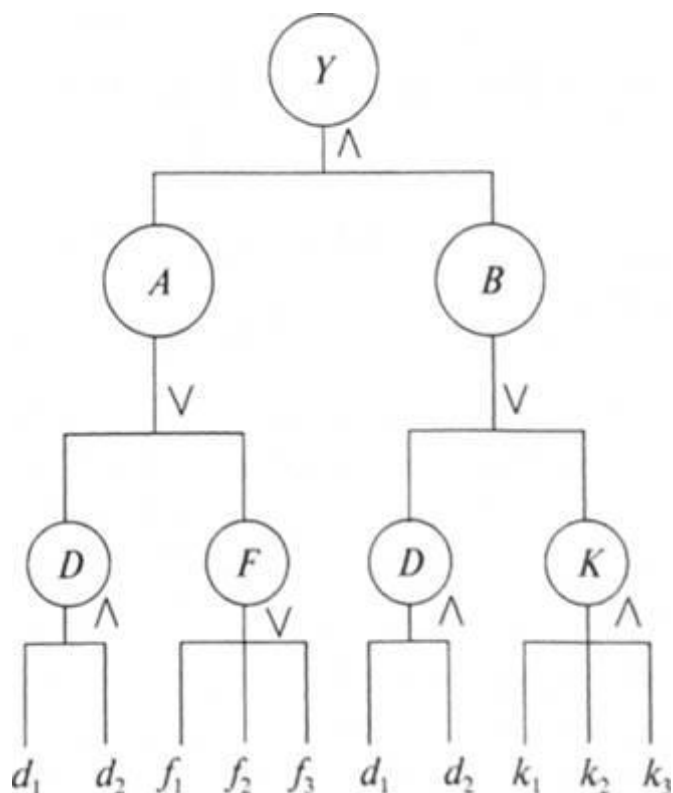


Рис. 3.10 - Структурна модель об'єкта екологічного спостереження

Як уже зазначалось, невизначеність у розумінні структури моделі може бути формалізована за допомогою багаторазового введення змінних у структуру моделі. Проаналізуємо можливості нечіткої логіки щодо обчислення оцінки ступеня роботоздатності об'єкта, у моделі якого є структурна невизначеність.

Розглянемо можливості двох основних підходів, які трапляються найчастіше, на прикладі розглянутої моделі.

Обчислення диз'юнкції і кон'юнкції за допомогою операцій “max” і “min” (об'єднання і перетин нечітких множин):

$$\mu_{A \vee B}(x) = \mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad \forall x \in E; \quad (3.25)$$

$$\mu_{A \wedge B}(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad \forall x \in E. \quad (3.26)$$

Важливо підкреслити, що за наведеного визначення диз'юнкції і кон'юнкції зберігаються всі основні еквівалентності класичної логіки за винятком



таких:  $A \vee \neg A = E$ ,  $A \wedge \neg A = \emptyset$ .

Тут диз'юнкцію і кон'юнкцію, застосовані до нечітких множин, розуміють як об'єднання і перетин відповідно, що уможливорює перетворення формул. Наприклад, розглянуту модель об'єкта можна мінімізувати (спростити) у такий спосіб:

$$\begin{aligned} Y &= A \wedge B = (D \vee F) \wedge (D \vee K) = D \vee (F \wedge K) = \\ &= (d_1 \wedge d_2) \vee ((f_1 \vee f_2 \vee f_3) \wedge (k_1 \wedge k_2 \wedge k_3)), \end{aligned} \quad (3.27)$$

або мовою функцій належності:

$$\begin{aligned} \mu_Y(x) &= \max(\mu_D(x), \min(\mu_F(x), \mu_K(x))) = \\ &= \max(\min(\mu_{d_1}(x), \mu_{d_2}(x)), \min(\max(\mu_{f_1}(x), \mu_{f_2}(x), \mu_{f_3}(x)), \\ &\quad \min(\mu_{k_1}(x), \mu_{k_2}(x), \mu_{k_3}(x))))), \quad \forall x \in E. \end{aligned} \quad (3.28)$$

Однак слід зауважити, що визначення диз'юнкції і кон'юнкції за допомогою операцій “max” і “min” (3.25), (3.26) є “твердим” у тому розумінні, що в цьому разі враховується значення тільки однієї зі змінних, що беруть участь у зв'язуванні. Справді, з формули (3.28) видно, що коли, наприклад,  $\mu(k_3) = 0,2$ , то будь-яка зміна значень інших параметрів в інтервалі  $[0,2; 1]$  не впливатиме на кінцевий результат. Водночас видається очевидним, що на практиці зміну значення кожного з параметрів треба враховувати при оцінюванні ступеня роботоздатності об'єкта.

Для подолання зазначених труднощів у вирішенні подібних завдань у теорії нечітких множин (нечіткій логіці) пропонується використовувати так назване “м'яке” визначення диз'юнкції і кон'юнкції. Розглянемо властивості цього визначення, яке також називають алгебраїчним добутком і сумою нечітких множин.

*Алгебраїчний добуток і сума нечітких множин (змінних):*

$$\begin{aligned} \mu_{A \vee B}(x) &= \mu_{A+B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x), \quad \forall x \in E; \\ \mu_{A \wedge B}(x) &= \mu_{AB}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x), \quad \forall x \in E. \end{aligned} \quad (3.29)$$

За такого визначення диз'юнкції і кон'юнкції, безумовно, враховується

вплив усіх змінних на кінцевий результат, однак у цьому разі істотний мінус полягає в тім, що не виконується вже значно більше еквівалентностей, властивих класичній логіці, а саме ідемпотентність і дистрибутивність.

Очевидно, що це значно знижує можливості для перетворення, спрощення складних логічних формул, унаслідок чого мінімізувати побудовану модель так, як це було зроблено раніше, не можна.

Модель об'єкта рекомендується розробляти, виходячи як з особливостей і властивостей самого об'єкта, так і використовуваних логічних операцій.

### *Алгоритми побудови моделі комплексного оцінювання екологічної безпеки об'єкта.*

Можливо виділити три алгоритми побудови моделі для оцінювання екологічної безпеки об'єкта.

Перший алгоритм є алгоритмом синтезу на основі вирішення зворотної задачі. При цьому модель будується у зворотному напрямку, виходячи з параметрів, які можуть бути оцінені за даними, що зберігаються в базі даних (БД), або експертно. Ці параметри групують за змістом за допомогою операцій зв'язок, так, щоб вони характеризували властивості вищого рівня. Далі отримані на попередніх кроках властивості теж групують аналогічно. Це повторюють доти, доки не отримають у результаті групування шукану властивість.

Другий алгоритм є алгоритмом аналізу, тобто модель будується виділенням із складніших властивостей простіших доти, доки всі властивості, отримані на останньому кроці, можна буде оцінити за даними, які зберігаються в базі даних, або експертно.

Третій алгоритм створено на основі системного підходу, який поєднує перші два, тобто модель будується в обох напрямках з огляду на те, які є вхідні дані та які властивості виділені на наступному кроці.

Розглянемо ці алгоритми окремо.

*1. Алгоритм побудови моделі на основі вирішення зворотної задачі для оцінювання екологічної безпеки об'єкта (рис. 3.11).*

1. Визначити вхідні параметри (властивості нижнього рівня), які можна

отримати з даних, що зберігаються у базі даних, або оцінити експертно.

2. Визначити властивості об'єкта (властивості верхнього рівня), які можна оцінити за допомогою параметрів, визначених у п. 1.

3а. Вибрати з визначених у п. 2 властивостей ту, яка буде оцінюватись.

3б. З параметрів, визначених у п. 1, обрати ті, що потрібні для її оцінювання.

4. Визначити якісну шкалу.

5. Для параметрів, що будуються, на основі показників із бази даних встановити функції, за якими проводитимуть фазифікацію.

6. Згрупувати властивості поточного і нижчих рівнів за змістом за допомогою зв'язок кон'юнкції  $\wedge$  (тісний зв'язок – параметри в сукупності впливають на значення групи) та диз'юнкції  $\vee$  (менш тісний зв'язок – кожен параметр впливає на значення групи) так, щоб вони характеризували властивості вищого, наступного рівня.

7. Повторювати п. 6 доти, доки в результаті групування не отримається властивість, обрана в п. 3.

8. Об'єднати властивості об'єкта так, щоб отримати кінцеву остаточну модель для оцінювання властивості об'єкта.

*2. Алгоритм побудови моделі на основі вирішення прямої задачі для оцінювання екологічної безпеки об'єкта (рис. 3.12).*

1. Визначити властивість об'єкта, яку будуть оцінювати як властивість вищого рівня.

2. Виділити властивості наступного, нижчого рівня для властивостей попереднього рівня.

3. Для кожної властивості попереднього рівня встановити зв'язок між властивостями поточного рівня, виділеними в ній у п. 2, за допомогою зв'язку кон'юнкції  $\wedge$  (тісний зв'язок – виділені властивості поточного рівня в сукупності впливають на властивість, в якій вони виділені) та диз'юнкції  $\vee$  (менш тісний зв'язок – кожна виділена властивість поточного рівня впливає на властивість, в якій вона виділена).

4. Якщо не залишилось властивостей, які не можна оцінити експертно або за даними, що зберігаються в базі даних, то переходять на п. 5. Якщо тільки деякі властивості поточного рівня можна оцінити експертно або за даними, що зберігаються в базі даних, то їх запам'ятовують, для інших – переходять на п. 2.

5. Визначити якісну шкалу.

6. Визначити перелік властивостей, які можна оцінити за даними з бази даних, та таких, що можна оцінити експертно.

7. Для властивостей, що будуються на основі даних з бази даних, встановити функції, за якими проводитиметься фазифікація.

8. Об'єднати властивості об'єкта так, щоб отримати кінцеву остаточну модель властивості об'єкта.

*3. Алгоритм побудови моделі на основі системного підходу (рис. 3.13).*

1. Визначити вхідні параметри (властивості нижнього рівня), які можна отримати з даних, що зберігаються у базі даних, або оцінити експертно.

2. Визначити ту властивість об'єкта (властивість верхнього рівня), яку можна оцінити за допомогою знайдених у п. 1 параметрів.

3. Визначити з параметрів, встановлених у п. 1, ті, які потрібні для оцінювання.

4. Виділити з властивостей вищого рівня властивості наступного рівня.

5. Для кожної властивості попереднього рівня встановити зв'язок між властивостями поточного рівня, виділеними в ній у п. 4, за допомогою зв'язків кон'юнкції  $\wedge$  (тісний зв'язок – виділені властивості поточного рівня в сукупності впливають на властивість, в якій вони виділені) та диз'юнкції  $\vee$  (менш тісний зв'язок – кожна виділена властивість поточного рівня впливає на властивість, в якій вона виділена).

6. Якщо властивості, виділені в п. 4, збігаються з властивостями з п. 1 або 7, то переходять на п. 10, якщо ні – на п. 7.

7. Об'єднати властивості нижніх рівнів у властивості вищого рівня.

8. Якщо властивості, отримані в п. 7, збігаються за даними з властивостями з п. 4, то переходять на п. 10, якщо ні – на п. 9.

9. Для кожної властивості поточного рівня установити зв'язок між властивостями попереднього рівня, об'єднаними в п. 7, за допомогою зв'язків кон'юнкції  $\wedge$  (тісний зв'язок – об'єднані властивості попереднього рівня в сукупності впливають на властивість, в яку вони об'єднані) та диз'юнкції  $\vee$  (менш тісний зв'язок – кожна властивість попереднього рівня впливає на властивість поточного рівня).

10. Визначити якісну шкалу.

11. Визначити властивості, які можна оцінити з бази даних, та ті, які можна оцінити експертно.

12. Визначити функції фазифікації.

13. Побудувати кінцеву модель.

Наведемо методика синтезу моделі комплексного оцінювання безпеки об'єкта за допомогою алгоритму моделі на основі системного підходу.

Нехай  $Y$  – об'єкт (стан (властивість верхнього рівня) якого треба оцінити.

1. Визначимо вхідні параметри (властивості нижнього рівня). Нехай ними будуть  $d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3, e_1, e_2$ .

2. Хай властивість об'єкта, яку оцінюватимемо,  $Y$ .

3. Нехай для оцінювання властивості  $Y$  нам треба тільки  $d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3$ .

4. У властивості  $Y$  можна виділити властивості наступного рівня  $A, B$ .

5. Нехай між  $A$  і  $B$  – тісний зв'язок, тоді вибираємо операцію кон'юнкції  $\wedge$ .

6. Оскільки виділені властивості  $A$  і  $B$  не збігаються з вхідними параметрами, виділеними в п. 1, то переходимо на п. 7.

7. Об'єднаємо властивості з п. 1 у властивості наступного рівня. Нехай  $d_1, d_2$  об'єднуються в  $D$  за допомогою зв'язки  $\wedge, f_1, f_2, f_3$  – в  $F$  за допомогою зв'язки  $\vee, k_1, k_2, k_3$  – в  $K$  за допомогою зв'язки  $\vee$ .

8. Оскільки властивості  $D, F, K$  не збігаються з властивостями  $A, B$ , то переходимо на п. 9.

9. Об'єднаємо властивості  $D, F, K$  так, щоб вони відповідали властивостям

*A, B.*

Так як у нас уявний об'єкт, тобто немає прив'язки до предметної області, то пп. 10–12 можна пропустити.

13. Побудуємо кінцеву модель.



Рис. 3.11 - Алгоритм побудови моделі на основі вирішення зворотної задачі для оцінювання екологічної безпеки



об'єкта

Рис. 3.12 - Алгоритм побудови моделі на основі вирішення прямої задачі для оцінювання екологічної безпеки об'єкта



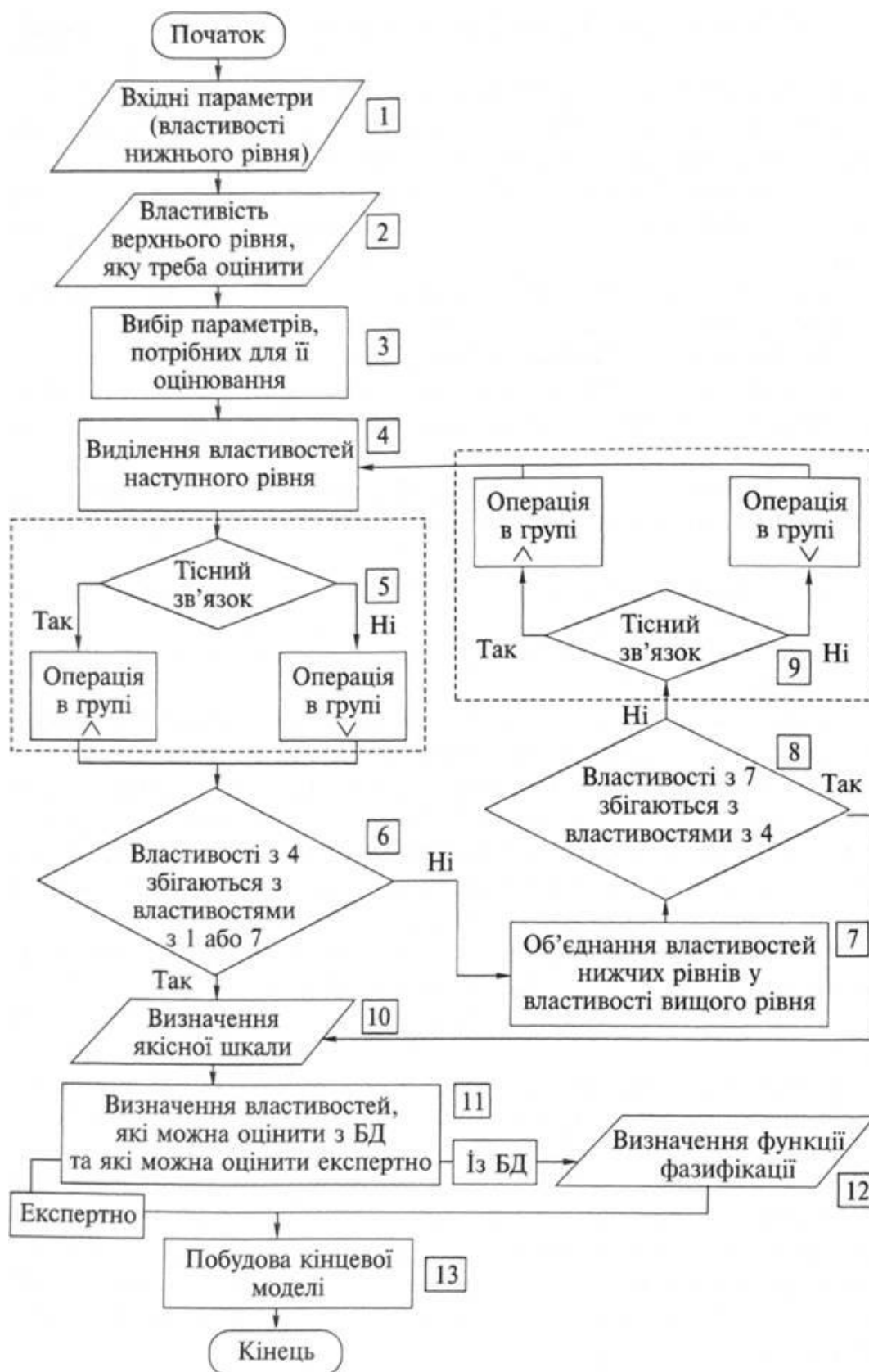


Рис. 3.13 - Алгоритм побудови моделі на основі системного підходу для оцінювання екологічної безпеки об'єкта

У результаті моделювання ми отримали модель

$$Y = A \wedge B = (D \vee F) \wedge (D \vee K) = \\ = ((d_1 \wedge d_2) \vee (f_1 \vee f_2 \vee f_3)) \wedge ((d_1 \wedge d_2) \vee (k_1 \wedge k_2 \wedge k_3)),$$

або на мові функцій належності

$$\mu_Y(x) = (\mu_D(x) \vee \mu_F(x)) \wedge (\mu_D(x) \vee \mu_K(x)) = \\ = ((\mu_{d_1}(x) \wedge \mu_{d_2}(x)) \vee (\mu_{f_1}(x) \wedge \mu_{f_2}(x) \wedge \mu_{f_3}(x))) \wedge \\ \wedge ((\mu_{d_1}(x) \wedge \mu_{d_2}(x)) \vee (\mu_{k_1}(x) \wedge \mu_{k_2}(x) \wedge \mu_{k_3}(x))), \quad \forall x \in E.$$

Рівень безпеки техногенне небезпечного об'єкта оцінюють за алгоритмом, наведеним на рис. 3.14. Алгоритм обчислення оцінювання рівня безпеки техногенне небезпечного об'єкта полягає у виконанні наступних етапів.

1. Вибрати модель, за якою проводитиметься оцінювання обраної властивості моделі.

2. Якщо вхідні параметри (властивості нижнього рівня) оцінюються з даних, які зберігаються в базі даних, переходять на п. 3, якщо експертно – на п. 4.

3. Вибирати необхідні дані з бази даних та провести фазифікацію цих даних.

4. Оцінити і ввести значення функцій належності вручну.

5. Передати вхідні нечіткі дані на вхід моделі.

6. Виконати операції диз'юнкції і кон'юнкції на рівні.

7. Визначити властивості, які найбільшою мірою впливають на значення функцій належності всього рівня.

8. Ввести обчислені значення в БД.

9. Якщо досягнуто верхнього рівня, переходять на п. 10, якщо ні – на п. 6.

10. Вивести оцінки верхнього рівня та найвпливовіших на неї параметрів.

Отже, наявність математичних засобів відображення нечіткості вихідної інформації дає змогу побудувати модель, адекватну реальності.

Таким чином, разом з імовірнісним підходом до аналізу проблем безпеки й оцінювання ризику дуже корисним є використання методів системного аналізу,

методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки, експертних оцінок, що дають можливість глибоко зрозуміти проблему загалом і знайти її розв'язання.

Аналіз існуючих та запропонованої технологій оцінювання екологічних ризиків техногенне небезпечних об'єктів представлено у Додатку –Д.

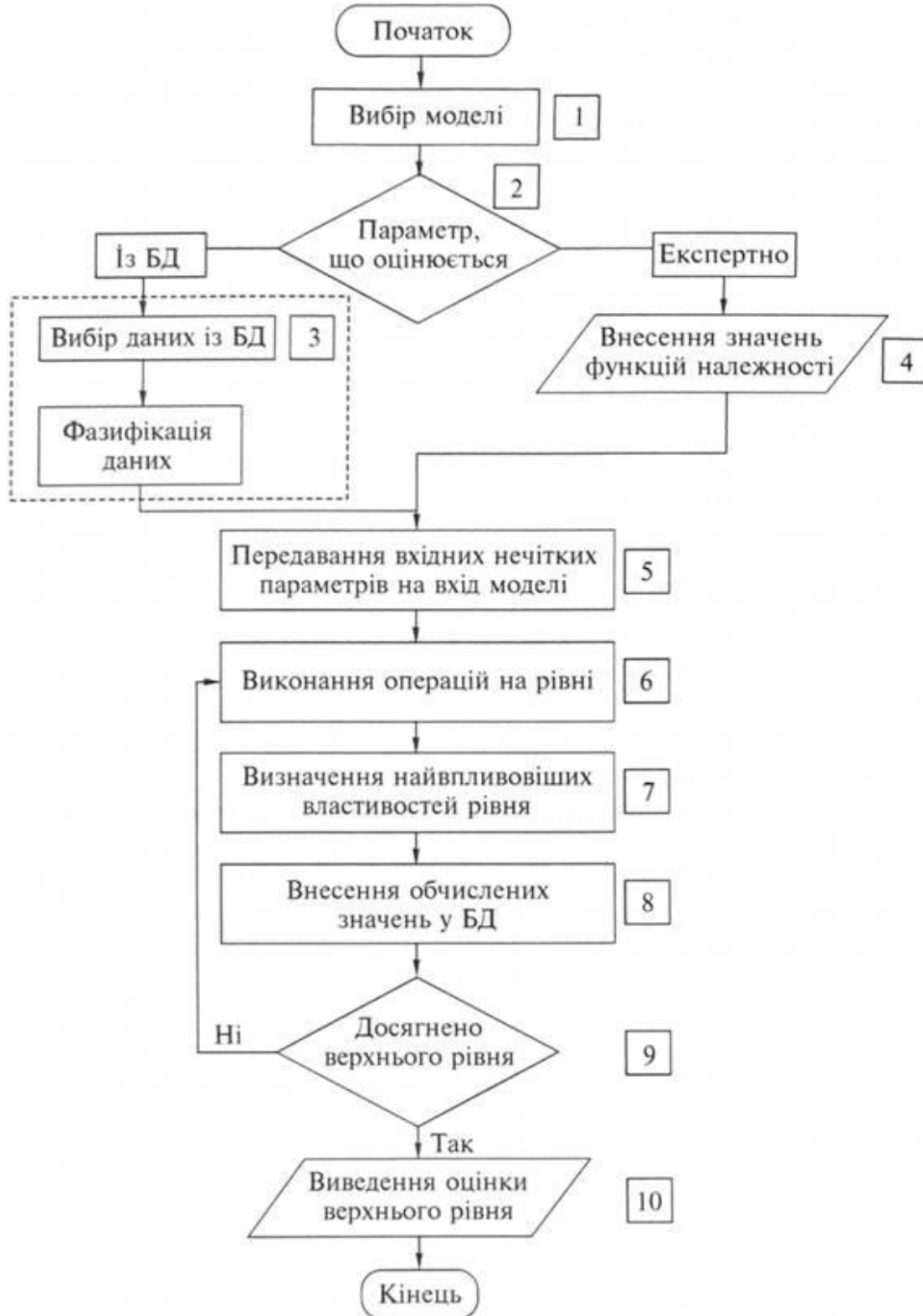


Рис. 3.14 - Алгоритм обчислення рівня екологічної безпеки техногенне

## небезпечного об'єкта

**Висновки по третьому розділу**

1. Розроблена методика здійснення екологічного оцінювання довкілля для прогнозування екологічних загроз та ризиків з використанням системного підходу.

2. Запропонована технологія здійснювання екологічного оцінювання довкілля. Визначено, що експертне оцінювання - всього лише один із способів розгляду і вирішення проблем, який в екологічних дослідженнях доречно застосовувати поряд з іншими методами дослідження, віддаючи перевагу результатам, які побудовані на основі досить точних прогнозних моделей зміни навколишнього середовища. Пропонується застосовувати алгоритмічний підхід використання методу експертного оцінювання в автоматизованій експертній системі екологічного моніторингу.

3. Запропонована технологія прогнозування екологічних процесів на основі системного підходу. Методика системного прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті призначена для прогнозування масштабів зараження в разі аварій із НХР на промислових об'єктах, автомобільному, річковому, залізничному, трубопроводному транспорті, а також може бути використана для розрахунків на морському транспорті, якщо хмара НХР за аварії на ньому може дістатись прибережної зони, де мешкає населення. Запропонована технологія оцінювання екологічних ризиків системи землеробства та обґрунтована методика здійснення екологічного оцінювання вегетаційної ділянки. Обґрунтована методика вибору розташування місця будівництва екологічне небезпечного об'єкту на основі системного підходу

4. Розроблена методика системного прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті. Для переходу до кількісного оцінювання ризику ураження населення небезпечною хімічною речовиною необхідно враховувати той факт,

що кількість уражених, відповідно до методики, залежить від площі зони зараження й часу експозиції (тривалості впливу отруйної хмари на людей).

5. Розроблена методика оцінювання ризику ураження населення небезпечними речовинами за аварій на об'єктах підвищеної небезпеки. При цьому у зв'язку з розвитком інформаційних систем і технологій, запропоновано враховувати наступні фактори: атмосферні умови, характеристики викиду, алгоритм розрахунку потенційного територіального ризику ураження населення та запропонована програмна реалізація методики.

6. Запропонована технологія оцінювання екологічних ризиків техногенне небезпечних об'єктів. Розглянуто програмний комплекс "Risk Assistant" призначений для кількісного оцінювання ризиків для здоров'я населення від впливу хімічних (канцерогенних і неканцерогенних) шкідливих речовин. Запропонована технологія оцінювання екзогенних та ендогенних ризиків смертності населення на основі моделі Гомперца-Мейкема. Запропоновано алгоритм оцінювання ризику, пов'язаного із впливом іонізуючого випромінювання. Здійснено оцінювання екологічних наслідків аварій за допомогою системи COSYMA. Здійснено аналіз розповсюдження викидів (скидів) токсичних та радіоактивних забруднювачів у природному середовищі за допомогою системи MERAS.

7. Визначено, що розрахунки інтегрального ризику для здоров'я людей у системі MERAS ґрунтуються на фізично обумовлених фізико-хімічних моделях джерел викиду забруднень у навколишнє природне середовище, шляхів їх перенесення та впливу забруднення на людину чи популяцію. Запропоновано технологію використання системи MERAS для оптимізації розрахункових моделей та отримувати наближені результати за умов недостатньої кількості інформації. Запропонована методика оцінювання збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, яка враховує нормативи збитків для різних видів сільськогосподарських угідь областей, нормативи збитків для груп лісових угідь за регіонами України, коефіцієнти продуктивності лісових угідь за типами лісорослинних умов.

Подальшим етапом досліджень є розробка методики управління екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу.

## РОЗДІЛ 4

### МЕТОДИКА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

#### 4.1 Розробка структури системи управління небезпекою (ризиками)

Підвищення ступеня захищеності населення і територій від надзвичайних ситуацій, зниження ризиків виникнення та мінімізація наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру належать до числа пріоритетних завдань забезпечення сталого соціально-екологічного розвитку та потенціалу держави, забезпечення та відновлення навколишнього середовища. Аналіз функціонування державної системи екологічного моніторингу показав, що сучасні принципи оцінки, прогнозування та регулювання техногенної і природної безпеки впроваджуються повільними темпами. Запровадження європейських стандартів безпечної життєдіяльності як одна з вимог євроатлантичної інтеграції України можливе за умов концептуальних і методологічних інновацій та інституційних перетворень.

Ресурси, що сьогодні витрачаються нашою державою на ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, перевищують видатки, які виділяються на запобігання надзвичайним ситуаціям. Запровадження сучасних методів управління техногенними і природними ризиками є одним зі шляхів підвищення коефіцієнта корисної дії та конкурентоспроможності економіки України.

Стратегія управління ризиком має ґрунтуватися на виборі рівня ризику в межах від мінімального до прийняттого. Будь-який ризик має бути знижений настільки, наскільки це є практично досяжним, на основі принципу затрати–вигоди. Слід враховувати, що жодна господарська діяльність не може бути виправдана, якщо вигода від неї не перевищує завданого збитку.

Необхідність впровадження концептуальних засад управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру викликана глобальними і національними чинниками, які справляють негативний вплив на

безпеку населення і територій. До них належать:

- підвищення рівня ризику стихійних природних явищ, обумовлених глобальними і регіональними змінами клімату, зростанням сейсмічної активності тощо, а також інтенсифікацією впливу техногенної діяльності людини на навколишнє природне середовище;

- значна кількість небезпечних техногенних об'єктів на території України;

- підвищення ймовірності та масштабів впливу стихійних природних явищ і катастроф на функціонування небезпечних техногенних об'єктів;

- підвищення рівня ризику техногенних аварій і катастроф, обумовлених критичним ступенем зношеності (приблизно 60–70 %) основних виробничих фондів у провідних галузях промисловості, агропромислового комплексу, системах життєзабезпечення України;

- високий рівень травматизму і смертності населення України, спричинений надзвичайними подіями та нещасними випадками;

- неефективність механізмів екологічного моніторингу й регулювання техногенної та природної безпеки, управління екологічною безпекою;

- недостатній технічний і технологічний розвиток державної системи спостережень за чинниками, що зумовлюють надзвичайні ситуації природного характеру;

- неадекватність державної превентивної політики у сфері забезпечення техногенної та природної безпеки рівню реальних ризиків безпеки, ступеню складності сучасних технологічних комплексів на території України і небезпечних природних явищ;

- необхідність удосконалення єдиної державної системи цивільного захисту населення і територій в її теперішньому вигляді для ефективної нейтралізації сучасних загроз безпеці людини, суспільства і держави.

Слід визначити, що в Україні поки що слабо розвинені нормативно-правові, організаційно-адміністративні, економічні, науково-методичні та інженерно-технічні методи управління техногенними, природними й (опосередковано) екологічними ризиками, що сьогодні не дає змоги



забезпечити необхідний рівень ризику для населення, прийнятий в економічно розвинених країнах. Реалізація сучасної, більш досконалої моделі захисту населення і територій від загроз техногенного і природного характеру в Україні потребує насамперед формування такого напряму державної політики, як управління техногенними, природними й екологічними ризиками, посилення превентивної діяльності цивільного захисту і відповідного вдосконалення єдиної державної системи цивільного захисту населення та територій [3, 7, 18, 21, 63, 65, 131, 137, 143, 144].

Управління екологічними ризиками техногенного і природного характеру повинне здійснюватися в межах значень ризиків від мінімального до прийняттого, визначених для конкретного об'єкта управління. Загальну схему управління екологічною безпекою (екологічними ризиками) наведено на рис. 4.1

Запропонована схема визначає головні системні процедури системи управління: порівняння поточного значення ризику з прийнятним, визначення заходів щодо зменшення ризику, вплив на параметри джерел небезпек, оцінка результативності вжитих заходів та необхідних складових управління ризиками. За своїм характером управління екологічними ризиками надзвичайних ситуацій є комплексним і спрямоване на зниження інтегрального екологічного ризику, обумовленого спільною дією небезпечних техногенних і природних чинників.

Управління екологічними ризиками включає такі основні етапи: виявлення ризиків, аналіз та кількісна оцінка ризиків, планування, моніторинг і контроль, перевірка, коригування та використання набутого досвіду.

Виявлення екологічних ризиків – це етап, який дає змогу автоматизовано виявити джерела небезпеки, визначити події, що можуть призвести до виникнення аварій чи надзвичайних ситуацій, вражаючі фактори аварій. Виявлення ризиків – початковий етап процесу управління ними. Ідентифікацію ризиків треба проводити регулярно, протягом усієї діяльності системи управління екологічною безпекою.

Аналіз та оцінка екологічних ризиків є етапом перетворення даних, зібраних під час попереднього етапу, на форму, придатну для визначення кількісних оцінок екологічних ризиків. Він включає визначення подій, що роблять найбільший внесок у загальний екологічний ризик і потребують вжиття заходів для зниження їхнього впливу, побудову прогностичних сценаріїв виникнення та розвитку аварій, вибір методики оцінювання екологічних ризиків, моделювання, оцінювання ймовірностей виникнення аварій чи надзвичайних екологічних ситуацій та їхніх наслідків. На цьому етапі можна оцінити значення інтегрального екологічного ризику з урахуванням внеску людського чинника.

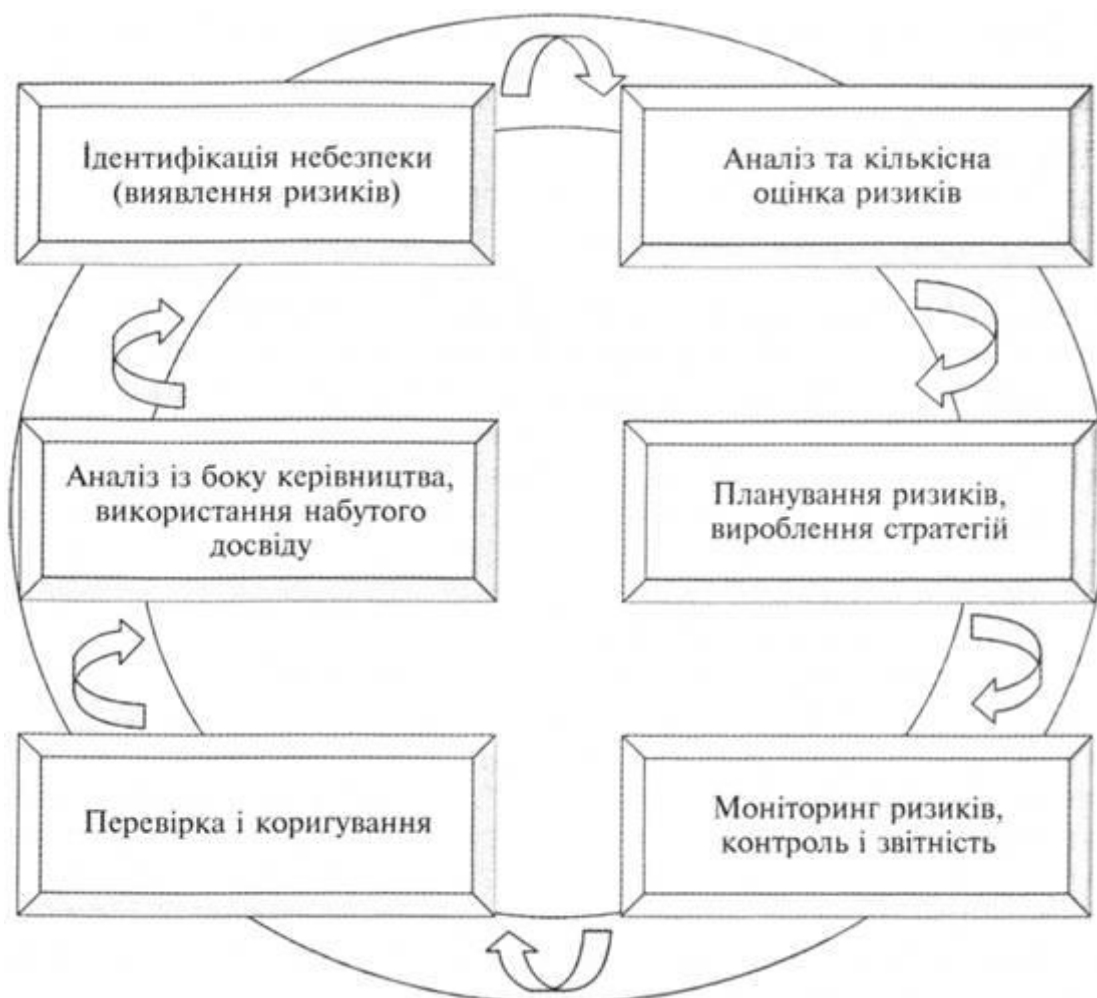


Рис. 4.1 - Загальна схема управління екологічною безпекою (екологічними ризиками)

*Планування екологічних ризиків* має за мету вибір критеріїв прийнятного екологічного ризику, порівняння поточних значень екологічних ризиків із прийнятними, планування і прийняття рішень щодо зниження ризиків за потреби, планування заходів реагування на ризики надзвичайних ситуацій, вироблення стратегій управління ризиками. Якісне, науково обґрунтоване планування можливе за умови виконання двох попередніх етапів процесу управління екологічними ризиками. Планування здійснюють відповідно до специфіки об'єкта, чинних на ньому правил та інструкцій.

*Екологічний моніторинг і контроль* виконують для спостереження за конкретними екологічними ризиками та здійснення складених планів. Екологічному моніторингу підлягають наявні екологічні загрози, ймовірність їхньої реалізації, очікувані розміри екологічного ризику. Екологічний моніторинг і контроль параметрів проводять із метою перевірки дотримання вимог встановлених норм (гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин). Контроль може спричинити вибір альтернативних стратегій управління екологічними ризиками. Сюди ж належить складання звітів, де фіксують усі зміни і явища. На основі отриманої інформації необхідно оперативне ліквідувати виявлені негативні екологічні чинники, що ведуть до збільшення екологічного ризику.

*Перевірка та коригування* – це процес виконання запланованих заходів щодо зниження екологічних ризиків і перевірка їх виконання. Він передбачає також оцінку результативності вжитих заходів та ефективності дій щодо мінімізації ризиків.

*Аналіз (збереження, обробка) набутого досвіду* – це етап, на якому формалізується набутий досвід у формі, доступній для використання на об'єктному рівні (на рівні підприємства). Особа, яка приймає рішення (керівництво) формулює загальну мету екологічної безпеки та зобов'язання щодо допустимих розмірів екологічних ризиків.

Усі ці процедури взаємодіють між собою. Зауважимо, що описані етапи є логічними кроками в управлінні екологічними ризиками, проте вони не

обов'язково слідують один за одним для кожного з ризиків.

Сучасна теорія управління організаційними та складними системами розглядає управління екологічними ризиками як спосіб досягнення балансу між інноваціями, з одного боку, та негативними явищами – з іншого. Тому управління екологічними ризиками розглядається як необхідна умова ефективного управління техногенною і природною екологічною безпекою.

Одним із основних принципів у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру в Україні проголошено принцип безумовного надання переваги раціональній та превентивній безпеці.

Розроблення державного інструментарію для кількісного оцінювання рівнів екологічних ризиків передбачає наступні процедури: нормування екологічних ризиків, визначення рівнів прийнятних екологічних ризиків для населення, навколишнього природного середовища та техногенне небезпечних об'єктів, визначення ступеня наближення України до європейських стандартів безпечної життєдіяльності.

Управління екологічними ризиками (в умовах надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру) передбачає організацію постійного спостереження за рівнем екологічної небезпеки техногенних об'єктів і природних процесів та регулювальний вплив на параметри устаткування і технологічних процесів, природних комплексів, екзогенних геологічних процесів тощо в напрямі зниження їх екологічної небезпечності.

Регулярний моніторинг екологічних ризиків дає можливість відстежувати зміни рівня екологічної безпеки небезпечних об'єктів упродовж їхніх життєвих циклів та отримувати реальні оцінки їх залишкового ресурсу, що в умовах обмежених фінансових ресурсів і значної зношеності основних виробничих фондів у державі дає змогу оптимізувати витрати на запобіжні заходи.

## **4.2 Обґрунтування принципів управління та нормування екологічних ризиків**

Для управління екологічними ризиками, які пов'язані з надзвичайними ситуаціями техногенного і природного характеру, доцільне застосовувати наступні принципи:

- *принцип прийнятності екологічного ризику*, який полягає у визначенні й досягненні у державі соціально, економічно та технічно обґрунтованих нормативних значень екологічних ризиків для населення, навколишнього природного середовища, техногенне небезпечних об'єктів;

- *принцип екологічної превентивності* передбачає максимально можливе і завчасне виявлення небезпечних значень параметрів екологічного стану чи процесу та ініціювальних подій, які створюють екологічну загрозу (загрозу виникнення екологічних надзвичайних ситуацій), і вжиття конкретних заходів, спрямованих на нейтралізацію цієї загрози та (або) пом'якшення її наслідків;

- *принцип мінімізації екологічного ризику*, згідно з яким ризик екологічної надзвичайної ситуації необхідно знижувати настільки, наскільки це можливо, добиватися досягнення розумного компромісу між рівнем екологічної безпеки і розміром витрат на її забезпечення;

- *принцип екологічної повноти*, відповідно до якого екологічних ризик для життєдіяльності людини чи функціонування будь-якого об'єкта є інтегральною величиною, яку треба визначати з урахуванням усіх загроз виникнення екологічних аварій і (або) надзвичайних екологічних ситуацій та людського чинника;

- *принцип екологічної адресності*, який полягає в тому, що екологічним ризиком має управляти той, хто його створює;

- *принцип плати за екологічних ризик*, відповідно до якого розмір плати за екологічний ризик залежить від потенційної екологічної небезпеки техногенних об'єктів і має бути тим більшим, чим більший можливий екологічний збиток;

- *принцип вибору доцільного значення екологічного ризику*, відповідно до якого суб'єкт управління екологічним ризиком забезпечує в межах від мінімального до гранично допустимого таке значення екологічного ризику, яке він вважає доцільним, виходячи з наявних у нього економічних, технічних,

матеріальних ресурсів та існуючих соціальних і політичних умов; суб'єкт господарювання, вибираючи доцільне значення екологічного ризику, гарантує певний рівень екологічної безпеки для населення та сплату страхових виплат, якщо екологічна аварія сталася;

- *принцип обов'язковості екологічного інформування* полягає в тому, що кожен суб'єкт управління екологічним ризиком зобов'язаний регулярно надавати органам державної влади та місцевого самоврядування реальні значення екологічних ризиків;

- *принцип свободи екологічної інформації*, відповідно до якого необхідно враховувати громадську думку при вирішенні питань про будівництво та експлуатацію існуючих екологічно небезпечних підприємств.

*Нормування екологічних ризиків* є спеціально організованою нормативно-правовою діяльністю з розроблення і затвердження норм техногенної та природної безпеки, правил і регламентів господарської діяльності, які визначаються на основі значень екологічного ризику в межах прийнятних значень. Нормування є тим засобом, який встановлює межі допустимості техногенної діяльності та межі захисту від екологічно небезпечних природних явищ. Нормативи екологічних ризиків є критеріальною основою для механізмів регулювання екологічної техногенної та природної безпеки [34, 63].

Запровадження в Україні нормування екологічних ризиків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру потребує вдосконалення державної системи нормування, яка має забезпечити:

- єдність методологічних підходів до оцінювання екологічних ризиків джерел безпеки різної природи і різного виду, які існують на території України, та тих джерел екологічної безпеки поза її межами, що можуть мати транскордонний вплив;

- уніфікацію методів екологічного нормування;

- урахування вагомості всіх наслідків соціально-економічного, природно-ресурсного, екологічного та іншого характеру, які можуть бути спричинені очікуваними екологічними надзвичайними ситуаціями природного і

техногенного характеру;

- урахування екологічних особливостей видів виробничої діяльності, техногенного навантаження територій, природно-кліматичних особливостей, цінності окремих територій;

- галузеву і територіальну диференціацію нормативів екологічних ризиків;
- періодичне коригування нормативів екологічних ризиків.

Нормативна база екологічних ризиків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру спирається на два основні нормативні рівні екологічних ризиків: мінімальний і гранично допустимий. Прийнятний рівень екологічного ризику – це ризик, менший або такий, що дорівнює гранично допустимому, мінімальний – рівень екологічного ризику, нижче від якого подальше зменшення ризику є економічно недоцільним та життєве небезпечним.

Питання про рівень допустимого або прийнятного екологічного ризику – найважливіше у прийнятті управлінських рішень. Варто підкреслити, що вибір значення прийнятного рівня індивідуального екологічного ризику багато в чому залежить від економічного стану країни. Так, у Нідерландах у 1985 р. концепція прийнятного ризику була затверджена як державний закон. За цим законом, імовірність смерті для населення від небезпек, пов'язаних із техносферою, вважається неприпустимою, якщо перевищує  $10^{-6}$  за рік, тобто за величину граничнодопустимого ризику для людини прийнято значення, яке становить 1 % ризику смерті у віковому інтервалі 10–15 років, а саме –  $10^{-6}$  за рік [145-147].

В інших країнах для індивідуального граничнодопустимого рівня ризику встановлено вищі значення, ніж у Нідерландах, однак рівень ризику смерті вищий за  $10^{-4}$  за рік визнається неприйнятним. Саме такого значення ( $10^{-4}$  за рік) для граничнодопустимого ризику дотримуються у Великій Британії [147].

У праці [145] за основу оцінок екологічної безпеки рекомендовано брати такі види і значення ризиків: незначний ризик – не більш як  $10^{-6}$ ; припустимий ризик – більш як  $10^{-6}$ , але менше як  $5 \cdot 10^{-5}$ ; високий (терпимий) ризик – більш як  $5 \cdot 10^{-5}$ , але менше як  $5 \cdot 10^{-4}$ ; неприпустимий ризик – більш як  $5 \cdot 10^{-4}$ .

На думку авторів, орієнтиром для визначення рівнів прийнятного ризику в

Україні є значення ризиків, прийняті в економічно розвинених країнах, які становлять: мінімальний ризик –  $< 10^{-8}$ ; граничнодопустимий ризик  $< 10^{-5}$ .

Ризик, значення якого менше або дорівнює мінімальному, вважається абсолютно прийнятним. Тобто будь-яка діяльність з таким низьким значенням ризику є прийнятною і не потребує жодних додаткових зусиль для його зниження, й отже, може не контролюватися відповідними наглядовими органами.

Екологічний ризик, значення якого більше за граничнодопустиме, вважають абсолютно неприйнятним. Для кожної галузі економіки, небезпечної виробничої діяльності, території, типу техногенного чи природного об'єкта визначають свої нормативи мінімального і граничнодопустимого рівнів екологічних ризиків, які мають знаходитись у межах аналогічних загальнонаціональних значень. Наведені види й розміри екологічних ризиків сформовані на підставі попередніх досліджень і вивчення міжнародного досвіду.

Управлінські рішення щодо зниження впливу небезпечних об'єктів на навколишнє середовище слід приймати на основі вибору оптимальних з економічного погляду стратегій. Як критерій ефективності або цільової функції можна використовувати різні критерії, засновані на величині екологічного ризику або його складових.

#### **4.3 Механізми регулювання екологічної безпеки техногенних об'єктів та навколишнього природного середовища**

Регулювання екологічної безпеки техногенних об'єктів та навколишнього природного середовища має на меті забезпечення реалізації таких запланованих станів соціоприродної системи України, які визначаються на основі нормативних рівнів екологічних ризиків. Це треба здійснювати через виконання тих вимог, дотримання яких дасть можливість зменшити природні, техногенні та екологічні ризики до значень прийнятних ризиків, максимально ослабити наслідки надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення.



Основними механізмами екологічного управління є економічне регулювання, державна стандартизація, сертифікація, державна експертиза, державний нагляд і контроль, ліцензування, декларування безпеки небезпечних об'єктів і страхування.

*Економічні механізми управління екологічними ризиками*

Ядром системи управління техногенною, природною та екологічною безпекою і, відповідно, управління техногенними, природними та екологічними ризиками мають стати економічні механізми. Їх призначення – створити економічний фундамент функціонування цієї системи на всіх рівнях управління безпекою, починаючи від об'єктового і закінчуючи загальнодержавним.

Аналіз вітчизняного й закордонного досвіду у сфері розробки і застосування економічних форм зниження рівня техногенної, природної та екологічної небезпеки й ризику показує, що розроблені та використовуються на практиці різні економічні механізми управління безпекою й ризиком: механізми економічної відповідальності; фондові механізми, механізми бюджетного фінансування; механізми резервування фінансових, трудових і матеріальних ресурсів; механізми стимулювання підвищення рівня екологічної безпеки (пільгові оподаткування й кредитування); механізми перерозподілу екологічного ризику і страхування; застосування штрафних санкцій. Коротко їх охарактеризуємо.

*Механізми економічної відповідальності* містять систему норм, нормативів, квот, відхилення від яких призводить до певних економічних санкцій (від штрафів до зупинки виробництва). Відповідні стандарти стосуються в першу чергу застосовуваних технологій виробництва і будівництва, організаційно-технічних заходів із забезпечення безпеки виробництва, обмежень на граничнодопустимі концентрації, викиди чи скиди. Важливий клас становлять механізми відшкодування, в яких економічна відповідальність прямо пов'язана з величиною збитку в разі виникнення екологічної надзвичайної ситуації.

*Механізми формування і використання бюджетних і позабюджетних*

фондів. Ефективні механізми розподілу фондів мають спиратися на систему комплексного оцінювання рівня небезпеки в регіоні.

*До механізмів стимулювання підвищення рівня екологічної безпеки (зниження прогнозованого збитку) належать механізми пільгового оподаткування, а також пільгового кредитування заходів щодо підвищення рівня екологічної безпеки (зниження екологічного ризику). Стимулюючі дії механізмів оподаткування досягаються за рахунок того, що податкова ставка на прибуток зменшується зі зростанням рівня безпеки.*

*До механізмів резервування засобів на випадок надзвичайних екологічних ситуацій належать механізми створення резервів трудових ресурсів (пожежники, рятувальники тощо), матеріальні ресурси (запаси продовольства, сировини, медикаментів, транспорту тощо), потужності для швидкої організації виробництва продукції, що необхідне для ліквідації наслідків чи зменшення збитків від екологічних надзвичайних ситуацій.*

Під час вибору конкретних економічних механізмів треба враховувати як органи управління, відповідальні за даний механізм регулювання, так і об'єкти, що несуть потенційну загрозу техногенного та екологічного впливу.

Зауважимо, що управлінське рішення – акт, за допомогою якого здійснюється керівний вплив, або вибір стратегії впливу на ситуацію, що забезпечують досягнення необхідного результату. Прийняття рішення – це завершальна стадія процесу підготовки, вироблення і реалізації управлінського рішення. Основними показниками, що характеризують рівень прийнятого рішення, є оптимальність, допустимість, ефективність. Управлінські рішення щодо зниження техногенного впливу небезпечних об'єктів на населення і прилеглі території слід приймати на основі вибору оптимальних з економічного погляду стратегій. Як критерії ефективності або цільової функції можна використовувати різні критерії, засновані на величині ризику або його складових.

#### **4.4 Оптимізація управлінських рішень щодо запобігання екологічним**

## аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям

Оптимізація управлінських рішень щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям має за мету:

- мінімізацію очікуваного збитку внаслідок проведення комплексу захисних заходів від надзвичайних екологічних ситуацій;
- мінімізацію ресурсів, необхідних для забезпечення прийняттого рівня екологічного ризику;
- мінімізацію витрат на управління ризиком надзвичайних екологічних ситуацій.

### *Мінімізація очікуваного збитку на об'єкті внаслідок проведення комплексу захисних заходів від надзвичайних екологічних ситуацій*

У загальному вигляді оптимізаційну задачу очікуваного збитку на об'єкті внаслідок проведення комплексу захисних заходів від надзвичайних ситуацій екологічних представимо у вигляді

$$\left\{ \begin{array}{l} y = f(x) \rightarrow \min \\ x \in X \end{array} \right\},$$

де  $X$  – множина допустимих планів (альтернатив, дій, варіантів управлінських рішень);  $f$  – деяка дійсна функція, визначена на множині  $X$  (разом із вимогою мінімізації її називають цільовою функцією).

Розв'язок задачі мінімізації утворює пара  $\langle X^*, y^* \rangle$ , де  $X^*$  – множина оптимальних планів:

$$X^* = \{x \in X \mid f(x^*) < f(x) \forall x \in X\};$$

$y^*$  – оптимальне (у цьому разі – мінімальне або найменше) значення цільової функції

$$y^* = f(x^*) \forall x^* \in X^*.$$

Загальноприйнятих підходів у галузі екологічної безпеки для вирішення цих задач ще не створено. Здійснюються перші спроби постановки задач оптимального розподілу ресурсів між елементами деякої множини захисних

заходів. При цьому зауважимо, що оцінювання екологічного ризику спирається на ймовірнісний підхід, який полягає у визначенні ймовірності настання небезпечної події та можливого збитку від неї.

Сформулюємо математичну постановку задачі оптимального розподілу ресурсів між елементами деякої множини захисних заходів наступним чином. Позначимо через  $R(x)$  індивідуальний екологічний ризик на межі безпечної зони об'єкта підвищеної екологічної безпеки. Величина  $R(x)$  є кількісною мірою екологічної безпеки і розраховується як добуток імовірності небажаної події на величину можливого збитку від неї. Крім того,  $R(x)$  є функцією від захисних заходів, які проводяться на об'єкті, і визначається залежністю

$$R(x) = FPB, \quad (4.1)$$

де  $F$  – імовірність реалізації небезпечного чинника протягом року, яку розраховують за спеціальною методикою; вона є функцією від захисних заходів, що проводяться на об'єкті; для обчислення ймовірності  $R(x)$  застосовують апостеріорно-частотний підхід, який ґрунтується на частотній концепції імовірності;  $P$  – рівень пошкодження об'єкта в разі реалізації небезпечного чинника (математичне сподівання частки «пошкодження» об'єкта за реалізації небезпечного екологічного чинника, або коефіцієнт екологічної уразливості об'єкта); теж розраховують за спеціальною методикою, є функцією від захисних заходів, що проводяться на об'єкті;  $B$  – балансова вартість об'єкта з урахуванням економічних втрат, пов'язаних із поверненням об'єкта до попереднього стану, тобто до початкового стану, який мав об'єкт до дії на нього небезпечного екологічного чинника; вартість включає в себе як прямий збиток, так і непрямий, який може мати місце за впливу небезпечних екологічних чинників як на людей, тварин, рослин, так і на об'єкти неживої природи (будівлі, установки, споруди).

Залежність (4.1) дає змогу змінювати очікуваний збиток проведенням захисних засобів, спрямованих як на зменшення екологічних загроз, на зниження рівня пошкодження об'єкта при реалізації небезпечного екологічного

чинника.

Оскільки превентивні захисні заходи є витратними і фактично збільшують початкову балансову техногенних об'єктів, об'єктів природно-заповідного фонду, навколишнього природного середовища до аварії, то можна вирішити задачу вибору деякого комплексу захисних екологічних заходів, для яких очікуваний збиток буде мінімальним, або обернену задачу з мінімізації вкладених ресурсів на задане обмеження очікуваного збитку [3, 7, 18, 34, 63, 65].

Введемо такі позначення:  $B_0^b$  – балансова вартість об'єкта до проведення захисних заходів;  $N$  – число захисних заходів, спрямованих як на зниження ймовірності реалізації небезпечного чинника (величини  $F(x)$ ), так і на зниження рівня пошкодження об'єкта в разі реалізації небезпечного чинника ( $P(x)$ );  $t_i^{\text{експ}}$  – розрахований час експлуатації  $i$ -го заходу до капітального ремонту або реконструкції техногенного об'єкта;  $\theta_i^{\text{експ}}$  – середньорічні експлуатаційні витрати, пов'язані з реалізацією  $i$ -го заходу;  $V$  – середньорічний об'єм ресурсів, виділених на проведення захисних заходів у певний період планування;  $\theta_i^b$  – частина вартості проведення  $i$ -го заходу, що враховується у балансовій вартості або в інших статтях матеріальних активів;  $B_i$  – повна вартість проведення  $i$ -го заходу;  $b_i$  – зведена річна вартість проведення  $i$ -го заходу, яку обчислюють за формулою

$$b_i = B_i / t_i^{\text{експ}} + \theta_i^{\text{експ}};$$

$x_i$  – змінна булевого типу, яка набуває значення 1, якщо  $i$ -й захід не включається в план заходів на розглядуваний період планування, і значення 0 – у протилежному випадку;  $R_x$  – індивідуальний ризик на межі безпечної зони (БЗ) даного об'єкта; цю величину розраховують за спеціальною методикою, вона є функцією від захисних заходів, що проводяться на об'єкті і визначається залежністю

$$R(x) = F(x)P_{БЗ}$$

Введемо додатково деякі векторні позначення на множині описаних вище змінних і констант:  $x = (x_1, \dots, x_n)$ ,  $b = (b_1, \dots, b_n)$ ,  $\theta^b = (\theta_1^b, \dots, \theta_n^b)$

Необхідність введення констант обумовлена тим, що не всі витрати, пов'язані з проведенням захисних заходів, збільшують балансову вартість об'єкта, яка і враховується під час оцінювання розмірів збитку від надзвичайних ситуацій.

Введення змінної  $b_i$  – зведеної річної вартості обумовлено тим, що поряд з поточними щорічними заходами розглядаються заходи з тривалішим терміном дії. У цьому разі виділяється одноразове фінансування, яке може істотно перевершити обсяг середньорічних витрат. Таке фінансування можна забезпечити через механізм кредитування. Припустимість даного обсягу кредитування, тобто можливість його повернення упродовж розпитаного періоду планування, виходячи із середньорічних ресурсів, виділених на проведення захисних заходів у розгляданий період планування  $V$ , обумовлена обмеженнями задачі.

Згідно з введеними позначеннями,  $F$  – імовірність реалізації небезпечного чинника протягом року. Тоді імовірність реалізації небезпечного чинника двічі протягом року –  $F^2$ , тричі –  $F^3$  і т. д.

Математичне сподівання річного збитку у цьому разі представимо у вигляді  $R = FPB + F^2P \cdot 2B + F^3P \cdot 3B = FPB(1 + 2F + 3F^2 + \dots)$ , де  $B$  – поточна балансова вартість об'єкта.

Позначимо суму ряду як  $S(F) = 1 + 2F + 3F^2 + 4F^3 + \dots$ . Обчислимо:

$$\begin{aligned} \psi(x) &= \int_0^x S(t)dt = \int_0^x (1 + 2t + 3t^2 + \dots)dt = \\ &= t + t^2 + t^3 + \dots \Big|_0^x = \frac{t}{1-t} \Big|_0^x = \frac{x}{1-x}. \end{aligned}$$

$$\text{Отже, } \frac{d\psi}{dF} = S(F) = \frac{1}{1 - F^2}$$

Оскільки за малих  $F$  вираз  $1/(1 - F^2)$  дуже близький до 1, то можна прийняти, що

$$R = FPB.$$

Тоді у векторному вигляді задачу мінімізації середньорічного очікуваного збитку на об'єкті внаслідок проведення захисних заходів від надзвичайних екологічних ситуацій з урахуванням умови прийнятного ризику можна записати у вигляді

$$F(x)P(x)(B_0^6 + (B^6, x)) \rightarrow \min_x; \quad (4.2)$$

$$(B, x) \leq V; \quad (4.3)$$

$$R(x) \leq 1 \cdot 10^{-6}. \quad (4.4)$$

$$x_i \in \{0,1\}, i = 1, \dots, m.$$

Обмеження (4.3) означає, що сума середньорічних витрат не перевищує заданої величини  $V$ . Сформульована задача є цілочисельною, має лінійні (4.4) та нелінійні (4.3) обмеження і досить складний нелінійний функціонал. Методи й алгоритми її розв'язання наведені нижче.

### ***Мінімізація ресурсів, необхідних для забезпечення прийнятного рівня екологічного ризику***

Сформулюємо математичну постановку задачі, в деякому розумінні оберненої до задачі (4.2), а саме мінімізації ресурсів, необхідних для забезпечення очікуваного річного збитку (ризик), не вище від заданого рівня. До введених позначень додаємо ще  $R^*$  – задане обмеження зверху на величину очікуваного річного екологічного збитку. Формалізація цієї задачі приводить до таких співвідношень:

$$V \rightarrow \min_x; (B, x) \leq V, \quad (4.5)$$

$$F(x)P(x)(B_0^6 + (B^6, x)) \leq R^*; \quad (4.6)$$

$$R(x) \leq 1 \cdot 10^{-6}, \quad (4.7)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, m.$$

Задача мінімізації ресурсів, необхідних для забезпечення очікуваного екологічного збитку не вище від заданого, з математичного погляду є нелінійною задачею цілочисельного програмування.

Вибір методів і алгоритмів для їх вирішення передбачає вибір типу взаємозв'язків між захисними екологічними засобами. Розглянемо взаємозв'язки трьох типів.

1)  $i$ -й захід можна проводити лише за умови проведення  $j$ -го заходу. Такі обмеження записують так:

$$x_i - x_j \leq 0;$$

2)  $i$ -й захід та  $j$ -й захід є взаємовиключними (альтернативними). Це обмеження записують так:

$$x_i + x_j = 1;$$

3)  $k$ -й захід можна проводити лише за умови проведення одного з альтернативних заходів –  $i$  або  $u$ ; у цьому разі обмеження матимуть вигляд

$$x_k - x_i - x_j \leq 0,$$

$$x_i + x_j = 1.$$

Отже, у загальному вигляді додаткові обмеження, які відбивають взаємозв'язок окремих заходів, є лінійними, їх можна записати за допомогою деяких матриць  $A$  і  $B$ , що складаються з елементів  $(0, 1, -1)$ , так:

$$Ax \leq 0; \quad (4.8)$$

$$Bx = 1. \quad (4.9)$$

Таким чином, у задачах (4.2) і (4.5) з'явилися додаткові лінійні обмеження



у вигляді виразів (4.8) і (4.9).

Оскільки обмеження (4.6) і (4.7) задачі (4.5) не є лінійними, то задачу (4.5) не можна розглядати як задачу цілочисельного лінійного програмування. Розглянемо конструкцію функції  $F(x)$  на прикладі такої техногенної надзвичайної екологічної ситуації, як вибух у резервуарі хімічних речовин. Побудуємо для неї ілюстративний приклад логіко-ймовірнісної моделі – «дерево подій» (рис. 4.2).

Якщо позначити ймовірності подій 1, 2, 3, 4 як  $P_1, P_2, P_3, P_4$ , то ймовірність виникнення головної події можна записати так:

$$F = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2)(1 - (1 - P_3P_4)). \quad (5.10)$$

Звідси видно, що ймовірність  $F = F(P_1, P_2, P_3, P_4)$  є поліноміальною функцією від імовірностей базових подій. Це твердження справедливе і в загальному випадку. У свою чергу, кожна з базових ймовірностей  $P_i = P_i(x)$  є функцією від вибраних захисних заходів.

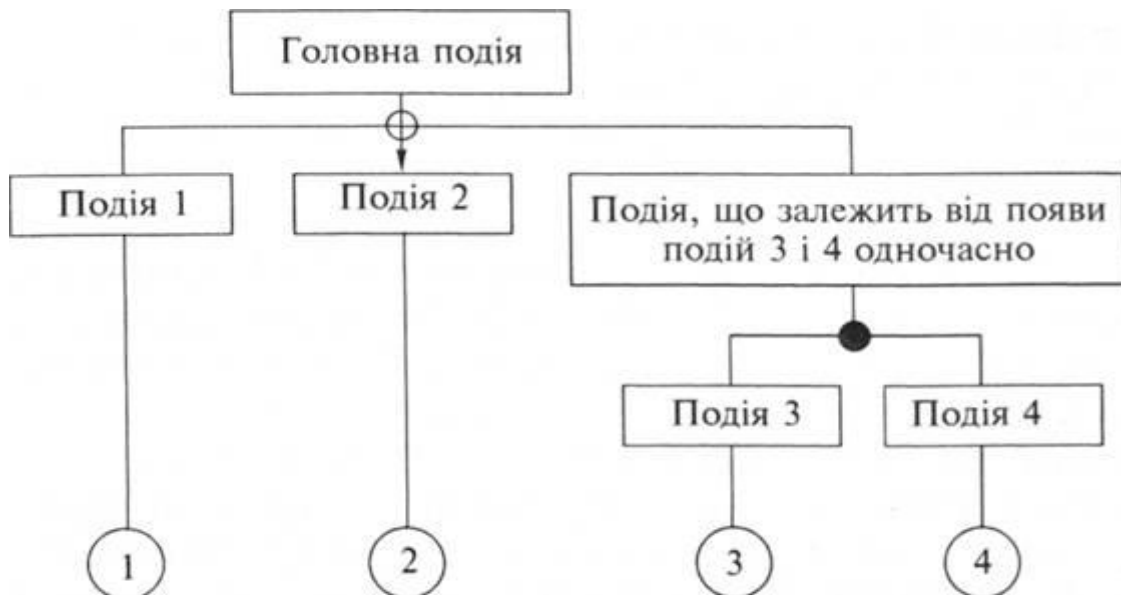


Рис. 4.2 - «Дерево подій» реалізації надзвичайної екологічної ситуації техногенного характеру

Нехай  $\Omega$  – множина всіх допустимих підмножин заходів для задачі (4.2) або (4.5). Тоді будь-якому його елементу  $\omega$  можна поставити у відповідність пару  $\omega_1$  і  $\omega_2$ ,  $\omega \rightarrow (\omega_1, \omega_2)$ , де  $\omega_1$  – множина індексів заходів, які входять у

підмножину  $\omega$ ;  $\omega_2$  – множина індексів заходів, які не входять у підмножину  $\omega$ .

Отже,

$$\omega_1 \cup \omega_2 = \{1, 2, \dots, n\}.$$

Нехай для кожного допустимого набору заходів  $\omega$  значення ймовірності буде

$$P_i(\omega) = p_{\omega}^i, \quad \omega \in \Omega.$$

Тоді функцію  $P_i(x)$  можна виразити так:

$$P_i(x) = \sum_{\omega \in \Omega} P_{\omega}^i \prod_{j \in \omega_1} x_j \prod_{j \in \omega_2} (1 - x_j). \quad (4.11)$$

Таким чином, ми показали, що кожна з функцій  $P_i(x)$  є поліномом від своїх змінних. Якщо поліноми  $P_i(x)$  підставити в поліном співвідношення (4.10), то, оскільки суперпозиція поліномів є поліномом, можна стверджувати, що  $F = F(x)$  є поліномом від змінних  $x_1, \dots, x_n$ .

Обґрунтування того, що функції  $P(x)$  і  $R(x)$  є поліномами, проводиться аналогічно обґрунтуванню для функції  $P_i(x)$ , наведеному вище. Отже, і функціонал задачі (4.2), і обмеження (4.4), (4.6), (4.7) є поліноміальними функціями як добуток поліноміальних функцій, тобто їх можна подати у вигляді суми добутоків

$$d_k \prod_{j=1}^{n_k} x_j^{\alpha_{kj}}, \quad (4.12)$$

де  $d_k$  – константа;  $\alpha_{kj}$  – добуток показників ступеня.

Тепер сформульовані вище задачі нелінійного програмування (4.2) і (4.5) можна замінити на еквівалентні лінійні задачі з булевими змінними, скориставшись прийомом, описаним у [4]. Змінна  $x_j$  є булевою  $x_j^{\alpha_{kj}} = x_j$  для будь-якого додатного показника  $\alpha_{kj}$ .

Рівність  $\alpha_{kj} = 0$  означає відсутність змінної  $x_j$  у  $k$ -му доданку. Звідси випливає, що  $k$ -й доданок можна записати у вигляді

$$d_k \prod_{j=1}^{n_k} x_j. \quad (4.13)$$

Припустимо, що  $y_k = \prod_{j=1}^{n_k} x_j$ . Тоді змінна  $y_k$  також є булевою, а  $k$ -й доданок поліноміальної функції стає лінійною функцією вигляду  $d_k y_k$ .

Для того щоб гарантувати виконання умов  $y_k = 1$ , всі  $x_j = 1$ ;  $y_k = 0$ . У протилежному випадку на кожну змінну  $y_k$  необхідно накласти такі обмеження:

$$\sum_{j=1}^{n_k} x_j - (n_k - 1) \leq y_k; \quad (4.14)$$

$$\frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} x_j \geq y_k. \quad (4.15)$$

Оскільки обмеження (4.14) і (4.15) є лінійними, то цей метод дає змогу звести задачі (4.2) і (4.5) до задач цілочисельного лінійного програмування, що, у свою чергу, уможливорює використання методів, розроблених для задач такого типу, а саме метод гілок і границь (адитивний алгоритм у випадку булевих змінних) або метод Гоморі (дробовий алгоритм) [23, 82].

Отже, запропонований підхід до вирішення наведених оптимізаційних задач придатний для розгляду не специфічних, а довільних комплексів захисних заходів, що сприяє практичному застосуванню цих моделей.

#### **4.5 Методи вирішення задач оптимальних витрат на управління екологічним ризиком надзвичайних екологічних ситуацій**

Розглянемо математичну модель вибору оптимальних витрат на управління екологічним ризиком надзвичайних екологічних ситуацій. Математична постановка задачі пошуку загальних мінімальних витрат на управління екологічним ризиком формулюється наступним чином.

Нехай маємо набір загроз надзвичайних ситуацій (НС). Позначимо їх  $НС_i$ ,

( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ), які можуть бути визначені в рамках країни, регіону, міста, окремого об'єкта. Кожна така загроза НС, має спектр наслідків  $\{R_i\}$  і відповідні кожному значенню наслідків множини ймовірностей їх реалізації  $\{W_i\}$ .

Значення наслідків і ймовірностей їх реалізації залежать від апріорних витрат  $Z_i$ , спрямованих на зменшення ймовірності виникнення екологічних НС і відповідних їхніх наслідків. Витрати на запобігання екологічних НС різні як із погляду їх спрямованості, так і часу, та пов'язані з різними відомствами, організаціями, спеціалістами. Сформулюємо три якісні групи таких витрат:

1) апріорні витрати  $Z_1$  на запобігання екологічних НС, тобто на зниження ймовірностей їх реалізації;

2) апріорні витрати  $Z_2$  на вжиття запобіжних заходів щодо мінімізації наслідків можливих екологічних НС;

3) апостеріорні витрати  $Z_3$  (коли НС уже реалізувалася) на пом'якшення і ліквідацію екологічних наслідків, а також на компенсацію збитку від екологічних наслідків НС.

Витрати  $Z_1$  відповідають, як правило, витратам на вивчення запобігання катастрофічному руйнуванню устаткування, контролю за якістю його виготовлення, на монтаж, контроль, обслуговування і ремонт під час експлуатації.

Витрати  $Z_2$  пов'язані з організацією аварійного втручання, створення локалізаційних систем тощо.

Витрати  $Z_3$  пов'язані із впровадженням плану локалізації і ліквідації аварійних екологічних ситуацій та аварій щодо захисту населення, реабілітацією заражених територій, компенсацією завданих збитків.

Слід підкреслити принципову відмінність між апріорними витратами  $Z_1, Z_2$  і апостеріорними витратами  $Z_3$ . Витрати  $Z_1, Z_2$  мають місце у початковий момент часу  $t = 0$ , коли починаються протидії загрози надзвичайної ситуації. Витрати  $Z_3$  – потрібні в момент  $T$ , коли відбудеться НС, реалізація якої має ймовірнісний характер (може відбутися коли завгодно або може взагалі не відбутися за період часу, що розглядається). Це необхідно враховувати у

ймовірнісному й часовому аспектах. Крім того, у здійснення витрат  $Z_3$  може включатися система страхування із страхувальником і страховими компаніями. Отже, задача зводиться до пошуку мінімальних значень функції  $Z$  за певних умов:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3. \quad (4.16)$$

Залежно від ситуації предметом розгляду можуть бути  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  НС. Спочатку розглянемо розв'язок задачі для однієї надзвичайної ситуації.

**Розв'язок задачі для надзвичайної екологічної ситуації.** Перепишемо вираз (4.16) відповідно до постановки задачі:

$$Z(W; R^{\text{apgr}}) = Z_1(W) + Z_2(R^{\text{apgr}}) + Z_3(R^{\text{apos}}), \quad (4.17)$$

де  $Z_1(W)$  – витрати на зменшення ймовірності  $W$  події;  $Z_2(R^{\text{apgr}})$  – витрати на зменшення апіорних (актуальних) наслідків  $R^{\text{apgr}}$ ;  $Z_3(R^{\text{apos}})$  – витрати на ліквідацію апостеріорних наслідків  $R^{\text{apos}}$ .

Усі витрати обраховуватимемо в грошовому виразі. Наслідки НС  $R^{\text{apgr}}, R^{\text{apos}}$  будемо вимірювати в натуральних одиницях (число людських жертв, збиток здоров'ю, площі заражених територій, екологічний збиток, число зруйнованих будівель тощо). Для цього використовуємо узагальнену одиницю вимірювання, - натуральна одиниця наслідків (НОН). Очевидно, що для кожної НОН має бути свій еквівалент (у гривнях, доларах США, євро, фунтах тощо).

Розглядаємо техногенні об'єкти, які мають обмежений строк життя  $T_{\text{ж}}$  і ймовірність виникнення НС за життєвий цикл  $WT_{\text{ж}}$ . Розмір апостеріорних (фактичних) наслідків  $R^{\text{apos}}$  може не збігатися з розміром апіорних (розрахованих) наслідків  $R^{\text{apgr}}$  внаслідок похибок прогнозу. Тому доцільно ввести деякий коефіцієнт  $\Psi$  між цими величинами, тобто

$$R^{\text{apos}} = \Psi R^{\text{apgr}}. \quad (4.18)$$

Оскільки витрати  $Z_3$  мають імовірнісний характер, постає запитання, як їх

враховувати у рівнянні (4.17). Згідно з теорією ймовірностей, слід оперувати середньоочікуваними наслідками, що для об'єктів з обмеженим життєвим циклом  $T_{ж}$  можна виразити наступним чином:

$$R^{apos} WT_{ж} = \psi R^{apr} WT_{ж}. \quad (4.19)$$

Для врахування того факту, що затрати  $Z_1$ ,  $Z_2$  і  $Z_3$  будуть відбуватися у різний час, їх необхідно звести до одного моменту часу ( $t = 0$ ) шляхом відомої процедури дисконтування, тобто множенням  $Z_3$  на  $e^{-pT_{ж}}$ , де  $p$  – коефіцієнт дисконтування, 1/рік;  $T_{ж}$  – час реалізації НС, рік.

Що ж саме брати за  $T_{НС}$  – це одна із невизначених проблем, оскільки НС може реалізовуватися в будь-якій точці інтервалу  $[0, T_{НС}]$ . Візьмемо за  $T_{НС}$  середньоочікуване його значення, тобто

$$T_{НС} = \frac{\int_0^{T_{ж}} t W dt}{\int_0^{T_{ж}} W dt} = \frac{\frac{1}{2} W T_{ж}^2}{W T_{ж}} = \frac{1}{2} T_{ж}. \quad (4.20)$$

З урахуванням залежностей (4.17)–(4.19) отримаємо:

$$Z_3 = C \psi R^{apr} W T_{ж} e^{-1/2 p T_{ж}}, \quad (4.21)$$

де  $C$  – коефіцієнт переведення натуральної одиниці наслідків у грошовий еквівалент (гривні).

**Пошук оптимальних витрат.** Оптимальні витрати  $Z$  будуть функцією двох змінних:

$$Z(W, R^{apr}) = Z_1(W) + Z_2(R^{apr}) + D W R^{apr}, \quad (4.22)$$

де

$$D = C \psi T_{ж} e^{-1/2 p T_{ж}}. \quad (4.23)$$

Оптимізація витрат тепер зводиться до знаходження значень  $W_0$  і  $R_0^{apr}$ , коли функція  $Z(W_0, R_0^{apr})$  матиме мінімум  $Z^{\min}$ . Припускається, що функції

$Z_1(W)$  і відомі з умов проектування, спорудження та експлуатації техногенного об'єкта.

Мінімальні значення функцій  $Z(W, R^{\text{apr}})$  за відомих функцій  $Z_1(W)$ ;  $Z_2(R^{\text{apr}})$  можна знайти числовими методами за допомогою комп'ютерних програмних засобів. В окремих випадках задача вирішується аналітично, коли шукані значення  $W_0$ ,  $R_0^{\text{apr}}$ ,  $Z^{\text{min}}$  знаходять за допомогою простих алгебраїчних виразів.

Витрати  $Z_1(W)$ ;  $Z_2(R^{\text{apr}})$  можна якісно охарактеризувати такою залежністю: чим більші витрати  $Z_1(W)$ ;  $Z_2(R^{\text{apr}})$ , тим менші ймовірність  $W$  і наслідки розгляданої надзвичайної ситуації. Такий характер залежностей підтверджується аналізом для окремих об'єктів та регіонів [11].

Вказані якісні залежності можна апроксимувати аналітичними функціями

$$Z_1(W) = \frac{A}{W}; \quad Z_2(R^{\text{apr}}) = \frac{B}{R^{\text{apr}}}, \quad (4.24)$$

де  $A$  і  $B$  мають такі розмірності:

$$[A] = \text{грн/рік}; \quad [B] = \text{грн} \cdot \text{НОН}. \quad (4.25)$$

У цьому разі сумарні повні витрати виражають у вигляді функції двох змінних:

$$Z(W, R^{\text{apr}}) = \frac{A}{W} + \frac{B}{R^{\text{apr}}} + DWR^{\text{apr}}. \quad (4.26)$$

Математичний аналіз функцій двох змінних за певних умов дає змогу отримати значення змінних  $W_0$  і  $R_0^{\text{apr}}$  у вигляді простих алгебраїчних виразів, за яких функція  $Z$  має мінімальне значення. Для цього знайдемо перші і другі похідні функції (4.26):

$$\frac{\partial(Z(W, R^{\text{apr}}))}{\partial W} = -\frac{A}{W^2} + DR^{\text{apr}};$$

$$\frac{\partial(Z(W, R^{\text{apr}}))}{\partial R^{\text{apr}}} = -\frac{B}{R^{(\text{apr})2}} + DW;$$

$$\frac{\partial^2(Z(W, R^{\text{apr}}))}{\partial W^2} = 2\frac{A}{W^3};$$

$$\frac{\partial^2(Z(W, R^{\text{apr}}))}{\partial R^{(\text{apr})2}} = 2\frac{B}{R^{(\text{apr})3}};$$

$$\frac{\partial^2(Z(W, R^{\text{apr}}))}{\partial W \partial R^{\text{apr}}} = D.$$

Для обчислення значень  $W_0$  і  $R_0^{\text{apr}}$  при екстремальних значеннях функції  $Z$  треба розв'язати систему рівнянь

$$\frac{\partial(Z(W, R^{\text{apr}}))}{\partial W} = -\frac{A}{W^2} + DR^{\text{apr}} = 0;$$

$$\frac{\partial(Z(W, R^{\text{apr}}))}{\partial R^{\text{apr}}} = -\frac{B}{R^{(\text{apr})2}} + DW = 0,$$

звідки отримаємо

$$W_0 = \left(\frac{A^2}{DB}\right)^{1/3}; \quad R_0^{\text{apr}} = \left(\frac{B^2}{AD}\right)^{1/3}. \quad (4.27)$$

Тоді

$$Z^{\min} = \sqrt[3]{ABD} + \sqrt[3]{ABD} + \sqrt[3]{ABD} = 3\sqrt[3]{ABD}. \quad (4.28)$$

Використання цієї моделі для розрахунку витрат на запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям природного характеру потребує окремого розгляду, тому що захист від них пов'язаний з великими багаторічними витратами. У цьому випадку об'єктом оптимізації будуть щорічні витрати та їх розподіл у часі з урахуванням зведених затрат.

Незважаючи на інтенсивні дослідження, які проводяться протягом останніх років, методи вирішення таких задач потребують подальшого вивчення. У перспективі доцільно розглянути задачу пошуку мінімальних



затрат при кількох вірогідних екологічних НС для об'єкта, регіону, країни, причому екологічних НС різного характеру – як техногенного, так і природного.

Кожна із розглянутих нами моделей дає змогу вирішувати окрему визначену задачу. Загального, універсального методу їх розв'язування їх немає. Тому кожен окремий тип задач потребує вибору відповідних методів та алгоритмів знаходження рішень.

#### **4.6 Методика планування заходів забезпечення екологічної безпеки в системі екологічного моніторингу**

Методика планування заходів забезпечення екологічної безпеки в системі екологічного моніторингу передбачає визначення механізмів розподілу ресурсів у соціально- економічних системах та створення плану заходів забезпечення екологічної безпеки.

##### ***Механізми розподілу ресурсів у соціально- економічних системах***

Механізми розподілу ресурсів утворюють важливі для практичного застосування кластери управління складними системами. Розглянемо задачу розподілу ресурсів із погляду теорії управління складними системами.

Надалі зупинимось на дворівневій системі, що має центральний орган (ЦО) розподілу ресурсів і  $N$  підсистем (регіонів, об'єктів екологічного моніторингу), між якими розподіляється ресурс одного типу. Вважатимемо, що елементи системи є інформаційно незалежними. Навіть у такому формалізованому трактуванні задача розподілу ресурсів є досить складною. Вона є однією з найважливіших у теорії активних систем.

Теорія активних систем [23, 91] – відносно новий напрям теорії управління соціально-економічними системами, що вивчає властивості функціонування системи, обумовлені проявами активності її елементів. Можна виділити два основні принципи структурної організації систем, які великою мірою визначають способи вирішення задач розподілу ресурсів: системи з централізованим управлінням (пасивні системи); системи з децентралізованим

управлінням (активні системи).

Усі елементи пасивної системи підлеглі одному центральному органу розподілу ресурсів. За такої структури інформація про стан кожного об'єкта моніторингу передається в ЦО, де переробляється, у результаті чого видається керівний вплив, реалізований у підсистемах. Перевага такого підходу полягає в наступному: має місце наявність повної інформації про всі елементи системи, а також можливість отримання абсолютного екстремуму функції мети (показника якості) центральним органом. Недолік подібної організаційної системи, це відсутність обліку еволюційних змін у окремих ланках системи.

У децентралізованій організаційній системі управління екологічною безпекою елементи великою мірою самі визначають свої показники. Роль ЦО зводиться до коригування цих показників з урахуванням «інтересів» підсистем. Елементи подібного типу і є активними елементами системи. ЦО виконує роль регулятора (формувача управлінських рішень) та видає підсистемам деякий керівний вплив (управлінські рішення), наприклад, - ціни на ресурси, орієнтовний план розподілу ресурсів тощо. Підсистеми, керуючись власними цілями, визначають свою реакцію (наприклад, потреба в ресурсах за заданих цін, оцінках плану розподілу) за заданого керівного впливу і повідомляють про неї в ЦО.

Процедура розподілу здійснюється відповідно до деякого правила (механізму), що є в ЦО. Спочатку розглянемо підхід до вирішення задачі розподілу ресурсів у пасивних системах, який може бути частково використаний і в теорії активних систем. Нехай як функції корисності (цільової функції) пасивного елемента використовуються опуклі функції  $f_i(x_i)$ , де  $x_i$  – кількість ресурсу, який виділяється  $i$ -му пасивному елементу центром,  $i = 1, \dots, N$ .

Розглянемо розв'язок даної задачі відповідно до пропозицій праці [4]. Введемо функцію Лагранжа  $R$ :

$$R = \sum_{i=1}^N f_i(x_i) - \lambda \sum_{i=1}^N x_i + \lambda R_0.$$

Тут  $\lambda$  можна вважати ваговим коефіцієнтом пасивного елемента (в даній постановці задачі прийнятий однаковим для всіх пасивних елементів). Вирішення задачі оптимального розподілу ресурсів еквівалентне розв'язку такої задачі:

$$R \rightarrow \max; \quad (4.29)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = R_0. \quad (4.30)$$

Для задач прийняття рішень за умов невизначеності та ризику принцип оптимальності часто будується у вигляді функції корисності. Нехай, наприклад, функції корисності мають вигляд

$$f_i(x_i) = a_i \sqrt{x_i}, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (4.31)$$

У такій постановці розв'язок задачі цілком визначається з необхідних умов оптимальності:

$$\frac{dR}{dx_i} = 0 = \frac{df_i}{dx_i} - \lambda, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

звідки випливає, що

$$\frac{a_i}{2\sqrt{x_i}} = \lambda, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Оптимальні ресурси, які виділяються пасивному елементу, дорівнюють

$$x_i^* = \frac{a_i^2}{4\lambda^2}.$$

З урахуванням того, що  $\sum_{i=1}^N x_i^* = R_0$ , після перетворень можна записати:

$$x_j^* = \frac{a_j^2 R_0}{\sum_{i=1}^N a_i^2}, j = 1, 2, \dots, N. \quad (4.32)$$

Відповідно до виразу (4.32), розподіл ресурсів проводиться пропорційно квадратам коефіцієнтів  $a_i$  функцій корисності.

Розглянутий механізм дає змогу отримати максимум суми цільових функцій, але не відповідає принципам теорії активних систем, тому що окремі активні елементи можуть бути обмежені в можливостях отримання ресурсу в інтересах ЦО. Деяким розширенням цього підходу може бути постановка задачі, пов'язана з поданням функцій корисності у вигляді поліномів ступеня  $n$ . Наприклад, для  $n = 2$  маємо:

$$f_i(x_i) = a_{0i} + a_{1i}x_i + a_{2i}x_i^2, i = 1, 2, \dots, N,$$

У результаті розв'язання задачі отримаємо:

$$\lambda = \frac{R_0 + \sum_{i=1}^N \frac{a_{1i}}{2a_{2i}}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{2a_{2i}}}; x_i^* = \frac{\lambda - a_{1i}}{2a_{2i}}, i = 1, 2, \dots, N.$$

Спробуємо уточнити коефіцієнти парабол з використанням загального методу пошуку екстремуму для функції багатьох змінних. Нехай система містить три пасивних елемента, для яких задачу розподілу ресурсів можна виразити так:

Вирішуватимемо задачу (4.33) при обмеженні:  $x_1 + x_2 + x_3 = R_0$ .

Зв'яжемо змінні  $x_1, x_2, x_3$ , виконавши підстановку:  $x_3 = R_0 - x_1 - x_2$ . у протилежному випадку знаходження максимуму узагальненого критерію зведеться до визначення максимумів окремих функцій, що в загальному випадку неправильно.

$$\begin{cases} \varphi_1(x_1) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_1^2 \\ \varphi_2(x_2) = b_0 + b_1x_2 + b_2x_2^2 \\ \varphi_3(x_3) = c_0 + c_1x_3 + c_2x_3^2 \\ F(x_1, x_2, x_3) = \varphi_1(x_1) + \varphi_2(x_2) + \varphi_3(x_3) \rightarrow \max \\ x_1 + x_2 + x_3 \leq R_0. \end{cases} \quad (4.33)$$

Тоді критерій набуде вигляду:  $F(x_1, x_2, R_0)$ , де  $R_0$  є константою, що задається ЦО. Рішення задачі зводиться до визначення параметрів, за яких частинні похідні функції  $F(x_1, x_2, R_0)$  дорівнюють нулю:

$$\begin{cases} \frac{dF(x_1, x_2, R_0)}{dx_1} = 0 \\ \frac{dF(x_1, x_2, R_0)}{dx_2} = 0. \end{cases} \quad (4.34)$$

У нашому випадку маємо систему (4.34) з двох лінійних рівнянь із двома невідомими, розв'язавши яку, отримаємо оптимальні значення  $x_1, x_2, x_3$

Далі розглянемо базову постановку задачі розподілу ресурсів у дворівневій активній системі, що складається з центра й  $N$  активних елементів. Центр має  $R_0$  одиниць ресурсу. Цінність ресурсу для  $i$ -го елемента визначається його функцією корисності  $\phi_i(x_i, r_i)$ , де  $x_i$  – отримувана елементом кількість ресурсу;  $r_i$  – тип активного елемента, який визначає клас допустимих функцій корисності.

Функція корисності може визначати, наприклад, прибуток активного елемента від використання ресурсу в кількості  $x_i$ . Зазвичай припускають, що центр не має інформації про функції корисності активного елемента. Відомо тільки, що вона належить деякому класу однопікових функцій із точкою піка  $r_i \in \Omega_i$  й однозначно залежить від значення цього параметра. Отримання ресурсу в кількості  $x_i = r_i$  доставляє максимум функції корисності  $i$ -го

активного елемента.

Завданням центру є розподіл ресурсу з метою, наприклад, максимізації сумарної корисності всіх елементів:

$$\varphi = \sum_{i \in I} \varphi_i(r_i, x_i) \rightarrow \max \quad (4.35)$$

за ресурсного (балансового, бюджетного) обмеження

$$\sum_{i \in I} x_i \leq R_0. \quad (4.36)$$

Залежно від ступеня визначеності й характеру наявної інформації про АЕ можуть бути прийняті різні моделі управління і відповідні їм підходи до вирішення задачі розподілу ресурсу (4.35), (4.36).

Розглянемо випадок повної відсутності інформації в ЦО. У такій постановці задачі функції корисності вважаються невідомими. Можна тільки припускати, що ці функції є опуклими. Кожен активний елемент сам запитує ресурс у кількості  $x_i$ , а отримує його в кількості  $r_i$  відповідно до обраної ЦО стратегії розподілу ресурсу. Найчастіше обмежуються способом пропорційного (лінійного) розподілу ресурсів відповідно до запитів, що надійшли, і наявної в центрі кількості ресурсу  $R_0$ . У результаті отримують таке рішення:

$$r_i = \frac{x_i R_0}{\sum_{i=1}^N x_i}.$$

Цей розподіл має деякі недоліки: а) не забезпечує реального максимуму загальної цільової функції, тому що невідомі істинні значення цільових функцій активного елемента; б) може приводити до нераціонального розподілу через видачу активному елементу завищених запитів.

Розглянемо випадок, коли відомий тільки вид функцій корисності. У цьому випадку вдаються до підходу, пов'язаного із застосуванням функції Лагранжа.

Нехай, наприклад, функції корисності мають вигляд (4.31). Коефіцієнти  $a_i$  у цій задачі є невідомими. Підставимо у функції корисності активного елемента

замість  $a_i$  величини  $r_i$ . Тоді функції набудуть вигляду  $f_i(x_i) = r_i\sqrt{x_i}$ . Тут як коефіцієнти пропорційності використовують величини виділеного активним елементом ресурсу. Це можна розглядати як «стимулювання» за рахунок надання ресурсу  $r_i$  у відповідь на запит  $x_i$ . Відповідно до отриманих раніше співвідношень, вважаючи  $r_i$  коефіцієнтами базової моделі і з урахуванням того, що

$$\frac{dR}{dx_i} = 0 = \frac{df_i}{dx_i} - \lambda, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad \sum_{i=1}^N r_i^* = R_0,$$

отримаємо

$$\frac{r_i}{2\sqrt{x_i}} = \lambda, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad \lambda = \frac{R_0}{2\sum_{i=1}^N \sqrt{x_i}}.$$

Оптимальні ресурси, виділені центром активному елементу, дорівнюють

$$r_i^* = R_0 \frac{\sqrt{x_i}}{\sum_{i=1}^N \sqrt{x_i}}.$$

Якщо функції корисності апроксимуються поліномами другого порядку, то можна, наприклад, виконати підстановку:  $a_{2i} = r_i$ . У результаті отримаємо

$$\lambda = 2R_0 \sum_{i=1}^N x_i + \sum_{i=1}^N a_{1i}; \quad r_i = \frac{\lambda - a_{1i}}{2x_i}.$$

Коефіцієнти функцій корисності залишаються невідомими, але їх вигляд можна уточнити, увівши явно додаткові обмеження на вид моделювальних кривих. Розподіл при цьому отримує певний ступінь свободи, але загальна кількість ресурсу, тобто рівновага в системі, має зберігатися для будь-якого рішення.

Для практичної реалізації нового за своїм концептуальним змістом державного регулювання техногенної та природної безпеки в Україні необхідне створення інституційної бази та інфраструктури з оцінювання техногенних і

природних ризиків у всіх галузях господарського комплексу держави.

В існуючих економічних регуляторах потрібно врахувати екологічні ризики, що створюють суб'єкти господарювання, і ввести в дію всі інші економічні регулятори, які застосовують у світовій практиці, а саме, податки, штрафи за шкідливі і небезпечні технології, санкції (відшкодування збитків, компенсація), страхування, фонди, пільги тощо. Комплекс економічних механізмів регулювання має забезпечити оптимальний баланс економічних витрат і рівнів техногенної та природної екологічної безпеки. Метою економічного регулювання є акумулювання коштів і реалізація превентивних за своїм характером витрат, які мають бути спрямовані на зниження техногенних і природних екологічних ризиків для населення, територій, соціальних, техногенних і природних об'єктів.

#### ***Планування заходів забезпечення екологічної безпеки***

Практика свідчить, що аварії та надзвичайні ситуації на об'єктах підвищеної небезпеки, включаючи пожежі, вибухи і витікання небезпечних речовин, призводять не тільки до ураження людей сильнодіючими отруйними речовинами, а й до негативного впливу на навколишнє середовище, руйнування будинків, споруд, технологічного устаткування.

Вибухи і, як наслідок, пожежі трапляються на об'єктах, які виробляють або зберігають вибухонебезпечні та хімічні речовини у системах і агрегатах під високим тиском, а також на газо- і продуктопроводах. Виникнення аварій і надзвичайних ситуацій часто пов'язане з розгерметизацією систем підвищеного тиску (балонів і резервуарів для зберігання стиснених і скраплених газів, газо- й аміакопроводів тощо). Зруйнування або розгерметизація систем підвищеного тиску залежно від фізико-хімічних властивостей речовин може призводити до появи вражаючих чинників: ударної хвилі (наслідки – травматизм, руйнування устаткування та несучих конструкцій), займання споруд, матеріалів (наслідки – термічні опіки, втрата міцності конструкцій), хімічне забруднення (наслідки – ядуха, отруєння, хімічні опіки).

Тому проблема запобігання виникненню аварій на об'єктах підвищеної



екологічної небезпеки стала одним із пріоритетних завдань як у багатьох країнах Європейської спільноти, так і в Україні.

Плани запобіжних заходів треба розробляти на підставі матеріалів поточного оцінювання техногенної безпеки на об'єкті (об'єктах), можливих наслідків впливу на навколишнє середовище в разі виникнення надзвичайних ситуацій, у тім числі на працюючий персонал та населення. Вони мають містити конкретні заходи щодо мінімізації ризиків виникнення надзвичайних ситуацій до їх прийнятних показників, запобігання технологічним аваріям, утилізації, знешкодження шкідливих речовин і відходів або повної їх ліквідації, виконання інших вимог у сфері техногенної безпеки.

Розміщення, забудова і розвиток населених пунктів, об'єктів виробничого та соціального призначення, що можуть спричинити надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру, вплинути на стан захисту населення й територій від їх наслідків здійснюються за рішенням місцевих рад та відповідно до генеральних планів розвитку, розміщення населених пунктів, об'єктів виробничого і соціального призначення.

Планування заходів екологічної безпеки потрібно здійснювати залежно від масштабу аварії та її рівнів:

“А” – екологічна аварія характеризується розвитком у межах одного виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці), яке є структурним підрозділом підприємства;

“Б” – екологічна аварія характеризується переходом за межі структурного підрозділу і розвитком її в межах підприємства;

“В” – екологічна аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства, можливістю впливу вражаючих чинників аварії на населення розташованих поблизу населених районів та інші підприємства (об'єкти), а також на довкілля.

План заходів екологічної безпеки доцільне складати з аналітичної та оперативної частин.

Аналітична частина плану має містити:

- опис особливостей екологічно небезпечних речовин, що застосовуються на об'єкті підвищеної небезпеки, із зазначенням класу їх небезпеки, реакційної здатності, дії на організм людини тощо;
- аналіз екологічної небезпеки та загроз виникнення екологічних аварій;
- виявлення всіх джерел екологічної небезпеки, визначення тих джерел, на яких можливий викид (витік) екологічно небезпечних речовин;
- перелік подій, що ініціюють виникнення аварії з викидом (витоком) екологічно небезпечних речовин;
- розробку та аналіз ймовірних сценаріїв розвитку екологічних аварій, масштабів їхніх наслідків;
- вплив зовнішніх чинників, які не залежать від умов експлуатації об'єкта підвищеної екологічної небезпеки; визначення достатності заходів для забезпечення функціональної стійкості об'єкта до зовнішніх впливів; перелік можливих зовнішніх впливів;
- прогнозування розвитку екологічних аварій і можливих їхніх екологічних наслідків для населення та навколишнього природного середовища;
- оцінку можливості виникнення пожеж і вибухів у населених пунктах внаслідок впливу вражаючих чинників аварії;
- оцінку достатності фінансових, матеріальних, технічних та людських ресурсів підприємства для ліквідації (мінімізації) наслідків екологічних аварій та катастроф.

Оперативна частина плану регламентує порядок дій та взаємодії персоналу підприємств (техногенне небезпечних об'єктів), аварійно-рятувальних спецпідрозділів, що обслуговують об'єкт, центральних і місцевих органів виконавчої влади та населення, які виконуються негайно в разі виявлення аварії. Зміст оперативної частини плану змінюється залежно від рівня екологічної аварії (катастрофи).

Оперативна частина плану має містити ситуаційний (масштабний) план дій, на якому позначено майданчик об'єкта моніторингу на місцевості (навколишнє природне середовище, об'єкти природно-заповідного фонду,

сміттєзвалища, хвостохранилища, а також житлові райони, населені пункти, інші підприємства й організації, що знаходяться поруч із ним і на які може поширюватися дія уражальних чинників; розмір території, яку наносять на цей план, визначається масштабом можливих зон ураження за різними сценаріями розвитку аварії.

На ситуаційний план наносять: зони можливого ураження населення прилеглих до підприємства територій з урахуванням поширення вибухових та ударних хвиль, напрямку руху вибухонебезпечних і токсичних хмар за різними сценаріями розвитку аварій; чисельність людей у цих зонах ураження; час досягнення людей уражальними чинниками аварії з урахуванням швидкості й напрямку вітру, погодних умов тощо; можливі шляхи евакуації населення і безпечні зони для укриття, сховища, що не потрапляють під вплив уражальних чинників аварії; місця знаходження засобів протиаварійного захисту, джерел аварійного водопостачання, енергопостачання, наявність і місцезнаходження запасів засобів пожежогасіння (води, піноутворювачів, засобів захисту органів дихання); місця розташування аварійно-рятувальних підрозділів, пожежних частин, місця їх розгортання й маневрування; місця скупчення небезпечних продуктів поза територією підприємства із зазначенням їх найменування та маси.

Крім того, має бути: план підприємства, де визначено місця розташування виробництв, місця скупчення небезпечних речовин із зазначенням їх маси; місця найімовірнішого виникнення аварій; евакуаційні виходи і маршрути евакуації; шляхи під'їзду, ділянки для встановлення і маневрування спецтехніки; сховища і місця укриття персоналу, а також список і схема оповіщення посадових осіб про аварію, які мають бути терміново оповіщені про аварійну ситуацію чи аварію, порядок оповіщення і взаємодії місцевих органів і територіальних органів, спецпідрозділів та організацій, що залучаються до ліквідації наслідків аварії.

Відомості щодо місць знаходження засобів протиаварійного захисту, джерел аварійного водопостачання, енергопостачання, засобів захисту органів

дихання теж включаються до оперативної частини. Оперативна частина плану ліквідації аварійних ситуацій для аварій рівня “В” має бути затверджена органами місцевого самоврядування.

Орган управління техногенно небезпечного об'єкта має визначити і затвердити перелік виробництв (цехів, відділень, виробничих ділянок), для яких треба розробляти плани ліквідації аварійних ситуацій, попередньо узгодивши його з територіальним органом спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади, до відома якого віднесено питання захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

Для забезпечення ефективної локалізації та ліквідації аварії на всіх рівнях її розвитку за наказом керівника підприємства має бути створений штаб, функціями якого є: збір і реєстрація інформації про хід розвитку аварії та вжиті заходи щодо її локалізації та ліквідації наслідків; поточна оцінка інформації і прийняття рішень щодо оперативних дій у зоні аварії та поза її межами; координація дій персоналу підприємства та всіх залучених підрозділів і служб, які беруть участь у ліквідації наслідків аварії.

На підприємствах має бути визначений порядок оповіщення населення про аварійну ситуацію (аварію) на підприємстві, системи і засоби та терміни їх перевірки, інструктажу персоналу сторонніх організацій і осіб, які відвідують підприємство (об'єкт) про дії у випадку виникнення аварії.

З метою ефективної реалізації завдань управління ризиком, зменшення матеріальних втрат і недопущення заподіяння шкоди об'єктам, матеріальним і культурним цінностям та довкіллю в разі виникнення надзвичайних ситуацій центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підпорядковані їм сили і засоби, підприємства, установи та організації незалежно від форми власності, добровільні рятувальні формування зобов'язані здійснювати оповіщення та інформування, спостереження і лабораторний контроль, укриття у захисних спорудах, евакуацію, інженерний, медичний захист населення та забезпечення епідемічного благополуччя в

районах надзвичайних ситуацій, психологічний, біологічний, екологічний захист, тобто захист родовищ (газових, нафтових, вугільних, торфових) від пожеж, затоплень і обвалів; ліквідацію лісових пожеж та буреломів, сніголамів, вітровалів, техногенного впливу на лісові насадження, а також їхніх наслідків, радіаційний та хімічний захист, який включає: завчасне накопичення і підтримання в постійній готовності засобів радіаційного та хімічного захисту, обсяги і місця зберігання яких визначаються диференційовано відповідно до зон можливого ураження; своєчасне впровадження засобів, способів і методів виявлення та оцінювання масштабів і наслідків аварій, руйнувань на радіаційно та хімічно небезпечних об'єктах; створення уніфікованих засобів захисту, приладів радіаційної, хімічної розвідки та дозиметричного контролю; надання населенню можливості придбання в особисте користування засобів радіаційного та хімічного захисту; розроблення типових режимів радіаційного захисту населення і функціонування об'єктів в умовах радіоактивного забруднення місцевості; завчасне обладнання радіаційно та хімічно небезпечних об'єктів засобами для проведення спеціальної обробки одягу, майна і транспортних засобів, а також санітарної обробки населення, постраждалого внаслідок надзвичайної ситуації.

З метою встановлення рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій місцеві органи виконавчої влади мають забезпечити регулярне (періодичне) проведення обстежень територій та об'єктів щодо можливості виникнення небезпечних природних явищ та їх наслідків. Обстеження та облік територій з небезпечними природними явищами мають здійснювати спеціальні служби інженерного захисту територій, а за їх відсутності – управління (відділи) містобудування та архітектури, архітектурно-будівельного контролю та житлово-комунального господарства. До проведення робіт із обстеження та обліку територій з небезпечними природними явищами можуть залучатися фахівці науково-дослідних, дослідно- конструкторських та проектних установ, представники громадських організацій. Заходи щодо захисту територій від небезпечних явищ природного характеру треба розробляти з урахуваннями

результатів спостережень за територіями та їх обстежень.

З метою запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного характеру, що можуть бути спричинені впливом небезпечних геологічних процесів, місцеві органи виконавчої влади, підприємства, установи та організації, у власності (користуванні на правах оренди) є потенційно небезпечні об'єкти та (або) об'єкти підвищеної небезпеки, у тім числі автомобільні шляхи і залізниці, нафто-, газопроводи, мають організовувати розробку картографічних матеріалів із нанесенням місць розвитку небезпечних геологічних процесів, які безпосередньо можуть призвести до надзвичайної ситуації, та їх захисту інженерними спорудами. Зазначені картографічні матеріали треба щорічно коригувати.

### **Висновки по четвертому розділу**

1. Запропонована структура системи управління безпекою (ризиками), яка визначає головні системні процедури системи управління: порівняння поточного значення ризику з прийнятним, визначення заходів щодо зменшення ризику, вплив на параметри джерел небезпек, оцінка результативності вжитих заходів та необхідних складових управління ризиками. За своїм характером управління екологічними ризиками надзвичайних ситуацій є комплексним і спрямоване на зниження інтегрального екологічного ризику, обумовленого спільною дією небезпечних техногенних і природних чинників. Управління екологічними ризиками включає такі основні етапи: виявлення ризиків, аналіз та кількісна оцінка ризиків, планування, моніторинг і контроль, перевірка, коригування та використання набутого досвіду.

2. Запропоновано принципи управління та нормування екологічних ризиків. Обґрунтовано, що для управління екологічними ризиками, які пов'язані з надзвичайними ситуаціями техногенного і природного характеру, доцільне застосовувати наступні принципи: принцип прийнятності екологічного ризику, принцип екологічної превентивності, принцип мінімізації екологічного ризику, принцип екологічної повноти, принцип екологічної

адресності, принцип плати за екологічних ризик, принцип вибору доцільного значення екологічного ризику, принцип обов'язковості екологічного інформування, принцип свободи екологічної інформації.

3. Визначено механізми регулювання екологічної безпеки техногенних об'єктів та навколишнього природного середовища. Основними механізмами екологічного управління є економічне регулювання, державна стандартизація, сертифікація, державна експертиза, державний нагляд і контроль, ліцензування, декларування безпеки небезпечних об'єктів і страхування.

4. Визначено, що оптимізація управлінських рішень щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям має за мету мінімізацію очікуваного збитку внаслідок проведення комплексу захисних заходів від надзвичайних екологічних ситуацій, мінімізацію ресурсів, необхідних для забезпечення прийняттого рівня екологічного ризику, мінімізацію витрат на управління ризиком надзвичайних екологічних ситуацій.

5. Надано аналітичне вирішення задач оптимальних витрат на управління екологічним ризиком надзвичайних ситуацій

6. Запропонована методика планування заходів забезпечення екологічної безпеки в системі екологічного моніторингу передбачає визначення механізмів розподілу ресурсів у соціально- економічних системах та створення плану заходів забезпечення екологічної безпеки. Запропонований метод визначення рівня екологічної небезпеки об'єкта на основі критеріїв екологічного ризику доцільне застосовувати для створення такої нормативно-правової бази, щоб власнику було не вигідно експлуатувати техногенне небезпечний об'єкт із великим рівнем екологічного ризику, а кошти, витрачені на підвищення екологічної безпеки, були не збитковими, а давали прибуток.

Дальнішим етапом досліджень є аналіз підходів та оцінка ефективності щодо створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів.

## **РОЗДІЛ 5**

### **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ СТРОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННЕ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

#### **5.1 Оцінка ефективності застосування існуючої система екологічного моніторингу з використанням методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем**

Проблема антропогенного забруднення природних вод завжди була і буде актуальною [70, 111, 117, 126]. Для контролю цього процесу в Україні функціонує мережа підрозділів Держекоінспекції України (ДЕІ). В результаті здійснення контролю накопичується велика кількість даних, які підлягають обробці та узагальненню. Увесь процес реєстрації даних досить трудомісткий, тривалий і не виключає можливість помилок та опісок. Для підвищення надійності ведення, обробки та представлення даних про стан забруднення довкілля є необхідним створення спеціальної інформаційної системи.

Світовий досвід довів, що для підвищення якості, оперативності, комплексності та ефективності системи моніторингу довкілля необхідно поєднувати сучасні інноваційні засоби і технології: автоматизовані та автоматичні вимірювальні системи; аерокосмічні дослідження з використанням як супутників, так і літаків та безпілотних літальних апаратів; системи автоматизованої обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ); геоінформаційні аналітичні системи для обробки інформації, з урахуванням закономірностей її зміни і у часі, і у просторі; комплексні багаторівневі системи моніторингу і контролю стану довкілля, які забезпечуватимуть інтегрування та комплексний аналіз даних про стан усіх складових довкілля як окремих регіонів, так і усієї країни в цілому з можливістю обміну даними з аналогічними міжнародними системами моніторингу; методи та технології аналізу даних моніторингу довкілля та визначення рівня техногенної та екологічної безпеки та ін.



У теперішній час проблема інтенсивного «цвітіння» води дуже гостро стоїть для самих різних акваторій. Відомо, що інтенсивне цвітіння, характерно, перш за все, для водойм зі слабкими течіями зокрема таких, як каскад Дніпровських водосховищ. В останній час цей фактор є характерний й для інших водних техноекосистем. «Цвітіння» води є наслідком масового розвитку мікроскопічних водоростей (зазвичай синьо-зелених), що супроводжуються значним погіршенням якості води. Причиною цього явища є цілий комплекс факторів, таких як зміна клімату, надходження в воду великої кількості різних мінеральних і органічних речовин та пов'язане з інтенсифікацією господарської діяльності людини, а самі - надходженням у водойми забруднених біогенними речовинами комунальних чи сільськогосподарських стоків, мінеральних добрив, синтетичних миючих засобів, тощо.

Так сталося, що водойми-охолоджувачі атомних (АЕС) та теплових (ТЕС) електростанцій є дуже важливими об'єктами водокористування. Тому контроль за допомогою систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є актуальним у двох аспектах. По-перше, це контроль гідротермічного режиму, розробка пропозицій щодо покращення здатності до охолодження циркуляційних вод. По-друге, це контроль екологічного стану, а саме рівня цвітіння та заростання вищими водними рослинами. Окремою проблемою є контроль за допомогою ДЗЗ динаміки формування ветленд-екосистеми на місці існування водойми-охолоджувача Чорнобильської АЕС. Також контроль термічного режиму є важливим також на об'єктах гідроенергетики на р. Дністер, з огляду на особливості конструкції та режиму експлуатації ГЕС.

Дослідження взаємодії екосистем суходолу і водних об'єктів показали, що індекс вегетації  $NDVI$  може використовуватися як екологічний індикатор як для берегової ( $NDVI_L$ ), так і для 50-70 км прибережної зони ( $NDVI_W$ ). По розподілу для суходолу можна судити про параметри екологічного стану. Просторові розподіли для водного середовища корелюють з такими оптико-біологічними параметрами як концентрація хлорофілу-а і мінеральної суспензії, прозорість води і пов'язані з ними характеристики. Взаємозв'язок значень  $NDVI_L$  і  $NDVI_W$

проявляється в загальній тенденції збільшення  $NDVI_W$  і, отже, концентрації домішок у водному середовищі при збільшенні  $NDVI_L$  для суходолу.

За даними вимірів  $NDVI_W$  оптичними супутниковими сенсорами і відбору проб на концентрацію суспензії у воді була отримана залежність концентрації сумарної суспензії  $C_S$  від величини  $NDVI_W$ ,

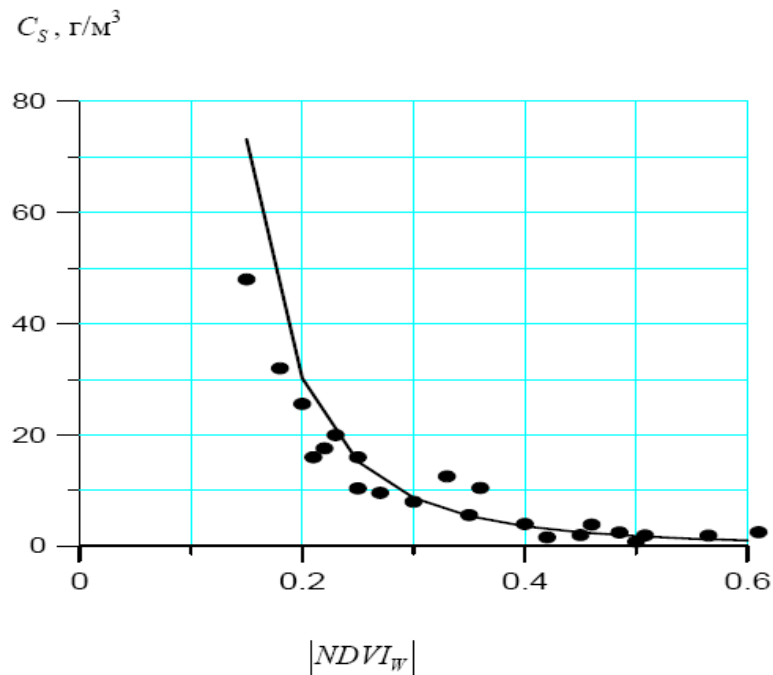


Рис. 5.1 - Залежність сумарної концентрації суспензії від величини  $NDVI_W$  (емпірична залежність за даними супутникових вимірювань:  $C_S = 0,214|NDVI_W|^{-3,07}$ )

В даному випадку  $NDVI_W$  розраховано як:

$$NDVI_W = \frac{L_w(0,8585) - L_w(0,645) + L_A(0,8585) - L_A(0,645)}{L_w(0,8585) + L_w(0,645) + L_A(0,8585) + L_A(0,645)}$$

(5.1)

Де  $L_{W,A}$  відповідно яскравість висхідного випромінювання від поверхні води на довжині хвилі  $\lambda$  і яскравість молекулярного і аерозольного розсіяння на цій же довжині хвилі.

Це, в свою чергу, може бути переписано з урахуванням компоненти молекулярного розсіювання:

$$\text{NDVI}_w = \frac{L_A(0,8585) - L_A(0,645)}{L_A(0,8585) + L_A(0,645)} = \frac{L_{AZ}(0,8585) + L_M(0,8585) - L_{AZ}(0,645) - L_M(0,645)}{L_{AZ}(0,8585) + L_M(0,8585) + L_{AZ}(0,645) + L_M(0,645)}$$

(5.2)

Де  $L_{AZ}$  – яскравість аерозольного розсіяння,  $L_M$  – яскравість молекулярного розсіяння, яку можна обчислити, відповідно до:

$$L_M(\lambda) = \tau_R(\lambda) F_0^*(\lambda) R(\alpha_S, \alpha_V, \varphi_S, \varphi_V) / 4\pi$$

(5.3)

де  $\tau_R(\lambda)$  – оптична товщина шару молекулярного розсіювання;  $\tau_{OZ}$  – оптична товщина озонового шару;  $F_0^* = F_0 \exp[-\tau_{OZ}(1/\cos \alpha_S + 1/\cos \alpha_V)]$  – опроміненість на водній поверхні;  $F_0$  – опроміненість на верхній межі атмосфери;  $\alpha_S, \alpha_V, \varphi_S, \varphi_V$  – відповідно зенітні і азимутні кути Сонця і фотометра супутника.

Таблиця 5.1

Емпіричні коефіцієнти розрахункових рівнянь розсіювання

$\lambda$ , мкм	$F_0$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·мкм·ср)	$\tau_R$	$\tau_{OZ}$
0,645	162,7	0,0504	0,0214
0,8585	104	0,0162	0,00154

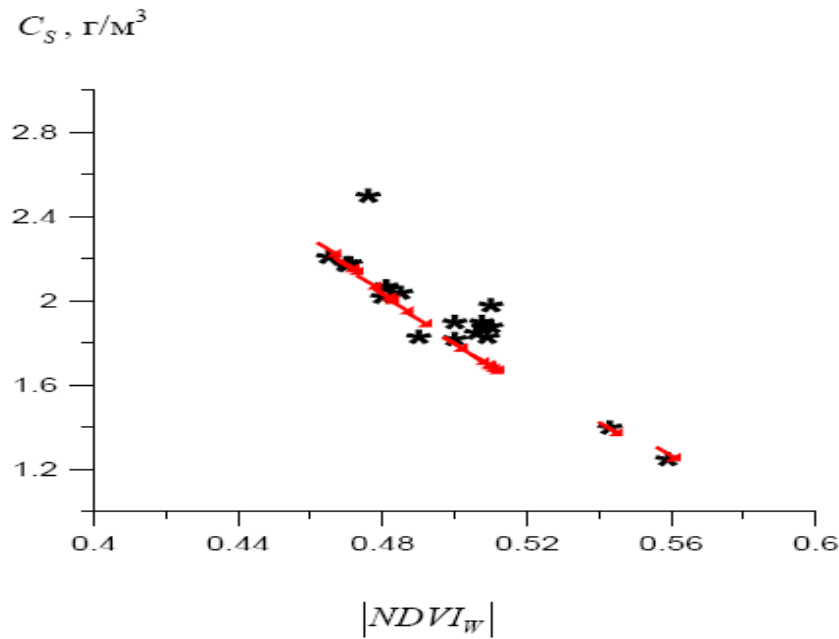


Рис. 5.2 - Зіставлення вимірних величин концентрації суспензії

Інша складова розсіяння на аерозолях в загальному вигляді обчислюється за співвідношенням:

$$L_{AZ}(\lambda) = F'_0(\lambda) \cdot C_{AZ} \cdot \lambda^{-n} \quad (5.4)$$

Вважаючи в першому наближенні  $L_M = 0$ , знаходимо:

$$NDVI_W = \frac{F'_0(0,8585) \cdot C_{AZ} \cdot 0,8585^{-n} - F'_0(0,645) \cdot C_{AZ} \cdot 0,645^{-n}}{F'_0(0,8585) \cdot C_{AZ} \cdot 0,8585^{-n} + F'_0(0,645) \cdot C_{AZ} \cdot 0,645^{-n}} \quad (5.5)$$

Звідки отримуємо:

$$n = -1,56 - 3,5 \ln \frac{1 + NDVI_W}{1 - NDVI_W} \quad (5.6)$$

Значення  $NDVI_W$  для прозорі води змінюються в межах від -0,45 до -0,6. При цьому показник Ангстрема знаходиться в межах від 1,82 до 3,28. Ці дані відповідають опублікованим результатам спеціальних досліджень, причому мінливість параметра  $n$  пов'язана, головним чином, з характерним розміром часток аерозоля – великі величини  $n$  відповідають дрібнішим часткам.

Аналіз великого числа величин  $L_M(0,645)$  і  $L_M(0,8585)$  для прозорих вод з незначною концентрацією суспензії показав, що між цими величинами існує висока кореляція, рівна  $R=0,94$ . Відповідна залежність наведена на рис. 5.3, там

же присутня лінія регресії. Ця залежність використана для уточнення розподілу за середніх умов. Так для прозорої води величина  $NDVI_w$  дорівнює  $(31,0-1)/(0,31+1)=0,5167$ , що відповідає спостереженням. Ваговий множник  $C_{AZ}$  за цих умов дорівнює 0,017.

Оцінки відповідають експериментальним даним, а також емпіричній залежності  $C_s = 0,214|NDVI_w|^{-3,07}$ . Дійсно, при вказаному значенні  $NDVI_w$  концентрація суспензії дорівнює  $1,54 \text{ г/м}^3$ . З урахуванням варіацій емпіричної залежності  $L_A(8585) = f[L_A(645)]$  мінімальне значення  $NDVI_w$  для прозорої води може з вірогідністю 0,95 досягати -0,625, концентрація суспензії при цьому дорівнює  $0,9 \text{ г/м}^3$ .

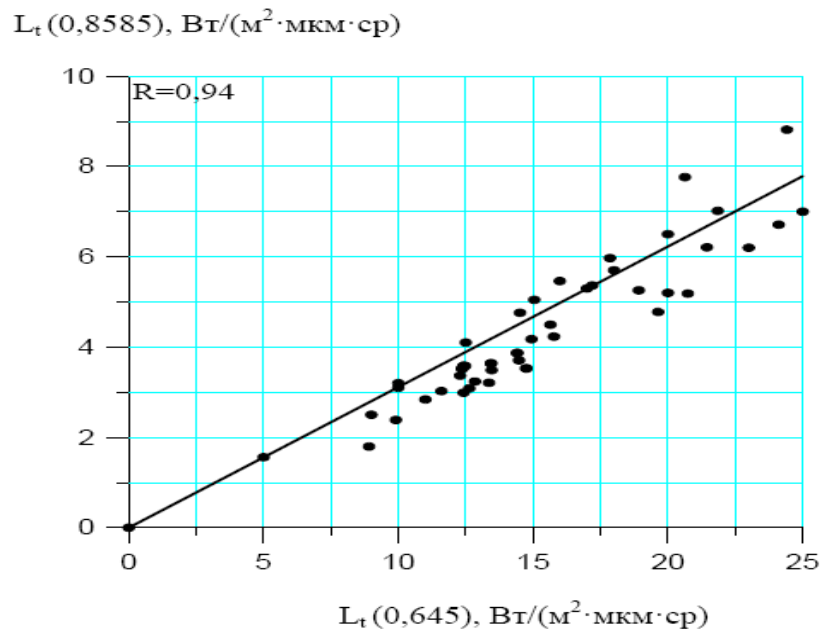


Рис. 5.3 - Залежність мінімальних значень яскравості висхідного випромінювання, характерних для вод з мінімальними концентраціями суспензії ( $L_A(8585) = 0,31[L_A(645)]$ ,  $R^2 = 0,88$ )

Таким чином ми отримуємо теоретико-методичну базу для визначення концентрацій суспензій і зважених речовин в воді за спектральними показниками відбиття, що можуть бути виміряні за супутниковими зйомками. Цей підхід може бути застосований при оцінюванні екологічного стану

акваторій, визначенні показників якості води і оцінювання ризиків забруднень, вивченні взаємодії систем суходіл-вода тощо.

У воді, як морській, так і водних об'єктах суходолу, існують два основні типи часток: розсіюючі світло і формуючі яскравість висхідного випромінювання. Це частки мінеральної і органічної суспензії. Розглянемо їх співвідношення і вплив на вимірювану величину *NDVI*.

Відоме, що відношення енергії світла, витікаючого при опроміненні двох часток з різними показниками заломлення  $n_1$  і  $n_2$  відносно води, рівне:

$$\left( \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \right)^2 \bigg/ \left( \frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2} \right)^2 \quad (5.7)$$

Для мінеральної суспензії  $n_1=1,15$ , для органічної –  $n_2=1,02$ . При інших рівних умовах, енергія розсіювання світла мінеральними частинками буде приблизно 50-70 разів більше енергії розсіювання органічними частками. Таке ж співвідношення виходить для показників зворотного розсіювання в моделі Копелевіча, а також підходу), для концентрації дрібних  $P_s$  і великих  $P_l$  часток. Це дозволяє розглядати величини  $P_s$  і  $P_l$  як концентрації мінеральної та органічної суспензії відповідно.

Модель Моблі-Копелевіча для зворотного розсіювання світла чистою водою, мінеральними і органічними частками можна представити у вигляді:

$$b_b(\lambda) = 0,5b_w(\lambda) + B_s b_{ps}(\lambda)P_s + B_l b_{pl}(\lambda)P_l \quad (5.8)$$

де індекси  $w$ ,  $s$ ,  $l$ , відносяться відповідно до чистої води, дрібних частинок і до великих частинок;  $B_s=0,039$ ,  $B_l=0,00064$  – відповідно ймовірність зворотного розсіювання дрібними і великими частками;  $P_s$  і  $P_l$  – відповідно концентрація мінеральних і органічних частинок в  $\text{г/м}^3$ ;  $b_w(\lambda) = 5,826 \cdot 10^{-3} (400/\lambda)^{4,322}$ ,  $b_{ps}(\lambda) = 1,1513 (400/\lambda)^{1,7}$ ,  $b_{pl}(\lambda) = 0,3411 (400/\lambda)^{0,3}$  – відповідно показники розсіювання для чистої води, дрібних і великих частинок;  $\lambda$  – довжина хвилі, нм.

Використовуючи емпіричні залежності  $L_t = f(NDVI)$ ,  $NDVI = -0,605(P_s + P_l)^{-0,326}$ , а також співвідношення між  $P_s$  і  $P_l$  в моделі Копелевіча, знаходимо:

$$P_s + 0,01P_l = 11,43(P_s + P_l)^{-0,652} - 21,46(P_s + P_l)^{-0,326} + 10,06 \quad (5.9)$$

На рис. 5.4 показані залежності концентрації дрібних частинок мінеральної суспензії і великих частинок органічного походження в залежності від загальної концентрації суспензії. Видно, що статистично переважає концентрація великих органічних частинок. Співвідношення між концентраціями мінеральних і органічних частинок в морському середовищі характеризується значною мінливістю. Воно сильно залежить від продуктивності вод і при її збільшенні збільшується концентрація органічних частинок. В середньому на органічну суспензію (живий планктон, детрит та інша органіка) припадає приблизно 80% і близько 20% становить мінеральна суспензія.

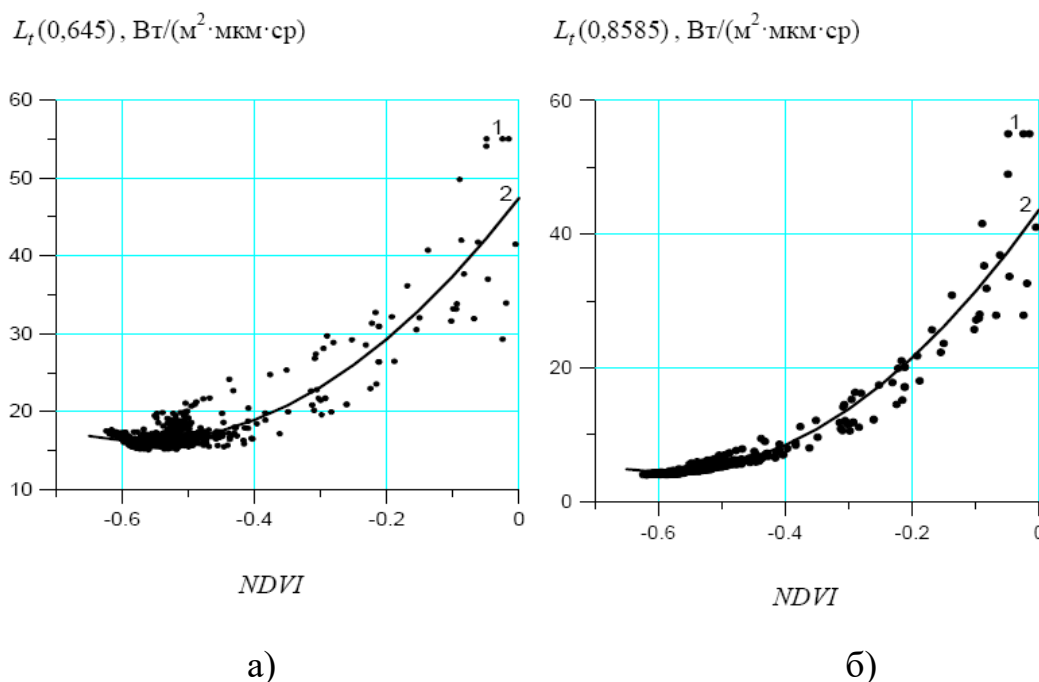


Рис. 5.4. Яскравості висхідного випромінювання водної поверхні при а)  $\lambda=0,645$  мкм, б)  $\lambda=0,8585$  мкм

Відповідні регресійні залежності для показаних випадків виглядають наступним чином:

$$L_t(0,645) = 96,836(NDVI)^2 + 109,95NDVI + 47,415;$$

$$R^2 = 0,85 \quad (5.10)$$

$$L_t(0,8585) = 113,42(NDVI)^2 + 133,44NDVI + 43,671;$$

$$R^2 = 0,93 \quad (5.11)$$

Таким чином ми отримуємо можливість визначати розподіли концентрацій окремих компонент завислих речовин за спектральними ознаками ДЗЗ.

***Оцінка ефективності застосування методики супутникового моніторингу інтенсивного цвітіння водоростей (моніторингу скупчень планктонних водоростей)***

Слід враховувати, що існуюча Водна Рамкова Директива ЄС одним з аспектів оцінки екологічного стану та моніторингу довкілля включає оцінку гідроморфологічних характеристик водойм та водотоків. Тому методи ДЗЗ вкрай необхідні для контролю за такими характеристиками як мандрування, зміни берегової смуги.

Крім того, фітопланктон має безпосередній вплив на якість питної води: суспензію, кольоровість, токсичність; а при значному розвитку біомаси викликає замори риб, порушення роботи очисних споруд, забруднення узбережжя та пляжів. Показники кількісного розвитку фітопланктону широко використовуються при визначенні трофічного статусу водойм і для прийняття рішень з екологічної реабілітації водойм. Разом з тим отримання даних про стан фітопланктону, а тим більше актуальних даних - досить трудомісткий і витратний процес. Все це потребує застосування сучасних технологій отримання відповідної моніторингової інформації.

Методика, що розглядається використовує дані дистанційного зондування Землі в діапазоні довжин хвиль 8-14 мкм (довгохвильове інфрачервоне випромінювання), що дозволяє отримувати інформацію про теплофізичні властивості об'єктів на поверхні Землі і в тому числі водойм. Слід враховувати, що растрові дані теплового випромінювання із середнім просторовим



розрізненням сенсора TIRS, встановленого на супутнику Landsat-8 представлені в двох спектральних діапазонах (10,3-11,3 мкм і 11,5-12,5 мкм).

Для перетворення растрових даних теплового випромінювання в розподіл температури пропонується використовувати зворотне рівняння Планка для теплового випромінювання «сірого тіла». Це перетворення дозволяє з урахуванням коефіцієнта теплового випромінювання, відобразити здатність різних поверхонь випромінювати тепло. Отримані теплові карти дозволяють вивчити гетерогенність полів температури техноекосистем та показують ефективність нових споруд по регулюванню термічного режиму у водоймах-охолоджувачах.

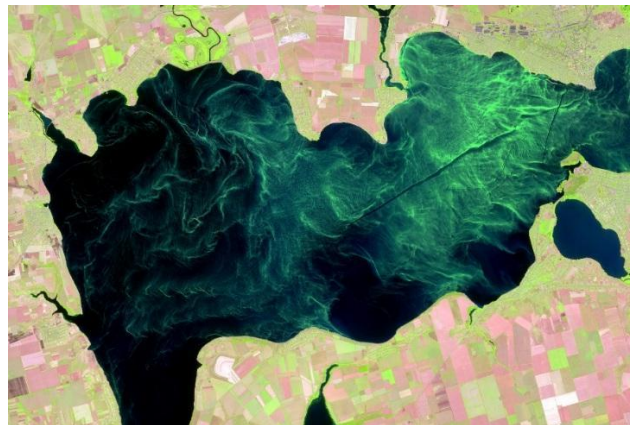
Зображення явища «цвітіння води» супутником Sentinel-2 на прикладі Кременчуцького та Каховського водосховищ представлено на рис. 5.5. Фрагмент космічного знімок Landsat 8 щодо дослідження просторового розподілу ділянок цвітіння синьо-зелених водоростей на території Київського водосховища в районі населених пунктів Козаровичі – Лютіж) представлено на рис. 5.6. Результати дистанційного дослідження водойм Південно-Українського енергокомплексу на прикладі Ташлицької ГАЕС станом на 10.08.2017 (температура поверхні; карти розподілу нормалізованого вегетаційного індексу (NDVI); карти нормалізованого відносного альгоіндекса (NDAI)) представлено на рис. 5.7. Динаміку розподілу показників температури поверхні Нетішинського водосховища ( водойми –охолоджувача Хмельницької АЕС) представлено на рис. 5.8.

Проведений аналіз свідчить, що зміні забарвлення води («цвітіння») проявляються внаслідок масового розмноження мікроскопічних водоростей. Саме тому методи обробки космічних знімків для виявлення ділянок «цвітіння» води зазвичай базуються на аналізі варіацій коефіцієнту дифузного відбивання світла поверхневими і підповерхневими шарами води при збільшенні в них концентрації фітопланктону. Проведений аналіз свідчить, що для спостережень найбільше підходить червона область спектру видимого діапазону 600...700 нм та ближній ІЧ-діапазон. Для виявлення ділянок цвітіння води добре підходить

вегетаційний індекс Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) але доцільним є застосування інших індексів оцінки стану водойми, таких як мутності – Normalized Difference Turbidity Index (NDTI) альгоіндексу – Normalized Difference Algae Index (NDAI) та ін. Також додатковою дешифрувальною ознакою при ідентифікації «цвітіння» води може слугувати текстура зображення, так для ділянок інтенсивного «цвітіння» найчастіше характерна специфічна ниткоподібна текстура. На космічних знімках видно, що області інтенсивного цвітіння витягуються уздовж течій і втягуються до вихрових рухів. Також визначено, що на перенесення водоростей найзначніший вплив має вітер. У періоди з тривалою теплою, сонячною і безвітряною погодою ціанобактерії об'єднуються в агрегати, які спливають до поверхні, утворюючи поверхневі або підповерхневі скупчення. При цьому слід враховувати, що дані, отримані при супутникових спостереженнях повинні верифікувати з результатами польових наземних досліджень.



*a*



*б*

Рис. 5.5 - Зображення явища «цвітіння води» супутником Sentinel-2 на прикладі: *a* - Кременчуцького водосховища отримане 22 серпня 2015 року; *б* - Каховського водосховища отримане 10 серпня 2016 року

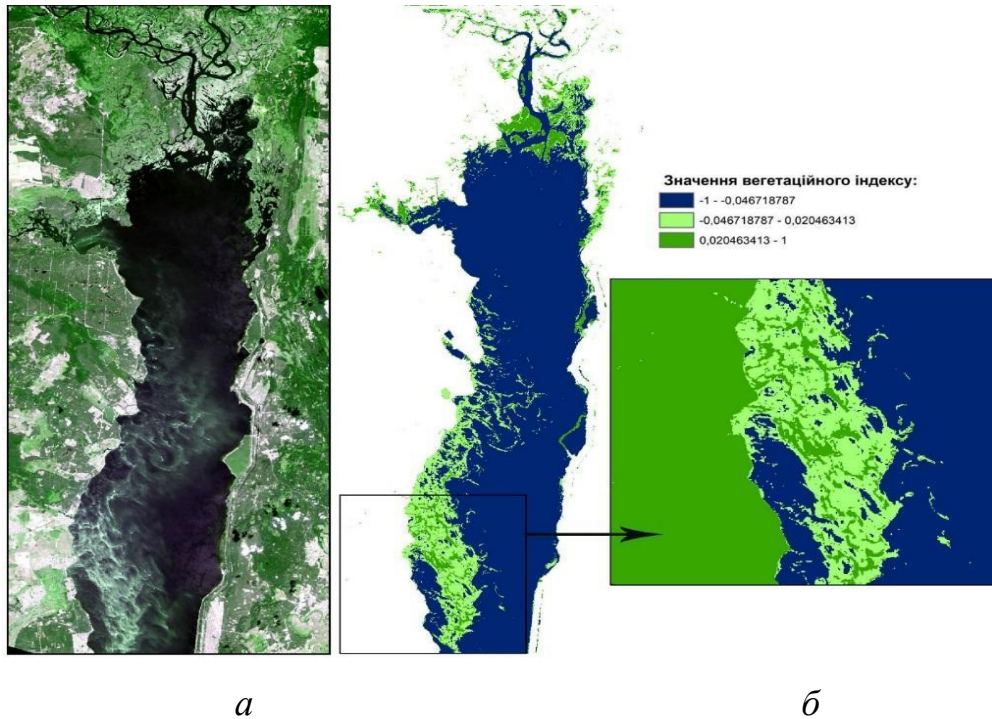


Рис. 5.6 - Дослідження просторового розподілу ділянок цвітіння синьо-зелених водоростей на території Київського водосховища (*а* – фрагмент космічного знімок Landsat 8 станом на 13.08.2013; *б* – розподіл значень вегетаційного індексу у найбільшому осередку "цвітіння" в районі населених пунктів Козаровичі – Лютіж)

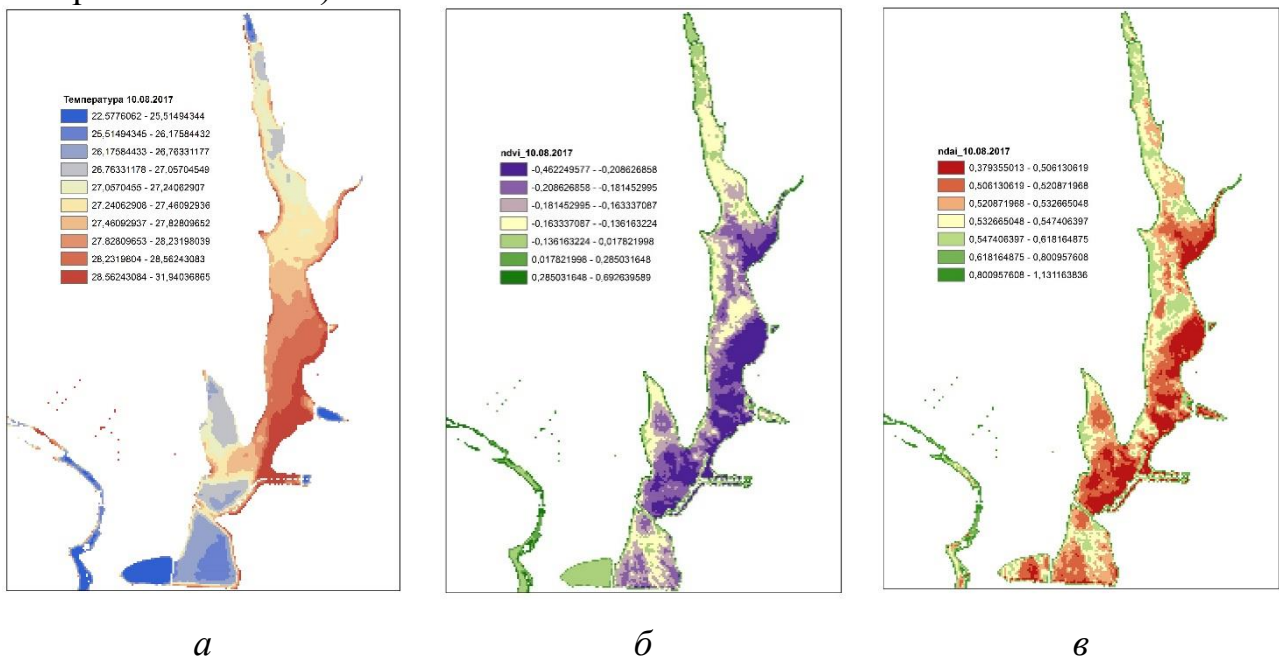


Рис. 5.7 - Дистанційне дослідження водойм Южно-Українського енергокомплексу на прикладі Ташлицької ГАЕС станом на 10.08.2017  
*а* - температура поверхні; *б* - карти розподілу нормалізованого вегетаційного індексу (NDVI); *в* - карти нормалізованого відносного альгоіндекса (NDAI)



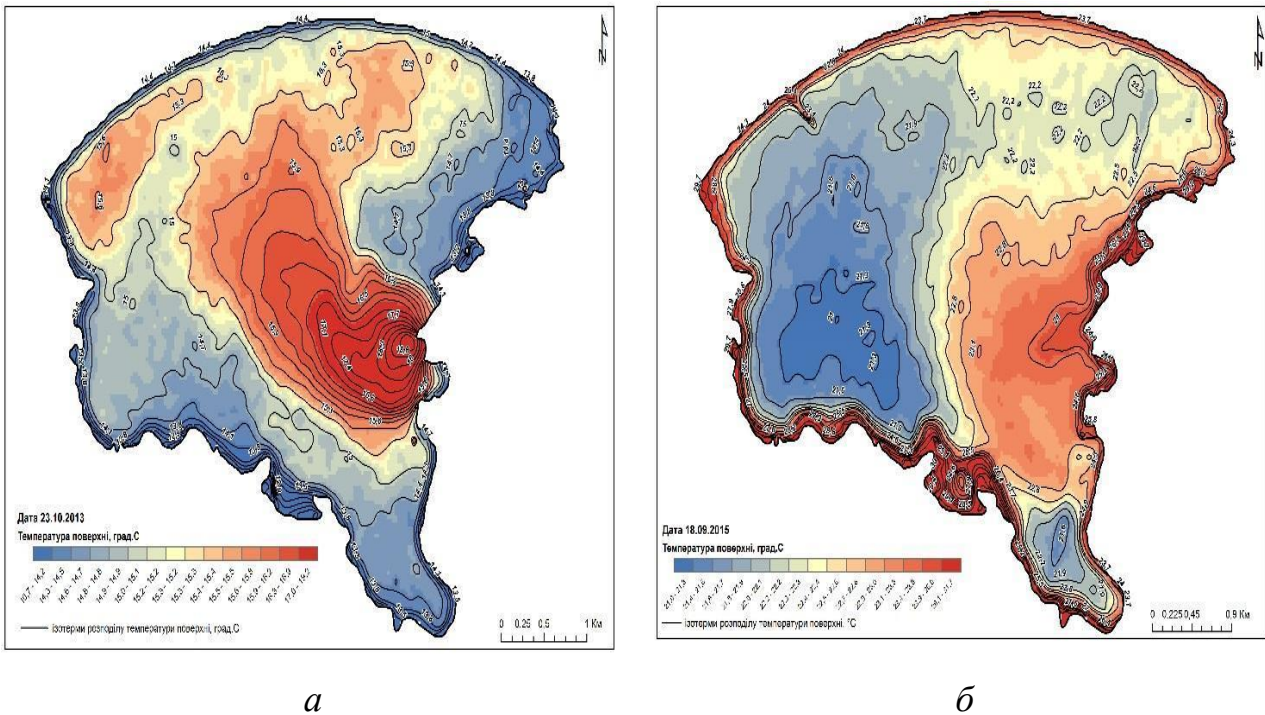


Рис. 5.8 - Динаміка розподілу показників температури поверхні Нетішинського водосховища (водойми –охолоджувача Хмельницької АЕС) (а – станом на 23.10.2013; б – станом на 18.09.2015)

### ***Оцінка ризиків повеней і підтоплень з використанням даних супутникового спостереження***

Можливість визначення ризиків підтоплень базується на обґрунтованій можливості визначення взаємозв'язку між змінами спектральних характеристик відбиття поверхні та стресом екосистем, викликаним дією зовнішніх факторів ( $Q_{stress}$ ). Для опису спектрального відбиття окремого типу поверхні  $N$  (де  $N$  – клас, відповідно до попередньо проведеної класифікації земних покривів) введемо інтегрований індикатор – індекс спектрального відбиття  $SRI$ , що буде представлено як фіксована комбінація спектральних характеристик в окремих смугах спектру  $r_{\lambda}$ . В загальному випадку його вигляд можна представити як:  $SRI_{\tau} = f(r_{\lambda})_{\tau}$ , де  $\tau$  – момент зйомки. В нашому випадку це може бути будь-який з індексів  $NDVI$  (або  $ARVI$ ),  $EVI$ , які дають змогу визначити тенденції змін досліджуваних екосистем (крім того, корисним може бути індекс  $PRI$  (*Photochemical Reflectance Index*)); «стресові» індекси: індекс  $SIPI$  (*Structure Intensive Pigment Index*), водний індекс  $NDWI$  та індекс стресу рослинності  $PSI$

(*Plant Stress Index*). В залежності від контрольованого параметру, будь-якій з існуючих спектральних індексів може бути використаний як такого роду інтегрований індикатор (індекси *PRI*, *SIPI* або *NDNI* - *Normalized Difference Nitrogen Index*). Враховуючи можливість отримання багаторазових зйомок, вводимо індекс, що відображає зміни досліджуваних спектральних показників за період спостережень – нормований індекс спектрального відбиття:

$$SRI^*_{\tau} = \frac{\max\{SRI_{\tau}\} - SRI_{\tau}}{\max\{SRI_{\tau}\} - \min\{SRI_{\tau}\}} \quad (5.12)$$

Тоді інформативною ознакою можна вважати  $\Delta SRI^*$  - різницю між середнім по періоду спостережень значенням  $SRI^*$  та зафіксованим на момент зйомки значенням  $SRI^*_{\tau}$ .

Рівняння, що визначає ймовірність стресу, виходячи з сукупності спектральних характеристик земної поверхні, запропоновано відповідно до правила Байєса:

$$\begin{aligned} P(\Delta SRI^*(x, y) | Q_{stress}) &= \frac{P_S(x, y) \cdot \prod_N P_N(\Delta SRI^* | Q_{stress})}{\int_{x, y} P_N(\Delta SRI^* | Q) dP_S(x, y)} = \\ &= \frac{P_S(x, y) \cdot P_N(\Delta SRI^* | Q_{stress})}{P_N(\Delta SRI^* | Q_{stress}) P_S(x, y) + P_N(\Delta SRI^* | Q_0) P_0(x, y)} \end{aligned} \quad (5.13)$$

В цьому рівнянні індекс  $Q_{stress}$  відноситься до ділянок під впливом стресових факторів, а індексом  $Q_0$  позначено клас пікселів, в яких дії таких факторів достовірно немає. Ймовірність  $P_S(x, y)$  визначається, виходячи із розподілу даних спостережень, тобто напівемпірично. Співвідношення ймовірностей  $P_S(x, y)$  та  $P_0(x, y)$  визначається як  $\lim_{x, y, \tau} (P_S(x, y)_{\tau} + P_0(x, y)_{\tau}) = 1$ . Для визначення вірогідності  $P_S(x, y)$  можна скористатися правилом, що базується на використанні вагової функції Гауса:  $P_S(x, y) = P_{\min} + (P_{\max} - P_{\min}) \cdot e^{-d^2/2\sigma_p^2}$ . Тут  $P_S(x, y)$  – ймовірність наявності (або виникнення в масштабах часу періоду спостережень) стресу;  $P_{\max}$  – максимально можлива вірогідність поточної наявності стресу в досліджуваному місці, яка залежить від типу сенсора, фізико-

географічних особливостей регіону та типу поверхні ( $P_{max}$  для сенсорів Landsat TM і ETM є 0,25 – 0,3);  $P_{min}$  – мінімальна вірогідність ( $P_{min}$  є близькою 0,01);  $d_s(x,y)$  – відстань від найближчого місця, яке знаходиться під зареєстрованою дією стресу;  $\sigma_p$  – емпіричний показник, що має визначатися на основі полігонних досліджень, виходячи з особливостей рослинного покриву території досліджень та типу сенсору (наприклад, для Landsat TM і ETM в регіоні досліджень показник  $\sigma_p$  є 1,1 – 1,5 км). Таким чином для регіону досліджень і сенсорів Landsat TM і ETM  $P_s(x,y)$  може бути визначений за допомогою формули:  $P_s(x,y) = 0,01 + 0,26 \cdot e^{d_s^2/1,69}$ . Задача визначення ділянок в межах класів  $N$  з координатами  $x, y$  під дією стресу, викликаного впливом факторів  $Q_{stress}$ , може бути зведеної до задачі класифікації знімків в межах обраних періодів  $i$ , спектральних смуг  $r_\lambda$ , типів сенсорів та регіону досліджень.

Розраховані в рамках цього підходу локальні значення ризиків представлено на рис. 5.9.

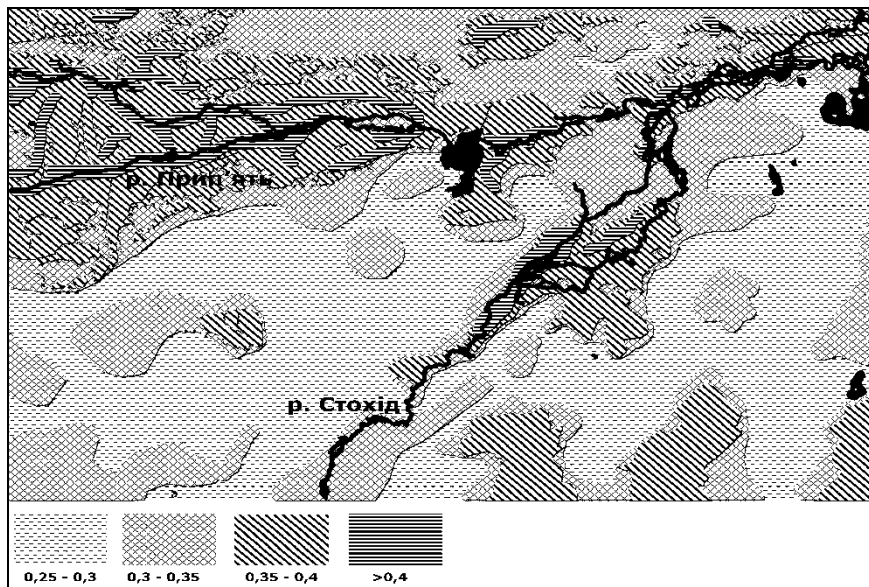


Рис. 5.9 - Розрахункові ризики підтоплень територій по міжріччю рр. Прип'ять і Стохід у Поліському регіоні

Наведені ризики оцінено в термінах ймовірності виникнення негативних наслідків події в разі реалізації сукупності умов, що сприятимуть виникненню події. Виходячи з умов, заданих модельними рівняннями, можна сказати, що значення ризику 0,5 означає, що за умов достовірного перевищення середнього

рівня сезонних варіацій опадів, або відповідно стоку, у відповідному місці буде зафіксовано випадок підтоплення. Тобто ризик 0,5 за наявних кліматичних тенденцій практично означає щорічне підтоплення будь-якого рівня з вірогідністю 0,86 в період 2010-2012.

Базуючись на оцінених локальних та регіональних ризиках підтоплень, а також використовуючи в якості базового підходу метод оцінки комплексних мір ризику за результатами спільного аналізу багатовимірних мультіваріативних величин, було оцінено ризики повеней та підтоплень. Результати розрахунків представлено на рис. 5.10.

Таким чином, запропоновано підхід до оцінки ризиків підтоплень та методику розрахунку просторових розподілів регіональних показників ризиків підтоплень за допомогою даних супутникових спостережень в оптичному діапазоні, визначено набори даних, оцінено показники основних змінних для конкретних сенсорів.

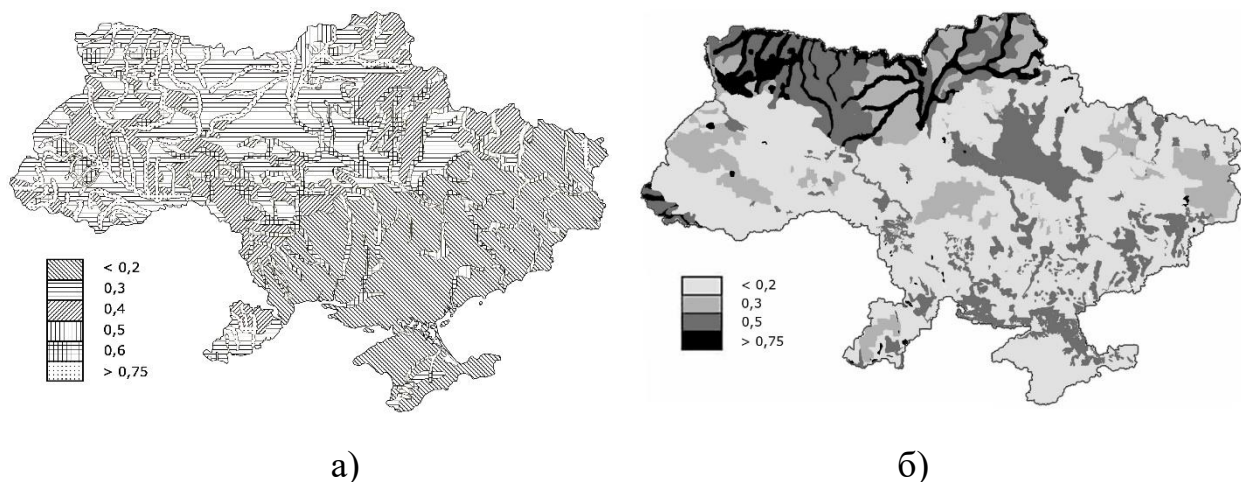


Рис. 5.10 - а) Сценарний розрахунок показників ризику виникнення повеней на період 2030р.; б) Сценарний розрахунок показників ризику розвитку процесів підтоплення на період 2030 р.

### *Методика кількісного оцінювання якості води за даними спостережень і вимірювань*

Ідея розроблюваного підходу полягає у розробці формального методу поєднання різнорідних множин даних з метою оцінки показників якості води в

термінах ризику, тобто ймовірності погіршення якості при наявності підвищених концентрацій окремих забруднювачів.

Методично проблема полягає в тому, що якість, відповідно до нормативних документів, ми оцінюємо за класами (від першого до п'ятого) і категоріями (від першої до сьомої). При цьому якість води, що визначає приналежність до певного класу чи категорії, визначається нерівнозначними наборами індексів, що згруповані в три масиви: індекси мінерально-сольового складу (три показники), еколого-санітарні критерії (інша назва - трофо-сапробіотичні індекси, яких налічується 20), та індекси специфічних токсичних забруднювачів (інша назва – індекси вмісту специфічних речовин токсичної і радіаційної дії, до цієї групи входить 15 показників). Ці індекси пов'язані між собою і з визначеними класами якості більшою мірою методично, ніж генетично.

В реальних ситуаціях ми маємо можливість вимірювати чи спостерігати лише обмежені набори показників, які мають непряме відношення до зазначених індексів. Зокрема, це можуть бути спектральні індекси ДЗЗ, які не завжди можна легко поставити у пряме співвідношення із більшістю індексів якості води. Це означає, що в найбільш розповсюдженому випадку обмежених наборів даних, частина яких є непрямыми, задача повноцінної методично повної і достовірної оцінки якості води стає дуже складною. Однак, ми можемо оцінити ймовірність зміни якості води у відповідності до класу (або категорії) при змінах спостережуваних показників, які співвідносяться із індексами якості.

Таким чином задача полягає у створенні формального алгоритму отримання безрозмірних інтервальних оцінок по наборах рангованих критеріїв.

Оцінка ризику, пов'язаного із забрудненням водного середовища, по обмеженим наборам даних на заданих критеріях і класифікаційних схемах, є таким чином, комплексною нечіткою проблемою. Відповідний підхід, у найпростішому випадку, може бути побудований на основі теорії нечітких множин.



Алгоритм оцінки ризику розподілено на кілька етапів, і може бути представленим у відносно простому вигляді.

Набір індексів для оцінки ризику визначимо наступним чином:

$$M = (x_1, x_2, \dots, x_n) = \{x_i\}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5.14)$$

Де  $n$  - кількість обраних оцінюваних параметрів,  $x_i$  - параметр із множини  $i^{\text{th}}$  параметрів ризику/забруднювачів (в більшості реальних випадків оперують набором із кількох відомих забруднювачів, наприклад будемо враховувати ті, що ми можемо побачити за допомогою ДЗЗ: прозорість, завислі речовини, біомасу фітопланктону, трофність, поверхнево активні органічні речовини, синтетичні сурфактанти, тобто  $n = 6$ ).

Виходячи із критеріїв якості води, введених більшістю установчих документів, наприклад Європейською Водною директивою, множина критеріїв оцінки ризику  $D$  має визначатися відповідно до кількості введених класів (або категорій) якості і кількості критеріїв якості як:

$$D = (d_1, d_2, \dots, d_m) = \{d_i\}, j = 1, 2, \dots, m \quad (5.15)$$

Тут  $m$  - кількість класів або категорій якості (ризик віднесення до якого ми будемо визначати)  $d_j$ , що відповідають кількості забруднювачів, за якими проводиться оцінка  $i^{\text{th}}$ , зазвичай  $m = 5$  (що відповідає кількості класів).

Далі, ризики, пов'язані із забрудненням води, розподілимо на фіксовану кількість ступенів (інтервалів оцінок ризику): малий ризик, прийнятний ризик, неприйнятний ризик, високий ризик и катастрофічний ризик.

Матриця  $Z$ , яка буде пов'язувати індекси оцінки ризику (забруднювачі)  $M$  і критерії якості води  $D$ , виглядатиме наступним чином:

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} \cdots W \cdots z_{1m} \\ A \cdots C \cdots T \\ z_{n1} \cdots E \cdots Z_{nm} \end{bmatrix} \quad (5.16)$$

Де  $z_{ij}$  - оцінка часткового ризику  $i^{\text{th}}$  за критерієм ризику окремого забруднення  $j^{\text{th}}$  із загальної сукупності індексів, що використовуються для оцінки якості (38 параметрів).

Тут для визначення ваги індексів  $V_i$  будемо використовувати коефіцієнти варіації наступним чином:

$$V_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i)^2}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i} \quad (5.17)$$

Де  $0 \leq V_i \leq 1$ .

Тоді матриця оцінки ризику  $F$  може бути представлена у наступному вигляді:

$$F = V \bullet Z = (f_1 \dots f_2 \dots \dots f_m) \quad (5.18)$$

В такому випадку ми можемо розрахувати кількісні показники ризику забруднення (відповідно до введеного визначення)  $RI$  за простим алгоритмом:

$$RI = \frac{\sum_{j=1}^n f_i \times j}{\sum_{j=1}^n f_i} \quad (5.19)$$

Таким чином може бути запропоновано простий алгоритм для оцінки ризиків забруднення водних об'єктів у відповідності до критеріїв оцінки якості води і наборів показників, отримуваних за даними вимірювань і спостережень.

Запропонований метод потребує апробації з використанням даних польових спектрометричних вимірювань.

На рис. 5.11 представлено результати моделювання ризику деградації якості водних ресурсів суходолу за даними супутникових спостережень з використанням наведеного алгоритму.

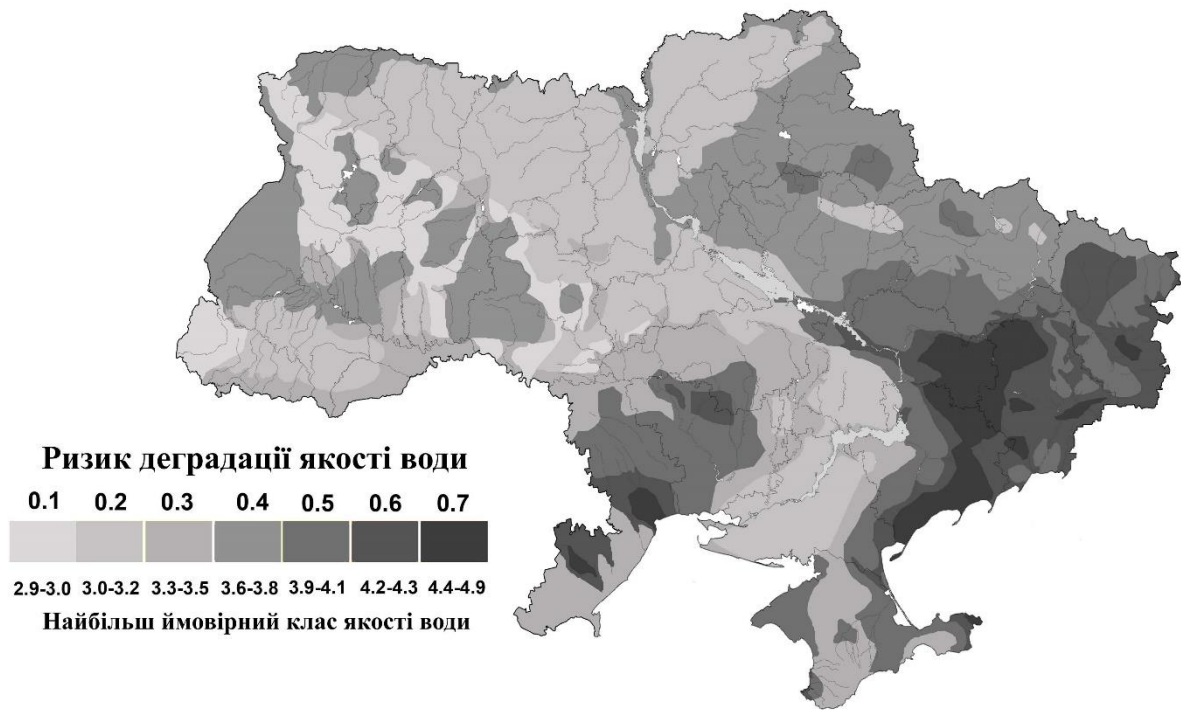


Рис. 5.11 - Ризик деградації якості поверхневих водних ресурсів за даними супутникових спостережень MODIS, MISR та AIRS 2002-2014, завірених за даними польових спостережень, сітка моделі 50x50 км

Надалі ця методика, попередньо апробована, має бути вдосконалена через використання даних польових спектрометричних вимірювань та застосування просторового моделювання.

### ***Особливості створення та ведення моніторингу поверхневих вод***

Для розв'язання поставлених задач розроблено необхідно побудувати просторово-орієнтовані моделі ключових об'єктів системи державного моніторингу довкілля та системи контролю джерел забруднення. Такі моделі повинні враховувати просторові (географічні) та інформаційні характеристики об'єктів. Подібні моделі прийнято називати геоінформаційними моделями або ГІС-моделями. Відповідно ГІС-моделі містять просторову та інформаційної складову.

Інформаційна складова, як правило, представляється множиною таблиць у вигляді реляційної бази даних, між якими є певні відношення, тобто які є пов'язані одні з іншими через спеціальні ключові поля. Певні відношення є і між географічними даними ГІС-моделей різних об'єктів, котрі визначають

точки якого об'єкта належать точкам іншого, тобто, як співвідносяться у просторі між собою різні просторові об'єкти. Отже, під час синтезу ГС-моделей об'єктів системи моніторингу довкілля, слід визначати усі відношення між основними об'єктами цієї системи як для їх просторових, так і для інформаційних характеристик.

Математично відношення просторових складових ГС-моделей будемо описувати за допомогою таких позначень:

$$O_1 \subset (X_1, Y_1), O_2 \subset (X_2, Y_2), \exists(x_2, y_2) \in (X_2, Y_2): (x_2, y_2) \in (X_1, Y_1), \quad (5.20)$$

що слід розуміти так: об'єкт  $O_1$ , координати точок якого належать множині  $(X_1, Y_1)$ , та об'єкт  $O_2$ , координати точок якого належать множині  $(X_2, Y_2)$ , вступають у відношення типу «є спільні точки», тобто існують (“ $\exists$ ”) такі пари координат  $(x_2, y_2)$  із множини  $(X_2, Y_2)$ , що вони належать і множині  $(X_1, Y_1)$ .

Варіант “підоб'єкт”, коли усі точки об'єкта  $O_3$  належать точкам об'єкта  $O_2$ , можна описати таким чином:

$$O_3 \subset (X_3, Y_3), O_2 \subset (X_2, Y_2): (X_3, Y_3) \in (X_2, Y_2). \quad (5.21)$$

Зазначені у (4.1) пари координат точок можуть бути і декартовими (абсциса та ордината), і полярними (довжина та кут), і геодезичними (широта та довгота).

Опис атрибутивних баз даних об'єктів, котрі містять інформаційну складову ГС-моделі, будемо робити у такому вигляді

$$O = [\text{CodeO}, \text{Par01}, \text{Par02}, \dots], \quad (5.23)$$

де  $\text{CodeO}$  — унікальний код об'єкта  $O$  в базі даних системи моніторингу (ключове поле для встановлення інформаційних відношень з іншими моделями);  $\text{Par01}, \text{Par02}$  - назви параметрів об'єкта  $O$ .

Опис інформаційної складової ГС-моделі об'єкта  $O_1$ , який знаходяться у певному відношенні з об'єктом  $O$ , буде мати вигляд

$$O_1 = [\text{CodeO}_1, \text{CodeO}, \text{Par11}, \text{Par12}, \dots], \quad (5.24)$$

де  $\text{CodeO}_1$  — унікальний код об'єкта  $O_1$  в базі даних системи моніторингу (ключове поле для встановлення інформаційних відношень з іншими моделями, зокрема з моделлю об'єкта  $O$ );  $\text{Par11}, \text{Par12}, \dots$  — назви параметрів об'єкта  $O_1$ .

Наведемо розроблені у даній нотації ГІС-моделі основних об'єктів систем державного моніторингу довкілля (СДМД) на прикладі системи державного моніторингу поверхневих вод (СДМПВ) та запропонуємо методи ідентифікації цих моделей за даними загальнодержавного моніторингу довкілля, кадастрів природних ресурсів та систем державного обліку природокористування.

Результатом застосування запропонованої технології є карти розподілу планктонних водоростей та методика кількісної оцінки їх щільності на основі даних супутникової зйомки.

За допомогою методів ДЗЗ можуть бути отримані карти розподілу мутності, альгоіндексу, озерності та карти теплової неоднорідності в поверхневому шарі водойм та методики дистанційної оцінки екологічного та технічного стану водних техноекосистем. За результатами проведених досліджень сформовано вимоги до технології захисту водних екосистем з використанням аерокосмічних технологій, а саме розвиток наукових основ мультиспектральних методів та технічних засобів контролю екологічного стану водних екосистем, що є передумовою та підґрунтям ефективного управління їх екологічною безпекою.

В результаті проведених досліджень з'ясовано, що при оцінюванні комплексного впливу забруднюючих речовин на екологічний стан водних екосистем, з використанням аерокосмічних технологій, доцільне врахувати зміни біологічних показників (показники біомаси і видового складу фітопланктону та вищих водних рослин). Відповідно до Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС, контроль інтегральних показників забруднення вод повинен базуватись на їх екотоксичності, яка визначається за допомогою біотестування і дозволяє врахувати синергетичну взаємодію забруднюючих речовин.

Запропонований підхід доцільне застосовувати при вирішенні наступних завдань:

- удосконалення розроблено науково-методологічну основу використання засобів супутникового спостереження земної поверхні та геопросторового аналізу при вирішенні задач оцінки екологічного стану довкілля;

- створення технології екологічного картографування техногенно навантажених регіонів (Донбас, Кривий Ріг, Придніпров'я), надані оцінки ступеня впливу підприємств гірничо-металургійного циклу на оточуюче середовище, у тому числі шляхом візуалізації результатів за допомогою 3D моделей;

- реалізації на практиці фізико-математичні моделі і технології моніторингу теплового стану урбанізованих геоекологічних систем і надані кількісні оцінки температури земної поверхні міст Дніпропетровськ, Донецьк і прилеглих до них територій за даними часових рядів космічних зйомок;

- оцінки забруднення і температурного стану водних басейнів за часом, у тому числі річок Дніпро та Самара, що дозволило розробити рекомендації щодо виявлення нелегальних місць знаходження колекторів сточних і промислових вод, а також оптимізації розміщення пунктів гідрогеологічних спостережень;

- застосування комплексного підходу до багатомасштабного прогнозування ризиків надзвичайних ситуацій природного характеру на основі фізико-математичного і геопросторового моделювання з використанням даних ДЗЗ;

- впровадженні методу побудови систем підтримки прийняття управлінських рішень з використанням даних супутникового спостереження, фізико-математичного і геопросторового моделювання, запропоновано метод оцінки ризиків метеорологічного характеру для міських агломерацій;

- прогнозування довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій гідрологічного і гідрометеорологічного характеру на основі фізико-математичного моделювання та використання супутникових спостережень і просторово розподілених даних, побудовано прогнозні карти розподілу ризиків повеней, підтоплень, деградації якості поверхневих вод, оцінено ризики забруднень повітря і ґрунтів.

З використанням розроблених методів та технологій доцільне удосконалення існуючої системи моніторингу та створення Єдиної автоматизованої системи екологічного моніторингу з отриманням в режимі *one-line* результатів вимірювань стану забруднення довкілля, викидів, скидів і відходів, їх накопичення, оброблення, аналізування та прогнозування екологічних ризиків. Потрібна систематизація схеми екологічного спостереження по усіх підсистемах. На рисунку 5.1 у якості приклада наведено комплекс усіх схем відбору проб води та показано їх взаємозв'язок, коли дані з одної схеми можуть паралельно використовуватись і в іншій схемі, що зменшує на ведення системи витрати.

Аналіз показав, що усі варіанти відбору проб ґрунтів та відходів можуть бути зведені до певної моделі (рис. 5.12).

При цьому виведено додаткові правила ідентифікації цієї моделі за реальних умов.

1. Окрема схема відбору характеризує тільки одне певне забруднення. У випадку виявлення декількох забруднень, кількість схем відбору формується відповідно до кількості виявлених забруднень.

2. Схема відбору проб повинна включати мінімум одну пробу, особливо у випадку неможливості відбору фонові проби для заданого шару ґрунту, земельної ділянки.

3. За можливості відбору фонові проби схема відбору включає мінімум дві проби: контрольну та фонову.

4. При відборі проби у місці забруднення обов'язкове виконання відбору об'єднаної проби.

5. Точкові проби можуть бути відібрані у випадку однорідності ґрунту або відходів в даному шарі досліджуваної ділянки.

6. У випадку, коли відібрана проба не характеризує забруднення, вона може належати різним схемам відбору. Проби, що характеризують забруднення, належать тільки одній схемі відбору.

Комплексна модель усіх варіантів схем відбору проб ґрунту, наведена на рис. 5.13, є результатом оптимізації усіх виявлених таких схем, за критерієм мінімуму витрат на спостереження, завдяки використанню даних з однієї схеми в іншій.

Створення автоматизованих систем моніторингу викидів забруднюючих речовин в атмосферу передбачає аналіз можливих варіантів параметрів об'єкта контролю. До основних параметрів, що характеризують цей процес, відносяться такі: тип місця відбору проби (джерело викидів (ДВ) або джерело утворення (ДУ)); тип перерізу газоходу (круглий або прямокутний); кількість газоходів, що з'єднують джерело утворення і джерело викидів; наявність з'єднання декількох джерел утворення і одного джерела викидів; наявність газоочисної установки.

Відповідно до вимог технології просторово-орієнтованого представлення даних, був проведений детальний аналіз усіх варіантів просторового розташування одне відносно іншого джерел утворення (наприклад, котлів), джерел викидів (наприклад, труб), газоходів між ними і газоочисних установок на них, з метою виявлення моделей типових схем відбору проб.



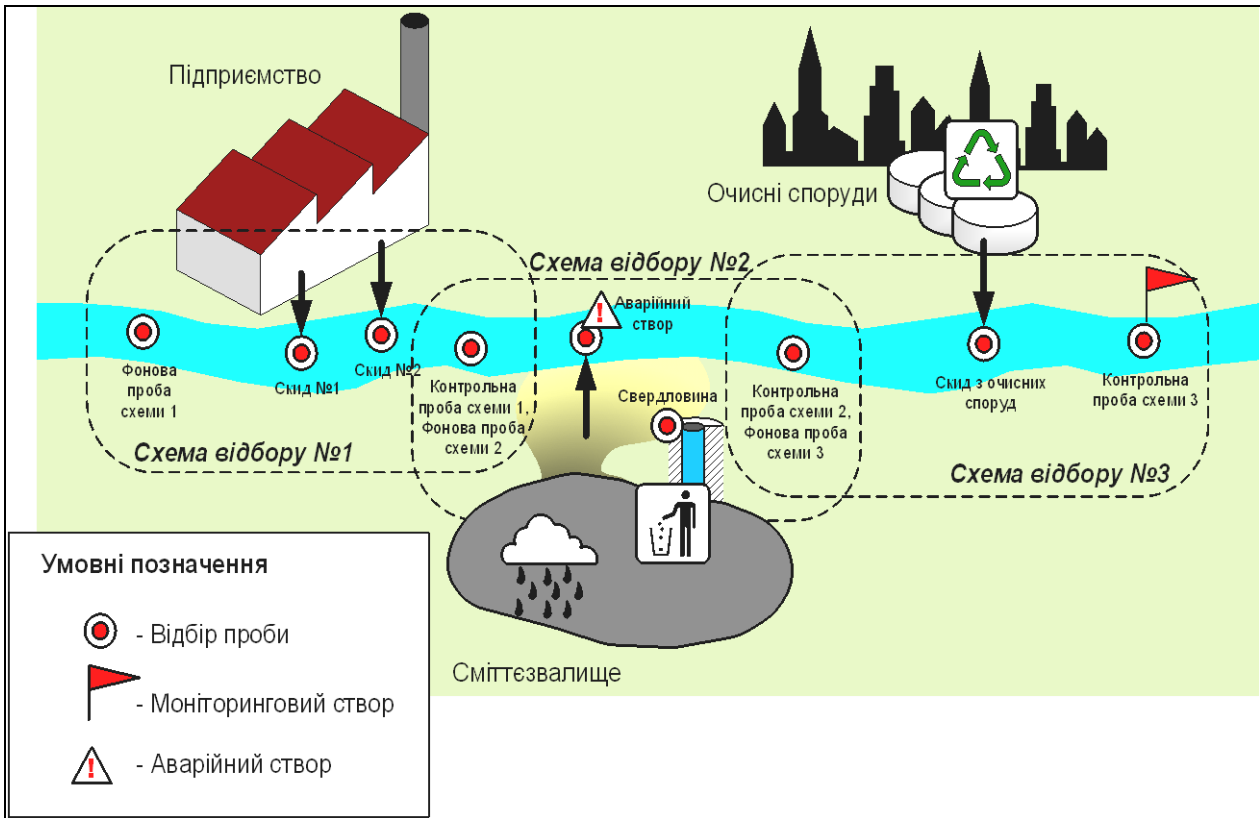


Рис. 5.12 – Схеми відбору проб води

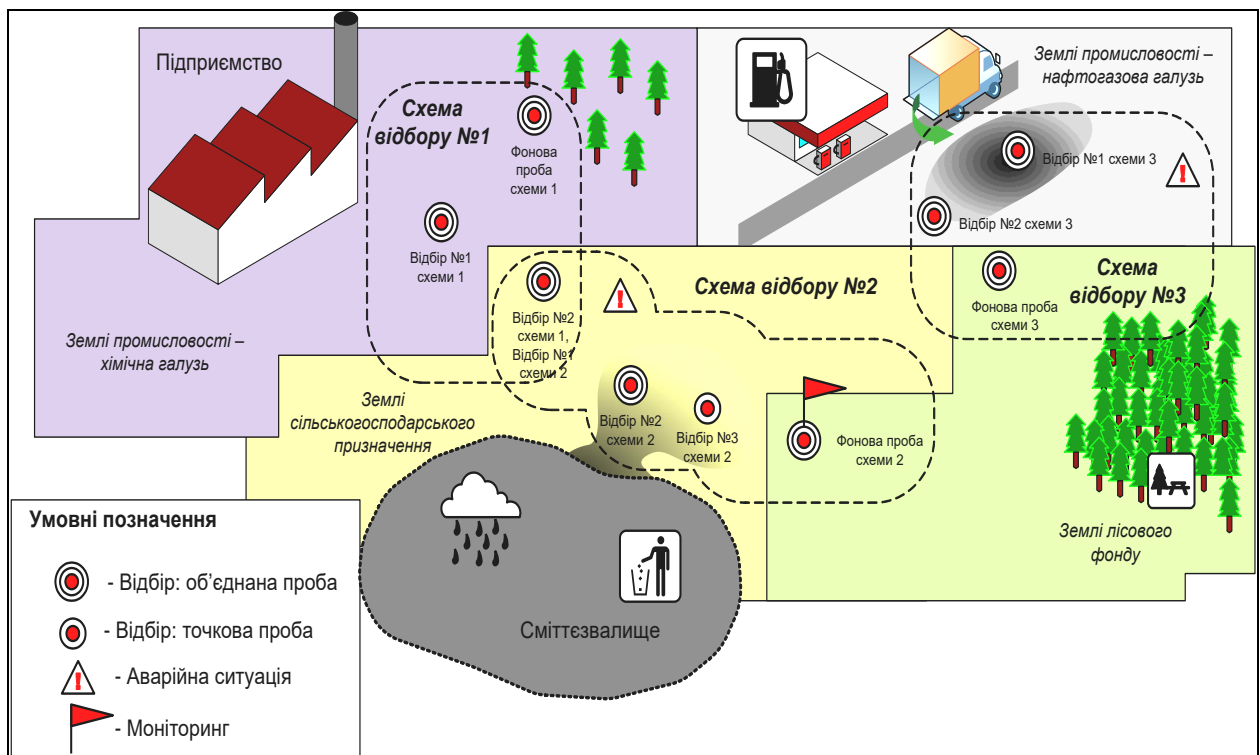


Рис. 5.13 – Комплексна модель усіх варіантів схем відбору проб ґрунтів та відходів

Особлива увага приділялась випадкам, коли одне джерело викиду може використовуватись багатьма джерелами утворення та навпаки, коли одне джерело утворення може відводити гази через декілька джерел викиду. Комплексна модель усіх варіантів схем відбору проб, в залежності від взаємного розташування місць джерел утворення, джерел викидів, газоходів та газоочисних установок, наведена на рис.5.14.

Для розроблення автоматизованої системи екологічного моніторингу запропоновано цілий ряд методів та технологій:

1. Розроблено нову інформаційну технологію, у т. ч. нові підходи, методи проектування автоматизованої системи екологічного моніторингу стану довкілля, яка на відміну від існуючих, дозволяє проектувати структуру системи обробки даних спостереження за формами вхідних та вихідних даних шляхом ідентифікації та ітеративної деталізації складових, що виконують операції із вхідними, вихідними та довідковими даними. Технологія дозволяє проектувати структуру системи, не вимагаючи від проектувальника спеціальних знань в галузі програмування та сучасних інформаційних технологій.

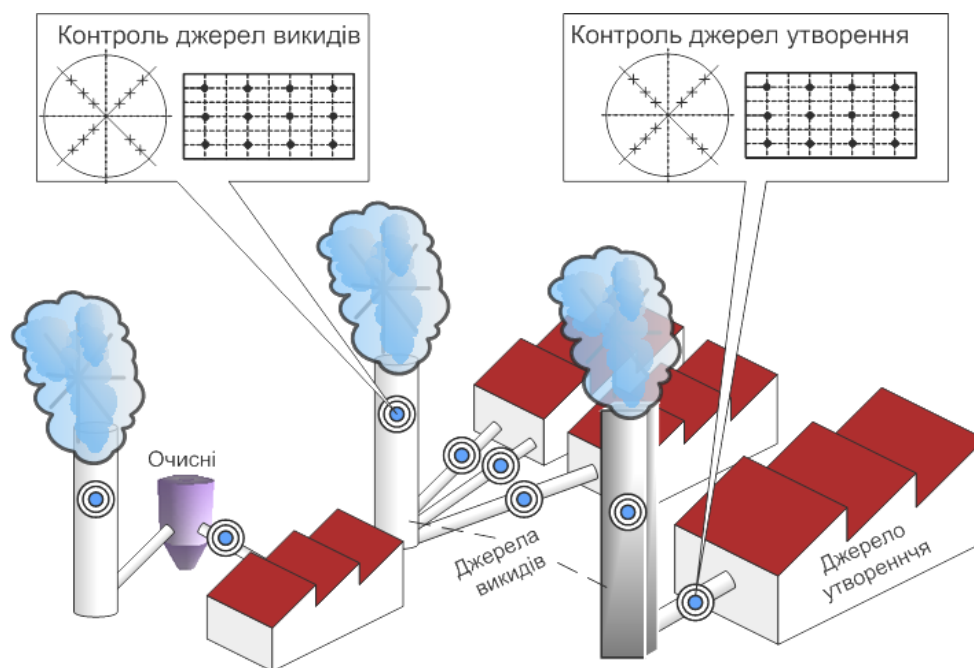


Рис.5.14 – Усі схеми відбору проб води

2. Створення автоматизованої системи екологічного моніторингу передбачає формалізацію класів системи обробки даних спостереження якості вод за рахунок формування та уточнення типових UML-моделей класів різних аспектів функціонування та призначення системи: моделі об'єктів, моделі суб'єктів, моделі методичного (метрологічного) забезпечення спостереження якості вод, моделі технічного забезпечення, моделі інформаційного забезпечення.

3. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для застосування запропонованих методів автоматизованого синтезу програмного коду інформаційних систем спостереження якості вод, яке дасть можливість автоматично синтезувати відповідні таблиці, форми та зв'язки між даними відповідно до вимог користувача до системи, що проектується. Запропоновано узагальнений алгоритм застосування розробленої технології для проектування реальних систем. Методи та алгоритми є універсальними і можуть бути використані для синтезу структури й програмного коду систем обробки даних спостереження іншого призначення та інших складових докільля.

4. Розроблено новий метод автоматизованої ідентифікації параметрів команд для синтезу складних звітів за даними системи, який відрізняється використанням секвенціального підходу до формалізації та оптимізації зв'язків між вхідними та вихідними даними, що дозволяє більш швидко, ніж існуючі методи, формувати складні запити до реляційної бази даних. Розроблено основні положення секвенціального опису моделей інформаційних систем та формалізовано основні операції для цих моделей. Метод дозволяє реалізувати або значно прискорити процес створення звітів інформаційних систем для осіб, які не володіють спеціальними знаннями в реляційних базах даних.

5. За синтезованими моделями і алгоритмами було розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати усі операції екологічного моніторингу та контролю довкілля. Наприклад, для вибору набір схем відбору проб моніторингу якості води використовується форма, подана на рис. 5.14 (для

кожного підприємства може бути необхідність застосовувати одразу декілька варіантів різних схем відбору проб).

Розрахунки, що супроводжують відбір проб, здійснюються за допомогою окремих підпрограм, які для автоматизації обробки даних, наприклад по викидах, реалізовані як для персональних комп'ютерів (ПК), так і для кишенькових персональних комп'ютерів (КПК) з метою забезпечення зручності роботи у „польових” умовах. Розрахунки, що ведуться на КПК, мають на меті позбавити процес відбору проб від рутинних операцій при визначенні вимірювальної схеми для різних типів перерізів газоходів та на основі цієї схеми швидко визначити об'ємну витрату та об'єм відібраного газу. Далі результати обчислень можна легко експортувати в ПК.

Також було створено ГІС-модуль для візуалізації результатів обробки даних контролю по викидах, скидах та відходах, стану вод і ґрунтів із баз даних автоматизованої системи екологічного моніторингу на карті ГІС як України в цілому, так і окремих областей чи великих міст, зокрема (рис.5.15, рис. 5.16).

Акт відбору проб - ВВЕДЕННЯ

**Введення акта відбору проб вод**

1. Заповніть дату, номер та місце:  
 Дата  №  м.

Виберіть необхідні варіанти груп відбору проб і зазначте їх кількість у полі поряд:

	Скид підприємства	<input type="text" value="0"/>		Судно (баластні води)	<input type="text" value="0"/>
	Скид підприємства + фоновий та контрольний створи	<input type="text" value="1"/>		Створ моніторингу	<input type="text" value="0"/>
	Скид підприємства + фоновий та контрольний створи. Фоновий - як посилання на раніше виконаний відбір	<input type="text" value="1"/>		Створ моніторингу - як посилання на раніше виконаний відбір	<input type="text" value="0"/>
	Спеодловина	<input type="text" value="1"/>		Аварійний створ	<input type="text" value="0"/>
	Інше (платні послуги, вода з бюстау, тощо)	<input type="text" value="0"/>			

Скасувати << Назад Далі >> Готово

Рис. 5.15 - Форма для автоматизації вибору схеми відбору проб

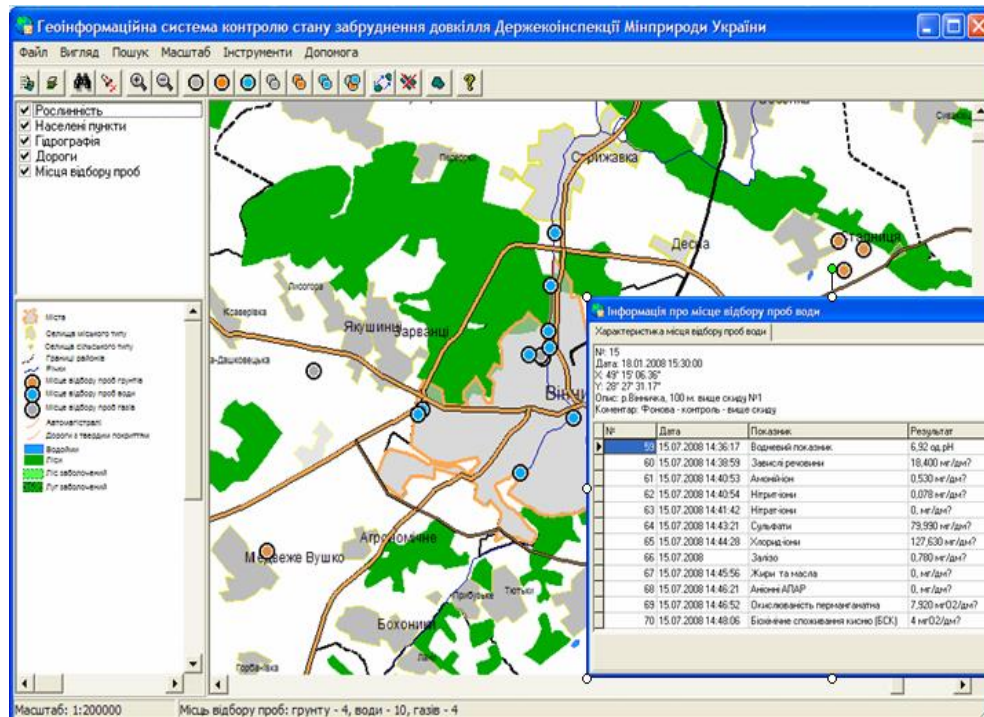


Рис. 5.16 – ГІС-модуль для візуалізації результатів обробки даних моніторингу та контролю по викидах, скидах та відходах, стану вод і ґрунтів із баз даних автоматизованої системи екологічного моніторингу

Застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля дозволяє зменшити похибки першого (до 0,045) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків забруднення довкілля, викидів, скидів, їх накопичення.

Проведений аналіз свідчить про доцільність проведення фонових моніторингових, а не тільки контролюваних стану довкілля під час контролю процесів його забруднення. Наприклад, вимірювати якість вод на 500 метрів вище і нижче місця скиду зворотних вод, яке вони контролюють. Це обґрунтовується тим, що безконтрольне антропогенне забруднення довкілля може швидко призвести до дуже негативних наслідків.

## 5.2 Оцінка ефективності застосування регіональної системи комплексного моніторингу довкілля (на прикладі Дніпровської області)

Природні передумови, а саме наявність значних обсягів мінеральних, земельних та водних ресурсів, сприяли тому, що Дніпровська область стала одним із найбільш економічно розвинених регіонів, де виробляється до 20% промислової продукції України. Багаторічний екстенсивний характер розвитку чорної і кольорової металургії, гірничодобувної і хімічної промисловості, важкого машинобудування та енергетики, структурні деформації господарського комплексу, за яких перевага надавалася розвитку сировинно-видобувних, найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості, призвели до загострення екологічної ситуації практично на всій території області.

Для виявлення в цих умовах критичних чинників антропогенного впливу на довкілля та стан здоров'я населення, поглиблення знань про екологічний стан навколишнього природного середовища, поліпшення оперативності та достовірності інформаційного обслуговування органів управління різного рівня та громадськості, більш якісного обґрунтування природоохоронних заходів в Дніпропетровській області зусиллями Інституту проблем природокористування та екології НАН України, Дніпропетровського облвиконкому, Державного управління екології та природних ресурсів в Дніпропетровській області Мінекоресурсів України та Придніпровського наукового центру НАН України була спроектована і створена регіональна система екологічного моніторингу (СЕМ) «Придніпров'я».

Принциповою відмінністю СЕМ «Придніпров'я» стало те, що в ній в єдиному цілому були об'єднані чотири функції - спостереження, оцінка, прогноз і, найголовніше, управління якістю навколишнього природного середовища регіону. Для цього інформація від постів збору, обробки, накопичення інформації регіонального та міського рівня, а також інших суб'єктів екомоніторингу, після відповідної обробки, передавалась до органів місцевого самоврядування для прийняття відповідних управлінських рішень.

СЕМ «Придніпров'я» не стала дублювати і підміняти існуючі відомчі системи моніторингу окремих компонентів природного середовища. Вона стала новою інфраструктурою регіонального (обласного) рівня, яка включила в себе,

як окремі елементи, відомчі системи. У той же час СЕМ «Придніпров'я» мала свою власну мережу спостереження за об'єктами природного середовища, джерелами впливу на навколишнє середовище, здоров'ям населення, свою методологію оцінки якості навколишнього середовища і ступеня впливу на неї антропогенних факторів.

Основними функціями регіональної автоматизованої системи екологічного моніторингу (для всі регіонів України) мають бути:

- підсистема спостереження за об'єктами природного середовища та їх змінами, джерелами забруднення та впливу на компоненти навколишнього середовища, катастрофонебезпечними об'єктами, зміною стану здоров'я населення, в першу чергу, дитячого;

- підсистема оцінки всього комплексу ретроспективної та нової інформації, її порівняння та зберігання;

- підсистема прогнозу зміни екологічної ситуації та здоров'я населення, як в окремих населених пунктах, так і в природних екосистемах регіону;

- підсистема управління екологічною ситуацією шляхом підготовки управлінських рішень (пакетів пропозицій по оперативним та перспективним реагуванням), надання їх державним органам управління на місцях (міста, райони) та області в цілому.

Регіональну автоматизовану систему екологічного моніторингу доцільне реалізувати як ієрархічну структуру. Ця структура містить декілька рівнів.

1. *Виробнича (об'єктова) система спостереження.* Це перший ніжній рівень. Цей рівень являє собою окремі системи екологічного спостереження, створені на окремих великих підприємствах, яка чинять істотний вплив на навколишнє середовище. Ці системи виконують ті ж функції системи моніторингу (спостереження, оцінка, прогноз і управління), але в рамках діяльності підприємства.

Особливістю цих систем спостереження є їх зворотній зв'язок з технологічними процесами. Іншими словами, основні параметри виробничого

процесу, що впливають на навколишнє середовище, визначаються обсягами і концентраціями забруднюючих речовин у викидах і скидах підприємства.

Виробничі системи спостереження повинні були мати свої центри управління і прямий вихід на систему моніторингу міст або регіональну систему в залежності від потужності і місця розташування об'єкта.

2. *Локальна (міська) система моніторингу.* Це другий рівень автоматизованої системи екологічного моніторингу. Ця система призначена для міст обласного підпорядкування. Вони повинні ґрунтуватися на своїй мережі спостереження за параметрами навколишнього середовища та здоров'ям населення в межах міста. Центральним елементом цієї система має бути центр управління моніторингом. Елементами центру є виробничі системи спостереження та відомчі системи контролю окремих компонентів та об'єктів навколишнього середовища.

Користувачами локальних систем моніторингу повинні бути міські інспекції з охорони навколишнього природного середовища, а відповідальними споживачами інформації - міськвиконкоми. Саме до них з центру управління моніторингом повинна надходити інформація та пропозиції щодо прийняття управлінських рішень в межах відповідної компетенції. На центр управління моніторингом може бути покладана функція ЦУМ прогнозування екологічних процесів та оцінка екологічних ризиків, формування рішень, аналіз їх ефективності і передача узагальненої інформації на верхній рівень узагальнення та обробки екологічної інформації.

3. *Полігонна (обласна) система моніторингу.* Третій рівень - це мережа спеціальних полігонів екомоніторингу, обраних на території області, які включають ряд природних екосистем та ландшафтів зі специфічним комплексом антропогенного і техногенного впливу (рис. 5.17):





Рис. 5.17 - Третій рівень системи моніторингу - мережа спеціальних полігонів моніторингу довкілля

Прикладом окремої полігонної системи моніторингу є система «Придніпров'я», яка містить наступні складові (полігони):

а) *Дніпропетровсько-Дніпродзержинська агломерація*. Вона включає в себе територію, яка примикає до цих міст, лівий і правий береги Дніпра, нижню частину Дніпродзержинського і верхню й середню частину Запорізького водосховища, Самарський розлив;

б) *Криворізько-Жовтотоводсько-П'ятихатський полігон*. Він включає в себе територію, які вишикувалися вздовж західної межі області і примикає до цих міст, а також мережа малих річок і водосховищ, що знаходяться в межах полігону;

в) *Західно-Донбаський полігон*. Цей полігон включає територію, витягнулися від східних кордонів області вздовж русел річок Бик, Самара до впадіння в неї річки Вовчої. Це відображає розташування Західно-Донбаського вугільного родовища;

г) *Нікополь-Марганець-Орджонікідзевський полігон*. Він півколом охоплює територію примикає до цих міст, а також частина Каховського водосховища, що межує із Запорізькою областю;

д) *Контрольний полігон*. Цей полігон також півколом охоплює територію, що примикає до міст Перещепине, Магдалинівка, Царичанка. Контрольним він

обраний тому, що ця частина території області відчуває найменшу техногенне навантаження;

е) *Біосферний полігон*. Він включає в себе унікальний природний комплекс - Самарський бір, що простягнувся вздовж русла річки Самари від гирла річки Вовчої до селища Вільне.

Всі полігони мають свою мережу тест-станцій, на яких посезонно відбираються проби по всіх основних компонентів екосистем (грунти, підземні і поверхневі води, флора, фауна). Фізико-хімічний та біологічний аналіз цих проб дозволяє визначити стан компонентів екосистем (в тому числі їх забруднення ксенобіотиками), динаміку і прогноз їх зміни, виробити рекомендації щодо попередження небажаних змін.

4. *Аерокосмічна система моніторингу*. Цей рівень є, по суті, екстериторіальним і визначається наявністю та можливістю використання засобів аерокосмічного зондування для спостереження за транскордонним перенесенням забруднюючих речовин в атмосфері і акваторіях. При цьому враховуючи роззрізнену здатність апаратури спостереження на борту космічних апаратів (від 20 см), можливо зробити висновок про доцільність застосування аерокосмічної системи моніторингу для завдань систем моніторингу нижніх рівней, в тому числі моніторингу підземних об'єктів (природних та антропогенних, наприклад підземні трубопроводи). Він також може використовувється для загальної оцінки стану великих природних об'єктів і територій, лісових масивів, сільгоспугідь, акваторій водосховищ тощо.

Кожен з наведених рівнів екомоніторингу повинен діяти за узгодженим та затвердженим регламентом збору, накопичення, оцінки та передачі інформації в центр управління автоматизованої системи екологічного моніторингу.

Таким чином, структура автоматизованої системи екологічного моніторингу дозволяє кожному з рівнів бути автономним і, в той же час, бути елементом системи більш високого рівня. Тому, саме чітка структурна та функціональна організація автоматизованої системи екологічного моніторингу надасть можливість оперативного управління якістю навколишнього середовища

на різних рівнях адміністративного устрою, дозволить забезпечити на необхідний рівень екобезпеки природних процесів та антропогенної діяльності.

Застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при використанні регіональної системи комплексного моніторингу з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,025) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків.

Проведені дослідження свідчать, що проект регіональної системи екологічного моніторингу «Придніпров'я» Дніпровської області (система практично не створена) доцільне визначити як базову для створення державної автоматизованої системи екологічного моніторингу з урахування специфіки регіонів (природної та антропогенної). Функціями такої системи є комплексна оцінка екологічної ситуації в регіонах, її зміни, розробка і поетапна реалізація моніторингу та оздоровлення навколишнього середовища.

### **5.3 Оцінка ефективності основних проектних рішень по системам комплексного моніторингу довкілля локального (міського) рівня (на прикладі міст Кам'янське та Жовті Води Січеславської області)**

У Січеславській області безпосереднє спостереження за станом складових довкілля та отримання первинних даних на регіональному рівні здійснюють наступні суб'єкти моніторингу: Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Січеславській області, Дніпровський обласний центр з гідрометеорології, Державна обласна санітарно-епідеміологічна станція, Санітарно-епідеміологічні станції міст обласного значення, Дніпровське обласне виробниче управління водного господарства, Кам'янське регіональне управління водних ресурсів, Січеславське обласне головне управління земельних ресурсів, Казенне підприємство „Південукргеологія”, Головне управління Міністерства надзвичайних ситуацій України в Січеславській області, Січеславській обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції, Січеславське обласне управління

лісового господарства, Водоканали міст обласного значення, Січеславська обласна державна станція захисту рослин (рис. 5.7).

У відповідності до рішення Мінприроди України про створення піонерних систем екомоніторингу в Січеславській, Донецькій та Запорізькій областях ще у 2007 р. була розроблена Програма моніторингу довкілля Січеславській області (схвалена рішенням Дніпропетровської обласної ради від 04.12.2007 р. № 294-13/V).

Програма моніторингу довкілля Січеславській області спрямована на реалізацію державної політики в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки.

Метою Програми стало впровадження розроблених заходів, що повинні забезпечити вдосконалення регіональної системи моніторингу довкілля Дніпропетровської області, підвищення рівня виконання її основних функцій: виявлення критичних чинників антропогенного впливу на довкілля та стан здоров'я населення, розширення знань про екологічний стан навколишнього природного середовища, поліпшення оперативності та достовірності інформаційного обслуговування органів державного управління, місцевого самоврядування та громадськості, більш якісного обґрунтування виконання природоохоронних заходів.

Основні завдання програми сформовані у двох напрямках. Перший напрям – створення та забезпечення функціонування нової інфраструктури системи моніторингу довкілля, на основі інтеграції відомчих та локальних підсистем у єдину систему обласного рівня. Головними завданнями цього напрямку є:

- інвентаризація складових інфраструктури існуючої системи;
- створення та забезпечення функціонування єдиної структури інформаційної взаємодії на зазначених рівнях;
- створення центрів моніторингу різних рівнів;
- створення та забезпечення ведення банків даних усіх напрямів моніторингу;

- забезпечення правової та нормативної бази функціонування системи;
- створення механізмів аналізу та оцінки даних спостережень;
- створення механізму комплексної оцінки та прогнозування стану довкілля;
- визначення економічного механізму для функціонування системи.



Рис. 5.18 – Загальна схема моніторингу довкілля Січеславської області

Другий напрям – удосконалення елементів створеної системи та її інфраструктури. Для реалізації цього напрямку передбачаються:

- оптимізація мереж спостережень;
- оптимізація регламентів та програм спостережень;
- удосконалення приладово-технічної бази і програмного забезпечення інформаційного обміну;
- удосконалення та уніфікація нормативно-методичної бази спостережень;

- розробка та впровадження нових методів і індикаторів комплексних показників стану довкілля;
- визначення та оптимізація цільового використання інформації;
- забезпечення наукової підтримки функціонування та вдосконалення регіональної системи моніторингу довкілля, у тому числі спеціальних комплексних досліджень, упровадження сучасних методів оперативного отримання інформації шляхом використання мобільних засобів спостережень, дистанційного зондування, авіаційних та космічних спостережень за об'єктами довкілля.

Для реалізації вищезазначених завдань Програма передбачає систему заходів із удосконалення мереж спостережень за станом складових довкілля; впровадження єдиної регіональної інформаційної системи збору, обміну, обробки, збереження даних про стан довкілля; удосконалення системи інформаційно-аналітичної підтримки прийняття управлінських рішень (на основі комплексної оцінки, моделювання, прогнозування змін стану екоситуації) у сфері охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів.

Такій підхід доцільне застосовувати для міст, що знаходяться в зоні впливу великих металургійних та хімічних підприємств, а також підприємств, які видобувають і переробляють мінеральну сировину. Пов'язано це з комплексним впливом хімічних та радіоактивних речовин, важких металів на організм людини.

Для прискорення проектування та практичного застосування систем екомоніторингу доцільне проектування та реалізація піонерних проектів по створенню систем комплексного екомоніторингу міст й прилеглих територій (селищ, територій зон впливу хвостосховищ, радіоактивних відходів тощо).

Система комплексного екологічного моніторингу є державною (міжвідомчою) інформаційною системою, що здійснює збір, зберігання й обробку екологічної інформації для багатофакторної (комплексної) оцінки й прогнозу стану природного середовища (атмосфери, гідросфери, літосфери),



біоти й здоров'я населення, вироблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних природоохоронних, соціальних, економічних та інших рішень органами місцевого самоврядування (рис. 5.19).

Сама система комплексного екологічного моніторингу міст відповідає другому локальному (міському) рівню - системи екомоніторингу міст обласного підпорядкування. Вона має свою мережу спостереження за параметрами навколишнього середовища й здоров'ям населення в межах міста, а також свій центр управління моніторингом. Як елементи в них включаються виробничі системи екомоніторингу й відомчі системи контролю окремих компонентів і об'єктів навколишнього середовища.

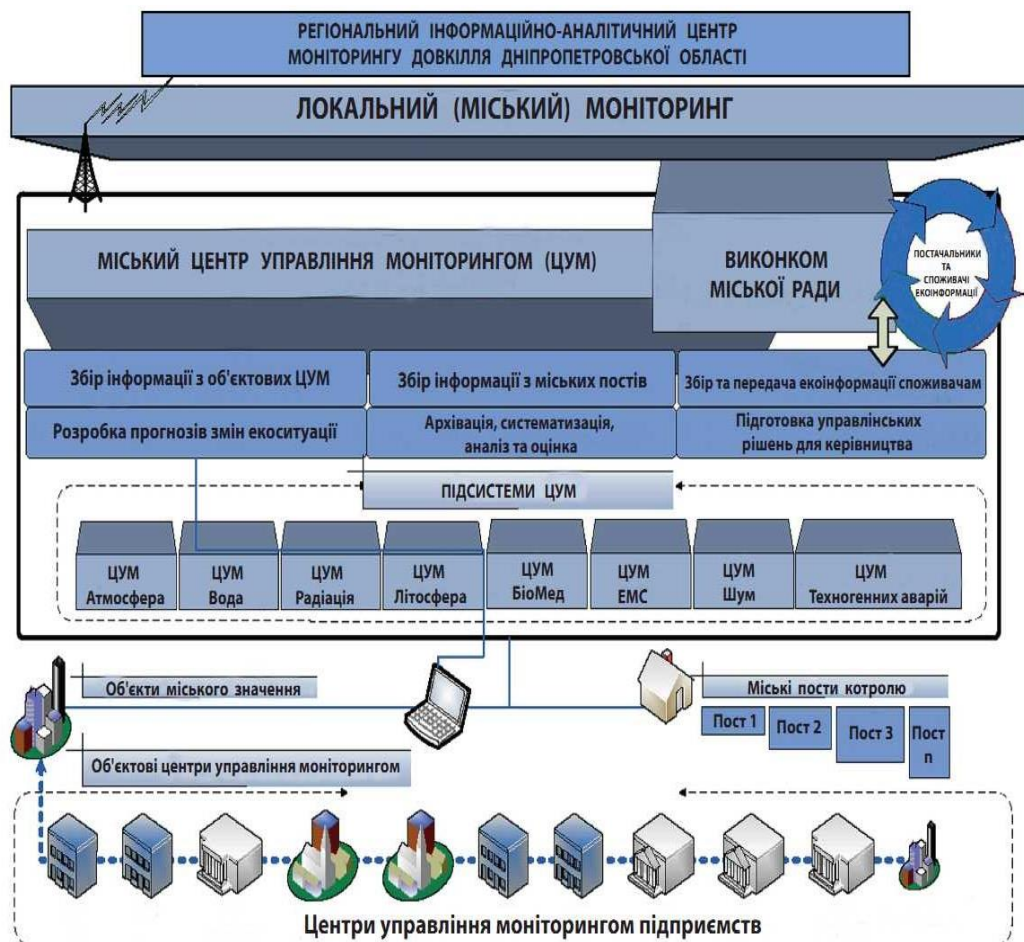


Рис. 5.19 - Загальна схема локального (міського) моніторингу довкілля

Споживачем інформації системи комплексного екологічного моніторингу СКЕМ є служби міських рад. До цих служб з відповідного центру управління моніторингом надходить необхідна інформація й пропозиції по прийняттю

управлінських рішень з охорони навколишнього середовища в межах їх компетенції. Центр управління моніторингом відслідковує прийняття рішень, їх екологічну ефективність і передає узагальнену інформацію в центр управління регіональною системою моніторингу навколишнього середовища регіону (області).

У процесі підготовки до проектування та в процесі проектування систем комплексного екомоніторингу міст доцільне проведено наступні заходи.

1. Проведена оцінка техногенно-антропогенного впливу промислових комплексів міст (оцінка забруднення та просторові їх характеристики, оцінка впливу на основні компоненти навколишнього природного середовища).

2. Визначені пріоритетні забруднюючі речовини у атмосферному повітрі, ґрунту, води. Використовуючи в якості критерію відбору показник відносної токсичності забруднюючих речовин обґрунтовано перелік пріоритетні забруднюючих речовин. Найбільшим показником відносної токсичності характеризуються тверді речовини (пил), діоксид сірки, оксиди азоту, оксиди вуглецю, залізо й марганець та їх сполуки (табл. 5.1).

3. Визначено перелік показників, за якими доцільно проводити екологічний моніторинг за станом атмосферного повітря.

4. Складені рекомендації з вибору мобільних та стаціонарних постів контролю стану компонентів навколишнього природного середовища, які характеризуються мінімальними затратами на їх облаштування. Сформовані рекомендації по створенню мережі стаціонарних пунктів екологічного моніторингу міст Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, Кривий Ріг та Жовті Води.

5. Обґрунтована доцільність створення територіальних систем моніторингу довкілля регіону видобування та первинної переробки уранової сировини та регіону масштабного розвитку гірничодобувної діяльності.

Рекомендована схема місць розташування постів контролю забруднення атмосферного повітря на території міст Кам'янське та Жовті Води наведена на рис. 5.20 та рис. 5.21.



Проектними рішеннями по системі комплексного екологічного моніторингу міста передбачається поетапне її створення та введення в експлуатацію.

*На першому етапі* створення міської (місто Кам'янське) системи комплексного екологічного моніторингу (пусковий комплекс) передбачається виконання нею таких функцій:

- контроль гамма-випромінювання в режимі автоматичного вимірювання на двох стаціонарних постах контролю;

- контроль стану атмосферного повітря за основними забруднюючими речовинами (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) на автоматизованих стаціонарних постах контролю, які проектується на селитебній території в зоні впливу підприємств – найбільших забруднювачів довкілля;

- контроль осадження аерозолів з повітря на одному посту контролю;

- контроль за нерозповсюдженням радіоактивних забруднень та радіоактивних речовин у місцях виїзду автотранспорту з території ДП «Бар'єр»;

- збір, обробку та зберігання інформації в центрі управління моніторингом.

*Другий етап* створення міської системи комплексного екологічного моніторингу передбачає здійснення наступного комплексу робіт:

- розширення мережі автоматизованих стаціонарних постів контролю території міста за гамма-випромінюванням, шкідливими забруднюючими речовинами (газами, аерозолями пилу);

- введення до складу постів контролю гамма-випромінювання безперервного контролю радону, радіохімічної лабораторії, посту контролю радіоекологічних параметрів;

- створення віддалених пунктів періодичного контролю за станом навколишнього природного середовища;

- забезпечення обміну екологічною інформацією з об'єктовими системами екомоніторингу.

*Третій етап* створення міської системи комплексного екологічного моніторингу передбачає виконання завершуючи робіт:

- створення міської автоматизованої системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій;
- створення підсистеми аерокосмічного моніторингу;
- створення підсистеми медико-біологічного моніторингу.

Скорегованим проектом системи комплексного екологічного моніторингу міста Жовті Води також передбачається поетапне уведення її в експлуатацію.

*Перший етап* створення міської (місто Жовті Води) системи комплексного екологічного моніторингу (пусковий комплекс) передбачає виконання таких функцій:

- створення мобільного (пересувного) поста контролю радіоекологічних параметрів;
- контроль стану атмосферного повітря на одному автоматизованому стаціонарному посту по основним забруднюючим речовинам - CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, пил;
- контроль в режимі вимірювання потужності дози гамма-випромінювання, об'ємної активності радону-222 ;
- збір, обробку та зберігання інформації в центрі управління моніторингом.

*Другий етап* створення міської СЕМ передбачає:

- розширення мережі автоматизованих стаціонарних постів контролю до трьох одиниць;
- розширення точок контролю території міста за гамма-випромінюванням, шкідливими забруднюючими речовинами (газам, аерозолям пилу);
- визначення щільності потоку радону-222 з поверхні ґрунту;
- контроль за станом поверхневих та підземних вод.
- створення стаціонарної радіохімічної лабораторії;
- введення до складу постів контролю гамма-випромінювання безперервного контролю об'ємної активності радону-222;

- організація контролю розвитку на території міста небезпечних екзогенних геологічних процесів (просадки, провали, підтоплення);
- розширення функцій верхнього рівня ЦУМ (додається виконання функції прогнозування змін екологічного стану);
- забезпечення обміну екологічною інформацією з об'єктовими системами екомоніторингу.

*Третій етап* передбачає:

- створення підсистеми аерокосмічного моніторингу;
- створення міської автоматизованої системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій.

Таблиця 5.1

Загальнопоширені забруднюючі речовини в атмосферному повітрі (список А) та забруднюючі речовини, моніторинг яких проводиться на регіональному (локальному) рівні (список Б та інші забруднюючі речовини)

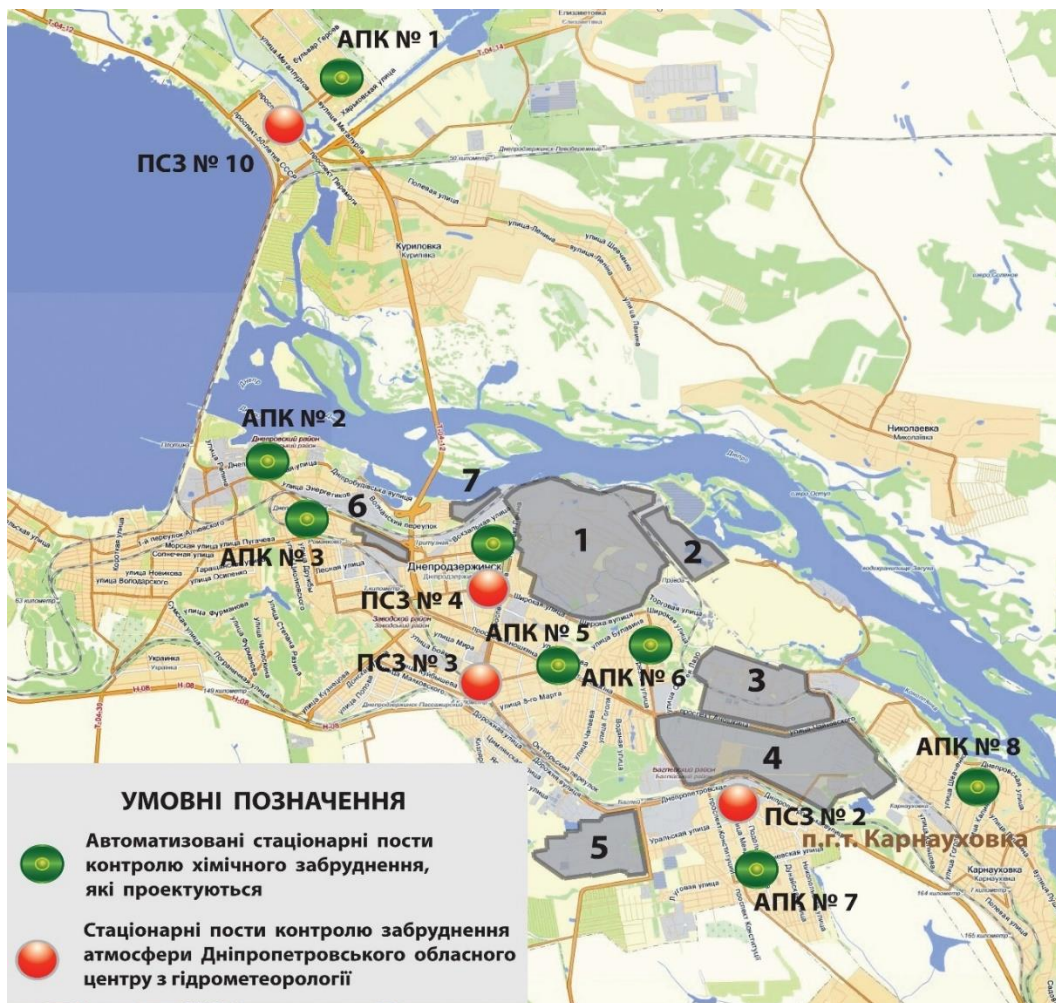
Забруднюючі речовини (ЗР)	Місто			
	Дніпро-петровськ	Дніпро-дзержинськ	Кривий Ріг	Жовті Води
<i>Загальнопоширені забруднюючі речовини (список А)</i>				
Пил неорганічний	+++	+++	+++	+++
Діоксид сірки	+++	+++	+++	+++
Оксид вуглецю	+++	+++	++	+
Діоксид азоту	+++	+++	+++	+++
Свинець і його неорганічні сполуки	++	+	++	++
Бенз(а)пірен	+++	++	++	++
Формальдегід	++	+	+	
Радіоактивні речовини (за погодженим переліком)		+++		+++
<i>Забруднюючі речовини, моніторинг яких проводиться на локальному (міському)</i>				

Забруднюючі речовини (ЗР)	Місто			
	Дніпропетровськ	Дніпродзержинськ	Кривий Ріг	Жовті Води
<i>Загальнопоширені забруднюючі речовини (список А)</i>				
<i>рівні (список Б)</i>				
Аміак	+	++		
Водень ціаністий	+			
Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	++	++	+++	
Кислота азотна				++
Кислота сірчана				++
Марганець та його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)	+	+	+++	
Сажа	++	++	++	
Сірководень	++	++	++	
Фенол	+	+		
Радіоактивні речовини (за погодженим переліком)				++
<i>Інші забруднюючі речовини</i>				
Неметанові леткі органічні сполуки	+	+	+	

*Примітка: Для ЗР з більшим показником відносної токсичності – кількість знаків + зростає.*

Досвід в проектуванні та запровадженні систем екомоніторингу різного рівня організацій дозволяє для підвищення ефективності таких робіт запропонувати наступні заходи.

1. Розробити та затвердити на державному рівні типові технічні завдання на створення систем екомоніторингу усіх рівнів (регіональний, міський та ін.).
2. Розробити та затвердити методику визначення місць розташування стаціонарних пунктів спостереження за станом навколишнього середовища.
3. Передбачити обов'язкову організацію наукового моніторингу як фонового, поклавши функції суб'єкта цього рівня на Національну академію наук України стосовно заповідників, заказників та інших об'єктів природного-заповідного фонду, які знаходяться у веденні НАН України. По іншим природоохоронним об'єктам (заповідників, заказників) на органи, які виконують функції організації та утримання цих об'єктів.
4. Вирішити питання підпорядкованості центрів управління моніторингом, їх фінансування, відведення земель, приміщень під їх створення тощо.



*Примітки. А. Підприємства міста - найбільші забруднювачі навколишнього середовища: 1 - ПАТ «ДМК ім. Ф.Е. Дзержинського»; 2 - ПАТ «СВРАЗ*

Дніпродзержинський коксохімічний завод»; 3 - Бувше ВО «Придніпровський хімічний завод»; 4 - ПАТ «ДніпроАзот»; 5 - ПАТ «Баглійкокс»; 6 - Дніпродзержинський завод ПАТ ХайдельбергЦемент Україна; 7 - Дніпродзержинська ТЕЦ.

Б. Розміщення стаціонарних постів Дніпропетровського обласного центру з гідрометеорології: ПСЗ № 2 - вул. Дніпропетровська, 77б; ПСЗ № 3 - вул. Локтюхова, 2б; ПСЗ № 4 - пр. Леніна, 28а; ПСЗ № 10 - пр. Перемоги, 29г.

В. Проектовані автоматизовані стаціонарні пости контролю забруднення атмосфери: АПК № 1 - бульвар Будівельників, 39г; АПК № 2 - вул. Днепробудівська, 2б; АПК № 3 - вул. Макіївська, 2б; АПК № 4 - пр. Леніна; АПК № 5 - пр. Аношкіна, 107б; АПК № 6 - вул. Колеусівська; АПК

№ 7 - пр. Конституції; АПК № 8 - вул. Дзержинського, 31б.

Рис. 5.20 – Проектні місця розташування стаціонарних постів контролю забруднення атмосферного повітря у місті Кам'янське

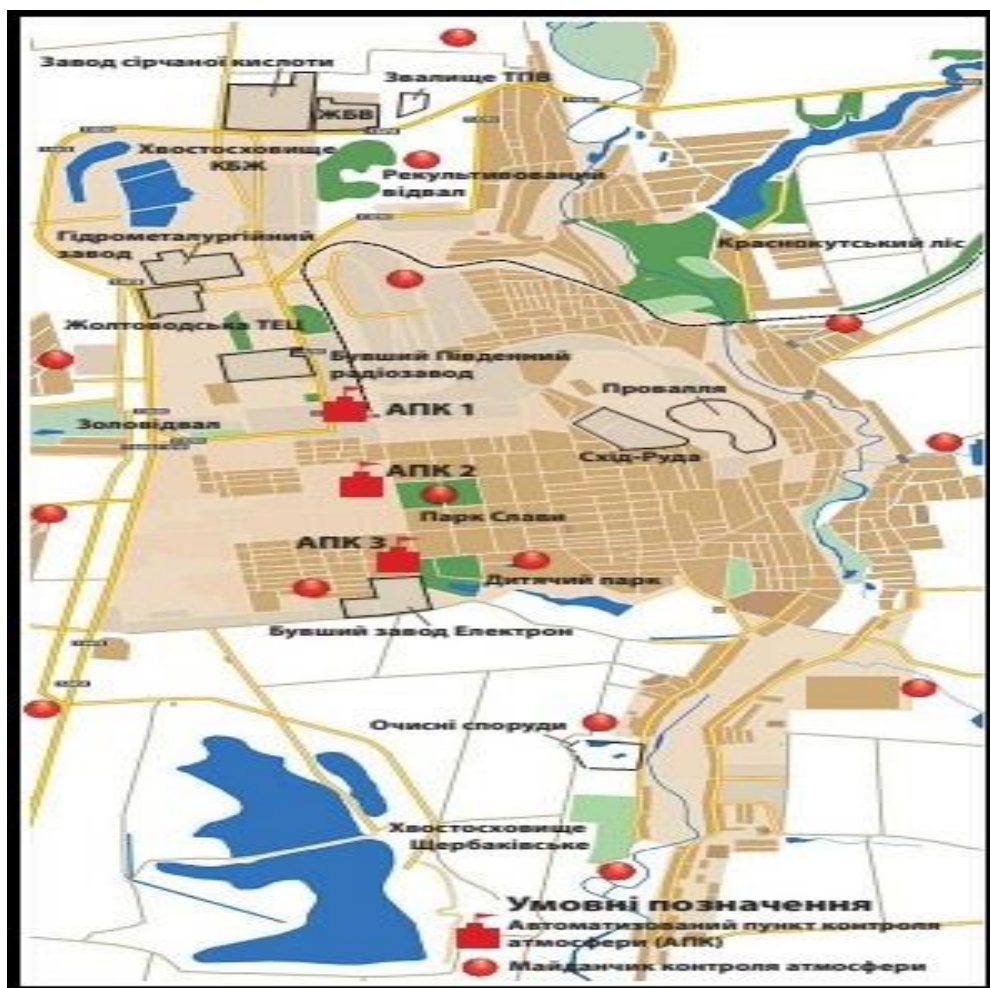


Рис. 5.21 - Місця розташування постів контролю забруднення атмосферного повітря у місті Жовті Води (за скорегованим проектом 2017 р.)

Застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при комплексному моніторингу довкілля локального (міського рівня) з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого

(до 0,015) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків.

#### **5.4. Аналіз досвіду створення об'єктових систем комплексного моніторингу довкілля (на прикладі м. Кам'янське)**

В даний час актуальною проблемою стає організація моніторингу навколишнього середовища у великих промислових центрах і на територіях, прилеглих до великих промислових підприємств, що забруднюють навколишнє середовище. До них відносяться гірничі підприємства, підприємства чорної і кольорової металургії, хімічної, нафтопереробної промисловості та ін. Оскільки при оцінці ефективності роботи промислових підприємств враховується не тільки виробничі, а й екологічні показники, то це вимагає безперервної оперативної інформації про якісні та кількісні параметри викидів і скидів забруднюючих речовин з виробничих об'єктів підприємств. Для цього розробляються та впроваджуються на підприємствах автоматизовані системи оцінки впливу підприємств на довкілля.

З цією метою розроблено проект та впроваджується автоматизована система моніторингу довкілля ПАТ "ЄВРАЗ Баглійкокс". Підприємство розташоване на проммайданчику правобережного плато річки Дніпро в місті Дніпродзержинськ Дніпропетровської області. Підприємство має наступні технологічні цехи: вуглепідготовчий, коксовий, цех уловлювання, цех моноетаноламінового очищення коксового газу, допоміжні цехи: теплоенергоцентраль (ТЕЦ), цех з водозабезпечення, ремонтно-будівельний, ремонтно-механічний, залізничний, автотранспортний, спеціалізований цех по ремонту коксохімічного устаткування та ін. Головною продукцією підприємства є валовий кокс 6% вологості. В якості супутньої продукції виробляється коксовий газ і продукти його переробки - смола кам'яновугільна, сульфат амонію, сирий бензол, чисті продукти ректифікації, сірчана кислота та ін.



Автоматизована система екологічного моніторингу (АСЕМ) призначена для збору, обробки та накопичення даних про вплив від діяльності підприємства на стан навколишнього природного середовища. Дані від АСЕМ» надходять в систему комплексного екологічного моніторингу м. Кам'янське (рис. 5.22).

Метою створення АСЕМ є забезпечення умов для об'єктивної оцінки стану навколишнього природного середовища та своєчасне виявлення небезпечної екологічної ситуації на межі санітарно-захисної зони і зони спостереження підприємства, забезпечення керівництва підприємства необхідною оперативною і достовірною екологічною інформацією для підтримки прийняття рішень в області охорони навколишнього середовища та раціонального використання матеріальних ресурсів підприємства.

Перша черга АСЕМ м. Кам'янське (ПАТ "ЄВРАЗ Баглійкокс") складається з: центру управління об'єктовим моніторингом (ЦУОМ); 3-х автоматизованих постів контролю (АПК) розташованих на межі санітарно-захисної зони підприємства (АПК Клуб, АПК вул. Народна, АПК вул. Радгоспна); 3-х АПК розташованих на димових трубах (ДТ) коксохімічних батарей (КБ) (АПК ДТ КБ №№ 5, 6,7); 2-х АПК розташованих на димових трубах ТЕЦ (АПК ДТ ТЭЦ №№ 1, 2); АПК "Метеостанція Баглійкокс"; інтегрованої автоматизованої системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення (АСРВНСіО) (рис. 5.23).

Речовини, вимірювані газоаналізаторами і датчиками АСЕМ ПАТ "ЄВРАЗ Баглійкокс": оксид вуглецю CO; азоту оксид NO; азоту діоксид NO<sub>2</sub>; азоту оксиди (в перерахунку на NO<sub>2</sub>); сірки діоксид SO<sub>2</sub>; речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом; сірководень H<sub>2</sub>S; фенол C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH; аміак NH<sub>3</sub>; водень ціаністий HCN; сірковуглець CS<sub>2</sub>; бензол C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>; толуол C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>; нафталін C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>; сірчана кислота H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Дані про концентрації речовин, вимірюваних датчиками АСЕМ, надходять на ЦУОМ як безпосередньо, по виділеному каналу, так і після проведення лабораторних досліджень (залежно від вимірюваної речовини і методу



проведення замірів). Дані про екологічну ситуацію на підприємстві відображаються на двох інформаційних табло на контрольно пропускному пункті, центральній прохідній підприємства.

Розроблено проект та впроваджується також автоматизована система екологічного моніторингу (АСЕМ) КПП ДГС "Міськводоканал" міста Дніпродзержинська, яка призначена для збору, обробки та накопичення даних про вплив діяльності підприємства на стан навколишнього природного середовища. Дані від АСЕМ КПП ДГС "Міськводоканал" надходять в Систему комплексного екологічного моніторингу (СКЕМ) міста Кам'янське.

Метою створення АСЕМ є забезпечення умов для об'єктивної оцінки стану навколишнього природного середовища та своєчасне виявлення небезпечної екологічної ситуації на межі санітарно-захисної зони і зони спостереження підприємства, забезпечення керівництва КПП ДГС "Міськводоканал" м. Кам'янське необхідної оперативної та достовірної екологічної інформацією для підтримки прийняття рішень в галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання матеріальних ресурсів підприємства (рис. 5.23).

АСЕМ КПП ДГС "Міськводоканал" м. Дніпродзержинська складається з наступних елементів (рис. 5.24):

- Центрального посту (ЦП) (з метеокомплексом) (виробничий майданчик № 1, вул. Широка, 16);

- 2-х автоматизованих постів контролю (АПК): Пост № 1 в Комплексі з експлуатації очисних споруд каналізації лівого берега (вул. Індустріальна, 30); Пост № 2 в Комплексі з експлуатації очисних споруд каналізації правого берега (вул. Дорожна, 58);

- 2-х постів контролю з ручним введенням даних: Пост № 3, котельня (вул. Широка, 16); Пост № 4, котельня (вул. Дорожна, 58).

АСЕМ контролює такі речовини: азот амонійний, БСК5, завислі речовини, нафтопродукти, нітрати, нітроти, сульфати, фосфати, хлориди, СПАР, залізо загальне, цинк, алюміній, мінералізація, ХПК, мідь, нікель, хром<sup>3+</sup>, хлор

активний (пов'язаний), хлор активний (вільний). Контролюються промислові викиди забруднюючих речовин (CO, CO<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O CH<sub>4</sub>) в атмосферне повітря (Центральний пост і Пост № 3). Метеорологічні параметри, O<sub>2</sub> та рН вимірюються автоматично.

Дані про концентрацію речовин, вимірюваних датчиками АСЕМ, надходять на Центральний пост безпосередньо від автоматичних датчиків або після проведення лабораторних досліджень (залежно від вимірюваної речовини та методу проведення замірів). Дані про екологічну ситуацію в місті відображаються на двох інформаційних табло: диспетчера АСЕМ і центральної прохідної КПП ДГС "Міськводоканал".

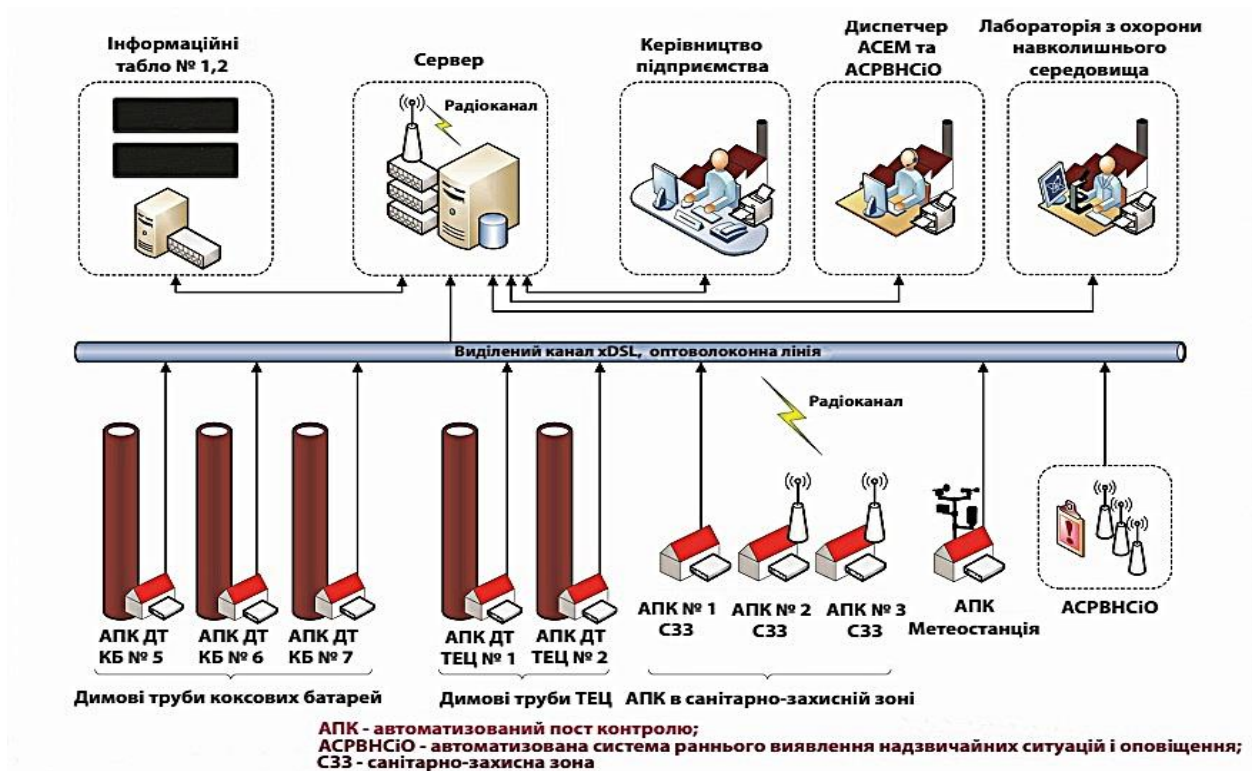


Рис.5.22 - Структурна схема автоматизованої системи екологічного моніторингу

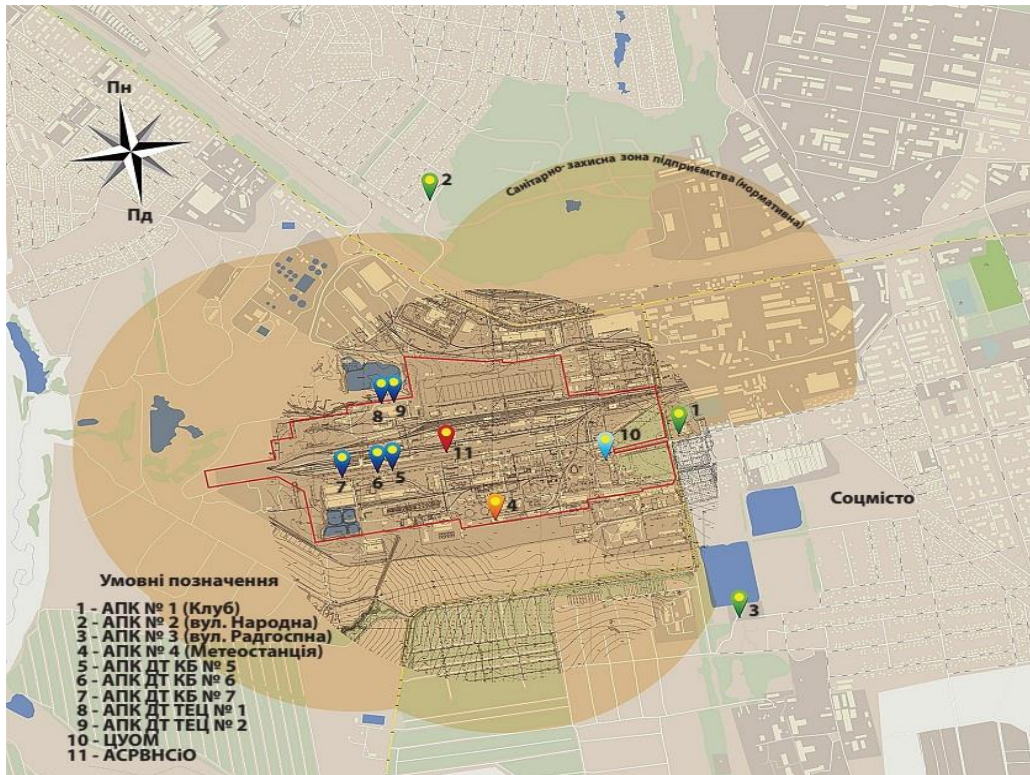


Рис. 5.23 – Схема розміщення елементів інтегрованої автоматизованої системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення (ПАТ "ЄВРАЗ Баглійкок")

АСЕМ ПАТ "ЄВРАЗ Баглійкок" та КПП ДГС "Міськводоканал" забезпечує автоматизацію наступних процесів і операцій:

- контроль ведення технологічних процесів - вимірювання параметрів екологічної обстановки на об'єкті, включаючи характеристики забруднення навколишнього середовища та виробничого середовища;
- збір інформації про вимірювані величини;
- збір, обробка та відображення (не піддаються автоматизації) даних про параметри стану навколишнього середовища, що проводяться в плановому порядку лабораторією та службами;
- автоматичне вимірювання і реєстрацію основних метеорологічних параметрів (швидкість і напрям вітру, температура, опади, вологість);
- комплексний аналіз екологічної обстановки;
- сигналізація про відхилення виміряних або розрахункових параметрів від встановлених контрольних рівнів;
- підготовка та подання даних контролю екологічної обстановки на

території з використанням сучасних методів і засобів відображення даних;

- інформаційний обмін між територіальною і об'єктовою автоматизованою системою контролю екологічної обстановки, іншими взаємодіючими системами.

АСЕМ підприємств дозволяє комплексно вирішувати такі завдання:

- поточний моніторинг при нормальній експлуатації об'єктів підприємства;

- своєчасне раннє виявлення тенденцій зміни контрольованих параметрів;

- функціонування системи моніторингу в режимі підвищеної готовності з підвищеною частотою проведення замірів при погіршенні екологічної обстановки та/або отриманні прогнозу про можливе виникнення техногенної або природної аварії;

- робота в умовах виникнення аварійних ситуацій, в тому числі при порушеннях в роботі систем енергопостачання, комунікацій і зв'язку, а також при можливому виході з ладу центрального поста управління;

- забезпечення отримання комплексної інформації щодо метеорологічних параметрів й інших факторів для прогнозування розвитку надзвичайної ситуації та оцінки впливу на населення та навколишнє середовище;

- своєчасна та повна передача інформації в ієрархічній системі моніторингу від первинних об'єктових систем до систем моніторингу територіального рівня.

5.5 Оцінка ефективності застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля ( на прикладі м. Вінниці та Вінницької області)

Протягом 2003-2008 рр. була створена ГІС моніторингу довкілля м. Вінниці та Вінницької області з такими шарами і базами даних: якість та кількість водних ресурсів; паспортні дані про усі річки, ставки та водосховища; скиди стічних і зворотних вод (з даними про скиди згідно 2-ТП «Водгосп» та нормативні значення гранично допустимих викидів); стаціонарні джерела викидів (з даними про викиди та нормативні значення гранично допустимих

викидів); стан складів хімічних засобів захисту рослин, агрохімікатів та місць видалення відходів (автоматизовано ведення паспортів місць видалення відходів та здійснено їх 3D-моделювання на тривимірній цифровій матриці рельєфу, де добре видно їх розташування відносно населених пунктів, водних об'єктів, лісів тощо); корисні копалини (з усіма даними щодо їх обліку); об'єкти природно-заповідного фонду (з усіма даними про них згідно реєстру); моніторинг електромагнітної обстановки в населених пунктах – радіотехнічні об'єкти (вишки мобільного зв'язку).

Створено зручну програму для роботи з усіма даними (рис.5.26) та, окремо, для роботи з базами даних системи (<http://edem.vntu.edu.ua/monitoring/>).

Ця веб-версія системи демонструвалась у Будапешті (Угорщина) на нараді UNEP по аналізу виконання Україною Орхуської конвенції по забезпеченню доступу населення до екологічної інформації.

Системи впроваджені в усіх основних суб'єктах системи державного моніторингу довкілля Вінницької області та органах влади і місцевого самоврядування області і міста.

На базі обласної системи була створена ГІАС ДМД м. Вінниці (рис. 5.27). Також, в цій системі нанесено біля 800 колодязів загального користування та дані СЕС по якості води в усіх них.



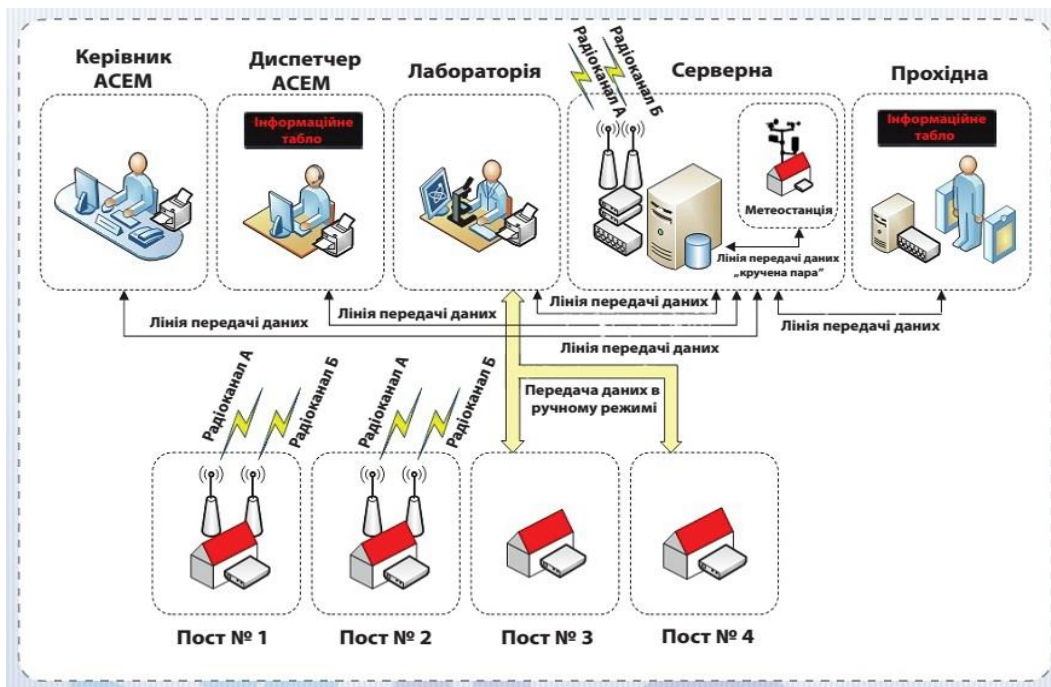


Рис. 5.24 - Структурна схема АСЕМ КПП ДГС "Міськводоканал"



Рис. 5.25 - Схема розташування елементів АСЕМ КПП ДГС "Міськводоканал" (м. Кам'янське)

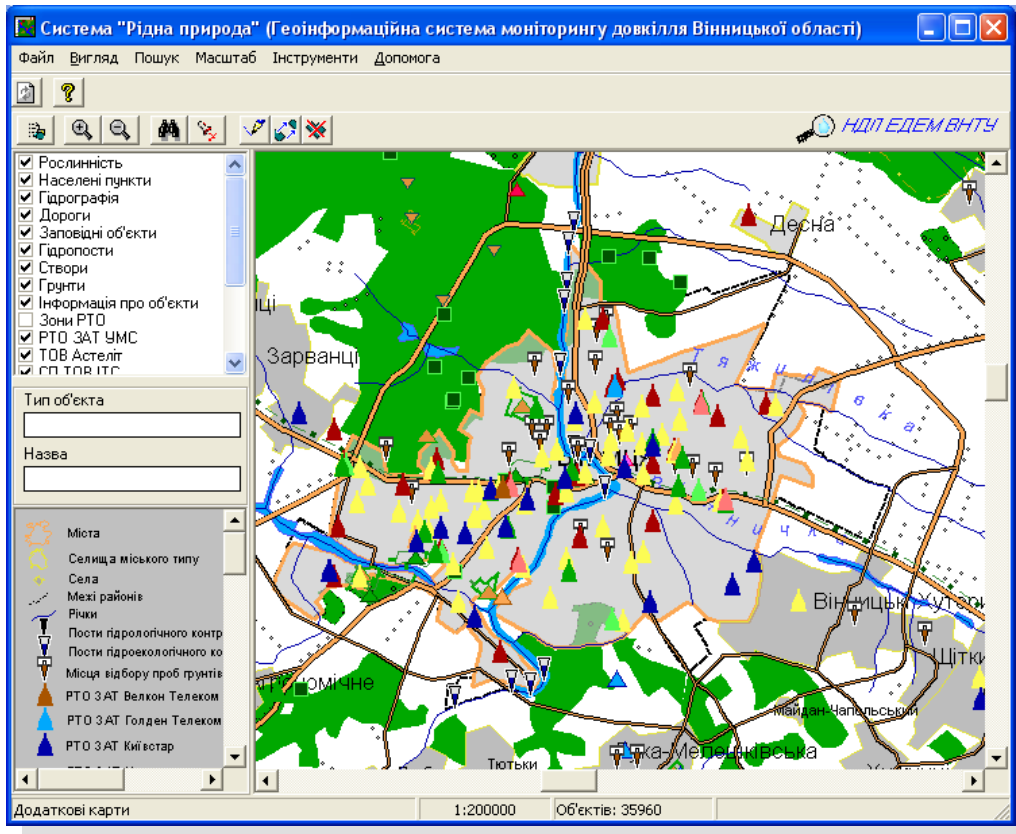


Рис. 5.26 – Програма для зручної роботи з даними геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля м. Вінниці та Вінницької області

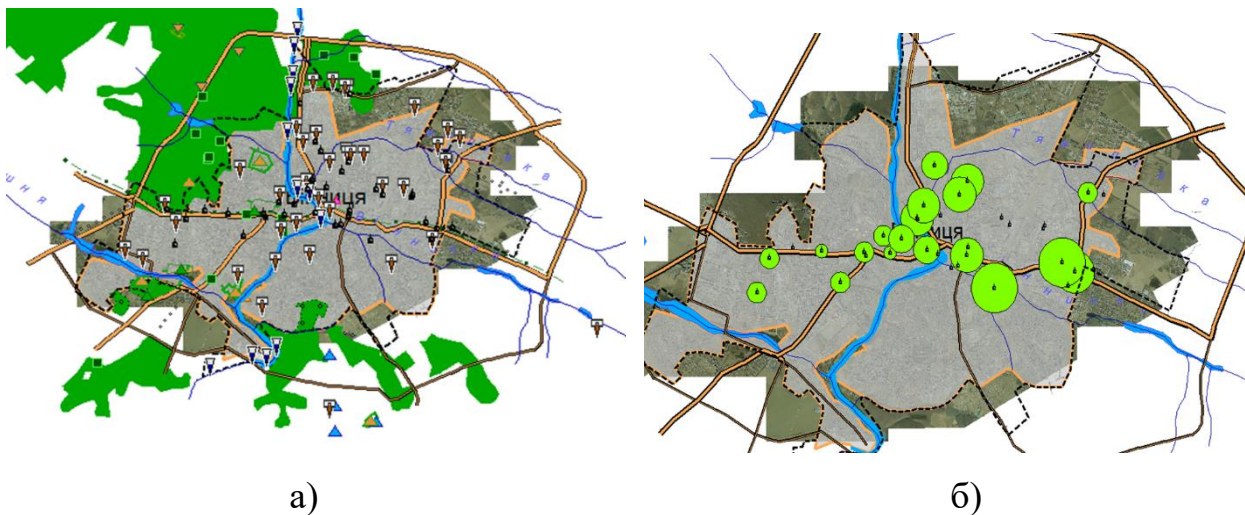


Рис. 5.27 – Геоінформаційна система державного моніторингу довкілля м. Вінниці: а) загальний вигляд ГІС із даними ДЗЗ; б) ГІС м. Вінниці та тематична карта усереднених значень перевищення ГДК на СО у місцях спостережень стану атмосферного повітря з боку СЕС

Проведений аналіз свідчить, що застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при комплексному моніторингу довкілля локального (міського рівня) з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,015) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків.

### **5.6 Аналіз ефективності застосування комплексної екологічної ГІС (на прикладі м. Кривий Ріг)**

Для розв'язання задач моніторингу та управління необхідно багато просторової та атрибутивної інформації як природного (навколишнє середовище), так і техногенного (забруднювачі довкілля) характеру.

Науково-дослідна лабораторія екологічних досліджень та екологічного моніторингу Вінницького національного технічного університету (генпідрядник – Міськрада м. Кривий Ріг). Було розроблено інформаційну модель, методики аналізу даних спостережень та програмне забезпечення аналітичної екологічної геоінформаційної системи м. Кривий Ріг (рис. 5.28) для забезпечення можливості розрахунку різних індексів забруднення за даними екологічного моніторингу та обліку стану об'єктів-джерел забруднення довкілля міста.

Система має панель прикладних задач «Автоматизоване робоче місце еколога» – це динамічна бібліотека GISEKO.dll, яка підключається у вигляді модуля до ГІС «Карта 2011» і дозволяє здійснювати взаємодію між екологічною картою міста та функціональними базами даних (рис. 5.29).

Однією з основних аналітичних можливостей створеного пакету програм «Автоматизоване робоче місце еколога» є автоматизований розрахунок коефіцієнта (індекса) загального забруднення міста. Користувач може вибрати пункти (створи, пости) спостережень та показники, за якими здійснюватиметься розрахунок, встановити період, а також вказати ваги для кожної складової довкілля (поверхневих вод, підземних вод, ґрунтів, атмосфери).



Створений програмний інструмент автоматизованого розрахунку коефіцієнта забруднення міста дозволяє здійснювати розрахунок не лише загального коефіцієнта забруднення міста, а й розрахунок коефіцієнтів забруднення для кожного пункту (створу, посту) спостережень, по яким наявні дані. Це дозволяє автоматично здійснювати визначення стану забруднення міста з урахуванням різних комбінацій факторів.

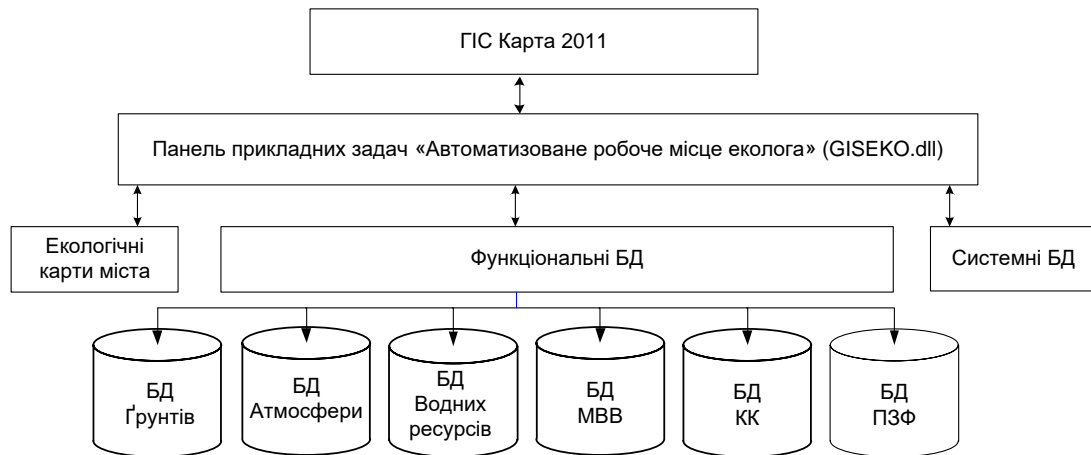


Рис. 5.28 - Архітектура аналітичної геоінформаційної системи моніторингу довкілля міста Кривий Ріг



Рис. 5.29 - Панель прикладних задач «Автоматизоване робоче місце еколога»

Результати розрахунків дозволяють здійснювати побудову інтерпольованих поверхонь у вигляді матричної карти (рис. 5.30) та

здійснювати просторовий аналіз даних.

Побудова поверхні загального забруднення міста здійснюється шляхом накладання (додавання значень) результуючих матриць по всіх складових довкілля.

Розроблені програми дозволяють більш комплексно обробляти дані екологічного моніторингу і використовувати їх для оптимізації природоохоронних заходів та управляти станом довкілля м. Кривий ріг з метою його поліпшення.

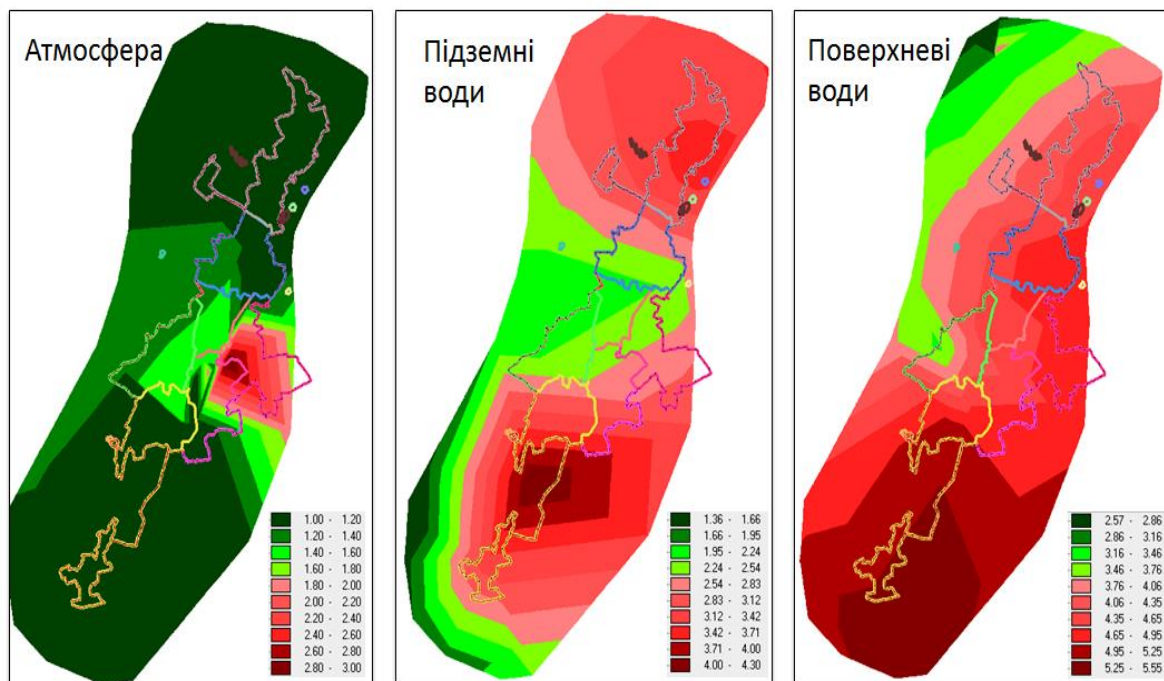


Рис. 5.30 – Інтерпольовані поверхні забруднення міста Кривий Ріг по деяких із основних складових довкілля

### 5.7 Аналіз ефективності застосування регіональних підсистем збереження, оброблення та контролю даних водообліку на основі мережевих технологій (на прикладі Херсонської області)

Основне водокористування території Херсонської області здійснюється шляхом перекидання стоку із Дніпра через систему каналів (Каховський магістральний канал, Північно-Кримський канал та ін.) (рис. 5.31). Ця система каналів утворює геометричну мережу, а, разом із комплексом насосних станцій, водозаборів та інших водогосподарських об'єктів, є класичною ДБПРС. Для

оптимізації управління такою системою треба, перш за все, володіти оперативною інформацією щодо наявних водних ресурсів, заявок на водокористування від водокористувачів та результатів їх виконання, витрат електроенергії водогосподарськими об'єктами системи тощо. Таку задачу можна реалізувати тільки з використанням мережевих веб-технологій.

Протягом 2012 року на замовлення Херсонського обласного управління водних ресурсів у ВНТУ було створено та впроваджено Регіональну систему збереження, оброблення та контролю даних водообліку у Херсонській області, крім того, було створено підсистеми для декількох районних та міжрайонних управлінь водного господарства. У 2013 році ця робота продовжилась. Було виконано госпдоговірні роботи з розробки структури, бази даних та веб-орієнтовних інформаційних підсистем для Каховського міжрайонного управління водного господарства (МУВГ) та Каланчацького, Новотроїцького і Чаплинського управлінь водного господарства (УВГ). Водночас, здійснювалось удосконалення основної системи для усієї Херсонської області за результатами практичних випробувань.



Рис. 5.31 - Система каналів для водозабезпечення Херсонської області

Створені інформаційно-аналітичні системи призначені для автоматизації і підвищення оперативності функціонування підрозділів Херсонського обласного управління водних ресурсів та його УВГ і МУВГ шляхом прискорення процесів фіксації даних щодо заявок на водокористування від водокористувачів та результатів їх виконання, обміну даними між функціональними підрозділами управління, автоматизації контролю і обліку водоспоживання, витрат електроенергії тощо за допомогою використання мережевих веб-технологій. Робота були спрямовані на забезпечення раціональності структури даних і ефективності способу її реалізації в контексті розв'язку задач систем та підвищення оперативності і ефективності аналізу інформації про стан водокористування. Усі підсистеми впроваджені і використовуються на практиці.

### **Висновки по п'ятому розділу**

1. Запропоновано для оцінки ефективності технології створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів звикористанням запропонованої методики оцінювання екологічних загроз та ризиків використовувати оцінки першого (пропуск корисної інформації) та другого (ложна інформація) роду при отриманні результатів вимірювань стану забруднення довкілля, викидів, скидів і відходів, їх накопичення, оброблення та аналізування.

2. Оцінено ефективність застосування існуючої системи екологічного моніторингу з отриманням результатів спостережень стану забруднення довкілля, викидів і відходів, їх накопичення. Застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля дозволяє зменшити похибки першого (до 0,045) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків забруднення довкілля, викидів, скидів, їх накопичення.

3. Здійснено оцінку ефективності застосування регіональної системи комплексного моніторингу довкілля (на прикладі Дніпровської області). Застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при використанні регіональної системи комплексного моніторингу з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,025) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків.

4. Оцінено ефективність основних проектних рішень по системам комплексного моніторингу довкілля локального (міського) рівня (на прикладі міст Кам'янське та Жовті Води Січеславської області). Застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при комплексному моніторингу довкілля локального (міського рівня) з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,015) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків.

5. Обґрунтовано пропозиції щодо створення об'єктових систем комплексного моніторингу довкілля на прикладі м. Кам'янське для практичного впровадження розробленої методики .

6. Визначено, що застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля ( на прикладі м. Вінниці та Вінницької області) з розробленою методикою дозволяє підвищити ефективність оцінювання екологічних загроз та ризиків.

7. Обґрунтовано пропозиції щодо застосування створення комплексної екологічної ГІС (на прикладі м. Кривий Ріг) з розробленою методикою оцінювання екологічних загроз та ризиків.

8. Обґрунтовано пропозиції застосування регіональних підсистем збереження, оброблення та контролю даних водооблику на основі аерокосмічних технол

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті проведених у дисертаційній роботі досліджень вирішене актуальне наукове завдання, яке спрямоване на підвищення ефективності оцінювання екологічних загроз та ризиків регіонів за рахунок комплексного застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок. В роботі розкриті особливості оцінювання екологічного ризику та системного аналізу сучасних інформаційних технологій оцінки стану навколишнього середовища з використанням аерокосмічних комплексів. При цьому основні наукові і практичні результати полягають у наступному.

1. Вперше розроблено методику здійснення екологічного оцінювання довкілля для прогнозування екологічних загроз та ризиків, яка з використанням системного підходу дозволяє здійснювати ідентифікацію загроз техногенній і природній безпеці регіонів та визначити комплексні показники потенційної небезпеки регіонів щодо техногенних і природних надзвичайних ситуацій.

2. Вперше розроблено методику управління екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу, яка з урахуванням норм екологічних ризиків та запропонованих механізмів регулювання екологічною безпекою дозволяє оптимізувати управлінські рішення щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям.

3. Удосконалено методику оцінювання ризику ураження населення небезпечними речовинами при аваріях на об'єктах підвищеної небезпеки шляхом застосування аерокосмічних технологій, що дозволяє врахувати комплексний вплив атмосферних умов, характеристик викидів, алгоритм розрахунку потенційного територіального ризику ураження населення, програмно реалізовану методику прогнозування.

4. Удосконалено технологію оцінки ефективності щодо створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів шляхом комплексного

застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля та регіональних підсистем мережевих технологій.

5. Набуло подальшого розвитку методика планування заходів забезпечення екологічної безпеки в системі екологічного моніторингу, в якій на відміну від відомих, є використання теорії управління складними системами, визначає механізми розподілу ресурсів у соціально- економічних системах та створення плану заходів забезпечення екологічної безпеки.

6. За результатами оцінки ефективності технології створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів встановлено, що застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при використанні регіональної системи комплексного моніторингу з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,025) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків. Оцінено ефективність основних проектних рішень по системам комплексного моніторингу довкілля локального (міського) рівня (на прикладі міст Кам'янське та Жовті Води Січеславської області). Застосування геоінформаційної системи моніторингу довкілля при комплексному моніторингу довкілля локального (міського рівня) з провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,015) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків.

7. Розроблений науково-методичний та математичний апарат (програмне забезпечення) орієнтовано на фахівців операторів систем екологічного моніторингу навколишнього середовища та техногенне небезпечних об'єктів.

8. Достовірність наукових і практичних результатів підтверджена збігом отриманих результатів із відомими даними та перевіркою експериментальних досліджень. Основні наукові і практичні результати, що отримані в дисертаційній роботі впроваджені та можуть бути застосовані в державній та регіональних системах екологічного моніторингу при здійсненні екологічного моніторингу

об'єктів критичної інфраструктури, техногенно небезпечних об'єктів, при виникненні нештатних, аварійних ситуацій.

9. Мета дослідження, яка полягала у підвищенні ефективності оцінювання екологічних загроз та ризиків регіонів за рахунок комплексного застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок – досягнута, та всі часткові завдання вирішені повністю. Наукові результати досліджень є внеском в технологію захисту навколишнього середовища.

10. Перспективними напрямком подальших досліджень є обґрунтування ступеня відповідності прогнозованих екологічних умов завданням збереження здоров'я людини, забезпечення сталого соціально-економічного розвитку та потенціалу держави, збереження й відновлення навколишнього середовища.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизована система екоінспекційного контролю стану забруднення довкілля України та викидів, скидів і відходів «ЕкоІнспектор»: метод. посіб. / [В.Б. Мокін, Б.І. Мокін, та ін.]. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. 128 с.
2. Аерокосмічні дослідження геологічного середовища: наук.-метод. посіб. / [А.Г. Мичак, В.Є. Філіпович, В.Л. Приходько та ін.]. К., 2010. Р 246 с.
3. Андрейцев В.І. Екологічний ризик у системі правовідносин екологічної безпеки: проблеми практичної теорії / В.І. Андрейцев // Право України. – 1999. – No 1. – С. 62–69.
4. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / [Лялько В.І, Федоровський О.Д., Костюченко Ю.В. та ін.]; за ред. В.І. Лялько і М.І. Попова. К.: Наукова думка. 2006. 357 с.
5. Барановська В.Є., Боков В.А. Бондар О.І. та ін. Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища. За ред. О.І. Бондаря, Г.І. Рудька. К.: Вид-во ПП «ЕКМО»; Х.: ТОВ «Укртехнологія». 2004. 423 с.
6. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування. Природно-техногенна (екологічна) безпека. / за ред. Б. М. Данилишина. К.: Наукова думка, 2008. Т.1. 389 с.
7. 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.
8. Білявський Г. О. Основи екології / Г. О. Білявський, Р. С Фурдуй, І. Ю. Костіков. - К.: Либідь, 2005.- 408 с.
9. Бобырь Л.Ф., Емец Н.А., Романенко И.И. Оценка экологически допустимых уровней токсико-химического загрязнения атмосферного воздуха. Екологія і природокористування. 2002. Вип. 4. С. 129-134.
10. 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.
11. Бондар О. І. Загальна екологія та неоекологія // О.І. Бондар, П.М.

Бойко, Ю.П. Пилипенко [та ін.] / – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 166 с.

12. Бондар О.І. Моніторинг навколишнього середовища / [О. І. Бондар, І. В. Корінько, В. М. Ткач, О. І. Федоренко]; під ред. О. І. Федоренко. – К.-Х.:ДЕІ-ГТІ, 2005. – 126 с.

13. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Інноваційний підхід щодо інтеграції освіти, науки та бізнесу в галузі екології: створення Академії наук природокористування України / Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: літні диспути: тези доп. І Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 1-2 серпня 2019 р. – Дніпро, 2019, с. 57-68.

14. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Оцінка можливості використання космічних апаратів для проведення екологічного моніторингу / VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25–27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2019, с.103.

15. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Сучасний рух науки: форми можливих наукових результатів у галузі захисту довкілля / Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.1., С. 183-196.

16. Бондар О.І., Тимченко О.І., Тараріко О.Г. та ін. Антропогенні чинники довкілля та їх вплив на біоту і здоров'я людини. К.: Інрус. 2006. 288 с.

17. Бусыгин Б.С., Гаркуша И.Н. Инструментарий геоинформационных систем: справочное пособие. К.: ИРГ «ВБ», 2000. 172 с.

18. Ваганов П. А. Применение концепции экологического риска в природоохранном законодательстве США / П.А. Ваганов // Правоведение. – 2001. – № 5. – С. 84–94.

19. Використання багатозональних космічних знімків з метою вивчення рослинності Зони Відчуження ЧАЕС / [О.І.Сахацький, В.І.Лялько, А.Я.Ходоровський, О.Т.Азімов, З.М.Шпортюк, О.М.Сибірцева, С.М.Бідна та

ін.] // Нові методи в космічному землезнавстві.— К.: ЦАКДЗ ІГН НАНУ, 1999.— С.105—113.

20. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.

21. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 368 с.

22. Волошин В.І., Бушуєв Є.І., Паршина О.І. Методика класифікації покривних елементів ландшафту. Космічна наука і технологія. 2004. Т. 10. № 5/6. С. 190-193.

23. Воронин А.Н., Зиятдинов Ю.К., Куклинский М.В. Многокритериальные решения: модели и методы. К: НАУ, 2011. 348 с.

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

25. Герасимов Б.М., Дивизинюк М.М., Субач И.Ю. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности, Севастополь, СНИЯЭ и П, 2004, 320с.

26. 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.

27. Голубева С.Г. Механизмы управления охраной окружающей среды. Экология производства. 2004. № 3 С. 8-18.

28. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.

29. Горбулін В.П., Завалішин А.П., Беланов А.В., Лялько В.І., Драновський В.І. та ін. Дистанційне зондування Землі в Національній космічній програмі України // Вісник геодезії та картографії. – 1994. – №1. – С.55-60.

30. ГОСТ Р 22.2.04–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила.

31. Державні стандарти України / [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://normativ.info/dstu/dstu.html>. – Назва з екрану.
32. Дистанционное зондирование: количественный подход / [Дейвис Ш.М., Ландгребе Д.А., Филипс Т.Л. и др.]; под. ред. Ф.Х. Свейна и Ш.М. Дейвис. Пер. с англ. М.: Недра, 1983. 415 с.
33. Дистанційне зондування Землі: Терміни та визначення понять // ДСТУ 4220-2003. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 18 с.
34. Добровольский В.В. Екологічна безпека і ризик: деякі понятійно-категоріальні уточнення / В.В. Добровольский // Екологічна безпека. – 2011. – № 1 (11). – С. 17–20.
35. Документи Ріо-92 і Йоганнесбург-2002.
36. Дорогунцов С.И., Ральчук А.Н. Управление техногенно-экологической безопасностью в контексте парадигмы устойчивого развития: концепция системно динамического решения. К.: Наукова думка, 2002. 20 с.
37. ДСанПіН 2.2.7.029-99 Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення.
38. Егорова Л.Г. Проблемы управления качеством окружающей среды. Экология производства. 2004. № 2, С. 24-36.
39. Екологічне право України. Академічний курс : [підручник] / за заг. ред. Ю.С. Шемшученка. – К : Юрид. думка, 2005. – 848 с.
40. Екологічне управління / [В.Я.Шевчук, Ю.М.Саталкін, Г.О. Білявський та ін.]. К.: Либідь, 2004. 432 с.
41. Екологічний паспорт Запорізької області за 2017 р.
42. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2017 р.
43. Екологічний паспорт Херсонської області за 2017 р.
44. Закон України “Про охорону атмосферного повітря” від 16.10.1992 № 2707-ХІІ.
45. Закон України „Про охорону навколишнього природного середовища” № 1264-ХІІ від 25 черв. 1991 р. [із змінами, поточна редакція - Редакція від

18.11.2012, внесеними законами України]. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.rada.gov.ua>.

46. Закон України «Про морські порти України» від 17.05.2012 р. № 4709-VI.

47. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики на період до 2020 року» від 21.12.2010 № 2818-VI. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>. – Назва з екрану.

48. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII.

49. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII.

50. Закон України «Про рослинний світ» від 09.04.1999 р. № 591-XIV.

51. Закон України «Про транспорт» від 10.11.994 р. № 232/94-ВР.

52. Закон України No 1469-VIII від 14 липня 2016 року Про ратифікацію Паризької угоди <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1469-19>

53. Застосування інформаційних технологій в управлінні навколишнім середовищем / під ред. В. Чабанюка. К.: Мінекобезпеки України, ГЕО, 1998. 125 с.

54. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию баз геоданных. М.: Дата+. 2001. 254 с.

55. Зуб Л.М., Томільцева А.І., Томченко О.В. Оцінка стану водоохоронних територій з використанням методів дистанційного зондування Землі (на прикладі Дністровського комплексу ГЕС та ГАЕС) // Гідроенергетика України. – 2016. № 3-4. – С. 51-56.

56. Зубик С.В. Техноекологія: джерела забруднення і захист навколишнього середовища. Львів: Оріяна-Нова, 2007. 400 с.

57. Израэль Ю.А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка окружающей природной среды. Основы мониторинга// Метеорология и гидрология. – 1974. – №7. – С. 3–8.

58. Израэль Ю.А. Концепция мониторинга состояния биосферы //

Мониторинг состояния окружающей природной среды . – Л., 1977. – С. 10–25.

59. Инструментарий геоинформационных систем: справочное пособие [Бусыгин Б.С, Гаркуша И.Н., Серединин Е.С., Гаевенко А.Ю.]. К.: ИРГ «ВБ», 2000. 172 с.

60. Іванюта С.П. Екологічна безпека регіонів України [Електронний ресурс] // Стратегічні пріоритети. – 2013. – № 3 (28). – с. 157-164. – Режим доступу: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=JRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/spa\\_2013\\_3\\_23.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=JRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/spa_2013_3_23.pdf). – Назва з екрану.

61. Іванюта С.П., Качинський А.В. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків. К.: НІСД. 2012. 308 с.

62. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення НС в Україні протягом I півріччя 2015 року [Електронний ресурс] // Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/orinfo/8262.html>. – Назва з екрану.

63. Касьяненко А.А. Современные методы оценки рисков в экологии. М.: Изд-во РУДН, 2008. 271 с.

64. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://old.niss.gov.ua/book /Kachin/2-7.htm#a1>.

65. Качинський А.Б. Розвиток проблеми ризику в Україні: теорія і практика / А.Б. Качинський. – К. : МАУП, 1997. – 164 с.

66. Клименко М.О., Зеленский И.И. Техноэкология. К.: ВЦ «Академія», 2011. 256 с.

67. Клименко М.О., Прищепя А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 360 с.

68. Ковальчук П.И., Лахно Е.С. Прогнозирование и оптимизация санитарного состояния окружающей среды. К. : Вища школа, 1988. 187 с.

69. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми: монографія / Під ред. В. Б. Мокіна. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, — 2005. — 315 с.

70. Концепція (основи державної політики) Національної безпеки України. Схвалена Постановою Верховної Ради України від 16 січня 1997 року №3/97-ВР.

71. Космос-Україні. Атлас тематично дешифрованих знімків території України з українсько-російського космічного апарата Океан-О та інших космічних апаратів./ Під редакцією В.ІФ. Лялька і О.Д. Федоровського. - К.: НКАУ, 2001.-106 с.

72. Костюченко Ю.В., Копачевський І.М., Соловйов Д.М., Ющенко М.В., Акименко П.О. Використання даних супутникових спостережень для оцінки регіональних гідролого-гідрологічних ризиків // Космічна наука і технологія. – 2011. Т.17. № 6. – С. 19—29.

73. Кохан С.С., Востоков А.Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи. К.: Вища школа, 2009. 511 с.

74. Красовский Г.Я., Петросов В.А. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды. Х.: ХАИ, 1999. 206 с.

75. Красовський Г.Я., Петросов В.А. Космічний моніторинг водних екосистем з використанням ГІС-технологій. – Київ: Український інститут досліджень навколишнього середовища і ресурсів, 2002. – 230с.

76. Лабудина И.А. Дешифрирование аерокосмических снимков. М.: Аспект Пресс, 2004. 184 с.

77. Левенко А.С., Волошин В.И., Шапарь А.Г. Оценка состояния природных коридоров между экологическими зонами и контроль биологического разнообразия территорий с использованием методов дистанционного зондирования Земли. Космічна наука і технологія. 2007. Т. 13, № 2. С. 8-17.

78. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений. Дистанционное зондирование и географические

информационные системы / под ред. А.М. Берлянта. М.: Научный мир, 2003. 168 с.

79. Лялько В., Сахацький О., Шпортюк З., Сибірцева О., Ходоровський А., Азімов О. “Зелений щит” проти радіонуклідів. Класифікація рослинного покриву зони відчуження ЧАЕС за даними багатозонального космічного знімання. Вісник НАН України, 2008, №4.С.23-28.

80. Ляшенко В.И., Дворецкий А.И., Ломакин П.И. Охрана окружающей среды в зоне природного и техногенного радиационного загрязнения. Днепропетровськ: Гамалія, 2007. 179 с.

81. Манойлов В.П., Омельчук В.В., Опанасюк В.В. Дистанційне зондирование Земли из космоса: научно-технические основы формирования и обработки видовой информации. Житомир: ЖДТУ, 2008. 384 с.

82. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. 319 с.

83. Мацнєв А.І., Проценко С.Б., Саблій Л. А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля.: Навч. посібник. – Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”, 2017. – 504 с.

84. Машков О.А. Нігородова С.А. Сучасні проблеми формування державної політики в галузі розробки еколого-економічної системи природо-користування та природоохоронної діяльності на основі теорії екологічних ризиків / «Проблеми екологічної безпеки» XVI міжнародна науково-технічна конференція: Матеріали конференції — Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2018 с.66.

85. Машков О.А., Васильев В.Э., Фролов В.Ф. Методы и технические средства экологического мониторинга / Научно-практический журнал «Екологічні науки», № 1/2014(5), К., ДЕА, 2014. – С.57-67.

86. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / тези доповідей III-ї науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми



та перспективи»12 -13 вересня 2019 року, с.71-72.

87. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Оцінка екологічних ризиків в системі управління екологічною безпекою регіону (на прикладі об'єктів водокористування) / Збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки», України, Кременчук, 2-4 жовтня 2019, с.143-146.

88. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Перспективні системи екологічного моніторингу довкілля з використанням аерокосмічних технологій та теорії функціональної стійкості екологічних систем / Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві: зб. тез доповідей і наук. повідомл. учасників III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 30 вересня 2019 р.) / за заг. ред. В.Л. Плєскач, В.Л. Міронова. – К.: Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка, 2019, с.111-116.

89. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, с. 201-206.

90. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія використання методів дистанційного зондування Землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25–27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2019, с.102.

91. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Міхеєв В.С. Розвиток теорії функціональної стійкості екологічних систем, як стійкості функціонала екологічної безпеки / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, с. 62-77.

92. Машков О.А., Качалин И.Г., Сеницкий Р.Н. Проектирование и разработка автоматизированной системы сбора и обработки геофизической информации / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці, Вип. 29, Київ, 2005, с.57-64.

93. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Застосування концепцій зворотних задач динаміки в мобільних комплексах екологічного моніторингу для стабілізації руху при виникненні нештатних ситуацій / Системи управління, навігації та зв'язку, №5 (57), 2019, с. 95-102.

94. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Напрями удосконалення технічних засобів інструментальних психофізіологічних досліджень для оцінки достовірності інформації / Інтелектуальна власність і право на шляху до сталого розвитку України: Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 19 квітня 2019 року).-К. ФОП Кандиба- с. 286-289.

95. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технології конструктивного спілкування пілота оператора дистанційно пілотованого літального апарату та системи підтримки прийняття рішень в умовах впливу стрес-факторів екстремальної екологічної ситуації / Авіаційна та екстремальна психологія у контексті технологічних досягнень: збірник наукових праць. – К. ТОВ «Альфа-ПК», 2019, с. 183–189.

96. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія синтезу системи керування дистанційно пілотованого літального апарата з заданими динамічними властивостями / Стандартизація, сертифікація, якість. – К.: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2019. – № 1 (113). – с. 54–66.

97. Машков О.А., Нігородова С.А. Методологічні аспекти впровадження аерокосмічних технологій для оцінки екологічних ризиків та загроз стану навколишнього середовища / тези доповідей II науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи», 4 жовтня 2018, Київ, с. 22.

98. Машков О.А., Триснюк В.М., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Курило А.В. Новий підхід до синтезу відновлюючого керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного

моніторингу / Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-техн. журнал / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ) – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, №1(19), - 2019, с. 69-78.

99. Машков О.А., Триснюк В.М., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Триснюк Т.В., Кащишин О.В. Технологія синтезу алгоритму керування для забезпечення стабілізації дистанційно пілотованого літального апарату для оперативно-програмованої траєкторії / Математичне моделювання в економіці: міжнародний науковий журнал / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, №1(14), січень-березень 2019, с. 33-47.

100. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Системне застосування методів дистанційного моніторингу екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 2(25), 2019, с. 28-39.

101. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Вишемирська С.В., Радецька С.В. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матеріали міжнар. наук. конф., с. залізний Порт, 21-25 травня 2019 р. – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2019. – с. 105-109.

102. Методичні рекомендації 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря, Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13.04.2007 № 184.

103. Михайлов В.Ф., Брагин И.В., Брагин С.И. Спутниковая аппаратура дистанционного зондирования Земли. М.: Вузовская книга, 2008. 340 с.

104. Моделювання геотехнічних систем: Монографія / Г.Г. Півняк, О.М. Шашенко, О.О. Сдвижкова, Б.С. Бусигін та ін.; За заг. ред. Г.Г. Півняка. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 252 с.

105. Мокін В. Б. Математичні моделі для контролю та управління якістю річкових вод: Монографія. / В. Б. Мокін. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 172 с.

106. Мокін В.Б., Крижановський Є.М. Геоінформаційні системи в екології / під ред. Крижановського Є.М. Вінниця: ВНТУ, 2014. 192 с.

107. Моніторинг довкілля [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін.]; під ред. В.М. Боголюбова. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.

108. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навчальний посібник /В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко. – К.: Вид-во Нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк», 2016. – 312 с.

109. Моніторинг та прогнозування стану агроресурсів засобами космічного зондування / О.І. Фурдичко, О.Г. Тараріко, О.В. Сиротинко [и др.]. Вісник аграрної науки. 2006. № 8 (640). С. 15-20.

110. Морозов В.В. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами. Херсон: Вид во ХДУ, 2006. 91 с.

111. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. – К. Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016., 547 с.

112. Негода О.О., Толубко В.Б., Мосов С.П. Зарубежные системы дистанционного зондирования Земли из космоса двойного назначения. История создания, принципы действия, применения и перспективы развития. К.: НАОУ, 2005. 246 с.

113. Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю. Дистанційні методи досліджень в екології. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007. 372 с.

114. Нігородова С.А. Технологія оцінювання екологічних загроз та ризиків навколишнього середовища з використанням аерокосмічних комплексів та експертних оцінок / Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції — Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу. – Львів : ЛДУБЖД, 2019, с. 113-114.

115. Нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із

стаціонарних джерел, затверджений Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 № 309.

116. Обробка результатів вимірювань параметрів навколишнього середовища: методичний посібник / А.П. Войцицький, А.П. Багмет, М.В. Зосимович, В.О. Зінченко. Житомир: ДАУ, 2004. - 87 с.

117. Огляд стану гармонізації законодавства України з вимогами права ЄС та Базовий план гармонізації законодавства України з правом ЄС (ДОВКІЛЛЯ), Київ, грудень 2011 [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/media/files/Overview.pdf>

118. ОНД 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.

119. Основи екології: навколишнє середовище і техногенний вплив [Скоробогатий Я.П., Ощиповський В.В., Василечко В.О., Кусковець С.Л.]. Львів: Новий світ, 2008. 221 с.

120. Основы экологии и природопользования [Дикань В.Л., Дейнека А.Г., Позднякова Л.А. и др.]. Х.: Олант, 2002, 382 с.

121. Патон Б.Є., Вавілова І.Б., Негода О.О., Яцків Я.С. Україна – космічна держава. Нові реалії 90-х років // Космічна наука і технологія. – 2001. – том 7. – №1. – С.79-90.

122. Півняк Г.Г., Шашенко О.М., Сдвижкова О.О., Бусигін Б.С. та ін. Моделювання геотехнічних систем / під ред. Г.Г. Підняка. Д.: Національний гірничий університет. 2009. 252 с.

123. Пічугін М.Ф., Машков О.А., Сащук І.М., Кирилюк В.А. Обробка геофізичних сигналів у сучасних автоматизованих комплексах, Житомир, вид.ЖВІРЕ, 2006, 176 с.

124. План дій "Україна - Європейський Союз" [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/994\\_693](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/994_693)

125. Погребенник В., Мельник М., Бойчук М. Екологічний моніторинг: концепції, принципи, системи / Вимірювальна техніка та метрологія, № 65, 2005, с 164-171.

126. Положення про Державний моніторинг навколишнього природного середовища. Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 23 вересня 1993 р . № 785.

127. Порядок визначення величин фонових концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, затверджений Наказом Мінекоресурсів України від 30.07.2001 № 286.

128. Порядок денний асоціації Україна - ЄС для підготовки та сприяння імплементації Угоди про асоціацію [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994\\_990](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_990)

129. Про затвердження Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів: Наказ Держкомстат України від 13.11.2008 р. № 452.

130. Про затвердження методичних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», Наказ МОЗ України 13.04.2007 № 184.

131. Рахманин Ю.А. Современные научные проблемы совершенствования методологии оценки риска здоровью населения / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, С.И. Иванов // Гигиена и санитария. – 2005. – No 2.– С. 7–10.

132. Рио-де-Жанейро, Бразилія, 20–22 юня 2012 года (прийняття Хартії Землі).

133. Розпорядження Кабінет у Міністрів України від 22 січня 2014 р. No 37-р Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%809>

134. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики / за заг. ред. О.О. Світличного. Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. 295 с.

135. Станкевич С.А., Козлова А.О. Особливості розрахунку індексу видового різноманіття за результатами статистичної класифікації аерокосмічних знімків // Ученые записки Таврического национального университета им.В.И. Вернадского, 2006.- Т.19(58).- С.144-150.

136. Стратегія Державної екологічної політики України на період до 2020 року / Міністерство екології та природних ресурсів України, К. 2012 р.

137. Таранюк. К. В. Методичні основи управління екологічними ризиками на регіональному рівні [Текст] / К. В. Таранюк // Механізм регулювання економіки. — 2012. — № 4. — С. 132-138.

138. Угода про партнерство та співробітництво між Україною і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами // Офіційний вісник України 29.06.2006. — №24. — С. 203.

139. Федоровский А.Д., Суханов К.Ю., Якимчук В.Г. К вопросу оценки космических снимков для дешифрирования природных ландшафтов. // Космична наука і технологія. - К.: НАНУ, 1999, т.5, №1. - с.24-31.

140. Хартія Землі – документ, що був представлений на Всесвітньому саміті зі збалансованого розвитку в Йоганнесбурзі у 2002 році і прийнятий ЮНЕСКО у 2003 р.

141. Шапарь А. Г. Аналитическая составляющая (база знаний) системы экологического мониторинга / А. Г. Шапарь, Н. А. Емец, А. Н. Бугор // Екологія і природокористування : Зб. наук. праць ІППЕ НАН України. – 2013. – Вип. 17. – С. 181 – 187.

142. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем. Х.: ХНАМГ, 2010. 313 с.

143. Шмаль А.Г. Факторы экологической опасности & экологические риски. Бронницы: МП «ИКЦ БНТВ», 2010. 191 с.

144. Яковлев В.В. Экологическая безопасность, оценка риска СПб.: СПбГПУ, 2007. 400 с.

145. Bondar A.I, Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Ecological threats, risks and environmental terrorism: system definition / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 2(25), 2019, с. 113-122.

146. Bondar A.I., Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Methodology of counteraction to environmental threats, risks and environmental terrorism: a system approach / Екологічні науки: науково-практичний журнал /

К.: ДЕА, 2019.-№ 1(24). Т.1, с. 5-17.

147. Boons Fr., Berens M. Stretching the boundary: the possibilities of flexibility as an organizational capability in industrial ecology//Business Strategy and the Environment. 2001. №10. P.115-124

148. Busygin B. Technology mapping of thermal anomalies in the city of Dnipropetrovs'k, Ukraine, with application of multispectral sensors / B. Busygin, I. Garkusha // Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems – Proceedings of the International Forum on Energy Efficiency. – CRC Press/Balkema, Taylor & Francis Group, London, UK, 2013. – P. 151-159. ISBN 978-1-138-00126-8.

149. Busygin B.S. Identification of thermal state of the donbas waste bank landscapes using earth remote sensing data / B.S. Busygin, K.L. Sergieieva // GeoInformatics 2012 – 11th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects. – Electronic data. – Kiev, 2012. – 4 p. – 1 electron. opt. disk (CD-ROM); 12 cm. – System requirements: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP; Acrobat Reader. – Title from container.

150. Earth Systems Change over Eastern Europe / Coeditors P. Groisman, V. Lyalko. K. : Akademiya periodyky, 2012. - 488 p.

151. Forman R. T. Urban Ecology: Science of Cities. Cambridge University Press, 2014. – 445 p.

152.[http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/2vze/zb\\_m/0029\\_zb\\_m\\_2VZE.pdf](http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/2vze/zb_m/0029_zb_m_2VZE.pdf)

153.<http://kursak.net/lekciya-2-monitoring-chs/http://www.ecoline.kiev.ua/articles/lidar/lidmua.html>

154. <http://mk-vodres.davr.gov.ua/node/1333>.

155. <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=249573705>

156. <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/438-2016-п>

157. <https://ukrris.com.ua/hydraulics/ports/item.php?ID=769>.

158. <https://urf.ua/ua/portyi>, транспортна компанія УКРРІЧФЛОТ).

159. [https://www.portnikolaev.com/ua/ecological\\_safety.html](https://www.portnikolaev.com/ua/ecological_safety.html).

160. Jensen J.R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource



Perspective / Jensen J.R. NJ.: Prentice Hall, 2000, 544 p.

161. Mashkov O., Zhukauskas S., Nigorodova S., Kosenko V. Innovative approaches of using the methods for remote sensing of the earth for monitoring the ecological-technical condition of water ecosystems / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 3(26), 2019, с. 115-125.

162. Mashkov O.A., Zhukauskas S.V., Nigorodova S.A. Technology of stabilization of complex technogenic system on operational programmable environmental trajectory in phase space / тези доповідей III-ї науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи» 12 - 13 вересня 2019 року, с.11-12.

163. McDonnell M. J., Hahs A. K., Breuste J. Ecology of Cities and Towns: A Comparative Approach. Oxford: Cambridge University Press, 2009. – 746 p.

164. Minami Michael. Using ArcMap : ArcGis edition / Minami Michael. ESRI : Redlands, USA, 2001. 544 p.

165. Munn R. E. Global Environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCOPE, rep. 3. – 130 p.

166. Niemela J, Breuste J.H., Guntenspergen G., McIntyre N.E., Elmqvist Th., James P. Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications Reprint Edition. Oxford University Press, Oxford, UK, 2011. – p. 367.

167. Nigorodova S.A. Problematic issues of information and environmental safety / Матеріали науково-технічної конференції «Інноваційні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу», Київ, 24-25 квітня 2018, с. 37-38.

170. Pickett S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove J. M., Nilon C.H., Hjuvat R.V., Zipperer W.C., Costanza R. Urban Ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas // Annual Review of Ecology and Systematics. – 2001. – 32. – p. 127-57.

171. Simulation of Dynamics of Processes of Water Biological Purification with Account of their Serial-Concurrent Interrelation in the Aquatic Systems / V. B. Mokin // Hydrobiological journal. – United States – 2012 p. – № 4. – P. 100-107.

172. Using ArcGIS Spatial Analyst ESRI : Redlands, USA, 2002. 232 p.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях

1. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія синтезу системи керування дистанційно пілотованого літального апарата з заданими динамічними властивостями / Стандартизація, сертифікація, якість. – К.: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2019. – № 1 (113). – с. 54–66.
2. Bondar A.I., Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Methodology of counteraction to environmental threats, risks and environmental terrorism: a system approach Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.- № 1(24). Т.1, pp. 5-17.
3. Машков О.А., Триснюк В.М., МамчурЮ.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Курило А.В. Новий підхід до синтезу відновлюючого керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу / Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-техн. журнал / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ) – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, №1(19), - 2019, с.69-78.
4. Машков О.А., ТриснюкВ.М., МамчурЮ.В., ЖукаускасС.В., Нігородова С.А., ТриснюкТ.В., КащишинО.В. Технологія синтезу алгоритму керування для забезпечення стабілізації дистанційно пілотованого літального апарату для оперативно-програмованої траєкторії / Математичне моделювання в економіці: міжнародний науковийжурнал / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, №1(14), січень-березень 2019, с.33-47.
5. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Системне застосування методів дистанційного моніторингу екологічного та технічного

стану водних техноекосистем / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 2(25), 2019, с. 28-39.

6. Bondar A.I, Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Ecological threats, risks and environmental terrorism: system definition / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 2(25), 2019, pp. 113-122.

7. Mashkov O., Zhukauskas S., Nigorodova S., Kosenko V. Innovative approaches of using the methods for remote sensing of the earth for monitoring the ecological-technical condition of water ecosystems / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 3(26), 2019, pp. 115-125.

8. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Міхеєв В.С. Розвиток теорії функціональної стійкості екологічних систем, як стійкості функціонала екологічної безпеки / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, pp. 62-77.

9. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, pp. 201-206. 18

10. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Застосування концепцій зворотних задач динаміки в мобільних комплексах екологічного моніторингу для стабілізації руху при виникненні нештатних ситуацій / Системи управління, навігації та зв'язку, №5 (57), 2019, с.95-102.

11. Olga Krzyżanowska, Olena Wołochowa, Marina Diaczenko, Olena Kozak, Switłana Nihorodowa, Walentyna Kyryczenko. Działalność ekologiczno-edukacyjna i wychowawcza Parku Narodowego „Hołosijowski” we współpracy z Siecią Partnerską „Edukacja dla zrównoważonego rozwoju w Ukrainie” /Poradnik ekologiczny. Eko i My. №3 (267) Szczecin, 2019.

12. Mashkov O.A., Mikheev V.S., Nigorodova S.A., Zhukauskas S.V. System support of ecological security of the ecosystem by creating a system of tips for making informational ecological decisions / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К., ДЕА, 2020.-№ 2(29), 2020, с. 133-142.

13. Бондар О.І., Машков О.А., Міхеєв В.С., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія побудови автоматизованої системи екологічного моніторингу з використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2020.-№ 4(31), 2020, с.11-19.

14. Колективна монографія «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (За науковою редакцією доктора технічних наук, професора Мальованого Мирослава Степановича), опублікована за результатами 6-го Міжнародного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», Бондар О.І., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Оцінка ефективності застосування системи екологічного моніторингу з використанням методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем, ЛьвівТЗОВ «ЗУКЦ»2020, с.47-68.

#### **Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

15. Nigorodova S.A. Problematic issues of information and environmental safety / Матеріали науково-технічної конференції «Інноваційні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу», Київ, 24-25 квітня 2018, с. 37-38. 16. Машков О.А., Нігородова С.А. Сучасні проблеми формування державної політики в галузі розробки еколого-економічної системи природо-користування та природоохоронної діяльності на основі теорії екологічних ризиків / «Проблеми екологічної безпеки» XVI міжнародна науково-технічна конференція: Матеріали конференції – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2018 с.66.

17. Машков О.А., Нігородова С.А. Методологічні аспекти впровадження аерокосмічних технологій для оцінки екологічних ризиків та загроз стану навколишнього середовища / тези доповідей II науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи», 4 жовтня 2018, Київ, с. 22.

18. Потоцька С.О., Козак О.М., Нігородова С.А., Кириченко В.М., Дяченко М.О., Крижановська О.Т., Волохова О.В., Позіхайло А.Ю. Екологічні ризики та загрози / 19 II Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми екології та еволюції екосистем в умовах трансформованого середовища», Чернігів, Деснянське, 11-12 жовтня 2018 р., с. 347-355.

19. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технології конструктивного спілкування пілота оператора дистанційно пілотованого літального апарату та системи підтримки прийняття рішень в умовах впливу стрес-факторів екстремальної екологічної ситуації / Авіаційна та екстремальна психологія у контексті технологічних досягнень: збірник наукових праць. – К. ТОВ «Альфа-ПК», 2019, с. 183–189.

20. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Напрями удосконалення технічних засобів інструментальних психофізіологічних досліджень для оцінки достовірності інформації / Інтелектуальна власність і право на шляху до сталого розвитку України: Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 19 квітня 2019 року).-К. ФОП Кандиба-с. 286-289.

21. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Вишемирська С.В., Радецька С.В. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матеріали міжнар. наук. конф., с. Залізний Порт, 21-25 травня 2019 р. – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2019. – с. 105-109.

22. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Інноваційний підхід щодо інтеграції освіти, науки та бізнесу в галузі екології: створення Академії наук природокористування України / Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: літні диспути: тези доп. I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 1-2 серпня 2019 р. – Дніпро, 2019, с. 57-68.

23. Mashkov O.A., Zhukauskas S.V., Nigorodova S.A. Technology of stabilization of complex technogenic system on operational programmable environmental trajectory in phase space / тези доповідей III-ї науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи» 12 - 13 вересня 2019 року, с.11-12.

24. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / тези доповідей III-ї науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи» 12 -13 вересня 2019 року, с.71-72.

25. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія використання методів дистанційного зондування Землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25–27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2019, с.102.

26. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Оцінка можливості використання космічних апаратів для проведення екологічного моніторингу / 20 VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25–27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2019, с.103.

27. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Перспективні системи екологічного моніторингу довкілля з використанням аерокосмічних технологій та теорії функціональної стійкості екологічних систем / Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві: зб. тез доповідей і наук. повідомл. учасників III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 30 вересня 2019 р.) / за заг. ред. В.Л. Плєскач, В.Л. Міронова. – К.: Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка, 2019, с.111-116.

28. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Сучасний рух науки: форми можливих наукових результатів у галузі захисту довкілля /

Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.1., С. 183-196.

29. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Оцінка екологічних ризиків в системі управління екологічною безпекою регіону (на прикладі об'єктів водокористування) / Збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки», України, Кременчук, 2-4 жовтня 2019, с.143-146.

30. Нігородова С.А. Технологія оцінювання екологічних загроз та ризиків навколишнього середовища з використанням аерокосмічних комплексів та експертних оцінок / Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції — Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу. – Львів : ЛДУБЖД, 2019, с. 113-114.

31. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використання аерокосмічних технологій / Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки», Україна, Кременчук, 06-08 жовтня 2020, с. 73-79.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Ректор Державної екологічної академії  
підлядипломної освіти та управління  
доктор біологічних наук, професор,  
член-кор. НААН України

О.І.Бондар

» грудня 2018 р.

**АКТ  
впровадження результатів дисертаційних досліджень  
Нігородової Світлани Анатоліївни**

Комісія у складі: голови комісії – проректор з наукової роботи доктор технічних наук, професор Машков О.А. та члени комісії: завідувач кафедри екологічного моніторингу геоінформаційних та аерокосмічних технологій, доктор технічних наук, професор Пашков Д.П. та професор кафедри екологічного моніторингу геоінформаційних та аерокосмічних технологій доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Ващенко В.М., склали акт про впровадження результатів наукових досліджень на основі розглянутих матеріалів дисертаційної роботи Нігородової Світлани Анатоліївни, а саме:

науково обґрунтовано та розроблено методику здійснення екологічного оцінювання довкілля для прогнозування екологічних загроз та ризиків, яка з використанням системного підходу дозволяє здійснювати ідентифікацію загроз техногенній і природній безпеці регіонів та визначити комплексні показники потенційної небезпеки регіонів щодо техногенних і природних надзвичайних ситуацій;

науково обґрунтовано та запропоновано методику управління екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу, яка з урахуванням норм екологічних ризиків та запропонованих механізмів регулювання екологічною безпекою дозволяє оптимізувати управлінські рішення щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям;

розроблено методику оцінювання ризику ураження населення небезпечними речовинами при аваріях на об'єктах підвищеної небезпеки шляхом застосування аерокосмічних технологій, що дозволяє врахувати комплексний вплив атмосферних умов, характеристик викидів, алгоритм розрахунку потенційного територіального ризику ураження населення, програмно реалізовану методику прогнозування;

запропоновано технологію оцінки ефективності щодо створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів шляхом комплексного застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля та регіональних підсистем мережевих технологій;

удосконалено методику планування заходів забезпечення екологічної

**Додаток Б**

безпеки в системі екологічного моніторингу, в якій на відміну від відомих, с використання теорії управління складними системами, визначає механізми розподілу ресурсів у соціально- економічних системах та створення плану заходів забезпечення екологічної безпеки.

Результати дисертаційних досліджень увійшли до звітів науково-дослідних робіт: «Дослідження антропогенних джерел електромагнітного випромінювання НЦУВКЗ та їх впливу на екосистеми» (0118U006675); «Розробка методики застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки стану навколишнього середовища» (0118U005460); «Розробка нормативно-методичного документа – рубрикатора завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС» (0118U005461); «Розробка проекту автоматизованої системи моніторингу довкілля Київської області» (0117U007076); «Проведення оцінки та вивчення еколого-техногенного стану Донецької та Луганської областей з метою розробки рекомендацій щодо природно-ресурсного відновлення на екологічних засадах» (0117U006967).

Матеріали роботи використані у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України для навчання слухачів та при підготовці інформаційно-аналітичних матеріалів та підготовки Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році (Веб-сайт Представництва ЄС: [http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/index\\_uk.htm](http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/index_uk.htm) ; сторінка Представництва ЄС у Facebook: <http://www.facebook.com/EUDelegationUkraine> ). Розділ «15. Державне управління у сфері охорони навколишнього природного середовища», підрозділи: 15.2. Удосконалення системи управління та нормативно-правового регулювання у сфері охорони довкілля та екологічної безпеки; 15.13. Екологічна освіта та інформування при реалізації Стратегії Державної екологічної політики на період до 2020 року.

Дисертаційні дослідження Нігородової Світлани Анатоліївни мають важливе значення для науки і технічних розробок, тому рекомендуємо продовжити дослідження в даному напрямку.

Економічний ефект від впровадження не розраховувався, у зв'язку з науковим призначенням результатів.


Акт складено для представлення в спеціалізовану вчену раду та не є основою для виплати винагороди за впровадження та інших авторських винагород.

Голова комісії:

доктор технічних наук, професор  О.А. Машков

Члени комісії:

доктор технічних наук, професор  Д.П. Пашков

доктор фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник  В.М. Ващенко





# ГЕОТЕХНОЛОГІЯ

**Науково-виробнича впроваджувальна фірма**

02098, Україна, Київ-98, вул. Дніпровська набережна, 7, к.23.  
Тел./факс +38 044553-95-74; тел. +38 044553-01-79; моб. тел.  
+38 066 616 79 27 E-mail: geotech-m@mail.ru

## АКТ

### впровадження результатів дисертаційних досліджень Нігородової Світлани Анатоліївни

Засвідчуємо, що результати наукових досліджень на основі матеріалів дисертаційної роботи Нігородової Світлани Анатоліївни впроваджені у Науково-Виробничої Впроваджувальної Фірми «ГЕОТЕХНОЛОГІЯ».

Запропоновані методики, моделі, алгоритми, дозволили підвищити ефективність навчання операторів апаратури дистанційного керування вертикальної аеродинамічної енерговітроустановка ВАДЭУ-Інтегратор Природных Энергий ИПЭ «СМЕРЧ», та оператора при ліквідації аварій вибухо-імпульсними технологіями. Переваги впровадження результатів дисертаційних досліджень наступні:

Запропонована методика оцінювання ризику ураження населення небезпечними речовинами при аваріях на об'єктах підвищеної небезпеки шляхом застосування аерокосмічних технологій дозволяє врахувати комплексний вплив атмосферних умов, характеристик викидів, алгоритм розрахунку потенційного територіального ризику ураження населення, програмно реалізовану методику прогнозування;

- технологія оцінки ефективності щодо створення та застосування систем екологічного моніторингу природних та техногенне небезпечних об'єктів дозволяє комплексне застосування геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля та регіональних підсистем мережевих технологій.

В роботі запропоновано методи, моделі, алгоритми, що дозволяють підвищення ефективності оцінювання екологічних загроз та ризиків регіонів за рахунок комплексного застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок, застосувати методику управління екологічною безпекою за допомогою системи екологічного моніторингу, яка з урахуванням норм екологічних ризиків та запропонованих механізмів регулювання екологічною безпекою дозволяє оптимізувати управлінські рішення щодо запобігання екологічним аваріям і надзвичайним екологічним ситуаціям. Дисертаційні дослідження Нігородової Світлани Анатоліївни мають важливе значення для науки і технічних розробок. Доцільне рекомендувати а продовжити дослідження в даному напрямку.

Економічний ефект від впровадження не розраховувався, у зв'язку з науковим призначенням результатів.

Акт складено для представлення в спеціалізовану вчену раду та не є основою для виплати винагороди за впровадження та інших авторських винагород.

**Член Комітету з питань промислового партнерства та  
науково-виробничої кооперації  
Торгово-промислової палати України,  
Генеральний директор**

Мухін Є.А.



20.12.2018р.

## Додаток В

## ТЕМАТИЧНИЙ РУБРИКАТОР ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАВДАНЬ

Таблиця В.1

Рубрикатор екологічних завдань для оцінювання стану навколишнього природного середовища, природних ресурсів та антропогенного впливу з використанням космічних систем ДЗЗ

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
<b>А. ГЕОЛОГІЯ І РЕСУРСИ НАДР (в т.ч. підземні води)</b>			1.
<b>А1. СТРУКТУРНА ГЕОЛОГІЯ</b>			1.1.
1.	Трансрегіональні диз'юнктиви.	Виявлення трансрегіональних лінеаментів, розривних порушень	1.1.1.1
		Виявлення зон планетарної тріщинності	1.1.1.2
		Виявлення кільцевих структур різних рангів і типів(мега-, макро- мезоструктури, полігенні, моногенні тощо).	1.1.1.3
2.	Структурно формаційні підрозділи.	Уточнення структурного каркасу території, у тому числі виділення тектонічних блоків різного ступеню переробки (внаслідок кливажування, розсланцювання, зім'яття в складки тощо).	1.1.2.1
		Виявлення структур, уточнення контурів виявлених структур і зон різних	1.1.2.2

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		типів (синклинорії, антиклинорії, мікситові, сутурні комплекси тощо).	
3.	Регіональні диз'юнктиви.	Виявлення регіональних лінеаментів, розривних порушень різних видів та елементів їх будови.	1.1.3.1
		Виявлення ареалів різних типів тріщинності (паралельні, радіальні, віялоподібні, концентричні, конусоподібні та ін.).	1.1.3.2
4.	Неотектонні (сучасні ендогенні процеси).	Виявлення зон новітньої ендегенної активності і динаміки зміни параметрів теплових аномалій (рифтові, сейсмогенні та ін.).	1.1.4.1
		Виявлення ділянок локальних структур, активних в новітній час (дрібних розривів, тріщинності, структур просідання, зміщення, активізації вулканів та їх елементів, фумарол та ін.).	1.1.4.2
5.	Складчасті комплекси (зони) і структури.	Виявлення і уточнення меж регіональних структур різних типів (лінійно-складчасті, покровноскладчасті, зім'яло, меланжеві, міжбрилові дислокації, вали і тому подібне), для відкритих територій, розшифровка їх внутрішньої будови.	1.1.5.1
		Виявлення і уточнення меж великих складок і структур (синкліналі, антиклиналі, брахіструктури, горст-антиклиналі, горст-синклиналі,	1.1.5.2

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		граніто-гнейсові куполи, вали і тому подібне), для відкритих територій, розшифровка їх внутрішньої будови.	
6.	Локальні структурні елементи.	Виділення розривів локального класу : дрібні оперяючі розломи, елементи динамопар, ділянки тріщинності, катаклаза, зв'язані з диз'юнктивами та ін.	1.1.6.1
		Виділення дрібних складок і їх груп, замкових частин великих складок, структурних носів, диапиров лінійних і куполовидних, соляних куполів та ін.	1.1.6.2
<b>A2. ПОРОДНІ КОМПЛЕКСИ</b>			1.2.
1.	Стратифіковані утворення.	Виділення і уточнення контурів стратифікованих утворень (товщі, комплекси, пачки та ін.).	1.2.1.1
		Дослідження по протяжності мар керуючих (опорних) горизонтів, шарів серед однорідних порід.	1.2.1.2
2.	Магматичні утворення.	Виділення регіональних площ розвитку інтрузивних утворень (інтруз. комплекси, батоліти, штоки, поліхронні масиви та ін.), дослідження їх меж.	1.2.2.1
		Виділення регіональних площ розвитку вулканічних утворень(вулк.	1.2.2.2

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		комплекси, складно побудовані лавові, туфові і лахарові поля, вулканоплутони, стратовулкани, кальдеро-вулкани, моногенні вулкани, щитові будови та ін.), дослідження їх меж.	
		Виділення локальних площ розвитку інтрузивних утворень (фазні тіла, акмоліти, бісмаліти, інтрузивні куполи, конічні поклади, лаколіти, лополіти, штоки та ін.), виявлення їх внутрішньої будови, в межах відкритих територій дослідження меж, отримання інформації про речовий склад геологічних тіл.	1.2.2.3
		Виділення площ розвитку нестратифікованих вулканічних утворень (вулк. підкомплекси, лавові і туфові покриви, каскади, маари, вулканічні конуси, куполи, діатреми, сілли, сомми, великі екструзиви та ін.), на відкритих територіях, виявлення їх внутрішньої будови, дослідження контурів.	1.2.2.4
		Виділення малих інтрузій, лінійно витягнутих малих інтрузій неправильної форми та ін.), оконтурювання їх полів і штокверкових жильних зон.	1.2.2.5
		Виділення локальних вулканічних і палеовулканічних тіл (лавові і	1.2.2.6

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		лахарові потоки, паразитичні кратери, жерловини, вулканічні голки, некки, екструзиви, трубки вибуху, туфові і туффізитові дайки та ін.), дослідження їх меж і по протяжності.	
3.	Метаморфічні утворення.	Виділення площ розвитку метаморфічних утворень (метаморфічні і метасоматичні підкомплекси, ділянки, зони приконтартових, приразломних метасоматичних порід та ін.), для відкритих територій, виявлення елементів їх внутрішньої будови, дослідження меж.	1.2.3.1
4.	N - Q освіти.	Дешифрування N - Q відкладень, визначення їх генетичних типів, співвідношень, форм речового складу.	1.2.4.1
5.	Похоронені утворення.	Виявлення і геометризація похоронених (що неглибоко залягають) частин геологічних тіл і тектонічних порушень.	1.2.5.1
<b>А3. МІНЕРАГЕНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>			1.3.
1.	Мінерагенічне районування.	Уточнення меж мінерагенічних підрозділів (мінерагенічних зон, поясів, басейнів тощо).	1.3.1.1
		Уточнення меж мінерагенічних підрозділів (рудоносних районів, площ, вузлів, полів тощо), для відкритих територій виявлення елементів внутрішньої будови.	1.3.1.2



№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		Уточнення меж структур, з якими пов'язані родовища вугілля, нафти, газу,(стратиформного та ін. генетичних типів), для відкритих територій виявлення елементів їх внутрішньої будови.	1.3.1.3
2.	Рудоконтрольовані структури та комплекси.	Отримання додаткових критеріїв для уточнення закономірностей розміщення корисних копалин, локалізації потенційно рудоносних об'єктів, перспективних ділянок (рудоконтролюючих розломів, їх зчленувань, перетинів, зон дроблення, тріщинності, складок і їх замкових частин, сприятливих породних комплексів тощо).	1.3.2.1
<b>А4. ГІДРОГЕОЛОГІЯ</b>			1.4.
1.	Гідрогеологічне районування.	Гідрогеологічне районування по межах породних комплексів, вододілах, потоках і тому подібне (гідрогеол. регіони, райони, басейни 3 і 4 порядків та ін.).	1.4.1.1
		Уточнення меж водогосподарських підрозділів (водогосп. регіони, райони, басейни 1 і 2 порядки і тому подібне).	1.4.1.2
2.	Природні ресурси підземних вод (ПРПВ).	Уточнення меж територій оцінки ПРПВ (стокові басейни в межах артезіанських басейнів, структурно-літологічні бар'єри та ін.).	1.4.2.1
		Виявлення непрямих ознак і виявлення ділянок місця розташування	1.4.2.2

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		грунтових вод, оконтурювання водоносних шарів.	
		Виявлення ділянок розвантаження (розкриття) ґрунтових вод на поверхні.	1.4.2.3
<b>A5. ГЕОМОРФЛОГІЯ І СУЧАСНІ РЕЛЬЄФОУТВОРЮЮЧІ ПРОЦЕСИ</b>			1.5.
1.	Генетичні категорії рельєфу.	Визначення генетичного типу рельєфу для території (водної ерозії, абразії і акумуляції, водно-льодовиковій ерозії і акумуляції; вітрової ерозії і акумуляції; вулканічної діяльності і їх різновиду) .	1.5.1.1
		Виділення схилів і визначення їх генезису (обвальні-осипні, зсувні, соліфлюкційні, делювіальні, ерозійні, алювіально-терасні, тектонічні, поверхні лавових потоків та ін.).	1.5.1.2
2.	Морфографічні категорії рельєфу.	Визначення морфографічної категорії рельєфу території (рівнинний, горбистий, гірський).	1.5.2.1
		Визначення морфографічного типу рельєфу (хвилястий, горбистий, гривистий, западинний, балочний, яр, предгірний, високогірний та ін.).	1.5.2.2
		Визначення морфографічного типу схилу (опуклий, ввігнутий та ін.).	1.5.2.3
		Визначення морфографічного типу річкової долини (U-подібна, V-подібна, така, що терасує, безрусельно-деллева та ін.).	1.5.2.4
3.	Морфометричні	Визначення морфометричного типу рельєфу по густині розчленовування.	1.5.3.1

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
	категорії рельєфу.	Виділення територій з різним типом розчленування (структурно-денудація, структурно-ерозійне та ін.).	1.5.3.2
Виділення морфометричного типу рельєфу по глибині розчленування.		1.5.3.3	
Виявлення ділянок аномальних ухилів подовжнього профілю тальвегів-потоків.		1.5.3.4	
4.	Форми рельєфу.	Виділення елементів, що обмежують форми рельєфу (схил, вершина, брівка, сідловина, уступ, вододіл, тиловий шов та ін.).	1.5.4.1
5.	Карстово-суффізійні процеси і просадки ґрунту.	Виділення ділянок виходу на поверхню порід, що карстуються.	1.5.5.1
		Виявлення форм прояву карстово-суффізійних процесів.	1.5.5.2
		Виділення масивів з проявом карстово-суффізійних процесів.	1.5.5.3
		Визначення типів малюнків, густини і характерних розмірів карстових і суффізійних депресій в межах масиву, що виділяється.	1.5.5.4
		Виявлення зв'язаності форм прояву карстово-суффізійних процесів з елементами ерозійної мережі.	1.5.5.5
		Визначення стадії розвитку форм прояву карстово-суффізійних процесів і виділення усередині виділеного масиву ділянок поширення форм прояву карстово-суффізійних процесів, що знаходяться на різних стадіях	1.5.5.6

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		розвитку.	
		Визначення дій що посилюють розвиток карстово-суффозійних процесів.	1.5.5.7
6.	Геокріологічні явища.	Виділення термокарстових озерних масивів, аласів і хасирів, визначення щільності форм і їх характерного малюнка.	1.5.6.1
		Виділення ділянок схилів з розвитком процесів солефлюкції.	1.5.6.2
		Виділення курумних полів.	1.5.6.3
		Виявлення таликів.	1.5.6.4
		Визначення стадії розвитку кріогенних процесів і виділення масивів поширення форм прояву кріогенних процесів, що знаходяться на різних стадіях розвитку.	1.5.6.5
		Виявлення і типізація ділянок прогресуючої деградації ММП.	1.5.6.6
		Визначення чинників, стимулюючих розвиток кріогенних процесів.	1.5.6.7
7.	Ерозійні процеси.	Виявлення масивів з проявом площинного змиву.	1.5.7.1
		Виявлення ярів.	1.5.7.2
		Визначення масивів, схильних до процесів яро утворення.	1.5.7.3
		Визначення характерного малюнка, розмірів, густини форм прояву процесів лінійної і площинної ерозії.	1.5.7.4

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		Виявлення зв'язаності форм прояву лінійної ерозії із структурно-тектонічною будовою.	1.5.7.5
		Виділення ділянок берегів потоків, що активно руйнуються.	1.5.7.6
		Визначення чинників стимулюючих розвиток ерозійних процесів.	1.5.7.7
		Визначення стадії розвитку форм (окремих частин форм) прояву ерозійних процесів і виділення ділянок поширення ерозійних процесів, що знаходяться на різних стадіях розвитку.	1.5.7.8
8.	Процеси переформовування берегової зони озер і водосховищ.	Виявлення типів абразійних форм (кліфи, бенчі, укоси, кекури, абразійні дуги та ін.).	1.5.8.1
		Виявлення ділянок узбережжя з проявом термоабразійних процесів.	1.5.8.2
		Виділення типів акумулятивних берегів і форм берегової акумуляції.	1.5.8.3
		Визначення форм берегової акумуляції (тераси і пляжі, коси, перейми, томболо, пересипи, пляжі, лагуни, мілини і осушення літоралі).	1.5.8.4
		Виділення ділянок формування потоків наносів.	1.5.8.5
		Визначення міри активності руйнування берегів і виділення ділянок з різною мірою активності процесів руйнування берегів.	1.5.8.6
		Визначення режиму берегової акумуляції (інтенсивність і сезонність	1.5.8.7

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		побережного і поперечного переміщення наносів і річкового твердого стоку).	
9.	Гравітаційні процеси.	Виділення ділянок схилів із зсувними деформаціями.	1.5.9.1
		Виділення осипів і обвалів.	1.5.9.2
		Виділення делювіально-пролювіальних конусів винесення.	1.5.9.3
		Визначення стадії розвитку форми прояву і її елементів.	1.5.9.4
		Виділення масивів з проявом гравітаційних процесів і виділення ділянок усередині виділеного масиву з формами, що знаходяться на різних стадіях розвитку.	1.5.9.5
10.	Еолові процеси.	Виявлення піщаних масивів.	1.5.10.1
		Визначення типів і внутрішньої структури піщаних масивів.	1.5.10.2
		Визначення міри закріпленої піщаних масивів рослинним покривом.	1.5.10.3
		Виявлення вогнищ прояву дефляції і визначення дій що посилюють її розвиток.	1.5.10.4
11.	Болота і заболочені території.	Виділення великих болотяних масивів.	1.5.11.1
		Визначення типу болотяних масивів – ефтрофні (низинні), мезотроні (перехідні) і оліготрофні (верхові).	1.5.11.2

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		Виділення внутрішньої структури елементів болотяного масиву - гряди, мочарини, озера, потоки, топи та ін.	1.5.11.3
		Визначення стадії розвитку болота (потужність торф'яної товщі).	1.5.11.4
		Визначення характеру водного живлення болота.	1.5.11.5
		Розпізнавання шляхів руху води у болоті.	1.5.11.6
<b>Б. ГІДРОЛОГІЯ І ПОВЕРХНЕВІ ВОДНІ РЕСУРСИ</b>			2.
<b>Б1. ГІДРОЛОГІЯ СУШІ</b>			2.1.
1.	Гідрографія річок.	Виділення річкової мережі.	2.1.1.1
		Визначення характерного малюнка річкової мережі.	2.1.1.2
		Виділення улоговин стоку і лощин.	2.1.1.3
		Виділення річкової долини та її елементів (бровка схил, дно, заплава тераси та ін.).	2.1.1.4
		Виділення вододілів річкових систем (оконтурювання річкових басейнів).	2.1.1.5
		Визначення типу річки по джерелу живлення.	2.1.1.6
		Виділення і типізація пригирлових ділянок (дельта, естуарій) та його елементів.	2.1.1.7
		Виявлення сліпих гирл річок (висячих дельт).	2.1.1.8

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
2.	Гідрографія озер.	Виділення озер.	2.1.2.1
		Визначення типу озера за характером водообміну (стічні, безстічні, проточні, тимчасово стічні та ін.).	2.1.2.2
		Визначення генетичного типу озерної улоговини.	2.1.2.3
		Розрізнення прісних і мінеральних (солоних) озер .	2.1.2.4
		Визначення типу мінеральних озер (самосадові, сухі та ін.).	2.1.2.5
		Виявлення основних частин озер і водосховищ і їх елементів (береговий схил, узбережжя, берегова мілина).	2.1.2.6
		Визначення лінії урізання води озер та водосховищ.	2.1.2.7
		Виділення прибережної рослинності і визначення міри заростання і ступеню заростання озер і водосховищ.	2.1.2.8
		Виявлення цвітіння озер і водосховищ.	2.1.2.9
3.	Руслові процеси річок.	Виявлення елементів будови заплав великих річок(закрути, меандри, фурки, стариці та ін.).	2.1.3.1
		Виділення і типізація русла річки, ті, що фуркиють, міандриують та ін.).	2.1.3.2
		Визначення типу міандрування русла.	2.1.3.3
		Виявлення і типізація великих руслових форм і їх елементів(гряди,	2.1.3.4



№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		перекати, плеса, затони та ін.).	
		Виявлення структури молодих заплавних утворень (острови, мілини, коси, відмостки, бичевники та ін.).	2.1.3.5
		Визначення типу руслового процесу.	2.1.3.6
		Визначення розподілу каламутності по руслу річки.	2.1.3.7
		Виявлення суспензії твердого стоку річок в гирло річок та її розподіл.	2.1.3.8
4.	Гідрометрія річок і озер.	Визначення коефіцієнта звивистості річки.	2.1.4.1
		Визначення густини річкової мережі.	2.1.4.2
		Визначення довжини і порізаності берегової лінії озер і водосховищ.	2.1.4.3
		Визначення температури водної поверхні великих водойм.	2.1.4.4
5.	Оцінка льодової обстановки морів, озер, річок і водосховищ.	Встановлення віку льодів і визначення вікового складу льодів в зоні.	2.1.5.1
		Виявлення початкових видів льодів.	2.1.5.2
		Виявлення форм нерухомого льоду (припай, підошва припая, лід на березі, стамуха та ін.).	2.1.5.3
		Виявлення і оцінка просторів чистої води серед льоду (розводдя, ополонка, промоїна та ін.)	2.1.5.4
		Виявлення і оцінка льодів (льодовитість, згуртованість та ін.), що	2.1.5.5

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		дрейфують.	
		Визначення характеристик крижаної поверхні (торостистість, засніженість, забрудненість льоду та ін.).	2.1.5.6
		Оцінка стадії танення льодів.	2.1.5.7
		Виявлення нерівномірності сходу льоду на річках (розкриття).	2.1.5.8
		Виявлення льодових заторів на річках, ділянок русла з течією води поверх льоду та ін.	2.1.5.9
6.	Паводки і повені.	Виявлення меж затоплених територій.	2.1.6.1
		Виявлення меж зон затоплення.	2.1.6.2
		Виявлення причин затоплення заплави (льодових заторів, заломів та ін.).	2.1.6.3
7.	Сніговий покрив.	Виявлення меж областей стійкого снігового покриву.	2.1.7.1
		Визначення стану снігу.	2.1.7.2
		Виявлення межі сходу снігового покриву.	2.1.7.3
8.	Льодовики.	Виявлення і типізація льодовиків.	2.1.8.1
		Виявлення області живлення і стоку льодовика.	2.1.8.2
		Виявлення поверхневих і бічних морен льодовика.	2.1.8.3
<b>В. ЛІСОВІ РЕСУРСИ І РОСЛИННИЙ ПОКРИВ</b>			3.

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
<b>ВІ. ГЕОБОТАНІКА</b>			3.1.
1.	Ліси.	Типізація лісових співтовариств.	3.1.1.1
2.	Степи.	Виділення і типізація ділянок із степовою рослинністю.	3.1.2.1
3.	Степові пожежі.	Оперативне спостереження за степовими пожежами.	3.1.3.1
		Визначення міри і швидкості відновлення степового рослинного покриву.	3.1.3.2
4.	Лугова рослинність.	Виділення і типізація лугових заплавлених терас.	3.1.4.1
		Виділення і типізація лугових гольців і підгольців.	3.1.4.2
5.	Болотяна рослинність.	Виділення і типізація рослинності заболочених днищ річкових долин.	3.1.5.1
		Виділення і типізація рослинності верхових боліт.	3.1.5.2
		Виділення і типізація рослинності боліт в кріолітозоні.	3.1.5.2
6.	Кущі.	Виділення і типізація кущів.	3.1.6.1
		Виділення ділянок з кедровим стлаником.	3.1.6.2
7.	Рослинність гір.	Виділення і типізація рослинності гірської флори.	3.1.7.1
		Виділення і типізація рослинності полонинної флори.	3.1.7.2
8.	Сезонні зміни рослинного покриву.	Визначення індексів вегетації рослинного покриву.	3.1.8.1

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
<b>В2. ЛІСОВІ РЕСУРСИ</b>			3.2.
1.	Запаси лісу.	Визначення меж лісів і лісистості територій.	3.2.1.1
		Оцінка порідного складу деревостою.	3.2.1.2
		Оцінка зімкнутої запони.	3.2.1.3
		Виділення масивів старих лісів.	3.2.1.4
		Оцінка вікової структури і продуктивності лісів.	3.2.1.5
		Виділення масивів рідколісся, вітровалу.	3.2.1.6
		Виявлення вогнищ розвитку ентомопаталогій (для великих вогнищ).	3.2.1.7
2.	Лісові пожежі і посляпожежна інвентаризація лісу.	Оцінка пожежонебезпеки лісів.	3.2.2.1
		Визначення координат ділянок займання і оперативне спостереження за лісовими пожежами.	3.2.2.2
		Виділення гару і визначення віку пожежі.	3.2.2.3
		Оцінка стану відновлення вигорілих ділянок лісу.	3.2.2.4
<b>Г. ВПЛИВИ НА ДОВКІЛЛЯ</b>			4.
<b>Г1. НАДРА</b>			4.1.
1.	Впливи, промислових, енергетичних	Виявлення відкритих кар'єрних розробок, шламонакопичувачів, відстійників промислових вод, полігонів драг, кущів бурових свердловин.	4.1.1.1

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
	підприємств гірничовидобувних і інженерних споруд.	Виявлення внутрішньої структури об'єктів надрокористування.	4.1.1.2
		Визначення стану об'єктів надрокористування (стадії проведення робіт).	4.1.1.3
		Визначення меж порушення ліцензійних ділянок при веденні відкритих розробок ПП.	4.1.1.4
		Виявлення ділянок сучасних, антропогенно-стимульованих, і омолоджених ЕкП і визначення ступеню їх активізації.	4.1.1.5
		Виявлення інженерних споруд що зазнають впливу ЕкП і визначення ступеню дії впливу.	4.1.1.6
		Виділення територій з різним ступенем перетвореності (порушеності) геологічного середовища.	4.1.1.7
<b>Г2. ЛІСИ</b>			4.2.
1.	Впливи під час проведення лісозаготівель.	Визначення освоєності лісових масивів рубками.	4.2.1.1
		Визначення типу рубок (освітлення і проріджування, прохідні, суцільні, вибіркові).	4.2.1.2
		Визначення площі лісосіки.	4.2.1.3
		Виявлення порушень меж відведення лісосік.	4.2.1.4
		Виявлення порушень норм по ширині і напрямку лісосік і рубки (проти	4.2.1.5

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		пануючого напрямку вітрів).	
		Виявлення недотримання встановленої ширини насінних смуг і куртин.	4.2.1.6
		Оцінка стану місць рубок і виявлення порушень (знищення підросту і надгрунтового покриву на площі, що перевищує допустиму, недотримання протипожежних вимог та ін.).	4.2.1.7
		Виявлення ділянок знищення лісового покриву в межах водозахисних зон великих потоків (водозахисних лісів).	4.2.1.8
		Виявлення ділянок лісозаготівель в межах територій (заказники, заповідники, нац. парки), що особливо охороняються.	4.2.1.9
		Виявлення порушення правил рубок на схилах і порушення рослинного і ґрунтового покриву, що виконує функції інженерного захисту ґрунтів.	4.2.1.10
<b>ГЗ. ЗЕМЛІ</b>			4.3.
1.	Оцінка порушеності земель.	Виявлення ділянок пасовищної дигресії в степовій зоні (перевипасання худоби).	4.3.1.1
		Виявлення масивів ґрунтового покриву з ознаками деградації.	4.3.1.2
		Виділення ділянок з різним ступенем перетвореності (порушеності) рослинного покриву.	4.3.1.3

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		Виявлення ділянок розвитку процесів дефляції і масивів пісків, що пересуваються.	4.3.1.4
		Виявлення процесів запустинювання на ділянках нераціональної меліорації.	4.3.1.5
		Виявлення ділянок приколодезного запустинювання.	4.3.1.6
		Виявлення солончакових масивів та їх структури.	4.3.1.7
		Виділення усередині масиву ділянок з різною мірою засолення.	4.3.1.8
		Визначення причин процесів засолення ґрунтів.	4.3.1.9
		Визначення ступеню виявлення чинників запустинення.	4.3.1.10
		Виявлення ділянок і локалізація джерел забруднення земель нафтою, нафтопродуктами та ін. (44.5).	4.3.1.11
		Визначення видів використання земель.	4.3.1.12
2.	Дорожньо-комунікаційні об'єкти	Виявлення комунікаційних об'єктів, їх ранжирування (продуктопроводи, дороги, ЛЕП і тому подібне).	4.3.2.1
		Виявлення наслідків будівництва і експлуатації доріг і комунікацій.	4.3.2.2
<b>Г4. ЛАНДШАФТИ</b>			4.4.
1.	Оцінка стійкості	Ранжування ділянок природно-антропогенних систем за ступенем	4.4.1.1

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ	
	природних і антропогенних систем.	стійкості до антропогенних дій.		
			Виділення площ з ознаками структурних і функціональних змін і їх оцінка.	4.4.1.2
			Виявлення господарської діяльності у межах ООПТ.	4.4.1.3
<b>Г.5. СЕЛІТЕБНІ ТЕРИТОРІЇ</b>			4.5.	
1.	Екологічні проблеми міст.	Виявлення об'єктів розміщення відходів виробництва і споживання.	4.5.1.1	
		Виявлення несанкціонованих місць розміщення відходів виробництва і споживання.	4.5.1.2	
		Виявлення несанкціонованих забудов, зміни планування міст і сіл.	4.5.1.3	
		Оцінка густини забудови і озеленення міст.	4.5.1.4	
		Визначення забруднення снігового покриву навколо міст.	4.5.1.5	
<b>Г6. ВОДНІ ОБ'ЄКТИ</b>			4.6.	
1.	Впливи на берегову зону.	Виявлення гідротехнічних споруд.	4.6.1.1	
		Виявлення промислових об'єктів, що знаходяться у безпосередній близькості від берегової зони великих водойм та їх інфраструктури.	4.6.1.2	
		Визначення ділянок берегової зони, що випробовують дію селітебних і промислових об'єктів і знаходяться різною мірою перетворюваності.	4.6.1.3	



№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
2.	Дія на акваторію.	Виявлення на поверхні водойм ділянок, забруднених поверхнево-активними речовинами (аварійних скидів і розливів забруднюючих речовин) і визначення джерел забруднення.	4.6.2.1
		Виявлення ділянок водойм, забруднених мінеральними суспензіями (аварійних скидань і розливів забруднюючих речовин) і визначення джерел забруднення.	4.6.2.2
		Виділення ділянок водойми з різною мірою забруднення, визначення їх розмірів і ранжирування.	4.6.2.3
		Визначення площі і ступеню (рівня) забруднення водосховищ ГЕС деревиною.	4.6.2.4
		Прогноз поширення забруднюючих речовин по акваторії в межах водного басейну.	4.6.2.5
<b>Г7. ПОВІТРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ</b>			4.7.
1.	Аерозольно-димові забруднення.	Визначення джерел аерозольно-димових забруднень.	4.7.1.1
		Визначення площ поширення і рівня аерозольно-димових забруднень.	4.7.1.2
<b>Д. ТВАРИННИЙ СВІТ</b>			8.
1.	Місце існування	Оцінка стану (якості) місця існування мисливських та інших видів	8.1.1.1

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
	тваринного світу.	тварин.	
<b>Ж. АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ</b>			9.
<b>Ж1. АТМОСФЕРНА ЦИРКУЛЯЦІЯ</b>			9.1.
1.	Радіаційний баланс.	Вивчення атмосферної циркуляції.	9.1.1.1
		Побудова профілю вологості атмосфери.	9.1.1.2
		Побудова температурного профілю атмосфери.	9.1.1.3
2.	Хімія атмосфери.	Вимір концентрації газів, що викликають парниковий ефект.	9.1.2.1
		Вимір вмісту атмосферного озону.	9.1.2.2
		Вимір змісту аерозолів в атмосфері.	9.1.2.3
<b>Ж2. ХМАРНІСТЬ</b>			9.2.
1.	Розподіл хмарного покриву.	Оцінка розподілу хмарного покриву для прогнозування погоди.	9.2.1.1
		Визначення типу хмарності, розміру хмарних утворень.	9.2.1.2
		Оцінка циклонної діяльності для прогнозування погоди та попередження надзвичайних ситуацій.	9.2.1.3
2.	Характеристики хмар.	Вимірювання висоти верхньої межі хмар.	9.2.2.1
		Вимірювання температури і тиску на верхній межі хмар.	9.2.2.2
<b>Ж3. АНТРОПОГЕННІ ВПЛИВИ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ</b>			9.3.

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
1.	Аерозольнодимові забруднення.	Оцінка глобального рівня аерозольно-димових забруднень.	9.3.1.1
		Виявлення регіональних закономірностей розсіювання аерозольно-димових забруднень та їх циркуляції.	9.3.1.2
		Виявлення джерел аерозольно-димових забруднень.	9.3.1.3
		Оцінка просторово-часових змін вмісту забруднюючих речовин в атмосфері над містами і промисловими підприємствами.	9.3.1.4
		Виявлення транскордонного перенесення аерозольно-димових забруднень.	9.3.1.5
<b>3. АТМОСФЕРНІ ОПАДИ І СНІГОВИЙ ПОКРИВ</b>			10.
1.	Атмосферні опади.	Вимірювання водоемності хмар для прогнозування атмосферних опадів.	10.1.1.1
		Вимірювання розміру і фазового стану складених часток хмар для прогнозування атмосферних опадів.	10.1.1.2
		Виявлення зон випадання атмосферних опадів.	10.1.1.3
2.	Сніговий покрив.	Виявлення меж областей стійкого снігового покриву.	10.1.2.1
		Моніторинг межі сходу снігового покриву.	10.1.2.2
		Визначення характеристик снігового покриву (потужність, вологість).	10.1.2.3
		Вивчення динаміки встановлення і сходу снігового покриву.	10.1.2.4

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
<b>I. КОМУНІКАЦІЙНІ ОБ'ЄКТИ</b>			11.
1.	Експлуатація комунікаційних об'єктів.	Виявлення комунікаційних об'єктів, їх ранжування(продуктопроводи, дороги, ЛЕП тощо).	11.1.1.1
		Оцінка стану і пропускної спроможності доріг.	11.1.1.2
		Оцінка стану комунікацій і виявлення передаварійних ділянок.	11.1.1.3
		Вивчення транспортних зон.	11.1.1.4
		Виявлення наслідків будівництва і експлуатації доріг і комунікацій.	11.1.1.5
2.	Будівництво комунікаційних об'єктів.	Вибір трас для проектування і будівництва нових доріг.	11.1.2.1
		Оцінка ходу будівництва автомобільних шляхів та залізниць.	11.1.2.2
		Оцінка ходу будівництва ЛЕП, продуктопроводів.	11.1.2.3
<b>K. СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО</b>			12.
1.	Площі сільськогосподарських угідь.	Ідентифікація та облік площ посівів сільськогосподарських культур.	12.1.1.1
		Визначення площі пару.	12.1.1.2
		Визначення площі пасовищ.	12.1.1.3
		Оцінка площі збирання врожаю сільськогосподарських культур.	12.1.1.4
2.	Стан сільськогосподарських	Виявлення осередків підвищеної засміченості зернових культур.	12.1.2.1
		Виявлення осередків ураження сільськогосподарських культур внаслідок	12.1.2.2

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ	
	угідь.	стихійних явищ (град, зливи, урагани, посуха, пожежі).		
			Оцінка площ сільськогосподарських культур потерпілих від хвороб і шкідників.	12.1.2.3
			Виявлення деградації природних кормових угідь.	12.1.2.4
3.	Прогнозування врожайності.	Оцінка схожості сільськогосподарських культур.	12.1.3.1	
			Прогноз врожайності сільськогосподарських культур.	12.1.3.2
			Оцінка ступеню стиглості сільськогосподарських культур.	12.1.3.3
			Оцінка сезонної продуктивності пасовищ.	12.1.3.4
			Оцінка об'ємів збору продукції рослинництва.	12.1.3.5
4.	Агротехнічні заходи.	Визначення площі пари, що вимагає проведення протибур'янових заходів.	12.1.4.1	
			Визначення ділянок добрив, що вимагають внесення, і отрутохімікатів для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.	12.1.4.2
			Визначення термінів і якості проведення агротехнічних заходів.	12.1.4.3
5.	Агрокліматичні умови.	Агрокліматичне районування.	12.1.5.1	
			Розпізнавання і контроль розвитку посух.	12.1.5.2
<b>Л. ВИКОРИСТАННЯ І РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЙ</b>			13.	
1.	Територіальне	Визначення зон з особливими умовами використання територій.		

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
	планування.	Визначення територій, схильних до ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.	
		Визначення зон негативного впливу об'єктів капітального будівництва у разі розміщення таких об'єктів.	
2.	Містобудівне зонування.	Визначення функціональних зон (житлових, суспільно-ділових, виробничих зон, зон інженерної і транспортної інфраструктур, зон сільськогосподарського використання, зон рекреаційного призначення, зон розміщення військових об'єктів і інші види територіальних зон).	13.1.2.1
		Виділення у складі житлових зон: зон забудови індивідуальними, малоповерховими, середнеетажними, багатоповерховими житловими будинками і зон житлової забудови інших видів.	13.1.2.2
		Виявлення несанкціонованих забудов, змін планування міст і сільських поселень.	13.1.2.3
		Оцінка густини забудови і озелененості міст.	13.1.2.4
3.	Планування територій.	Виділення елементів планувальної структури (кварталів, мікрорайонів, інших елементів).	13.1.3.1
		Виявлення меж земельних ділянок, на яких розташовані лінії	13.1.3.2

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		електропередачі, лінії зв'язку(у тому числі лінійно-кабельні споруди), трубопроводи, автомобільні дороги, залізничні лінії і інші подібні споруди.	
		Встановлення меж забудованих земельних ділянок і меж незабудованих земельних ділянок.	13.1.3.3
		Встановлення меж земельних ділянок, на яких розташовані об'єкти капітального будівництва.	13.1.3.4
		Встановлення меж зон планованого розміщення об'єктів соціально-культурного і комунально- побутового призначення, інших об'єктів капітального будівництва.	13.1.3.5
		Виявлення земельних ділянок, розміри яких перевищують встановлені містобудівним регламентом граничні (мінімальні і(чи) максимальні) розміри земельних ділянок.	13.1.3.6
4.	Земельний кадастр.	Визначення видів використання земель.	13.1.4.1
		Оцінка стану земель.	13.1.4.2
		Оцінка якості земель (у тому числі показники стану родючості).	13.1.4.3
		Виявлення об'єктів нерухомого майна, міцно пов'язаних із земельною	13.1.4.4

№ з/п	ТЕМА	НАЙМЕНУВАННЯ ЗАВДАННЯ	ПУНКТ ЗАВДАННЯ
		ділянкою.	



Таблиця В.2.

## Характеристики екологічних завдань , що вирішуються за допомогою космічних систем ДЗЗ

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
ГЕОЛОГІЯ І РЕСУРСИ НАДР (в т.ч. підземні води)											
1.	Трансрегіональні диз'юнктиви.	1.1.1.1	1000-250 70 30	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III	Держгеологкарта, тектонічна, континентальних розломів	Глобальні розломи, мегакомплекси	1:500 000	1:100 000	1:25 000 - 1:50 000	1 раз/рік
2.		1.1.1.2	1000-250 70 30	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III	Держгеологкарта, тектонічна, континентальних розломів	Зони планетарної тріщинуватості	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/рік
3.		1.1.1.3	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Кільцевих структур, тектонічна	Мега-, макро-, мезокільцеві структури	1:500 000	1:100 000	1:25 000 - 1:50 000	1 раз/рік
4.	Структурно-формаційні підрозділи	1.1.2.1	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Держгеолкарта, структурно-тектонічна	Структурні поверхи, тектонічні блоки, розривні порушення	1:200 000	1:100 000	1:20 000 - 1:10 000	
5.		1.1.2.2	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Держгеолкарта, структурно-тектонічна, прогнозу на нафту і газ	Структурні підрозділи, їх межі, регіональні розломи	1:500 000	1:100 000	1:25 000 - 1:50 000	1 раз/рік
6.	Регіональні диз'юнктиви.	1.1.3.1	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Держгеолкарта, структурно-тектонічна, прогнозу на нафту і газ	Регіональні розломи, структурні елементи	1:500 000	1:100 000	1:25 000 - 1:50 000	1 раз/рік
7.		1.1.3.2	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ALI, ASTER, HRG	Держгеолкарта, тектонічна, розривних порушень, підземних	Ареали і зони тріщинувато	1:500 000	1:100 000	1:25 000 - 1:50 000	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
				10.4-12.6	Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird,, EROSA/B	вод, прогнозу на нафту і газ	сти				
8.	Неотектонічні (сучасні ендегенні процеси).	1.1.4.1	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, HRG	Держгеолкарта, неотектонічна, тектонічна, четвертинних утворень	Рифтові, сейсмогенні структури, розломи, структури	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
9.		1.1.4.2	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, GeoEye, EROS-A/B	Держгеолкарта, неотектонічна, тектонічна, четвертинних утворень	Розломи, ділянки тріщинуватості, локальні структури	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
10	Складчасті комплекси (зони) і структури.	1.1.5.1	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Держгеолкарта, тектонічна	Складчасті пояси, зони, покривні структури, пакети шарьяжних структур	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
11		1.1.5.2	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, HRG, LISS-IV (PAN)	Держгеолкарта, тектонічна	Складчасті форми, структури	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
12	Локальні структурні елементи.	1.1.6.1	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Держгеолкарта, тектонічна, розломи, ділянки тріщунуватості	Розломи, ділянки тріщинуватості катаклаза	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
13		1.1.6.2	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion,	Держгеолкарта, тектонічна, катаклизу	Складки, локальні структури	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
				10.4-12.6	IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B						
14	Стратифіковані утворення.	1.2.1.1	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Держгеолкарта, сертифіковані шари, комплекси, межі підрозділів.	Стратифіковані товщі, комплекси, межі підрозділів	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
15		1.2.1.2	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS, HRVPAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, літологічна	Маркуючі горизонти, межі маркерів, літологія	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
16	Магматичні утворення.	1.2.2.1	250-70 30 10	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, інтрузивних утворень.	Вулканогенні утворення, вулканічні структури	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
17		1.2.2.2	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, вулканічних утворень та структур	Вулканогенні утворення, вулканічні структури	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
18		1.2.2.3	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, інтрузивних утворень.	Малі вулканічні тіла і структури, поля малих тіл	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
19		1.2.2.4	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird,	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, інтрузивних утворень.	Метаморфічні підрозділи, елементи внутрішньо	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
					WorldView1/2, EROS-A/B		ї будови				
20		1.2.2.5	70 30 15-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, інтрузивних утворень.	Похоронені утворення, тектонічні порушення	1:1 000 000	1:200 000	1:100 000 - 1:50 000	1 раз/ рік
21		1.2.2.6	250 70 30-15	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS- A/B	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, інтрузивних утворень.	Мінерагени чні підрозділи, елементи внутрішньо ї будови	1:1 000 000	1:200 000	1:50 000 - 1:10 000	1 раз/ рік
22	Метаморфічні утворення.	1.2.3.1	70 30 15-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS- A/B	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, корисних копалин	Метасомати чні синрудні утворення, рудоконтро люючі структури, перспектив ні ділянки	1:500 000	1:100 000	1:50 000 - 1:10 000	1 раз/ рік
23	N - Q освіти.	1.2.4.1	70 30 15-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, схеми відношень N – Q утворень.	N -Q освіти, літологія	<u>1:500 000</u>	<u>1:100 000</u>	<u>1:50 000 -</u> <u>1:10 000</u>	1 раз/ рік
24	Похоронені утворення.	1.2.5.1	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRV-PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS- PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS- A/B	Держгеолкарта, чвертинних відкладів, тектонічних порушень	Похороне ні утворенн я, тектонічн і порушенн я	1:500 000	1:100 000	1:50 000 - 1:10 000	1 раз/ рік
25	Мінерагенічні	1.3.1.1	250	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS,	Корисних копалин та	Мінерагені	1:500 000	1:100 000	1:50 000 -	1 раз/

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
	е районування.		70 30-15	1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion	закономірностей їх розміщення, мінерагенічного районування, розміщення прогнозних ресурсів	чні підрозділи			1:10 000	рік
26		1.3.1.2	70 30 15-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion	Корисних копалин та закономірностей їх розміщення, мінерагенічного районування, розміщення прогнозних ресурсів	Мінерагеничні підрозділи, елементи внутрішньої будови	1:500 000	1:100 000	1:50 000 - 1:10 000	1 раз/ рік
27		1.3.1.3	70 30 15-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion	Корисних копалин та закономірностей їх розміщення, мінерагенічного районування, розміщення прогнозних ресурсів	Межі родовищ	1:500 000	1:100 000	1:50 000 - 1:10 000	1 раз/ рік
28	Рудоконтрольовані структури та комплекси.	1.3.2.1	70 30 15-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 10.4-12.6	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, HRG, LISS-IV (PAN)	Корисних копалин та закономірностей їх розміщення, мінерагенічного районування, розміщення прогнозних ресурсів	Метасоматичні синрудные утворення, рудоконтролюючі структури, перспективні ділянки	1:200 000	1:50 000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/ рік
29	Гідрогеологічне районування.	1.4.1.1	250-70 30-20 10-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 2.4- 7.0 см	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Гідрогеологічного районування, гідрогеологічна районування за умовами формування режиму підземних	Гідрогеологічні райони 1 порядку, 2 порядки, гідролог, області,	1:1000 000	1:500 000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
						вод.	межі гідролог. регіонів, районів, басейнів 3 і 4 порядків				
30		1.4.1.2	250-70 30-20 10-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 2.4-7.0 см	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, IRS-PAN, LISSIV (PAN), HRG Ресурс-ДК, ENVISAT, RADARSAT-1/2, ERS-1/2, ALI, Hyperion, TERRASAR-X, ALOS	Гідрогеологічна	Водогосподарські регіони, басейни 1 порядку, басейни 2 порядки, їх межі.	1:1000 000	1:500 000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік
31	Природні ресурси підземних вод (ПРПВ).	1.4.2.1	250-70 30-20 10-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 2.4-7.0 см	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, IRS-PAN, LISSIV (PAN), HRG Ресурс-ДК, ENVISAT, RADARSAT-1/2, ERS-1/2, ALI, Hyperion, TERRASAR-X, ALOS	Гідрогеологічна підземних вод	Території оцінки ПРПВ, їх межі та ін.	1:500 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік
32		1.4.2.2	30 15-5 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 2.4-7.0 см	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Гідрогеологічна підземних вод	Ділянки локалізації ґрунтових вод, водоносні пачки і шари	1:500 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік
33		1.4.2.3	30 15-5 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 2.4-7.0 см	Ресурс-ДК, RADARSAT-1/2, ERS-1/2, ENVISAT, TERRASAR-X, ALOS, ALI, Hyperion	Гідрогеологічна підземних вод	Місця розвантаження ґрунтових вод	1:500 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік
34	Генетичні категорії	1.5.1.1	250 70	0.4-1.1	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Геоморфологічна	Генетичні типи	1:500 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/ рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
	рельєфу.		30-20		RADARSAT-1/2, ERS1/2, ENVISAT, TERRASAR-X, ALOS		рельєфу, межі палеогеографічних обстановок, межі генетично однорідних комплексів				
35		1.5.1.2	30 10 2-1	0.4-1.1	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG RADARSAT-1/2, ERS1/2, ENVISAT, TERRASAR-X, ALOS	Геоморфологічна	Генетично однорідні форми рельєфу, межі генетично однорідних комплексів	1:500 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/рік
36	Морфографічні категорії рельєфу.	1.5.2.1	30 10 2-1	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III	Геоморфологічна, чвертинних відкладів, інженерно-геологічна	Морфографічні типи рельєфу	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/рік
37		1.5.2.2	30 10 2-1	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, TM, ETM+, HRVIRMONO/XI, LISS-III ASTER, ALI, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG, QuikBird, Ресурс-ДК, Ikonos-2, EROS-A/B	Геоморфологічна, чвертинних відкладів, інженерно-геологічна	Морфографічні типи схилів	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/рік
38		1.5.2.3	30 10 2-1	0.4-0.7, 2.4-7.0 см	HRV-PAN/XS, TM, ETM+, HRVIRMONO/XI, LISS-III ASTER, ALI, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG, QuikBird, Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView3, WorldView-1/2, EROS-A/B	Геоморфологічна, чвертинних відкладів, інженерно-геологічна	Типи долин	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/рік
39		1.5.2.4	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion,	Геоморфологічна, чвертинних відкладів, інженерно-геологічна	Схили із зсувними деформація	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
					IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2		ми				
40	Морфометричні категорії рельєфу.	1.5.3.1	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG, Ikonos-2, Ресурс-ДК, OrbView-3, QuikBird, EROS-A/B	Інтенсивності розчленування рельєфу	Форми рельєфу : площадкові, лінійні, позамасштабні, геоморфологічні пам'ятники	<u>1:100 000</u>	<u>1:50000</u>	<u>1:5 000 - 1:2 000</u>	1 раз/рік
41		1.5.3.2	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B, IRS-P5 21.3. Выявление курумных полей Геоморфологическая, инженерногеологическая, районирования по интенсивности проявления ЭГП, регистрационная карта объектов с ЭГП Курумы Обз-500 Осн-200 Дет-50 70 30-20 10-5 0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0 AWIFS, HRV-PAN/XS	Інтенсивності розчленування рельєфу	Ділянки аномальних ухилів подовжнього профілю	1:100 000	1:50000	1:5 000 - 1:2 000	1 раз/рік
42		1.5.3.3	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, EROS-A/B, IRS-P5	Глибини розчленування рельєфу	Районування по глибині розчленування рельєфу	1:100 000	1:50000	1:5 000 - 1:2 000	1 раз/рік



№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
43		1.5.3.4	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Топографічна, геоморфологічна	Генетично однорідні форми рельєфу, межі генетично однорідних комплексів	1:100 000	1:50000	1:5 000 - 1:2 000	1 раз/рік
44	Форми рельєфу.	1.5.4.1	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Геоморфологічна, чвертинних відкладів	Форми рельєфу : площадкові, лінійні, позаштабні, геоморфологічні пам'ятники	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/рік
45	Карстово-суфозійні процеси і просадки ґрунту.	1.5.5.1	20-15	0.4-1.1	HRV-XS, HRVIR-XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2	Інженерно-геологічна, умов розвитку екзогенних геологічних процесів	Карстово-суфозійні форми (воронки, провали та ін.)	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	2 раз/рік
46		1.5.5.2	5 1-0.5	1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B, IRS-P5	Інженерно-геологічна, геоморфологічна, реєстраційна об'єктів екзогенних геологічних процесів	Масиви карстово-суфозійних процесів	<u>1:200 000</u>	<u>1:50000</u>	<u>1:10 000 - 1:5 000</u>	2 раз/рік
47		1.5.5.3	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-	Інженерно-геологічна, геоморфологічна, еколого-геологічна, реєстраційна об'єктів екзогенних геологічних процесів	Схили схильні до процесів соліфлюкції	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
					A/B						
48		1.5.5.4	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B, IRS-P5	Інженерно-геологічна, геоморфологічна, інтенсивності прояву екзогенних геологічних процесів, екзогеодинамічного районування	Характеристики територіального розподілу форм прояву геокріологічних процесів	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік
49		1.5.5.5	70 30-20 10-5	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B, IRS-P5	Умов розвитку екзогенних геологічних процесів	Форми прояву ерозійних процесів, ділянки розвитку ерозійних процесів	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік
50		1.5.5.6	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B, IRS-P5	Районування за інтенсивності прояву (враженості) підверженості населених пунктів та господарських об'єктів впливу екзогенних геологічних процесів	Чинники (об'єкти) стимулюючі і розвиток ерозійних процесів	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік
51		1.5.5.7	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B, IRS-P5	Умов розвитку екзогенних геологічних процесів	Зсуви, осипи і обвали	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5 000	2 раза/ рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
52	Геокріологічні явища.	1.5.6.1	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, IRS-PAN, LISS-IV, HRG, Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B, IRS-P5	Держгеокарта, кріологічних явищ, інженерно-екологічна	Льодовики та креолові поля	<u>1:500 000</u>	<u>1:100000</u>	<u>1:50 000 - 1:10000</u>	2 раза/ рік
53		1.5.6.2	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, IRS-PAN, LISS-IV, HRG, Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B, IRS-P	Держгеокарта, кріологічних явищ, інженерно-екологічна	Зони вічної мірзлоти, фірнові поля	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	1 раз/ рік
54		1.5.6.3	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B, IRS-P5	Держгеокарта, кріологічних явищ, інженерно-екологічна	Інженерної стійкості ґрунтів	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	1 раз/ рік
55		1.5.6.4	30 10 2-1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), IRS-P5, HRG, Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, EROS-A/B, WorldView-1/2,	Держгеокарта, кріологічних явищ, інженерно-екологічна	Небезпечні кріоявища	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2-3 раз. доб.
56		1.5.6.5	30 10 2-1	0.4-1.1	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, EROS-A/B, PAN (IRS), Ikonos-2, Kompsat-2, Ресурс-ДК	Держгеокарта, кріологічних явищ, інженерно-екологічна	Температурні градієнти	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2 раза/ рік
57		1.5.6.6	30 10 2-1	0.4-1.1	Formosat-2, EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, Ikonos-2, QuikBird, Ресурс-ДК	Держгеокарта, кріологічних явищ, інженерно-екологічна	Шари льоду	<u>1:1000</u> <u>000</u>	<u>1:200000</u>	<u>1:50 000 - 1:10000</u>	2 раза/ рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
58		1.5.6.7	30 10 2-1	0.4-1.1	TM, LISS-III, LISS-IV, HRVIR, HRV, HRG, ASTER, ALI, Hyperion, Formosat-2, Ikonos-2, Ресурс-ДК, и др.	Держгеокарта, кріологічних явищ, інженерно-екологічна	Екологічна характеристика льоду	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2 раза/ рік
59	Ерозійні процеси.	1.5.7.1	30 10-5 2-1	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Інженерно-екологічна, інженерно-геологічна, геоморфологічна	Ділянки розвитку площинного змиву	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2 раза/ рік
60		1.5.7.2	30 10-5 2-1	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Інженерно-екологічна, інженерно-геологічна, геоморфологічна	Яри	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	1 раз/ рік
61		1.5.7.3	30 10 2-1	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Інженерно-екологічна, інженерно-геологічна, геоморфологічна	Форми прояву ерозійних процесів, ділянки розвитку ерозійних процесів	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2 раза/ рік
62		1.5.7.4	30 10 2-1	0.4-1.1	MODIS, AWIFS, HRVPAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Інженерно-екологічна, інженерно-геологічна, геоморфологічна	Схильні ерозії ділянки берега	<u>1:1000</u> <u>000</u>	<u>1:200000</u>	<u>1:50 000 -</u> <u>1:10000</u>	2 раза/ рік
63		1.5.7.5	30 10 2-1	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Інженерно-екологічна, інженерно-геологічна, геоморфологічна	Ділянки з берега процесами абразії, абразійні форми	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2 раза/ рік
64		1.5.7.6	30	0.4-1.1	HRV-PAN/XS,	Інженерно-екологічна,	Форми	1:1000	1:200000	1:50 000 -	2

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
			10 2-1		HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	інженерно-геологічна, геоморфологічна	прояву ерозійних процесів, ділянки розвитку ерозійних процесів	000		1:10000	раза/рік
65		1.5.7.7	30 10-5 2-1	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Інженерно-екологічна, інженерно-геологічна, геоморфологічна	Ділянки берега з процесами термоабразії, термоабразійні форми	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2 раза/ рік
66		1.5.7.8	30 10 2-1	0.4-1.1	MODIS, AWIFS, HRVPAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Інженерно-екологічна, інженерно-геологічна, геоморфологічна	Ділянки з процесами термоабразії, термоабразійні форми	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2 раза/ рік
67	Процеси переформовування берегової зони озер і водосховищ.	1.5.8.1	30 10 2-1	0.4-0.8	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Гідрогеологічна, гідрографічна, інженерно-екологічна	Основних морфологічні елементи берега	1:1000 000	1:200000	1:50 000 - 1:10000	2 раза/ рік
68		1.5.8.2	30 10 2-1	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Гідрогеологічна, гідрографічна, інженерно-екологічна	Ділянки формування потоків зважених наносів	<u>1:200 000</u>	<u>1:50000</u>	<u>1:10 000 -</u> <u>1:5000</u>	2 раза/ рік
69		1.5.8.3	70 30-20 10-5	0.4-0.7	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird,	Гідрогеологічна, гідрографічна, інженерно-екологічна	Ділянки активного руйнування берегів	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5000	2 раза/ рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
					WorldView1/2, EROS-A/B						
70		1.5.8.4	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1 2.4-7.5 см	HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Гідрогеологічна, гідрографічна, інженерно-екологічна	Форми берегової акумуляції	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5000	2 раза/ рік
71		1.5.8.5	30 10 2-1	0.4-1.1 2.4-7.5 см	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Гідрогеологічна, гідрографічна, інженерно-екологічна	Схили із зсувними деформаціями	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5000	2 раза/ рік
72		1.5.8.6	30	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Гідрогеологічна, гідрографічна, інженерно-екологічна	Форми прояву ерозійних процесів, ділянки розвитку ерозійних процесів	1:200 000	1:50000	1:10 000 - 1:5000	Щоміс.
73		1.5.8.7	10 2-1		HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Гідрогеологічна, гідрографічна, інженерно-екологічна	Форми прояву ерозійних процесів, ділянки розвитку ерозійних процесів	<u>1:200 000</u>	<u>1:50000</u>	<u>1:10 000 - 1:5000</u>	2 раза/ рік
74	Гравітаційні процеси.	1.5.9.1	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1 2.4-7.5 см	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Геофізична, гравіметрична, топографічна, фізико-географічна, інженерно-геологічна, інженерно-екологічна	Схили із зсувними деформаціями	1:500 000	1:20000	1:100 000 - 1:50000	2 раза/ рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
75		1.5.9.2	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1 2.4-7.5 см	HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Геофізична, гравіметрична, топографічна, фізико-географічна, інженерно-геологічна, інженерно-екологічна	Осипи і обвали	1:500 000	1:20000	1:100 000 - 1:50000	2 раза/ рік
76		1.5.9.3	70 30-20 10-5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion	Геофізична, гравіметрична, топографічна, фізико-географічна, інженерно-геологічна, інженерно-екологічна	Делювіаль но-пролювіальні конуси винесення, полого похилі предгірні рівнини, сухі дельти	1:500 000	1:20000	1:100 000 - 1:50000	2 раза/ рік
77		1.5.9.4	20-15 5 1-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion	Геофізична, гравіметрична, топографічна, фізико-географічна, інженерно-геологічна, інженерно-екологічна	Форми на різних стадіях розвитку	1:500 000	1:20000	1:100 000 - 1:50000	2 раза/ рік
78		1.5.9.5	20-15 10-5 1-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion	Геофізична, гравіметрична, топографічна, фізико-географічна, інженерно-геологічна, інженерно-екологічна	Районування по інтенсивності активності прояву	1:500 000	1:20000	1:100 000 - 1:50000	Щоміс.
79	Еолові процеси.	1.5.10.1	30-20 15-5 2-0.5	0.4-1.1	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, HRG, LISS-IV (PAN)	Геофізична, топографічна, геологічна, еколого-геологічна.	Піщані масиви	1:200 000	1:10000	1:50 000 - 1:10000	1 раз/ рік
80		1.5.10.2	70 30-20	0.4-1.1	AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III	Геофізична, топографічна,	Бархани, гряди	1:200 000	1:10000	1:50 000 - 1:10000	1 раз/ рік

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
			15-5		ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	геологічна, еколого-геологічна.					
81		1.5.10.3	70 30-20 15-5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Геофізична, топографічна, геологічна, еколого-геологічна.	Ділянки піщаних масивів	1:200 000	1:10000	1:50 000 - 1:10000	1 раз/рік
82		1.5.10.4	70 30-20 15-5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, HRG, LISS-IV (PAN)	Геофізична, топографічна, геологічна, еколого-геологічна.	Ділянки з проявом процесів дефляції	1:200 000	1:10000	1:50 000 - 1:10000	1 раз/рік
83	Болота і заболочені території.	1.5.11.1	70 30-20	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Песуєр-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Гідрографічна, топографічна, еколого-геологічна	Болота	1:100 000	1:50000	1:10 000 - 1:2000, 1:500	1 раз/рік
84		1.5.11.2	70 30-20 15-5	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Песуєр-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Водно-болотних угідь	Болота різних типів	1:100 000	1:50000	1:10 000 - 1:2000, 1:500	1 раз/рік
85		1.5.11.3	30-20 10-5 2-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Меліоративна, торфових родовищ	Структура болотного масиву	1:100 000	1:50000	1:10 000 - 1:2000, 1:500	1 раз/рік
86		1.5.11.4	30-20 10-5 2-0.5	0.4-1.1 2.4-7.5 см	MODIS, AWIFS, HRVPAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Водно-болотних угідь.	Зразкова потужність відкладень	1:100 000	1:50000	1:10 000 - 1:2000, 1:500	1 раз/рік
87		1.5.11.5	30-20 10-5 2-0.5	0.4-1.1 2.4-7.5 см	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Грунтова-міліоративна	Характер водного живлення болота	1:100 000	1:50000	1:10 000 - 1:2000, 1:500	1 раз/рік
88		1.5.11.	30-20	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS,	Інженерно-геологічна,	Шляхи	1:100 000	1:50000	1:10 000 -	2



№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
		6	10-5 2-0.5		HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	екзогеодинамічного районування	руху води болотяного масиву			1:2000, 1:500	раза/рік
<b>ГІДРОЛОГІЯ І ПОВЕРХНЕВІ ВОДНІ РЕСУРСИ</b>											
89	Гідрографія річок.	2.1.1.1	30-20 10-5 2-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III	Топографічна, гідрографічна, річного та поверхневого стоку, річкових долин	Річкова мережа	<u>1:200 000</u>	<u>1:10000</u>	<u>1:2000-1:500</u>	2 раза/рік
90		2.1.1.2	30-20 10-5 2-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III	Топографічна, гідрографічна, річного та поверхневого стоку, річкових долин	Річкова мережа	1:200 000	1:10000	1:2000-1:500	2 раза/рік
91		2.1.1.3	30-20 10-5 2-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Топографічна, гідрографічна, річного та поверхневого стоку, річкових долин	Елементи річкової мережі	1:200 000	1:10000	1:2000-1:500	1 раз/рік
92		2.1.1.4	30-20 10-5 2-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Топографічна, гідрографічна, річного та поверхневого стоку, річкових долин	Річкові долини і їх елементи	1:200 000	1:10000	1:2000-1:500	1 раз/рік
93		2.1.1.5	15 5 2-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Топографічна, гідрографічна, річного та поверхневого стоку, річкових долин	Межі ділянок типів земель водного фонду, уточнені межі басейнів річок і водних об'єктів	1:200 000	1:10000	1:2000-1:500	1 раз/рік
94		2.1.1.6	15 5 2-0.5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion,	Топографічна, гідрографічна, річного та поверхневого	Річки різних типів	<u>1:200 000</u>	<u>1:10000</u>	<u>1:5000</u>	2 раза/рік

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
					IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	стоку, річкових долин	живлення				
95		2.1.1.7	70 30 5-15	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ALI, ASTER, HRG Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird., EROSA/B	Топографічна, гідрографічна, річного та поверхневого стоку, річкових долин	Дельти, естуарії та ін.	1:200 000	1:10000	1:5000	2 раза/ рік
96		2.1.1.8	250-70 30 15-5 1	0.4-1.1 2.4-7.0 см	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, HRG	Топографічна, гідрографічна, річного та поверхневого стоку, річкових долин	Сліпі гирла річок	1:200 000	1:10000	1:5000	2 раза/ рік
97	Гідрографія озер.	2.1.2.1	70-30 30 5-15	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, GeoEye, EROS-A/B	Топографічна, гідрографічна	Озера	1:500 000	1:100 000	1:10000- 1:5000	2 раза/ рік
98		2.1.2.2	30 5-15 1	0.4-1.1 2.4-7.0 см	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Топографічна, гідрографічна	Озера різних типів	1:500 000	1:100 000	1:10000- 1:5000	1 раз/ рік
99		2.1.2.3	500-70 30 15-10	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, HRG, LISS-IV (PAN)	Топографічна, гідрографічна	Озерні улоговини різних генетичних типів	1:500 000	1:100 000	<u>1:10000-</u> <u>1:5000</u>	На вимо гу
10		2.1.2.4	500-70 30 15-10	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Топографічна, гідрографічна	Озера прісні і мінеральні (солоні)	1:500 000	1:100 000	<u>1:10000-</u> <u>1:5000</u>	На вимо гу
10		2.1.2.5	500-70 30	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+,	Топографічна, гідрографічна	Мінеральні озера	1:500 000	1:100 000	1:10000- 1:5000	На вимо

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
			15-10		LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B		різних типів				гу
10		2.1.2.6	500-70 30 15-10	0.4-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Топографічна, гідрографічна	Розподіл каламутності по руслу річки	1:500 000	1:100 000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
10		2.1.2.7	30 15-10 5	0.4-1.1	MODIS, AWIFS, HRVPAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Топографічна, гідрографічна	Береговий схил, узбережжя, берегова мілина та ін.	1:500 000	1:100 000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
10		2.1.2.8	500-70 30 5-15	0.7-1.1	MODIS, AWIFS HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG	Топографічна, гідрографічна	Значення характеризують густину річкової мережі	1:500 000	1:100 000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
10		2.1.2.9	500-70 30 15-10	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Топографічна, гідрографічна	Значення температур и водної поверхні і їх динаміки	1:500 000	1:100 000	1:10000-1:5000	На вимогу
10	Руслові процеси річок.	2.1.3.1	70-500 30 15	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Геоморфологічна, руслових процесів	Елементи будови заплав	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
10		2.1.3.2	500	0.4-0.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-	Геоморфологічна, руслових процесів	Русла річок різних типів	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	2 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
					PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B						
10		2.1.3.3	500 70-30 15-10	0.4-0.6	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView1/2, EROS-A/B	Геоморфологічна, руслових процесів	Меандри різних типів	1:200 000	1:100 000	<u>1:10000-</u> <u>1:5000</u>	На вимогу
10		2.1.3.4	500 70-30 15-10	0.4-0.7	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuikBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Геоморфологічна, руслових процесів	Руслові форми і їх елементи	1:200 000	1:100 000	<u>1:10000-</u> <u>1:5000</u>	На вимогу
11		2.1.3.5	250-70 30 15-10	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuikBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Геоморфологічна, руслових процесів	Заплавні утворення	1:200 000	1:100 000	1:10000- 1:5000	На вимогу
11		2.1.3.6	30 15 2.5	0.4-1.1 2.4-7.0 см	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuikBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Геоморфологічна, руслових процесів	Характеристики типу руслового процесу	1:200 000	1:100 000	1:10000- 1:5000	На вимогу
11		2.1.3.7	1000 30 15	3.6 -4.0 8.3 - 13.4	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuikBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Геоморфологічна, руслових процесів	Заплавні утворення	1:200 000	1:100 000	1:10000- 1:5000	На вимогу
11		2.1.3.8	30 10 5	0.4-0.8	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuikBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Геоморфологічна, руслових процесів	Урізи води	1:200 000	1:100 000	1:10000- 1:5000	На вимогу
11	Гідрометрія річок і озер.	2.1.4.1	70 30 5	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuikBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Гідрографічна, топографічна	Температура поверхні моря	1:200 000	1:100 000	1:10000- 1:5000	2-3 раз. доб.
11		2.1.4.2	70 30	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1,	Гідрографічна, топографічна	Висота і напрями	1:500 000	1:200 000	1:100000- 1:50000	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
			5		QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК		руху хвиль				
11		2.1.4.3	70 30 5	0.4-0.7	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Гідрографічна, топографічна	Концентрація хлорофілу	1:500 000	1:200 000	1:100000-1:50000	1 раз/рік
11		2.1.4.4	30 10 5	0.4-0.7	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Гідрографічна, топографічна	Флюоресценція хлорофілу	1:500 000	1:200 000	<u>1:100000-1:50000</u>	1 раз/рік
11	Оцінка льодової обстановки морів, озер, річок і водосховищ.	2.1.5.1	30 10 5	0.4-0.7	MODIS, AWIFS, TM, TM+, LISS-III, HRV, HRVIR, ASTER, ALI, ERS-1/2, RADARSAT1/2, ENVISAT, ALOS, TERRASAR-X	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Льодова обстановка	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	1 раз/рік
11		2.1.5.2	30 5-15	0.4-1.1 2.4-7.0 см	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B, IRS-P5	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Заломи, затори, льодові греблі тощо	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	1 раз/рік
12		2.1.5.3	30 5-15 1	0.4-1.1 2.4-7.0 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Затоплені ділянки	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	На вимогу
12		2.1.5.4	30 5-15 1	0.4-1.1 2.4-7.0 см	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, EROS-A/B, IRS-P5	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Льодовики різних типів	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	На вимогу
12		2.1.5.5	30 5-15 1	0.4-1.1 2.4-7.0 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Області живлення і стоку льодовиків	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	На вимогу

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
12		2.1.5.6	250-70 30-15 10-5	0.4-1.1 2.4-7.0 см	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B, IRS-P5	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Льодовикові морени	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	Щоміс.
12		2.1.5.7	250-70 30-15 10-5	0.4-1.1 2.4-7.0 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Кількісні показники рівня води	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	Щоміс.
12		2.1.5.8	30 10-5 2-1	0.4-1.1 2.4-7.0 см	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, EROSA/B, IRS-P5	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Рух льодових мас	1:50 000	1:10 000	<u>1:1000-1:500</u>	На вимогу
12		2.1.5.9	500-70 30 10	0.4-1.1	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B	Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Кріолові процеси	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	2-3 раз. доб.
12	Паводки і повені.	2.1.6.1	1000 - 10000	1.3 - 8.0 3.8-7.0 см		Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Глибини та рівні	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	Щоміс.
12		2.1.6.2	500-70 30 10	0.4-0.7		Оперативні дежурні гідрографічні, геоморфологічні та топографічні карти та плани	Річкові та морські ординари	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	Щоміс.
12		2.1.6.3	1000	8.0-12.0		Оперативні дежурні гідрографічні,	Критичні показники	1:50 000	1:10 000	1:1000-1:500	Щоміс.

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
						геоморфологічні та топографічні карти та плани	вод				
13	Сніговий покрив.	2.1.7.1	1000 - 10000	1- 10 см 15-30 см		Гляцеологічна, топографічна, гідрометрична	Максимальний та мінімальний показники снігового покриву за роками	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	Щоміс.
13		2.1.7.2	1000	0.6-0.8		Гляцеологічна, топографічна, гідрометрична	Фізико-хімічний стан снігу. Тривалість снігового покриву	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	Щоміс.
13		2.1.7.3	1000	0.6-0.8		Гляцеологічна, топографічна, гідрометрична	Кольорові показники снігу. Середні рівні снігу	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	Щоміс.
13	Льодовики.	2.1.8.1	10000 - 1000	0.4- 0.8		Гляцеологічна	Об'єми льоду	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	Щоміс.
13		2.1.8.2	10000 - 1000	1- 10 см		Гляцеологічна	Вектор руху льодовика	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	Щоміс.
13		2.1.8.3	10000 - 1000	1- 10 см		Гляцеологічна	Градiєнт танення льодовика	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	Щоміс.
<b>ЛІСОВІ РЕСУРСИ І РОСЛИННИЙ ПОКРИВ</b>											
13	Ліси.	3.1.1.1	10000 - 1000	1- 10 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3 , QuikBird, WorldView-1/2, EROS-	Топографічна, геоботанічна, лісів	Лісистість	1:200 000	1:100 000	<u>1:10000-1:5000</u>	Щоміс.

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
					A/B						
13	Степи.	3.1.2.1	250-70 30 10	0.4-1.1 2.4-30 см	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B, IRS-P5	Топографічна, геоботанічна	Класи лісів по порідному складу	1:200 000	1:100 000	<u>1:10000-1:5000</u>	Щоміс.
13	Степові пожежі.	3.1.3.1	250-70 30 10	0.4-1.1 2.4-30 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B	Гідрографічна, геоморфологічна, геологічна, топографічна, геоботанічна, фауни	Ділянки і джерела возгоряння	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	2-3 раз. доб.
13		3.1.3.2	250-70 30 10	0.4-1.1 2.4-30 см	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, EROS-A/B, IRS-P5	Гідрографічна, геоморфологічна, геологічна, топографічна, геоботанічна, фауни	Наслідки степових пожеж.	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	2-3 раз. доб.
14	Лугова рослинність.	3.1.4.1	250-70 30 10	0.4-1.1 2.4-30 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B	Геоботанічна	Рослинність заплавлених лугов	1:10 000	1:5 000	1:1000-1:500	1 раз/рік
14		3.1.4.2	250-70 30 10	0.4-1.1 2.4-30 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B	Екосистем, екологічна, геоботанічна	Рослинність лугов гольців і підгольців	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
14	Болотяна рослинність.	3.1.5.1	250-70 30 10	0.4-1.1 2.4-30 см	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2,	Екосистем, екологічна, геоботанічна	Рослинність заболочених днищ річкових долин	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	1 раз/рік



№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
					EROSA/B, IRS-P5						
14		3.1.5.2	250-70 30 10	0.4-1.1 2.4-30 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Екосистем, екологічна, геоботанічна	Рослинність верхових боліт	1:200 000	1:100 000	<u>1:10000-1:5000</u>	Щоміс.
14		3.1.5.2	250-70 30 10	0.4-1.1 2.4-30 см	HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, EROS-A/B, IRS-P5	Екосистем, екологічна, геоботанічна	Рослинність боліт в кріолітозоні	1:200 000	1:100 000	1:10000-1:5000	Щоміс.
14	Кущі.	3.1.6.1	30 10 2-1	0.4-1.1	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Екосистем, екологічна, геоботанічна	Типи чагарникової рослинності	1:1000	1:500	1:100	1 раз/рік
14		3.1.6.2	30 10 2-1	0.4-1.1	EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Екосистем, екологічна, геоботанічна	Масиви кедрового стланника	1:1000	1:500	1:100	1 раз/рік
14	Рослинність гір.	3.1.7.1	30 15 5	0.6-0.8 2.4-7.0 см	WIFS, AWIFS, TM, ETM+, LISS-III/IV, HRVIR, HRV, HRG	Висотної поясності, флори та фауни, кліматична	Рослинність гірської флори	1:500000	1:100000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
14		3.1.7.2	500-70 30 15-5	0.4-0.7	WIFS, AWIFS, TM, ETM+, LISS-III, LISS-IV, HRVIR, HRV, HRG, PAN (IRS), Formosat-2	Висотної поясності, флори та фауни, кліматична	Значення індексів вегетації	1:500000	1:100000	1:50000-1:10000	Щотижд.
14	Сезонні зміни рослинного покриву.	3.1.8.1	250 30 5-15	0.4-1.1 2.4-7.0 см	MODIS, WIFS, AWIFS, TM, ETM+, LISS-III, ASTER и др.	Геоботанічна, зоогеографічна	Вогнища пожеж > 30 м., площі пройдені вогнем	1:500000	1:100000	<u>1:50000-1:10000</u>	2-3 раз. доб.
15	Запаси лісу.	3.2.1.1	30 15 5	0.6-0.8 2.4-7.0 см	LISS-III/IV, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Геоботанічна, зоогеографічна, топографічна, екологічна	Гар різного віку	1:500000	1:200000	1:100000-1:50000	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
15		3.2.1.2	30 15 5	0.6-0.7 3.5-7.0 см	MODIS VEGETATION-1/2	Геоботанічна, зоогеографічна, топографічна, екологічна	Ділянки з ознаками пасовищної деградації	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	
15		3.2.1.3	20 10 5-2	0.4-0.8	LISS-III/IV, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Ресурс-ДК, Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Геоботанічна, зоогеографічна, топографічна, екологічна	Ділянки захисних, експлуатаційних, резервних лісів	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	Щоміс.
15		3.2.1.4	15-10 4-2 1-0.5	0.4-0.8	TM, LISS-III/IV, ALI, HRVIR, HRV, ASTER, Hyperion, Formosat-2	Геоботанічна, зоогеографічна, топографічна, екологічна	Зони лісів з однорідними лісорослинними ознаками	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
15		3.2.1.5	5 2 1-0.5	0.4-0.8	TM, ETM+, LISS-III/IV, HRVIR, HRV, ASTER, ALI, Hyperion	Геоботанічна, зоогеографічна, топографічна, екологічна	Типи лісових екосистем	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
15		3.2.1.6	5 2 1-0.5	0.4-0.8	MODIS, TM, HRV, LISS-III/IV, HRVIR, HRG, ASTER, ALI, Hyperion, Formosat-2	Геоботанічна, зоогеографічна, топографічна, екологічна	Лісистість	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	Щоміс.
15		3.2.1.7	1000 260- 400	0.4-0.6	AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG	Геоботанічна, зоогеографічна, топографічна, екологічна	Класи лісів по порідному складу	1:500000	1:200000	<u>1:50000-1:10000</u>	1 раз/рік
15	Лісові пожежі і післяпожежна інвентаризація лісу.	3.2.2.1	1000 260- 400	0.4-0.6	MODIS, AWIFS, ETM+, WIFS, TM, HRVIR, HRV, LISS-III	Гідрографічна, геоботанічна, інженерно-екологічна	Класи лісів по зімкнутій	1:100000	1:50000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
15		3.2.2.2	1000 260- 400	0.4-0.6	MODIS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III RADARSAT-1/2, ERS1/2, ENVISAT, TERRASAR-X, ALOS	Гідрографічна, геоботанічна, інженерно-екологічна	Масиви старовозрастних лісів	1:100000	1:50000	1:10000-1:5000	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
15		3.2.2.3	1000 300	0.4-0.9	AWIFS, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, HRV-PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, HRG	Гідрографічна, геоботанічна, інженерно-екологічна	Ділянки захисних, експлуатаційних, резервних лісів, класи лісів по порідному складу, вікові групи лісів	1:100000	1:50000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
16		3.2.2.4	30 5-15	0.4-0.9 2 - 8 см 15-30 см	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Гідрографічна, геоботанічна, інженерно-екологічна, ґрунтова	Вогнища впливи шкідливих організмів, лісових пожеж, ветровалу, вирубування	1:100000	1:50000	1:10000-1:5000	2-3 раз. доб.
<b>ВПЛИВИ НА ДОВКІЛЛЯ</b>											
16	Впливи, промислових, енергетичних підприємств гірничодобувних і інженерних споруд.	4.1.1.1	10 0.6-2	0.4-0.9 2 - 8 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Антропогенної зміни ландшафтів, еколого-геологічна, природно-техногенної безпеки	Території навколо промислових підприємств	1:10000	1:5000	<u>1:1000-</u> <u>1:500</u>	1 раз/рік
16		4.1.1.2	200 60 30	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B, IRS-P5	Антропогенної зміни ландшафтів, еколого-геологічна, природно-техногенної безпеки	Екологічний вплив навколо вугільних шахт	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	4 раз/рік
16		4.1.1.3	200	0.4-1.1	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion,	Антропогенної зміни	Трансформ	1:10000	1:5000	1:1000-	4

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
			60 30		IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3 , QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	ландшафтів, еколого-геологічна, природно-техногенної безпеки	ації ландшафтів			1:500	раза/рік
16		4.1.1.4	10-30	0.55-0.58 0.62-0.66 0.66-0.72 0.8-1.0	HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3 , QuikBird, EROS-A/B, IRS-P5	Антропогенної зміни ландшафтів, еколого-геологічна, природно-техногенної безпеки	Флора і фауна навколо техногенних об'єктів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	4 раза/рік
16		4.1.1.5	10-30	0.4 - 1.2 2.08-2.35 8-12 3 - 6 см 15-30 см	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3 , QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Антропогенної зміни ландшафтів, еколого-геологічна, природно-техногенної безпеки	Викиди небезпечних отруйних речовин	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	2-3 раз. доб.
16		4.1.1.6	1000	3-5 10-12	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Антропогенної зміни ландшафтів, еколого-геологічна, природно-техногенної безпеки	Джерела впливу на довкілля	1:10000	1:5000	<u>1:1000-</u> <u>1:500</u>	2-3 раз. доб.
16		4.1.1.7	30 5-15	0.4-1.1	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Антропогенної зміни ландшафтів, еколого-геологічна, природно-техногенної безпеки	Техногенне навантаження на довкілля	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	4 раза/рік
16	Впливи під час проведення лісозаготівель.	4.2.1.1	30 5-15	0.4-1.1	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Площа лісових насаджень	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	4 раза/рік
16		4.2.1.2	30 5-15	0.4-1.1	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Площа рубок	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	2-3 раз. доб.

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
17		4.2.1.3	5-15	0.4-1.1	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Трансформація флори і фауни внаслідок рубок	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	2-3 раз. доб.
17		4.2.1.4	30 5-15	0.4-1.1	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Зміна фізико-хімічних показників ґрунтів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	2-3 раз. доб.
17		4.2.1.5	30 5-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, PAN (IRS), RADARSAT-2	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Зміна фізико-хімічних показників атмосфери	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	2-3 раз. доб.
17		4.2.1.6	30 5-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, PAN (IRS), RADARSAT-2	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Зміна трафіків міграції птахів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	2-3 раз. доб.
17		4.2.1.7	30 5-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, PAN (IRS), RADARSAT-2	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Засоленість ґрунтів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
17		4.2.1.8	30 5-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Ґрунтового покрову	1:10000	1:5000	<u>1:1000-1:500</u>	1 раз/рік
17		4.2.1.9	30 5-15	0.4-1.1 2.0-3.0 10.4-12.10 3-7 см	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Якості ґрунту	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
17		4.2.1.10	170 30 15-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Лісів, ґрунтів, зоогеографічна, геоботанічна, еколого-економічна	Щільності ґрунту	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
17	Оцінка порушеності земель.	4.3.1.1	170 30 5-15	0.4-1.1	TM, LISS-III/IV, ALI, HRVIR, HRV, ASTER, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Гумус	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
17		4.3.1.2	170 30 5-15	0.4-1.1	TM, LISS-III/IV, ALI, HRVIR, HRV, ASTER, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Екологічний потенціал ґрунтів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.3	170 30 5-15	0.4-1.1	TM, LISS-III/IV, ALI, HRVIR, HRV, ASTER, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Екологічний стануземель, антропогенною порушеності	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.4	170 30 5-15	0.4-1.1	TM, ETM+, LISS-III/IV, HRVIR, HRV, ASTER, ALI, Hyperion	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Щільність ґрунтового покриву	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.5	170 30 5-15	0.4-1.1	TM, ETM+, LISS-III/IV, HRVIR, HRV, ASTER, ALI, Hyperion	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Геоморфологічний стан	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.6	170 30 5-15	0.4-1.1	TM, ETM+, LISS-III/IV, HRVIR, HRV, ASTER, ALI, Hyperion	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Інженерного (техногенного) навантаження на довкілля	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.7	170 30 15	0.4-1.1	MODIS, TM, HRV, LISS-III/IV, HRVIR, HRG, ASTER, ALI, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Зміна трансформаційних ознак	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
							середовища				
18		4.3.1.8	170 30 15	0.4-1.1	MODIS, TM, HRV, LISS-III/IV, HRVIR, , HRG, ASTER, ALI, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Геоботанічний потенціал	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.9	170 30 5-15	0.4-1.1	MODIS, TM, HRV, LISS-III/IV, HRVIR, , HRG, ASTER, ALI, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Забруднення ґрунтів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.10	1000 500 250 30	0.58-0.68 0.7-1.0	MODIS, TM, HRV, LISS-III/IV, HRVIR, , HRG, ASTER, ALI, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Засолення ґрунтів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.11	1000	3.55 - 3.93	MODIS, TM, HRV, LISS-III/IV, HRVIR, , HRG, ASTER, ALI, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Ботанічні властивості ґрунтів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	1 раз/рік
18		4.3.1.12	170 30 20,10	0.4-1.1	MODIS, TM, HRV, LISS-III/IV, HRVIR, , HRG, ASTER, ALI, Hyperion, Formosat-2	Грунтів, інженерно-геоморфологічна, екологічна, топографічна	Зона і межі ґрунтових пластів	1:10000	1:5000	1:1000-1:500	4 раз/рік
19	Дорожньо-комунікаційні об'єкти	4.3.2.1	30 5-15	0.4-1.1	ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Транспортної інфраструктури, плани міст, інженерно-топографічні	Водогони	1:1000	1:500	1:200	4 раз/рік
19		4.3.2.2	170 30 5-15	0.4-1.1	ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Транспортної інфраструктури, плани міст, інженерно-топографічні	Автошляхи та вулично-дорожня мережа	1:1000	1:500	1:200	4 раз/рік
19	Оцінка стійкості природних і антропогенні	4.4.1.1	170 30	0.4-1.1	ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView1, Ikonos-2, Ресурс-	Геосистемного навантаження	Природно-техногенне навантаження	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	3 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
	их систем.				ДК						
19		4.4.1.2	1000 170, 30 10-20	0.4-1.1	ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Стійкості екосистем	Техногенний вплив на оточуюче середовище	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	3 раза/ рік
19		4.4.1.3	250-1000 170 30	0.4-1.1	ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Природно-техногенної безпеки	Рівні природно-техногенної небезпеки	1:500000	1:200000	<u>1:50000-1:10000</u>	3 раза/ рік
19	Екологічні проблеми міст.	4.5.1.1	30 5-15	0.4-1.1	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, (PAN), EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView-1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Інженерно-екологічні плани	Обмежувальні заходи	1:50000	1:10000	<u>1:10000-1:5000</u>	4 раза/ рік
19		4.5.1.2	5-15 1	0.4-1.1 3.5 - 7 см	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, (PAN), EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView-1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Інженерно-топографічні	Світлове та звукове забруднення	1:50000	1:10000	1:10000-1:5000	3 раза/ рік
19		4.5.1.3	170 30 15	0.4-1.1 3.5 - 7 см	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, (PAN), EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView-1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Інженерно-топографічні	Вміст атмосфери та гідросфери	1:50000	1:10000	1:10000-1:5000	1 раз/ рік
19		4.5.1.4	170 30 15	0.4-1.1 3.5 - 7 см	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, (PAN), EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView-1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Інженерно-топографічні	Пункти спостережень за атмосферою	1:50000	1:10000	1:10000-1:5000	1 раз/ рік



№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
19		4.5.1.5	170 30 1	0.4-1.1	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, ALOS (PRIMS), IRS-P5 (PAN), Formosat-2, (PAN), EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView-1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Інженеро-топографічні	Еколого-містобудівне забезпечення містобудування	1:50000	1:10000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
20	Впливи на берегову зону.	4.6.1.1	30 5-15	0.4-1.1 3.5 - 7 см	MODIS, AWIFS, TM, ETM+, LISS-III, HRVXS, HRVIR-XI, ALI, ASTER, Hyperion	Гідрографічні, топографічні, кліматичні, геоморфологічні	Ерозія берегів	1:200000	1:10000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
20		4.6.1.2	30 5-15	0.4-1.1	AIRS, ENVISAT, ERS-1/2, ENVISAT, RADARSAT-1/2, TERRASAR-X, ALOS	Гідрографічні, топографічні, кліматичні, геоморфологічні	Укріплення гравітаційних показників	1:200000	1:10000	1:10000-1:5000	1 раз/рік
20		4.6.1.3	30 5-15 1-4	0.4-1.1	SeaWifs, MODIS	Гідрографічні, топографічні, кліматичні, геоморфологічні	Ступінь стійкості	1:200000	1:10000	<u>1:10000-1:5000</u>	1 раз/рік
20	Дія на акваторію.	4.6.2.1	30 5-15 1-4	0.4-1.1	SeaWifs, MODIS	Фізико-географічні, гідрографічні, екологічні флори та фауни	Забрудення прибережної зони	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
20		4.6.2.2	5-15 1-4	0.4-1.1	SeaWifs, MODIS	Фізико-географічні, гідрографічні, екологічні флори та фауни	Флора та фауна приморських районів	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
20		4.6.2.3	5-15 1	0.4-1.1	SeaWifs, MODIS	Фізико-географічні, гідрографічні, екологічні флори та фауни	Фізико-хімічний стан води	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
20		4.6.2.4	5-15 1-4	0.4-1.1	SeaWifs, MODIS	Фізико-географічні, гідрографічні, екологічні флори та фауни	Фізико-географічні показники довкілля	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок дослід-жень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
20		4.6.2.5	5-15 1	0.4-1.1	SeaWifs, MODIS	Фізико-географічні, гідрографічні, екологічні флори та фауни	Сезонні коливання показників	1:500000	1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
20	Аерозольно-димові забруднення.	4.7.1.1	5-15 1	0.4-1.1	TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, HRG	Синоптичні, еколого-метеорологічні	Фізико-хімічний стан	1:000000	1:500000-1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
20		4.7.1.2	170 30 5-15	0.4-1.1 3.5 - 7см	MODIS AWIFS	Синоптичні, еколого-метеорологічні	Ареали розповсюдження елементів	1:000000	1:500000-1:200000	1:50000-1:10000	1 раз/рік
<b>ТВАРИННИЙ СВІТ</b>											
21	Місце існування тваринного світу.	8.1.1.1	30 5-15	0.4-1.1	TM, HRG, HRVIR, HRV, ASTER, ALI, LISS-III/IV	Зоогеографічні	Зоогеографічні ареали та зміни	1:000000	1:500000-1:200000	1:50000-1:10000	4 раз/рік
<b>АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ</b>											
21	Радіаційний баланс.	9.1.1.1	30 5-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Радіаційного забруднення	Рівні забруднення за часовими зрізами	1:50000	1:10000-1:5000	<u>1:2000-1:1000</u>	3 раз/рік
21		9.1.1.2	30 5-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Природно-техногенної безпеки	Іонізуюче випромінювання	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000	1 раз. доб.
21		9.1.1.3	30 5-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Інженрно-екологічні	Вплив на біоту	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000	3 раз/рік
21	Хімія атмосфери.	9.1.2. 1	30 5-15	0.4-1.1	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Метеорологічні	Зони концентрації небезпечних речовин	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
21		9.1.2.	30	0.4-0.8	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-	Метеорологічні	Баричної	1:1 000	1:500000	1:50000-	2-3

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
		2	15		III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2		синоптики	000		1:10000	раз. доб.
21		9.1.2.3	30	0.4-0.8	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Метеорологічні	Висотної топографії висотної синоптики	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
21	Розподіл хмарного покриття.	9.2.1.1	30 5-15	0.4-1.1 3.5 - 7 см	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG RADARSAT-1/2	Синоптичні	Бальність	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
21		9.2.1.2	30	0.4-1.1	КОМУНІКАЦІЙНІ ОБ'ЄКТИ	Синоптичні	Класифікація хмар	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
21		9.2.1.3	1000 - 10000	1.3 -8.0 0.1 - 10 см	WIFS, AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, PAN (IRS), RADARSAT-2	Синоптичні	Види	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
22	Характеристики хмар.	9.2.2.1	1000 - 10000	1.3-8.0, 0.1 - 10 см	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, Formosat-2, EROS-A/B	Синоптичні	Градаців впливу на хмари	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
22		9.2.2.2	10000 - 1000	1.3-8.0, 0.1-10 см	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B, OrbView-3, Komsat-2	Синоптичні	Температурний та баричний градієнт	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
22	Аерозольнодімиві забруднення.	9.3.1.1	10000 - 1000	0.74-1.3, 0.1-10 см	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Formosat-2, Ресурс-ДК, EROS-A/B и др.	Висотної синоптики	Показники забруднення	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
22		9.3.1.2	10000 - 1000	0.74 -1.3	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Formosat-2, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird,	Висотної синоптики	Показники забруднення	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
					WorldView-1						
22		9.3.1.3	10000 - 1000	0.74-1.3	TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Formosat-2, Ресурс-ДК, PAN (IRS), EROS-A/B	Висотної синоптики	Показники забруднення	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
22		9.3.1.4	3000 - 250	0.74 -1.3	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B	Висотної синоптики	Показники забруднення	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
22		9.3.1.5	3000 - 250	0.74 -1.3	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, Formo	Висотної синоптики	Показники забруднення	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
<b>АТМОСФЕРНІ ОПАДИ І СНІГОВИЙ ПОКРИВ</b>											
22	Атмосферні опади.	10.1.1.1	3000 - 250	0.74-1.3	sat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B, HRG	Висотної синоптики	Інтенсивність опадів	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
22		10.1.1.2	10000 - 1000	1.3-8.0	TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, LISS-III, PAN (IRS), RADARSAT-2, Formosat-2	Висотної синоптики	Фізико-хімічний склад	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
22		10.1.1.3	10000 - 1000	1.3-8.0	ETM+, TM, ALI, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, LISS-III, ASTER	Висотної синоптики	Сезонність опадів	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.
23	Сніговий покрив.	10.1.2.1	1000 - 250	0.4-1.1	AIRS, MODIS, ENVISAT, ERS-1/2	Погодні	Аномальні показники	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	Архів дані
23		10.1.2.2	30 - 5-15	0.4-0.7	MODIS AWIFS	Погодні	Стан та вплив на біоту	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	2-3 раз. доб.

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
23		10.1.2.3	30 5-15	0.4-0.7	AWIFS, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, HRG,	Погодні	Сезонність	1:1 000 000	1:500000	1:50000- 1:10000	2-3 раз. доб.
23		10.1.2.4	30 5-15	0.4-0.7	TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, HRG,	Погодні	Ступінь забруднення	1:1 000 000	1:500000	1:50000- 1:10000	2-3 раз. доб.
<b>КОМУНІКАЦІЙНІ ОБ'ЄКТИ</b>											
23	Експлуатація комунікаційних об'єктів.	11.1.1.1	1000 - 100	0.7-1.3, 0.1-10 см	AIRS, MODIS	Інженерні плани	Коефіцієнт зношеності	1:5 000	1:2000	1:5000- 1:1000	1 раз/рік
23		11.1.1.2	1000 500- 250 70	0.4-0.8	AIRS, MODIS, ENVISAT, ERS-1/2	Інженерні плани	Вплив на довкілля	1:5 000	1:2000	1:5000- 1:1000	1 раз/рік
23		11.1.1.3	1000 500- 250 70	0.4-0.8	MODIS AWIFS	Інженерні плани	Конденсація	1:5 000	1:2000	1:5000- 1:1000	1 раз/рік
23		11.1.1.4	250- 1000 70 30	0.4-1.1- 1.75 7.0 см	MODIS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, RADARSAT-1/2, ERS1/2, ENVISAT, TERRASAR-X, ALOS	Інженерні плани	План заміни	1:5 000	1:2000	1:5000- 1:1000	1 раз/рік
23		11.1.1.5	1000 500- 250 70	0.4-0.8	HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Formosat-2, Ресурс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1	Інженерні плани	Зони з особливими умовами використання територій	1:5 000	1:2000	1:5000- 1:1000	1 раз/рік
23	Будівництво комунікаційних об'єктів.	11.1.2.1	250 30	0.4-0.7	TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, Formosat-2, Ресурс-ДК, PAN (IRS), EROS-A/B	Інженерні плани	Функціональні зони поселень	1:5 000	1:2000	1:5000- 1:1000	1 раз/рік
24		11.1.	250	0.4-0.7	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR,	Інженерні плани	Площі	1:5 000	1:2000	1:5000-	1 раз/

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
		2.2	30		HRV, HRG Formosat-2, ASTER, Pесуpс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B		забудов			1:1000	рік
24		11.1.2.3	250 30	0.4-0.7	ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, Formo	Інженерні плани	Площі забудов, зелені масиви	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	1 раз/рік
<b>СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО</b>											
24	Площі сільськогосподарських угідь.	12.1.1.1	30 5-15	0.4-1.1 2.0-3.0 10.4-12.10	sat-2, ASTER, Pесуpс-ДК, PAN (IRS), Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, EROS-A/B, HRG	Агрономічні, агроекологічні	Сільськогосподарські угіддя, сільськогосподарські культури, посівні площі	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів дані
24		12.1.1.2	30 5-15	0.4-1.1 2.0-3.0 10.4-12.10	TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, LISS-III, PAN (IRS), RADARSAT-2, Formosat-2	Агрономічні, агроекологічні	Площі розміщення пари	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	2-3 раз. доб.
24		12.1.1.3	30 5-15	0.4-1.1 2.0-3.0 10.4-12.10	ETM+, TM, ALI, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, LISS-III, ASTER	Агрономічні, агроекологічні	Площі пасовищ	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Щотижд.
24		12.1.1.4	30 5-15	0.4-1.1 2.0-3.0 10.4-12.10	AIRS, MODIS, ENVISAT, ERS-1/2	Агрономічні, агроекологічні	Площі пасовищ	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Щотижд.
24	Стан сільськогосподарських угідь.	12.1.2.1	5-15 1-4	0.4-0.8	MODIS AWIFS	Агрономічні, агроекологічні	Характеристики засміченості	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів дані
24		12.1.2.2	5-15 1-4	0.4-0.8	AWIFS, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, HRV-	Агрономічні, агроекологічні	Ділянки поразки	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
					PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, HRG,		сільськогосподарських культур				дані
24		12.1.2.3	30 5-15	0.4-1.1	TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, HRV-PAN/XS, HRVIR- MONO/XI, HRG,	Агрономічні, агроекологічні	Ділянки поразки сільськогосподарських культур	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів . дані
24		12.1.2.4	1- 10	0.4-1.1	TM, ETM+, LISS-III ASTER, ALI, Hyperion, HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, HRG	Агрономічні, агроекологічні	Стан пливудеградації на природні масиви	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів . дані
25	Прогнозування врожайності.	12.1.3.1	1- 10	0.4-1.1	AIRS, MODIS	Агрономічні, агроекологічні	Сільськогосподарські культури, посівні площі	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів . дані
25		12.1.3.2	5-15 1	0.4-1.1 2-7 см	AIRS, MODIS, ENVISAT, ERS-1/2	Агрономічні, агроекологічні	Значення врожайності в ц/га	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів . дані
25		12.1.3.3	1- 10	0.4-1.1	MODIS AWIFS	Агрономічні, агроекологічні	Міри стиглості сільськогосподарських культур	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів . дані
25		12.1.3.4	5-15 1	0.4-1.1	MODIS, HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III RADARSAT-1/2, ERS1/2 , ENVISAT, TERRASAR-X, ALOS	Агрономічні, агроекологічні	Типи пасовищ, урожаї пасовищних ділянок, продуктивність	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів . дані
25		12.1.3.5	1- 10	0.4-1.1	AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG	Агрономічні, агроекологічні	Значення врожайності	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів .

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
							i				дані
25	Агротехнічні заходи.	12.1.4.1	1- 10	0.4-1.1	AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG	Інженрно-сільськогосподарські	Площі розміщення	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів дані
25		12.1.4.2	30 5-15 1	0.4-1.1	AWIFS, ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, МСУ-Э	Інженрно-сільськогосподарські	Ділянки, що вимагають внесення добрив і отрутохімікатів	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Архів дані
25		12.1.4.3	30 5-15 1-4	0.4-1.1 2 - 4 см	EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView-1, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Інженрно-сільськогосподарські	Ділянки, що вимагають внесення добрив і отрутохімікатів	1:5 000	1:2000	1:5000-1:1000	Щотижд.
25	Агрокліматичні умови.	12.1.5.1	30 5-15	0.4-1.1	TM, ETM+, LISS-III, LISS-IV, HRVIR, HRV, HRG, EROS A/B, Formosat-2, Komsat-2, OrbView-3, QuickBird, WorldView-1, Ikonos-2, Ресурс-ДК, TERRASAR-X	Агрокліматичні	Агрокліматичних ресурси, кліматичні умови зростання окремих культур, продуктивність екосистем, зони стабільного землеробства	1:1 000 000	1:500000	1:50000-1:10000	1 раз/рік



№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
25		12.1.5.2	30 5-15 1-4	0.4-1.1	TM, ETM+ LISS-III, LISS-IV, HRVIR, HRV, HRG, Formosat-2, EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК, TERRASAR-X	Агрокліматичні	Індекси умов вегетації	1:1 000 000	1:500000	1:50000- 1:10000	Щотижд.
<b>ВИКОРИСТАННЯ І РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЙ</b>											
26	Територіальне планування.	13.1.1.1	30 5-15 1-4	0.4-1.1	EROS-A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Зони з особливими умовами використання територій	1:200000	1:10000- 1:5000	<u>1:2000-</u> <u>1:1000,</u> <u>1:500</u>	1 раз/рік
26		13.1.1.2	30 5-15	0.4-1.1	EROS-A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Ділянки можливої активізації екзогенних процесів, заболочування, підтоплення та ін.	1:200000	1:10000- 1:5000	1:2000- 1:1000, 1:500	Щотижд.
26		13.1.1.3	30 5-15 1-4	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Зони негативного впливу об'єктів капітального будівництва у разі розміщення таких об'єктів	1:200000	1:10000- 1:5000	1:2000- 1:1000, 1:500	1 раз/рік
26	Містобудівне зонування.	13.1.2.1	30 5-15	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Функціональні зони поселень	1:200000	1:10000- 1:5000	1:2000- 1:1000, 1:500	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
26		13.1.2.2	30 5-15	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Площі забудов	1:200000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000, 1:500	1 раз/рік
26		13.1.2.3	250-70 30 5-15	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Площі забудов	1:200000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000, 1:500	1 раз/рік
26		13.1.2.4	250-70 30 5-15	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Площі забудов, зелені масиви	1:200000	1:10000-1:5000	<u>1:2000-</u> <u>1:1000,</u> <u>1:500</u>	1 раз/рік
26	Планування територій.	13.1.3.1	30 5-15 1-4	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Елементи планувальної структури (квартали, мікрорайони, інші елементи)	1:200000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000, 1:500	1 раз/рік
26		13.1.3.2	250 30 5-15	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Дороги, вулиці, проїзди, лінії зв'язку, ін. об'єкти інженерної і транспортної інфраструктур	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000, 1:500	1 раз/рік
26		13.1.3.3	30 5-15	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Межі забудованих земельних ділянок, незабудова	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000, 1:500	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Огляд-ова	Основний	Детальний	
							них земельних ділянок				
27		13.1.3.4	30 5-15	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Об'єкти капітального будівництва	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000, 1:500	1 раз/рік
27		13.1.3.5	30 5-15	0.4-1.1	Ресурс-ДК EROS A/B, Komsat-2, OrbView-3, WorldView-1, QuickBird, Ikonos-2, Ресурс-ДК	Територіального планування, генплани	Об'єкти соціально - культурного, комунального битового призначення, інші об'єктів капітального будівництва	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000, 1:500	1 раз/рік
27		13.1.3.6	30 5-15 1-4	0.4-1.1	MODIS, AWIFS, TM, TM+, LISS-III, HRV, HRVIR, ASTER, ALI, ERS-1/2, RADARSAT1/2, ENVISAT, ALOS, TERRASAR-X	Територіального планування, генплани	Межі земельних ділянок	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000, 1:500	1 раз/рік
27	Земельний кадастр.	13.1.4.1	1000 500 250	0.58-0.68 0.7-1.0	HRV-PAN/XS, HRVIRMONO/XI, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRSPAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROSA/B, IRS-P5	Топографічні	Межі об'єктів землеустрою, межі обмежених у використанні частин об'єкту землеустрою, об'єкти нерухомост	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000	1 раз/рік

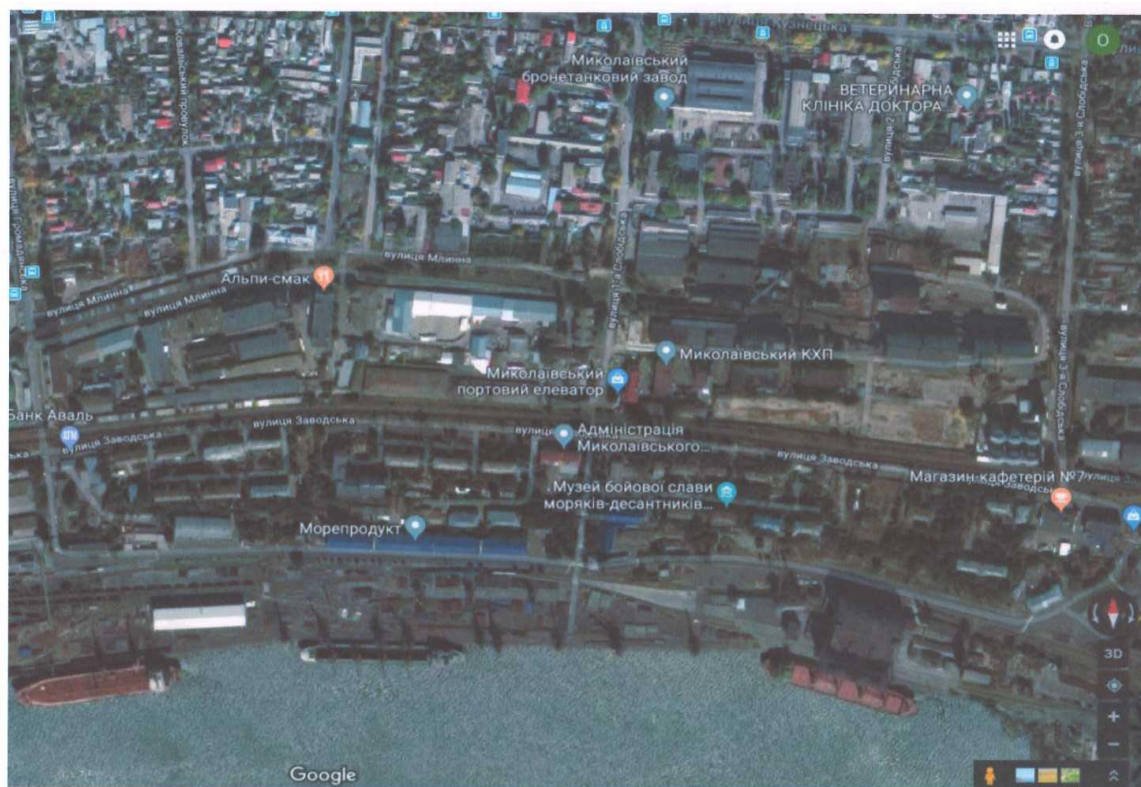
№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
							i				
27		13.1.4.2	1000 170	0.58-0.68 0.7-1.0	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B	Топографічні	Види фактичного використання земель	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000	1 раз/рік
27		13.1.4.3	170 30 5-15	0.4-1.1	HRV-PAN/XS, HRVIR-MONO/XI, TM, ETM+, LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3, QuikBird, EROS-A/B, IRS-P5	Топографічні	Ділянки порушених земель, земель, схильних до водної і вітрової ерозії, селям, підтопленню, заболочуванню, вторинному засоленню, висушенню, забрудненню відходами виробництва і споживання, радіоактивними і хімічними речовинами	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000	1 раз/рік
27		13.1.4.4	170 30 5-15	0.4-1.1	LISS-III, ASTER, ALI, Hyperion, IRS-PAN, LISS-IV (PAN), HRG Ресурс-ДК, Ikonos-2, OrbView-3,	Топографічні	Долі з ознаками деградації	1:50000	1:10000-1:5000	1:2000-1:1000	1 раз/рік

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ			Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядова	Основний	Детальний	
					QuikBird, WorldView-1/2, EROS-A/B		земель, гумусність				

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ  
ЗАГРОЗ ТА РИЗИКІВ РЕГІОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ  
АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК**  
(на прикладі здійснення робіт технологічного процесу виконання  
приймально-навантажувально-перевантажувальних операцій на Бузько-  
Дніпровському-Лиманському каналі)

**Опис діяльності**

Виконання приймально-навантажувально-перевантажувальних робіт вантажу у Миколаївському морському порту буде здійснюватися за технологічною схемою судно (танк зливу)-судно (танк наливу) (другим бортом біля причалу). Порти Миколаєва мають досить вигідне географічне розташування. Миколаївський порт - важливий транспортний вузол на півдні України і одна з провідних гаваней країни. Через Миколаївський регіон проходять міжнародні транспортні коридори № 9 та № 7, TRASECA (офіційна сторінка Адміністрації морських портів України), рисунок Г.1.



Місця локації за технологічними схемами 1) судно-судно (другим бортом біля причалу) - рейдова стоянка «банка Трутаєва» - 359-а якірна стоянка, рейдова стоянка 3-го і 4-го колін БДЛК (рейд Очаківського морського порту), Бузько-Дніпровсько-лиманський канал, Миколаївський морський порт, Херсонський морський порт; 2) спеціалізований вантажний автотранспорт (автоцистерна)-судно (на причалі) - Бузько-Дніпровсько-Лиманський канал (причальні споруди річки Дніпро) у місцях якірних стоянок басейну річки Дніпро, в тому числі причальні споруди, а також у Херсонському морському порту; 3) технологічні схеми: залізничні цистерни-судно та судно-залізничні цистерни - Запорізький, Дніпропетровський та Херсонський річковий порт (у разі укладення відповідних Угод); 4) судно-спеціалізований вантажний автотранспорт (автоцистерна) - Дніпро-Бузький морський порт. За необхідності можливе використання інших технологічних схем та здійснення робіт.

Миколаївський морський термінал «Ніка-Тера». Миколаївський морський термінал «Ніка-Тера» (ТОВ «Морський спеціалізований порт НікаТера» входить в Міжнародна група компаній Group DF) здійснює перевалку вантажів - рослинних олій (вантажний район № 4). Згідно інформації офіційної сторінки Морського спеціалізованого порту Ніка-Тера - це сучасний високомеханізований диверсифікований порт, який є одним з лідерів в регіоні з надання широкого спектру стивідорних послуг з перевалки, зберігання, підготовки та відправки різних вантажів, рисунок Г.2 (<http://nikatera.com/>).

Також, до складу Миколаївського морського порту входить портовий пункт Очаків та рейд біля міста Очаків в районі банки Трутаєва. Портовий пункт Очаків розташований біля північного берега входу у Дніпровський лиман за 8,6 кабельтових на північний захід від мису Очаківський.



Рисунок Г.2 - Карта-схема Морського спеціалізованого порту «Ніка-Тера»

(<http://nikatera.com/map/>)

Очаківський морський порт. Порт Очаків розташований на ДніпроБузькому лимані в Миколаївській області на північно-східній околиці м. Очаків. Порт діє згідно правил і постанов Миколаївського морського порту. Акваторія термінального комплексу порту Очаків захищена хвилезахисними спорудами. Судна, що прибувають в термінальний комплекс проходять частиною БДЛК (рівня 8,6 милі) і підхідним до термінального комплексу порту Очаків каналом. Підхідний до термінального комплексу канал має довжину 2,7 милі, ширину 110 м. Плавання по БДЛК без використання буксирного забезпечення дозволяється для суден завдовжки до 200 м. Для суден завдовжки від 200 м до 230 м плавання без використання буксирного забезпечення можливе при швидкості руху судна каналом не більше 10 вузлів та обов'язковому використанні радіолокаційного



проведення. Слід зазначити, що загальний контроль за дотриманням режиму перебування і переміщення в морському порту здійснює адміністрація морських портів України. Дніпро-Бузький морський торговельний порт (ДБМП). Ще один морський порт розташований уздовж траси Бузько-Дніпровсько-лиманського каналу - Дніпро-Бузький морський торговельний порт. Згідно обов'язкової постанови ДП "Морська державна адміністрація Дніпро-Бузького морського порту", затвердженої наказом начальника порту № 6 від 19.02.2001 р. Дніпро-Бузький морський порт (далі - ДБМП), розташований на лівому березі річки Південний Буг у районі Руської коси, за 10 миль на південь від порту Миколаїв і за 32 милі від Чорного моря. Управляється Миколаївським морським торговельним портом. Розпорядженням КМУ 23.07.2008 р. № 1013-р «Про реорганізацію державного підприємства "Дніпро-Бузький морський торговельний порт" ДП "ДніпроБузький морський торговельний порт" було приєднано до державного підприємства Миколаївський морський торговельний порт" з утворенням на базі реорганізованого підприємства відокремлений підрозділ. Акваторія порту, площа якої становить 132 га, захищена піщаною дамбою. Акваторія порту з'єднується з Бузько-Дніпровсько-Лиманським каналом підхідним каналом, довжина якого 1,7 милі і ширина 80 метрів. Прохідна осадка на підхідному каналі 9,8 метрів. У місці з'єднання підхідного каналу порту і дев'ятого коліна БДЛК (Каталіне) є так званий "розтруб" - зовнішній рейд порту, якірне місце № 1. Портовими водами є - підхідний канал, довжина якого становить 1,7 морської милі (3,148 км) від правої бровки 9-го коліна БДЛК до умовної лінії, яка йде від буя № 8 підхідного каналу до південного краю межі причалу для перевантаження глинозему (причал № 7), завширшки по 100 метрів від осі каналу, а також зона "розтруба" підхідного каналу, обмежена буями № 85, 87 БДЛК і буями № 1, 2, 3, 4 "розтруба". Оголошені в Повідомленнях мореплавцям глибини на підхідному каналі порту, внутрішній акваторії, біля причалів № 3, 4, 5 становлять до 11,5 метрів. Мають місце коливання рівня води до 1 метра (при північних вітрах глибини біля причалів зменшуються до 10,5 метрів). Навігація в порту триває цілий рік. Вхід

і вихід суден із порту підхідним каналом здійснюється цілодобово за умови, що засоби навігаційного обладнання (ЗНО) в робочому стані та видимість більше двох морських миль. Осадка судна не повинна перевищувати 9,8 метрів у прісній воді. Порт має у своєму розпорядженні буксири для проведення і швартування морських транспортних суден (2 х 2500 к.с. і 3 х 1200 к.с.). Рейдова стоянка «банка Трутаєва» - 359-а якірна стоянка. Згідно обов'язкової постанови ДП "Морська державна адміністрація ДніпроБузького морського порту", затвердженої наказом начальника порту № 6 від 19.02.2001 р. Банка Трутаєва - рейдовий причал ДП "МДА ДБМП", місце розпауження морських великовантажних суден з бокситами, координати: 46°34,4' N, 31°16,5' E. Основні переваги цього місця - глибоководність (до 20 метрів) і сприятливий клімат. Кінбурнська коса захищає рейдовий порт від переважаючих в цій частині сильних північно-східних вітрів. Відповідно, мінімізується вплив погодних умов на здійснення перевалки, що важливо для технології "борт до борту".

Дніпровсько-Бузький лиман має важливе транспортне (основні порти Миколаїв та Очаків) та рибпромислове значення; його узбережжя - рекреаційний район. У Західній частині лівого берега до лиману прилягає ділянка Чорноморського біосферного заповідника - Волижин ліс. Смуга акваторії лиману біля Північного берега входить до складу ландшафтних заказників загальнодержавного значення Станіславський та Олександрійський. Тут зимує багато птахів, серед них занесені до Червоної книги України – казарка червоновола, гоголь, крохаль довгоносий. У водах лиману зустрічаються рідкісні види фауни (представники родів іфігенела, ніфарг, гмеліна, мізида, аксонолайм) та флори (білоцвіт літній, водяний горіх плаваючий, плавун щитолистий, сальвінія плаваюча), включені до Червоної книги України (електронна версія «Енциклопедія сучасної України», [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=22209](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=22209)).

Херсонський морський порт. Порт розташований на правому березі Дніпра, за 15 км. від його гирла. Підхід до порту здійснюється по фарватеру, який проходить по річці Рвач, рукаву Ольховий Дніпро і власне по Дніпру. Рисунки Г.3 – Г4.

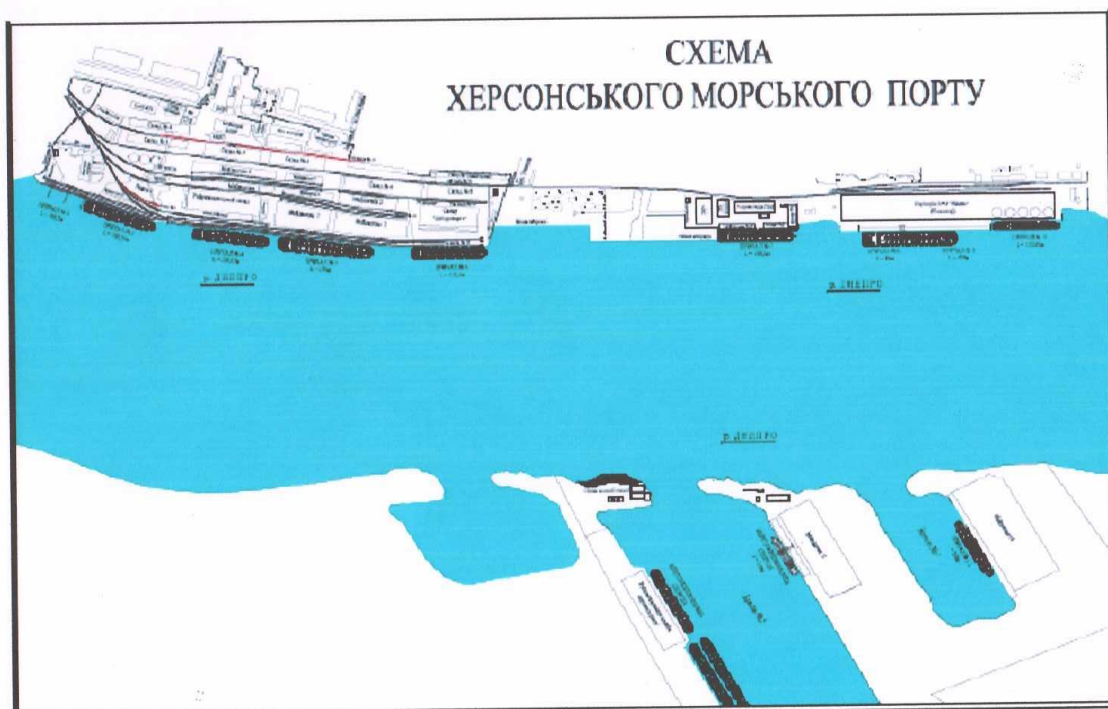


Рисунок Г3 - Схема території Херсонського морського порту

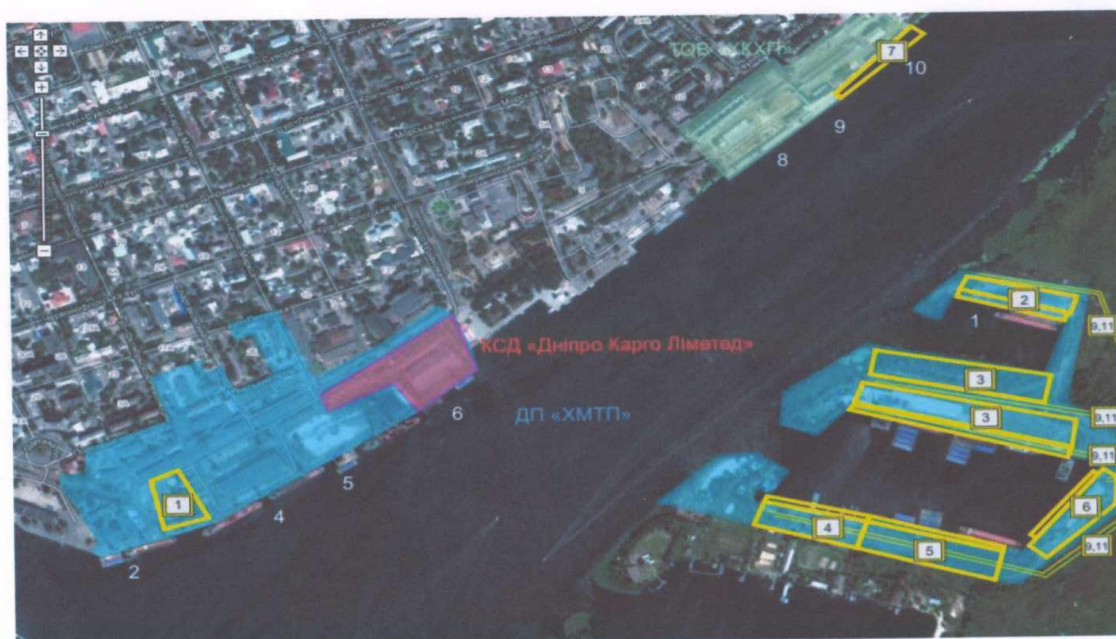


Рисунок Г.4 - Деталізована схема території Херсонського морського порту

### **Оцінювання екологічних загроз та ризиків**

#### Загальна характеристика викидів до атмосферного повітря

У відповідності до інформації, що у вільному доступі під забрудненням атмосферного повітря розуміють збільшення концентрації фізичних, хімічних та

біологічних компонентів понад рівень, що виводить природні системи зі стану рівноваги («Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2016 році»). Промислові викиди в атмосферу несприятливо впливають перш за все на людину та на навколишнє природне середовище, а найбільш важкі форми прояву спостерігаються на промислових майданчиках та прилеглих до них територіях. Саме тут виникають найбільш високі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі і саме на цих територіях акумулюється їхня основна маса ґрунтом та поверхнею водоймищ. Промислові викиди в атмосферу поширюються на значну відстань, забруднюючи приземний шар повітря не лише на промислових майданчиках, але й на прилеглих населених територіях. У зв'язку з цим особливо гострою є проблема запобігання забруднення атмосфери міст, де зосереджена більша частина населення та промисловості.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Забруднюючі речовини, що потрапили тим, чи іншим шляхом в організм можуть викликати отруєння. Ступінь отруєння залежить від токсичності речовин, часу дії, шляху проникнення, метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму. Гострі отруєння виникають в результаті одноразової дії великих доз шкідливих речовин. Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалої дії на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин (свинець, ртуть, марганець). Шкідливі речовини потрапивши в організм розподіляються в ньому нерівномірно. Найбільша кількість свинцю накопичується в кістках, фтору – в зубах, марганцю – в печінці. Такі речовини мають властивість утворювати в організмі так зване “депо” і затримуватись в ньому тривалий час. За характером дії на організм людини шкідливі речовини поділяються на: - загальнотоксичні – речовини, що викликають отруєння всього організму (оксиди вуглецю, ціаністи сполуки, свинець, ртуть, бензол, миш'як і його сполуки і інші); - слизових оболонках (хлор, аміак, сірчистий газ, фтористий водень, оксиди азоту, озон,

ацетон і інші); - сенсibiliзуючі – речовини, що діють як алергени (формальдегід, різноманітні розчинники, лаки на основі нітросо- і нітросполук і інші); - канцерогенні – речовини, що викликають ракові захворювання (нікель та його сполуки, аміни, оксиди хрому, азбест і інші); - мутагенні – речовини, що призводять до змін наслідкової інформації (свинець, марганець, радіоактивні речовини і інші); - речовини, що впливають на репродуктивну (дітородну) функцію (ртуть, свинець, марганець, стирол, радіоактивні речовини і інші).

Тварини так само, як і людина, підпадають під вплив забруднення повітряного басейну. Знаходяться в атмосфері і випадають з неї шкідливі речовини вражають тварин через дихальні органи і можуть потрапити в організм разом через їжу, наприклад забруднені рослини. Під впливом гострих і хронічних отруєнь тварини хворіють, втрачають апетит і масу; відомі випадки падежу домашніх та диких тварин. Відбуваються генетичні перетворення, які викликають спадкові зміни, особливо під впливом радіоактивного забруднення. Забруднювачі атмосфери взаємодіють з природними елементами біосфери і природними процесами. У підсумку йде перенесення забруднюючих речовин з повітря через рослини і воду в організм тварин. Розвиток рослинності на Землі багато в чому обумовлено чистотою повітряного середовища. Дія забруднюючих речовин на рослини залежить від виду забруднювачів, їх концентрації, тривалості впливу, відносної сприйнятливості видів рослин і стадії їх фізіологічного розвитку. Видимими симптомами пошкодження, тобто зовнішніми ознаками захворювань рослин, є, перш за все, забруднення від сажі, летючої золи, цементного пилу, оксидів заліза тощо. В умовах міського середовища має місце інтегральний ефект впливу на рослини різних забруднювачів і токсичних речовин. Найбільш чутливі рослини до впливу сірчистого газу (SO<sub>2</sub>), сполук фтору (HF, SiF<sub>4</sub>), сполук хлору (HCl). Токсичні речовини порушують структуру листя і погіршують обмін речовин. Забруднення повітря призводить до уповільнення зростання, зниження якості лісових насаджень, захворювань і загибелі рослинності.

Опис, джерела та оцінка викидів до атмосферного повітря

Даний підрозділ містить відомості про джерела надходження та розрахункові дані щодо кількості та потужності викидів забруднюючих речовин до атмосферного повітря в процесі реалізації планованої діяльності.

Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин (розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря) з описом характеристик визначених джерел викидів, приведені в розділі 5.3.1 даного Звіту. Розрахункові дані щодо кількості та потужності викидів забруднюючих речовин від різних процесів та робіт, для зручності, мають посилання – до якого джерела викидів вони будуть віднесені. Планована діяльність ТОВ «Трансшипойл» передбачає здійснення операцій щодо приймально-навантажувально-перевантажувальних робіт з вантажем рослинних олій (соняшникова, соєва, ріпакова, кукурудзяна і бавовняна), який не відноситься до небезпечних вантажів, та не є джерелом викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. У процесі приймально-навантажувально-перевантажувальних робіт вантажу рослинної олії передбачається застосовувати насосне обладнання. При використанні схеми судно-судно джерелом утворення та викидів забруднюючих речовин до атмосферного повітря є судновий перекачувальний насос, встановлений на судах ТОВ «Трансшипойл». Він живиться від окремого дизельного генератора та розглядається у розрахунках. В окремих технологічних схемах, а саме: спеціалізований вантажний автотранспорт (автоцистерна)–судно (на причалі), залізничні цистерни–судно, можливе перевантаження самопливом, або із застосуванням штатного насосного обладнання автотранспорту (живлення від акумуляторів). Зауважимо, що при розрахунках утворення та викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, розглядаються процеси приймальнонавантажувально-перевантажувальних робіт для річного об'єму рослинної олії (за умови застосування саме суднового перекачувального насосу). Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від роботи дизельних генераторів, виконаний згідно «Збірника показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том І». - УкрНТЕК, Донецьк, 2004 р.

Слід зазначити, що територія в районі розташування портів характеризується значною концентрацією промислових об'єктів, сукупний вплив від яких може викликати перевищення нормативів екологічної безпеки за інгредієнтами, що розраховуються. Таким чином, спостерігається перевищення ГДК оксидів азоту (у перерахунку на діоксид азоту) та групи сумації № 31, без урахування впливу планованої діяльності. З огляду на те, що вклад викидів забруднюючих речовин при здійсненні операції щодо приймально-навантажувально-перевантажувальних робіт з вантажем рослинних олій, не перевищує 9 % від значень, отриманих в розрахункових точках, а також те, що викиди обмежені лише часом здійснення зазначених операцій, вплив на повітряне середовище можна оцінити, як допустимий.

Зміст програм моніторингу та контролю щодо впливу на довкілля під час провадження планованої діяльності, а також (за потреби) планів післяпроектного моніторингу

Атмосферне повітря:

- контроль показників якості атмосферного повітря у приміщеннях виділених для зберігання миючих і дезінфікуючих засобів з періодичністю один раз на місяць;

- контроль вентиляційного обладнання приміщень, де зберігаються миючі і дезінфікуючі засоби з періодичністю один раз на місяць;

- контроль герметичності тари, в якій зберігаються миючі та дезінфікуючі засоби з нанесенням відповідного маркування; - забезпеченням мікроклімату у виробничих приміщеннях відповідно до санітарних норм;

- контроль рівня забруднюючих речовин у повітряному середовищі вантажного відділення/танка/цистерни шляхом виконання заміру концентрації шкідливих речовин за допомогою робочих переносних газоаналізаторів, перед відвідуванням вантажних приміщень суден працівниками. Замір концентрації шкідливих речовин в повітрі виконується спеціально навченими і підготовленими членами екіпажу з дотриманням всіх заходів техніки безпеки.

Водне середовище:

- контроль та організація постійного спостереження за водною поверхнею навколо судна, яке перебуває в порту (біля причалу, на рейді тощо);

- забезпечення чіткого дотримання графіків оглядів та ремонтів обладнання і систем судна, несправність яких може призвести до забруднення ВВШУ;

- у випадку прибуття технічно несправного судна в пункт навантаження/розвантаження та в разі виникнення загрози аварійного розливу вантажу або витоку нафтопродуктів/палива (ПММ) забезпечується проведення огляду танкера судна та розробляється технологія вантажних операцій з урахуванням необхідності надзвичайних водозахисних заходів;

- контроль та періодичний огляд справності систем і цистерн для збирання та накопичування нафтовмісних і стічних вод, а також змінними контейнерів для сміття.

Спостереження за безпечним поводженням з відходами:

- своєчасна передача судових відходів, накопичених на судні під час рейсу, відстою або ремонту, відповідно до вимог чинного законодавства України у сфері охорони довкілля;

- контроль за розміщенням відходів у спеціально відведених місцях, контейнерах для сміття;

- забезпечення судна необхідною кількістю поліетиленових мішків або контейнерів для сміття та харчових відходів (здавання в міру накопичення);

- забезпечення на обмінних контейнерах розпізнавальних написів, які визначають, для якого виду сміття вони призначені ("Побутові відходи", "Харчові відходи", "Пластик" тощо);

- забезпечення класифікації відходів, відповідного маркування згідно класу небезпеки та контроль щодо роздільного зберігання.

Спостереження за безпечним використанням суден:

- вантажні відділення/цистерни, трубопроводи та інші допоміжні комунікації і системи суден повинні бути сухі і чисті без слідів запаху вантажу, що перевозився раніше, а також не мати запаху та слідів миючих засобів;



- комплектація судна достатньою кількістю індивідуальних засобів захисту для працівників;
- забезпечення технічного обслуговування суден і їх обладнання, а також оперативне виправлення всіх виявлених несправностей, які можуть вплинути на безпеку і здоров'я працівників;
- усі рухомі частини механізмів повинні бути закриті міцно закріпленими заблокованими огороженнями, зручними для безпечного нагляду за механізмами.
- забезпечення наявності на борту суден необхідної кількості у справному стані належного аварійного устаткування та засобів для рятування життя і виживання;
- забезпеченням рівнів виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відповідно до санітарних норм.

Розрахунки розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря виконані при наступних умовах: 1) без урахування фонових концентрацій, з метою визначення безпосереднього впливу викидів від об'єктів планованої діяльності на стан атмосферного повітря; 2) з урахуванням фонових (існуючих) концентрацій забруднюючих речовин, з метою визначення фактичних показників стану атмосферного повітря в районі розташування об'єктів планованої діяльності.

Величини фонових концентрацій забруднюючих речовин в районі розташування об'єктів планованої діяльності ТОВ «Трансшипойл», прийняті згідно з даними відповідних установ Українського гідрометеорологічного центру: - Запорізького обласного центру з гідрометеорології № 26-30/566 та № 26-30/567 від 14.03.2019 р.; - Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології № 09.01/05 від 21.06.2019 р.; - Херсонського обласного центру з гідрометеорології № 37-03/1-04/293 від 14.03.2019 р.; - Миколаївського обласного центру з гідрометеорології № 31/05-08/145 від 11.03.2019 р. Для розрахунку розсіювання забруднюючих речовин на перспективний стан, в якості розрахункових, прийняті контрольні точки, розташовані на межі найближчої

житлової забудови для кожної локації. За відсутності житлової забудови (в окремих локаціях) розрахунки розсіювання забруднюючих речовин виконувались у довільних контрольних точках, розташованих на відстанях 50, 100 та 200 метрів від джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Розташування розрахункових точок наведено на схемах розподілу концентрацій забруднюючих речовин (Рисунки Г5 – Г12).

За даними спостережень забруднення атмосферного повітря Дніпропетровського обласного центру з гідрометеорології Державної служби України з надзвичайних ситуацій, в місті Дніпро показники фонових концентрацій для забруднюючих речовин: діоксид азоту (код 301), складає – 0,9448 ГДК; ангідрид сірчистий (код 330), складає – 0,0464 ГДК. За даними спостережень забруднення атмосферного повітря Херсонського обласного центру з гідрометеорології в місті Херсон показник фонові концентрації для забруднюючої речовини – діоксид азоту (код 301) перевищує гранично допустиму концентрацію і складає 1,1141 ГДК. Значення фонові концентрації для забруднюючої речовини – ангідрид сірчистий (код 330), складає – 0,2 ГДК.

Величини фонових концентрацій визначені як усереднені, в цілому по містам, при цьому, на їх формування значний вплив призводить діяльність всіх промислових підприємств міст, міського транспорту та інших джерел забруднення атмосфери. Слід також зазначити, що територія в районі розташування портів характеризується значною концентрацією промислових об'єктів, сукупний вплив від яких може викликати перевищення нормативів екологічної безпеки за інгредієнтами, що розраховуються. Таким чином, спостерігається перевищення ГДК оксидів азоту (у перерахунку на діоксид азоту) та групи сумарії № 31, без урахування впливу планованої діяльності.

## Діоксид азоту

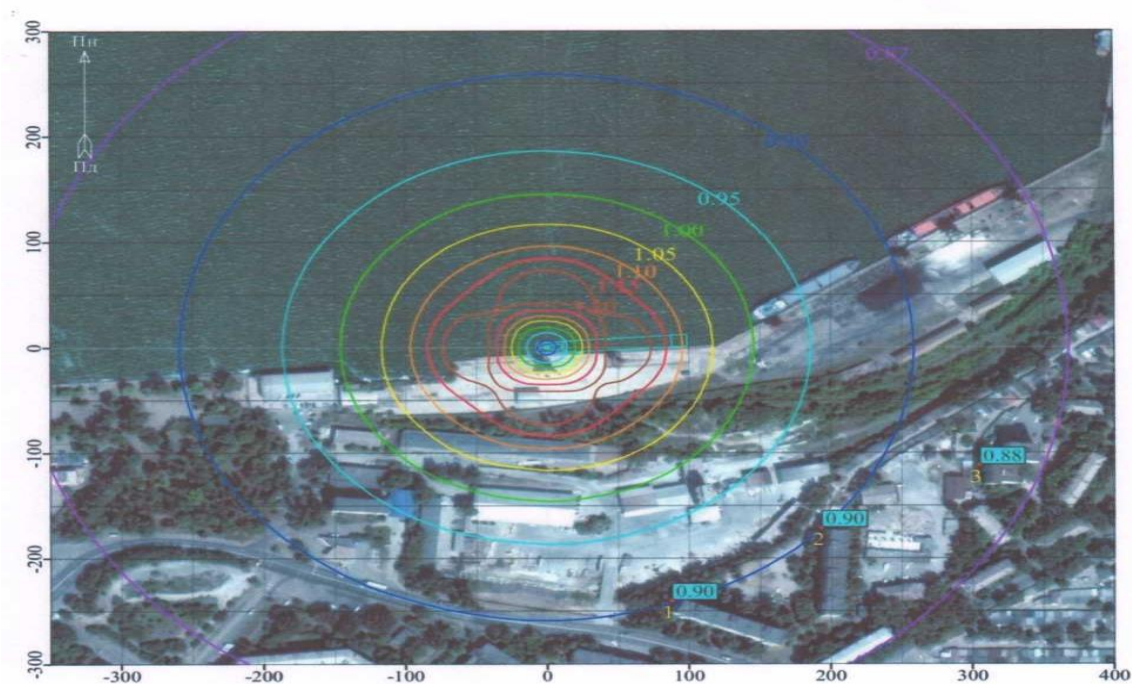
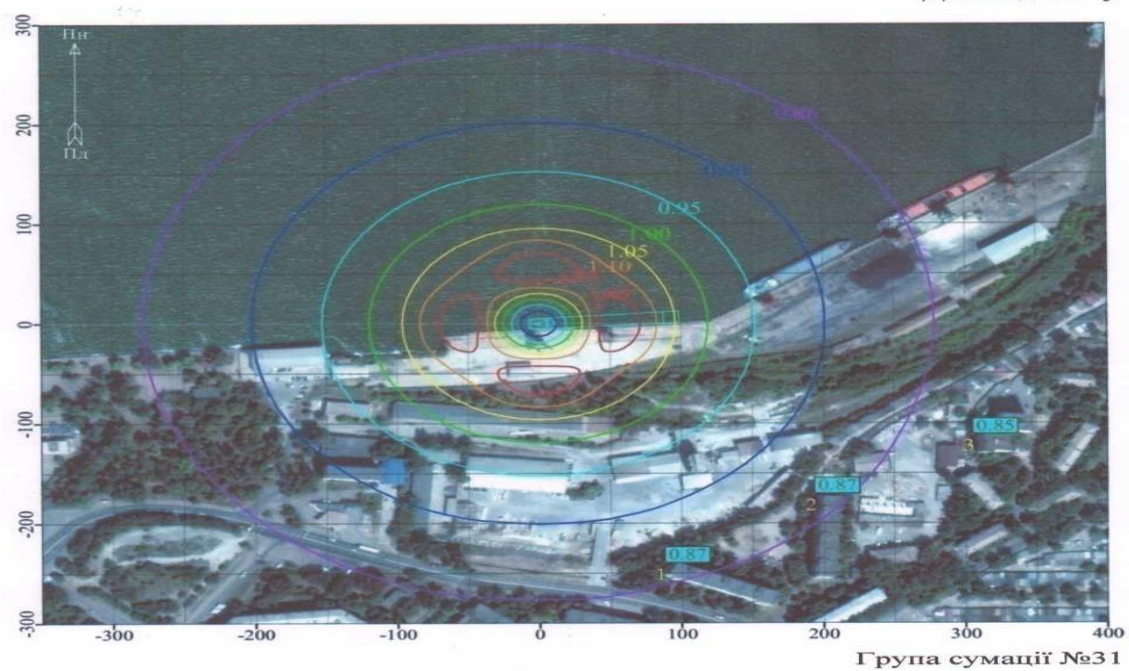
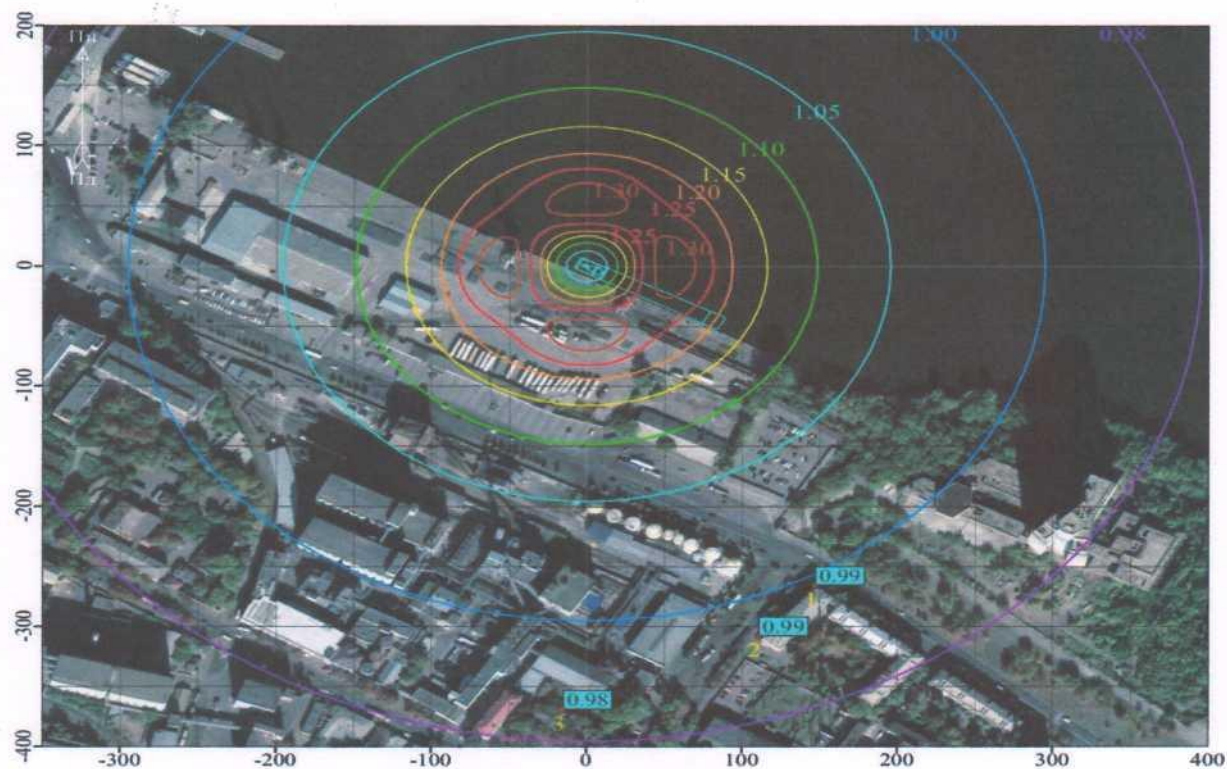


Рисунок Г5 - Схема розподілу концентрацій забруднюючих речовин (з урахуванням фону) на розрахунковому майданчику Запорізького річкового порту



Діоксид азоту



Група сумачії №31

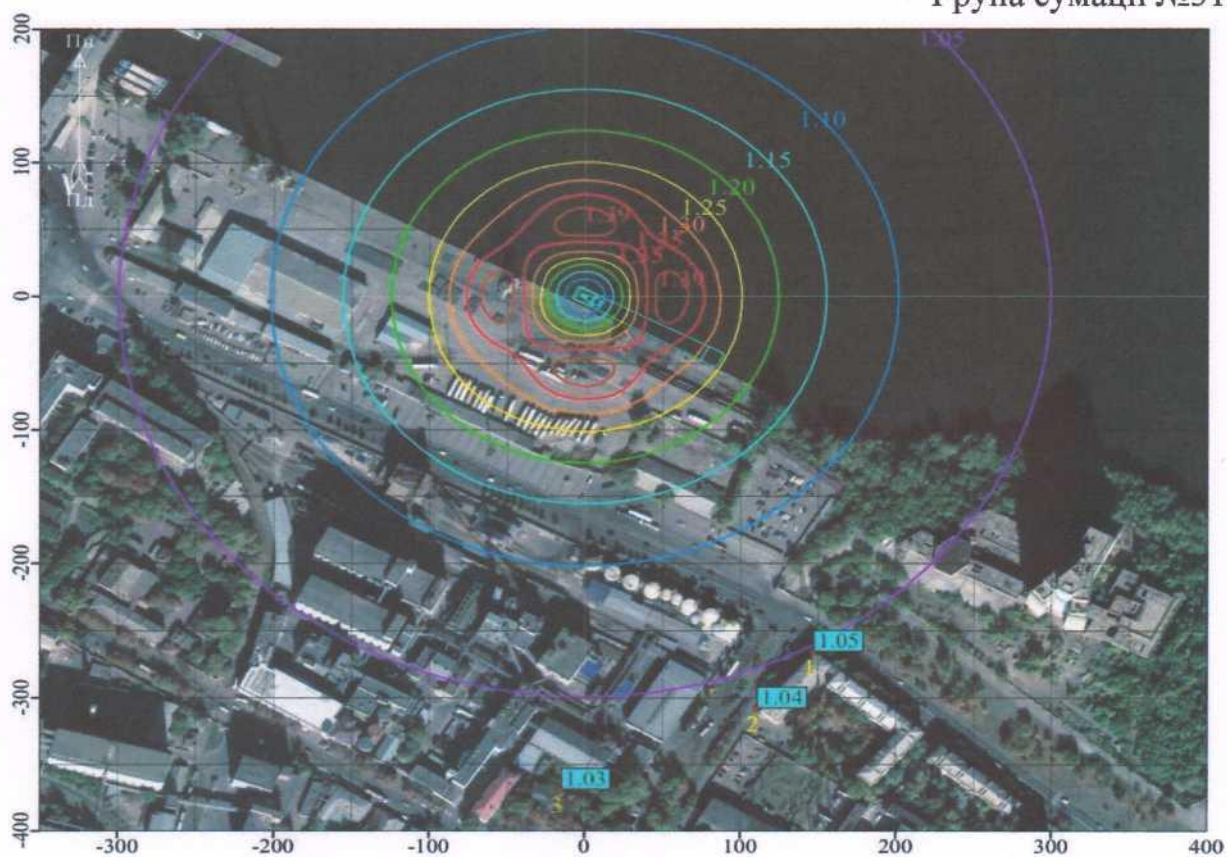
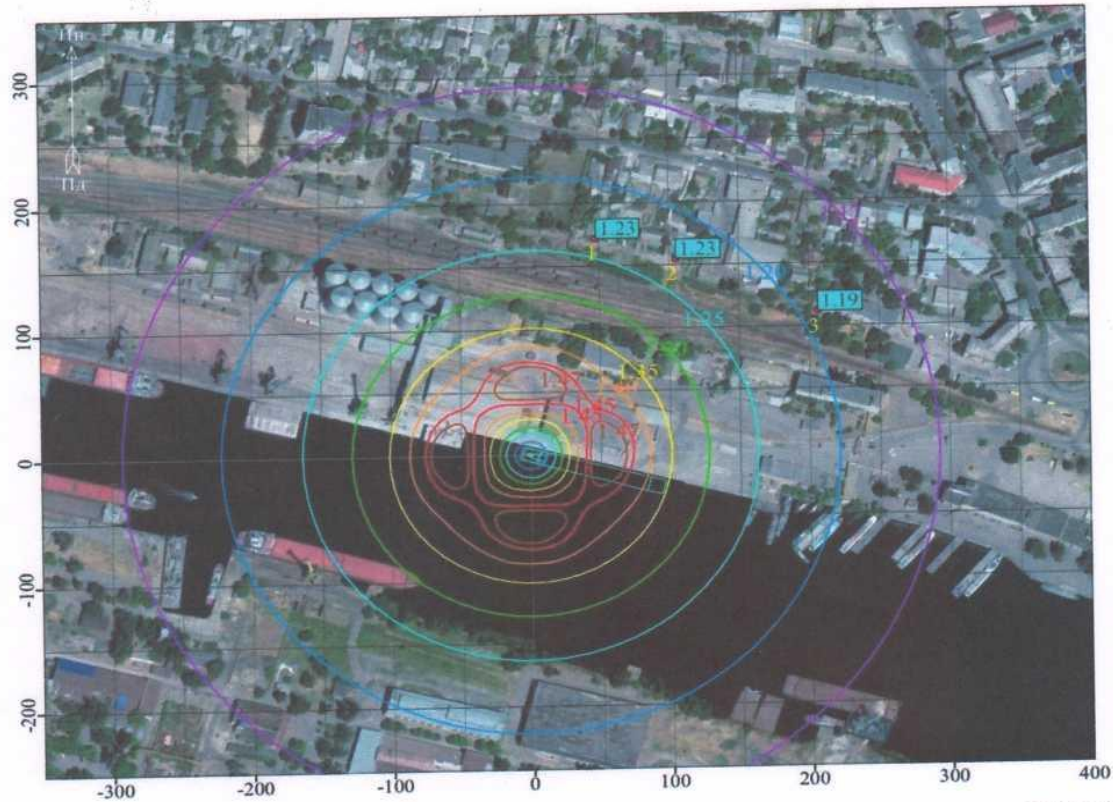


Рисунок Г.6 - Схема розподілу концентрацій забруднюючих речовин (з урахуванням фону) на розрахунковому майданчику Дніпропетровського річкового порту



Діоксид азоту



Група сумачії №31

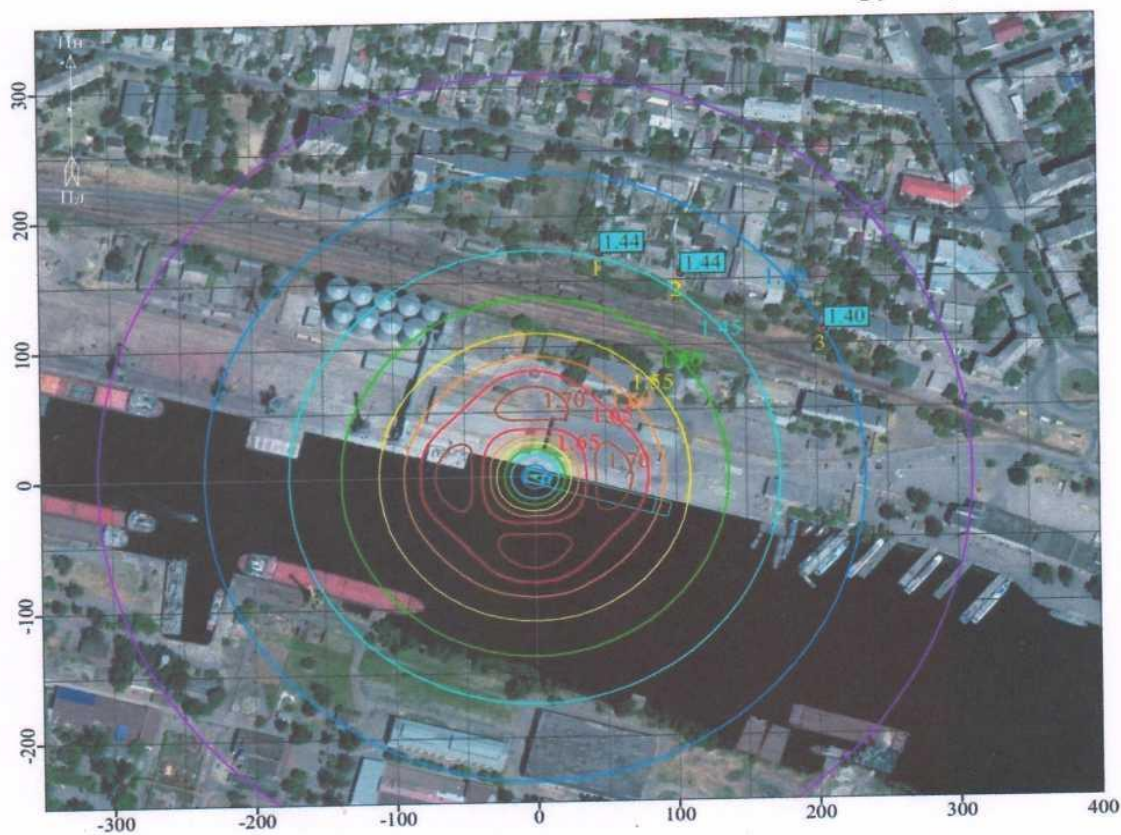
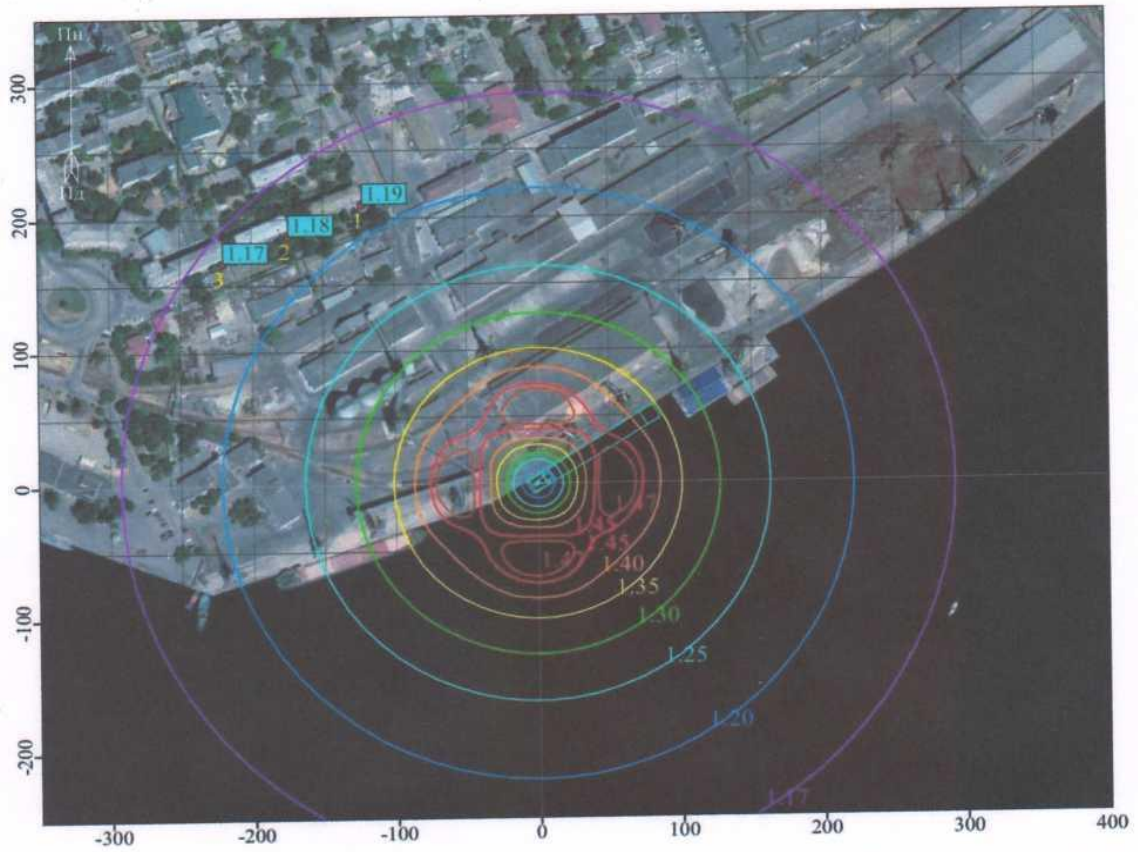


Рисунок Г.7 - Схема розподілу концентрацій забруднюючих речовин (з урахуванням фону) на розрахунковому майданчику Херсонського річкового порту



Діоксид азоту



Група сумачії №31

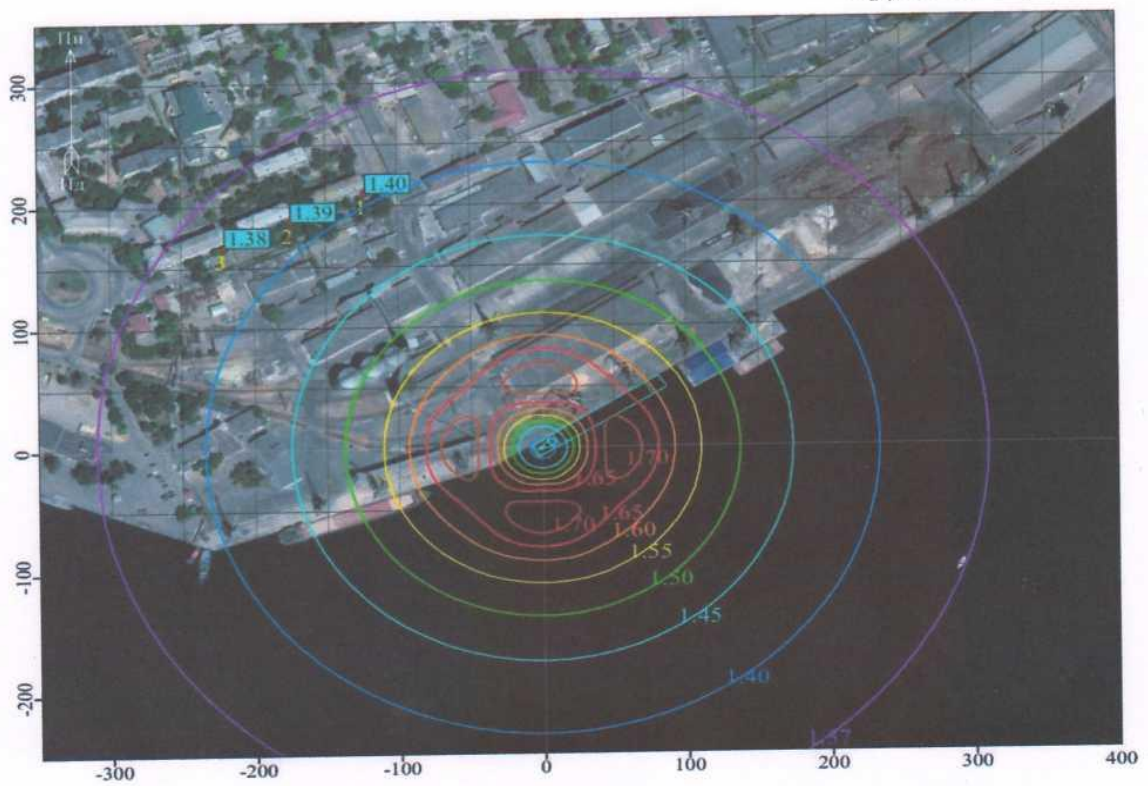
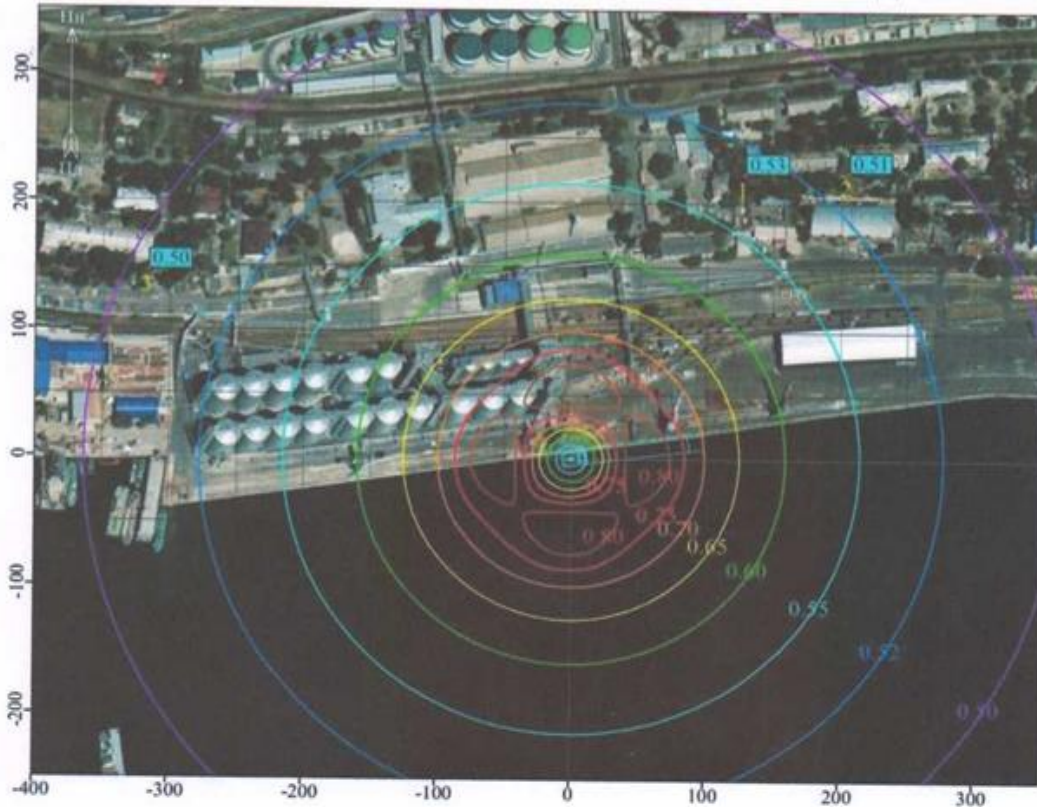
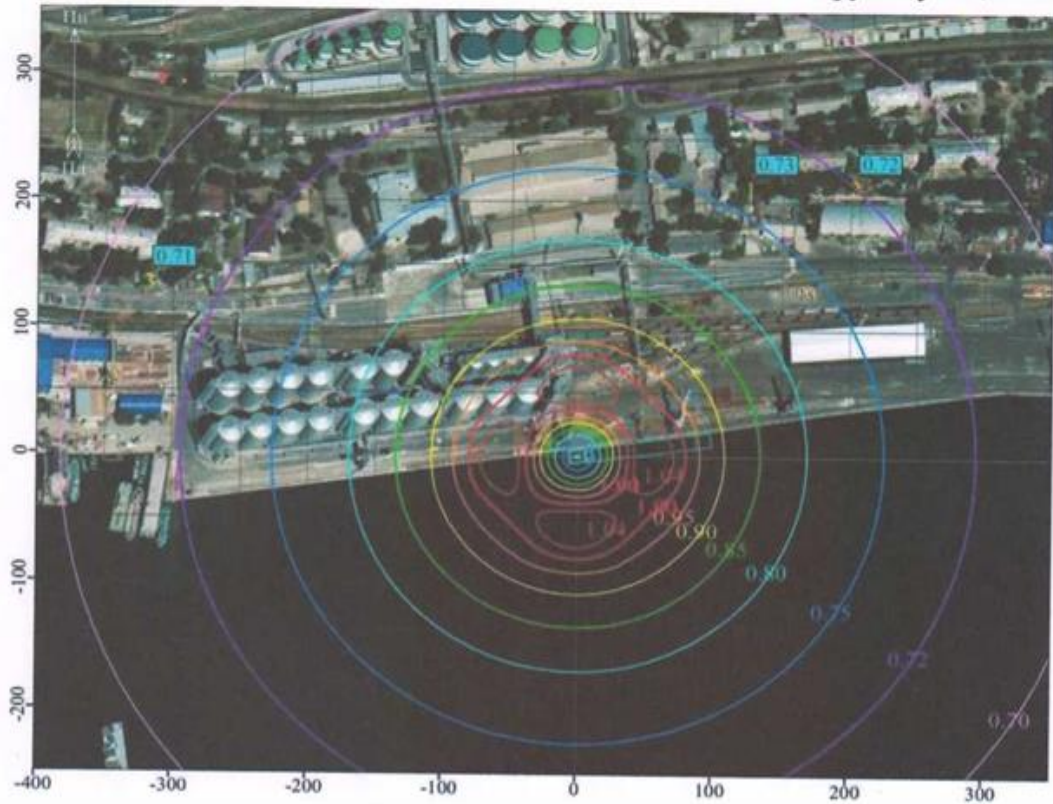


Рисунок Г.8 - Схема розподілу концентрацій забруднюючих речовин (з урахуванням фону) на розрахунковому майданчику Херсонського морського порту

Діоксид азоту



Група сумачії №3 I

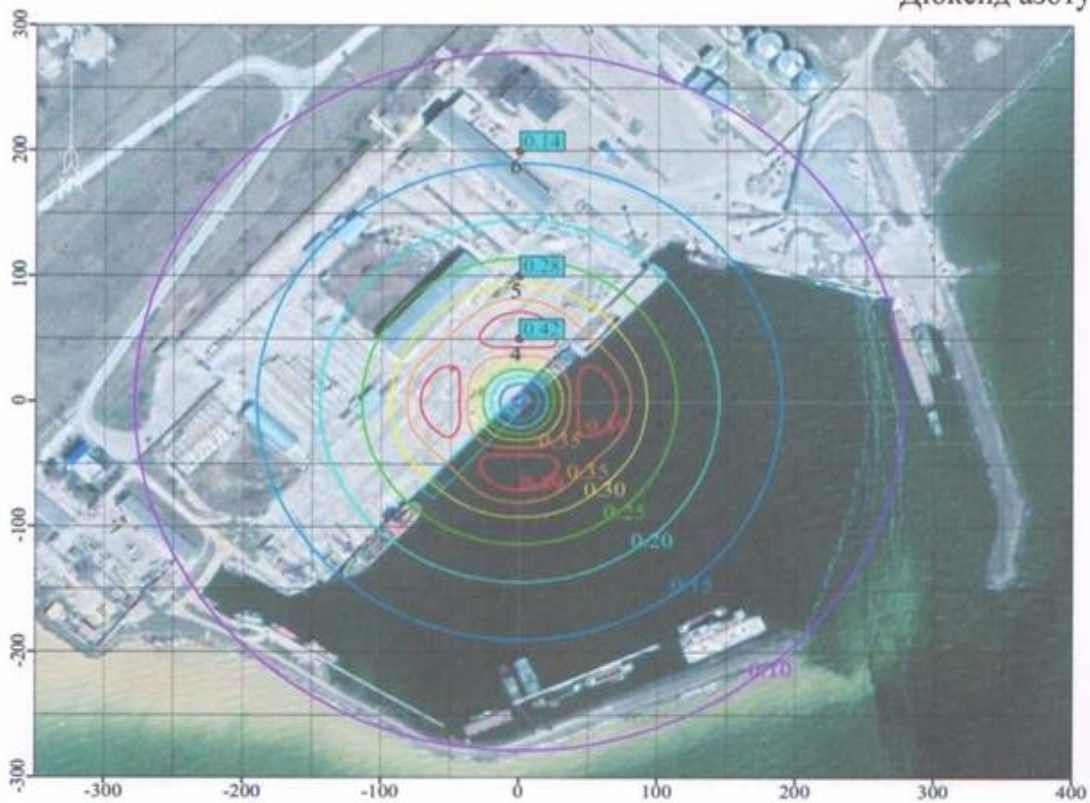


ура:  
пор

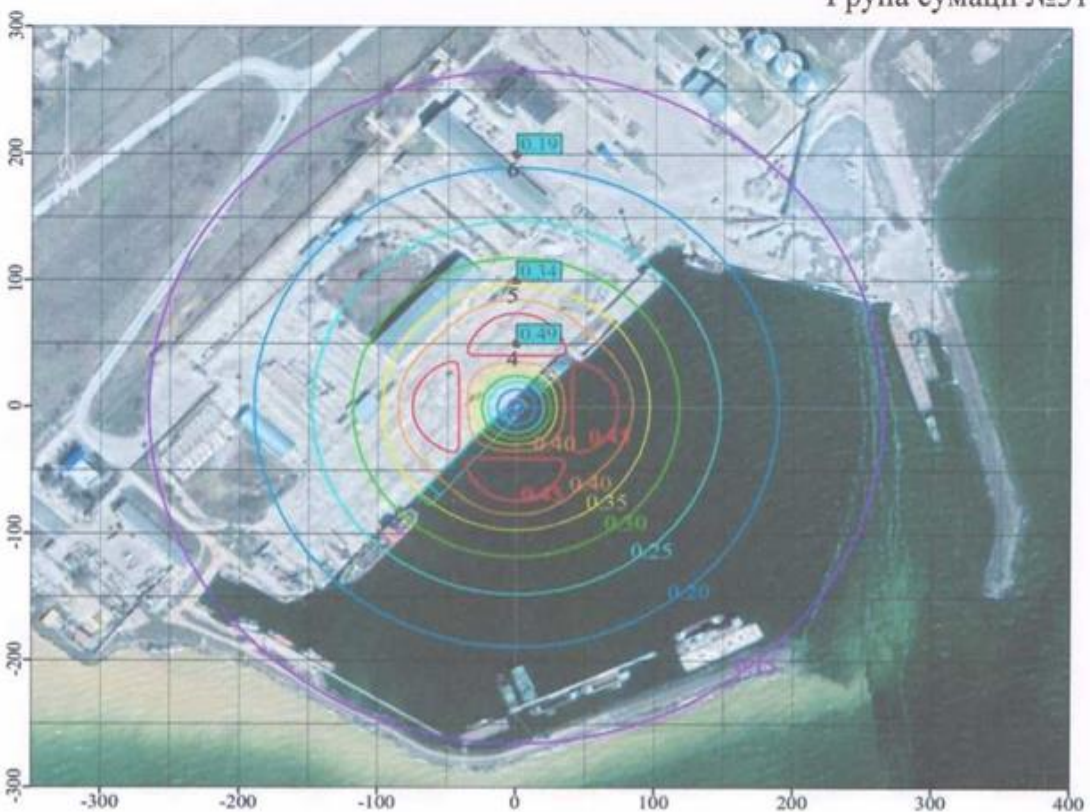
овин (з  
рського



Діоксид азоту



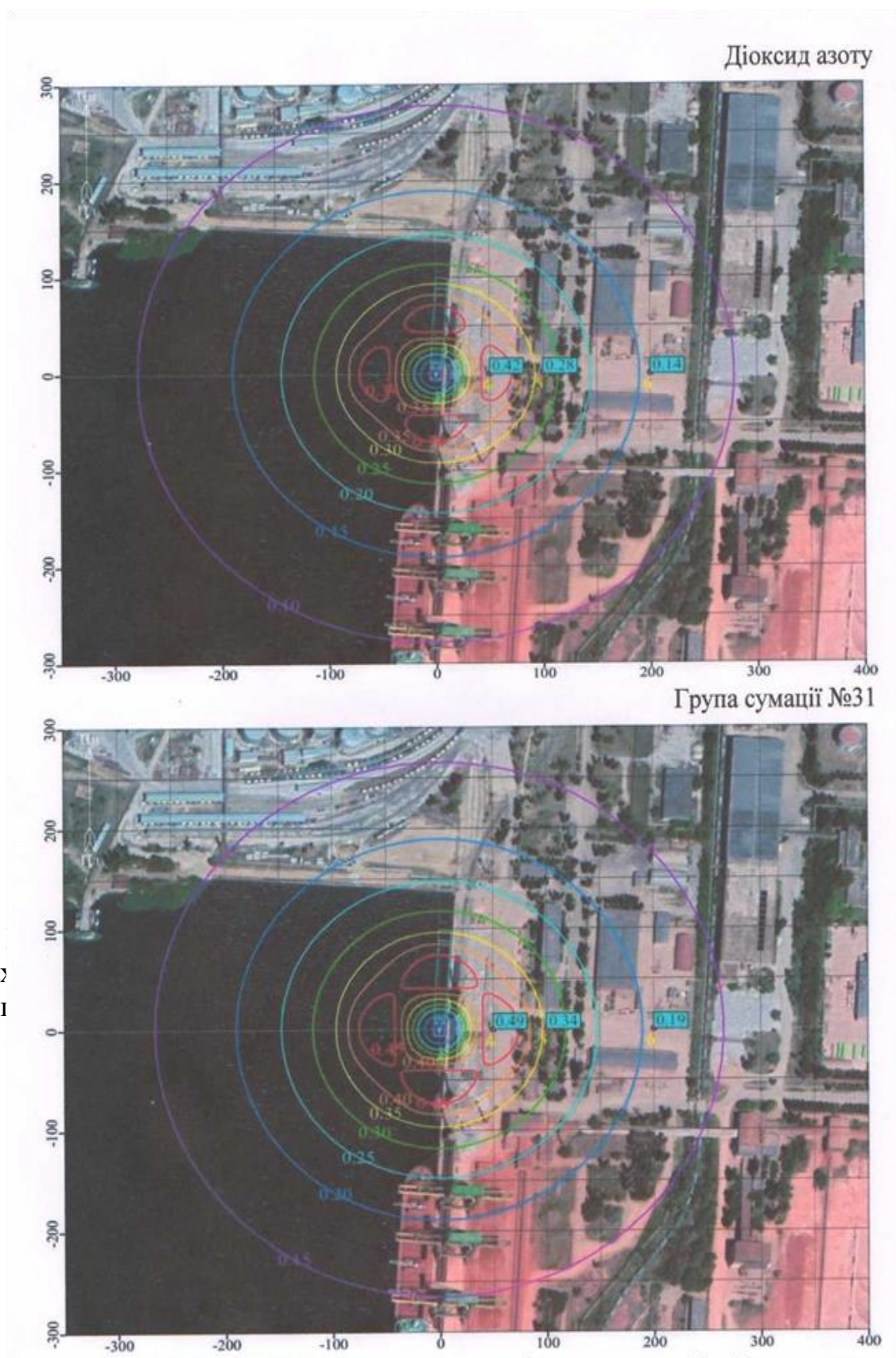
Група сумачії №31



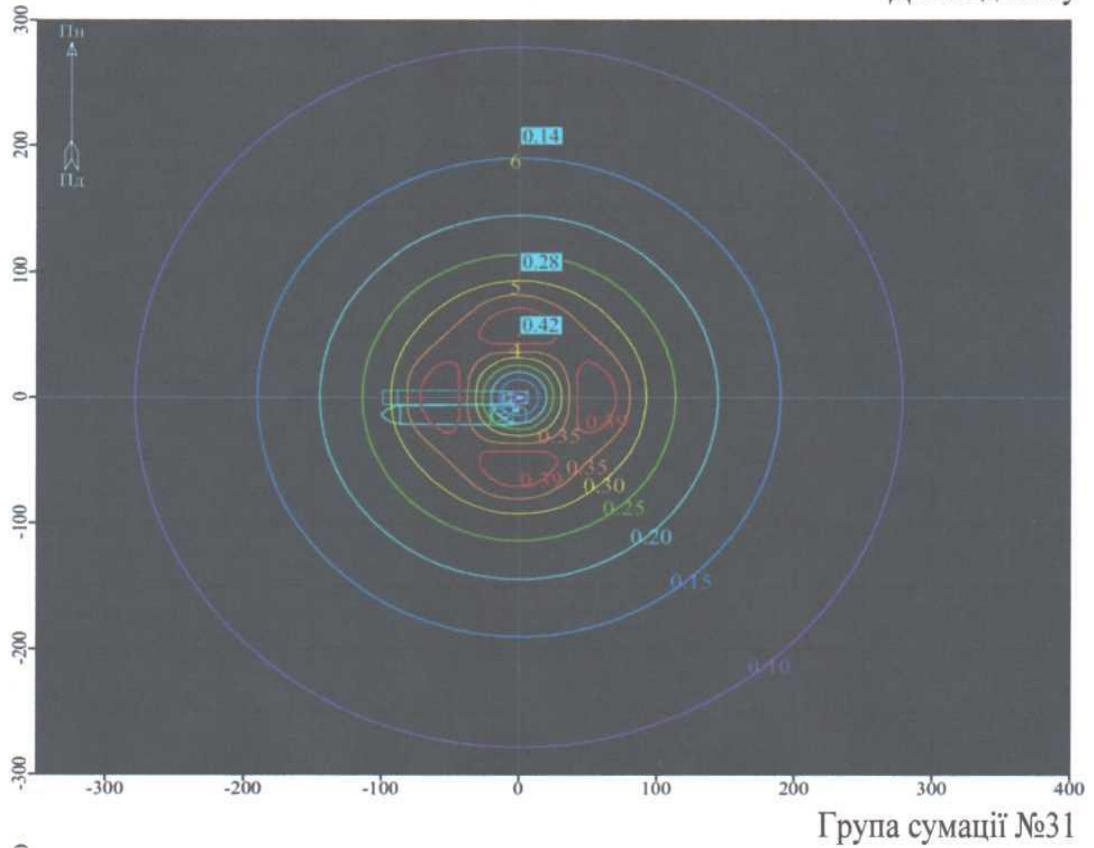
ура:  
пор

ВІН (З  
СЬКОГО





Діоксид азоту



Група сумачії №31

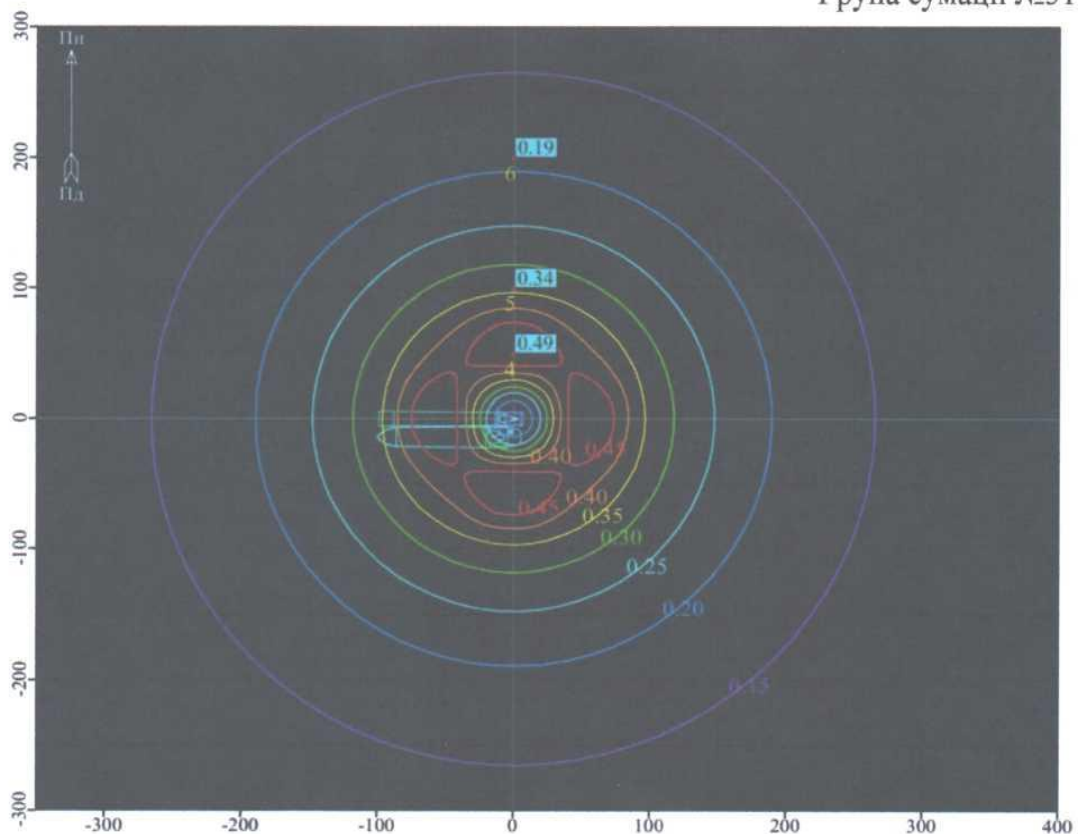


Рисунок Г12 - Схема розподілу концентрацій забруднюючих речовин (з урахуванням фону) на розрахунковому майданчику Рейдової стоянки «банка Трутаєва» – 359-а якірна стоянка

## ДОДАТОК Д

# ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТЕХНОГЕННЕ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

У теперішній час поняття «екологічний ризик» визначається як імовірність негативних змін навколишнього середовища або наслідків цих змін, що виникають через негативний антропогенний вплив на навколишнє середовище [3, 7, 18, 21, 34, 87, 89, 97, 114]. Є ще й таке визначення: екологічний ризик – імовірність виникнення негативних для навколишнього середовища і людини наслідків здійснення господарської та іншої діяльності.

Головним призначенням визначення екологічних ризиків є оцінювання ризику впливу шкідливих речовин на здоров'я населення.

Відомо першу велику роботу з розробки підходів щодо аналізу екологічного ризику і систематизації методів оцінювання екологічного ризику виконало у 1990-х роках Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA).

На рис. Д.1 наведено загальну схему аналізу та оцінювання екологічного ризику, згідно з якою аналіз ризику включає вивчення впливу токсичних речовин на людину та навколишнє середовище. При цьому враховують кліматичні характеристики регіону, моделі поширення токсичних речовин, частоту виникнення аварій, сценарії їх розвитку, прогнозовані розміри збитків як для населення, так і природного середовища.

Нині пропонуються різні трактування і визначення поняття екологічного ризику, що потрібно враховувати під час оцінювання небезпеки шкідливих чинників для здоров'я населення.

*Програмний комплекс “Risk Assistant”* призначений для кількісного оцінювання ризиків для здоров'я населення від впливу хімічних (канцерогенних і неканцерогенних) шкідливих речовин. Він розроблений у США і ґрунтується на алгоритмах і моделях, запропонованих Агентством з охорони

навколишнього середовища США (USEPA), розвинений Гемпширським науково-дослідним інститутом за участю Національного екологічного центру (NCEA). Згодом його адаптували російські науковці й у “Керівництві користувача” комплексу “Risk assistant для Windows наведені моделі і формули для розрахунку кількостей (концентрацій) шкідливих речовин, що надходять в організм людини за різними сценаріями (шляхи надходження, умови впливу). Програмне забезпечення містить базу даних для екологічних нормативів рівнів зараження у поверхневій воді, питній воді та повітрі. Крім того, застосовують бази даних, які включають токсикологічну і фізико-хімічну інформацію для кожного шкідливого забруднювача. “Risk assistant” має користувацький інтерфейс, проте закладені моделі досить складні і для ефективного використання необхідні відповідні навички та знання [151].

Серед методик оцінювання зон зараження шкідливими речовинами варто виділити методику “Токси+” та “Методику прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті”. У теперішній час застосовують наступні методики: “Методику оцінювання екзогенних та ендогенних ризиків смертності населення на основі моделі Гомперца–Мейкема”, “Методику оцінювання радіологічних наслідків аварій на основі системи COSYMA”, “Методику аналізу розповсюдження викидів (скидів) токсичних та радіоактивних речовин у природному середовищі за допомогою системи MERAS”.

Одним із опосередкованих вимірів безпеки людини є ризик її смертності [37, 102, 115, 130]. Тому для встановлення співвідношення природних, техногенних, біологічних і соціальних чинників впливу на безпеку людини за допомогою методів математичного моделювання у праці визначено кількісні оцінки екзогенного та ендогенного ризиків смертності населення України, досліджено динаміку ризиків смертності внаслідок впливу зовнішніх шкідливих чинників.

Основою математичної моделі для виділення ендогенної та екзогенної складових ризику із демографічних даних коефіцієнтів смертності населення є

закон Гомперца–Мейкема, який описує залежність інтенсивності смертності від віку для певних груп населення і відповідає принципу універсальності, оскільки описує тривалість життя різних біологічних видів, включаючи людину. Результати досліджень, виконаних у працях [82, 91, 170], підтверджують, що він досить добре збігається із статистичними даними інтенсивності смертності (коефіцієнтів смертності) населення в різних країнах і в різні періоди часу.

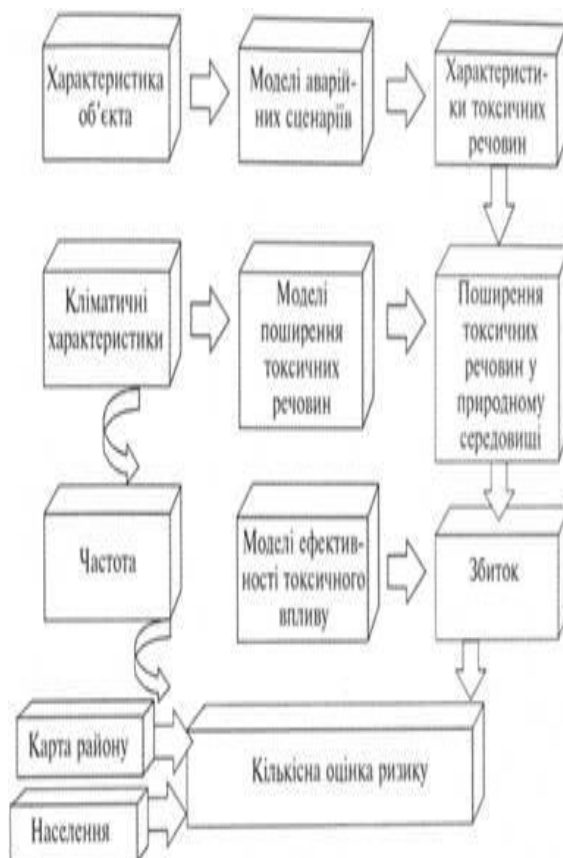


Рис. Д.1 - Загальна схема аналізу та оцінювання екологічного ризику  
**Оцінювання екзогенних та ендогенних ризиків смертності населення на основі моделі Гомперца-Мейкема**

Одну з перших і найвдалішу спробу виразити залежність смертності від віку математично зробив англійський вчений Б. Гомперц ще в 1825 р. Вона мала такий вигляд:

$$d(\tau) = \beta \exp(\alpha \tau), \quad (\text{Д.1})$$

де  $d(\tau)$  – інтенсивність смертності у віці  $\tau$ ;  $\beta$  і  $\alpha$  – параметри рівняння.

Закон Гомперца–Мейкема для виокремлення ендогенної та екзогенної складових із медико-демографічних даних щодо смертності населення має такий вигляд:

$$d(\tau, t) = R(t) + \beta \exp(\alpha\tau), \quad (\text{Д.2})$$

де  $d(\tau, t)$  – коефіцієнти смертності населення;  $t$  – змінна часу;  $\tau$  – вік людини;  $\alpha$  і  $\beta$  – сталі;  $R(t)$  – змінна, що залежить тільки від часу і розглядається як значення екзогенного ризику смертності; член рівняння  $\beta \exp(\alpha\tau)$  не залежить від часу, а залежить від віку й описує ендогенну складову інтенсивності смертності.

При цьому для розвинених держав складова, яку описують за допомогою  $R(t)$ , упродовж останніх 50 років монотонно спадала і за останні роки досягла практично сталого значення, причому коефіцієнти  $\alpha$  і  $\beta$  для конкретної популяції залишаються сталими упродовж тривалого періоду часу. Саме ця обставина і дає змогу розглядати член  $R(t)$  у рівнянні (Д.2) як екзогенну складову, а  $\beta \exp(\alpha\tau)$  – як ендогенну складову смертності для конкретної популяції.

Однак детальніші дослідження засвідчили, що складова  $R(t)$  також залежить від віку  $\tau$ , і в наближенні рівняння (Д.2) описує екзогенну складову інтенсивності смерті тільки інтегрально для всіх вікових груп. Автори праці [170] запропонували математичну модель для виокремлення ендогенних та екзогенних ризиків смертності із загальних статистичних даних інтенсивності смертності, яка описується формулою

$$d(\tau, t) = A(\tau) + B(t)C(\tau), \quad (\text{Д.3})$$

де  $B(t)C(\tau) = R(\tau, t)$  – екзогенна складова інтенсивності смертності населення, що залежить від часу  $t$  і віку  $\tau$ ;  $A(\tau)$  – ендогенна складова, яка залежить тільки від віку й описується моделлю Гомперца–Мейкема.

Результати досліджень підтвердили, що математична модель (Д.3) адекватно описує статистичні дані для інтенсивності смертності (коефіцієнтів



смертності) населення, причому експоненціальний закон залежності ендогенної складової смертності від віку простежується чітко, а екзогенної – має інший характер. Вона хоч і зростає з віком як ендогенна складова, проте закон зростання не експоненціальний.

*Оцінювання ризику, пов'язаного із впливом іонізуючого випромінювання*

Проведені дослідження свідчать, радіоактивні речовини подібно до їхніх нерадіоактивних аналогів можуть поширюватись у навколишньому середовищі, вступати в хімічні реакції, накопичуватися в харчових ланцюгах, проявляти або не проявляти біологічну активність [62, 80].

Для розгляду питань, пов'язаних з оцінюванням ризику, обумовленого впливом іонізуючого випромінювання, треба навести деякі визначення [31, 80, 131].

*Радіаційна аварія* – будь-яка незапланована подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, якщо в разі виникнення цієї події виконуються дві необхідні і достатні умови: втрата контролю над джерелом; реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане з втратою контролю над джерелом.

*Джерело іонізуючого випромінювання* (джерело випромінювання) (ДІВ,) – об'єкт, що містить радіоактивну речовину, або технічний пристрій, який створює або за певних умов здатний створювати іонізуюче випромінювання. На стадії проектування будь-якої практичної діяльності джерело іонізуючого випромінювання розглядають як джерело, що опромінює як поточно, так і потенційно.

Втрата контролю над джерелом іонізуючого випромінювання може бути зумовлена несправністю устаткування, неправильними діями персоналу, стихійним лихом або іншими причинами, які можуть призвести (або уже призвели) до опромінення людей понад встановлені норми або радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

*Іонізуюче випромінювання* – випромінювання, яке під час взаємодії з речовиною безпосередньо або непрямо викликає іонізацію і збудження її атомів

та молекул. Воно складається із заряджених і незаряджених частинок, до яких належать також фотони. Не всяке випромінювання є іонізуючим. Так, світлове й радіочастотне випромінювання не є різновидами іонізуючого. Ці види випромінювання також можуть бути джерелами ризику, однак цей ризик має іншу природу.

*Безпосередньо іонізуюче випромінювання* – іонізуюче випромінювання, що складається із заряджених частинок (електронів, протонів, альфа-частинок тощо), які мають кінетичну енергію, достатню для іонізації атомів і молекул речовини.

*Непрямо іонізуюче випромінювання* – іонізуюче випромінювання, що складається з фотонів і(або) незаряджених частинок, які внаслідок взаємодії з речовиною створюють безпосередньо іонізуюче випромінювання.

Іонізуючим випромінюванням можна вважати найрізноманітніші види випромінювань корпускулярної і хвильової природи. Під час обговорення питань, пов'язаних із радіоактивним забрудненням навколишнього середовища й негативним впливом випромінювання на здоров'я людей, розглядають чотири види випромінювання:

- *альфа-випромінювання* ( $\alpha$ -випромінювання) – корпускулярне іонізуюче випромінювання, яке складається з альфа-частинок (ядер гелію), що випромінюються за радіоактивного розпаду чи під час ядерних реакцій, перетворень;

- *бета-випромінювання* ( $\beta$ -випромінювання) – корпускулярне електронне або позитронне іонізуюче випромінювання з неперервним енергетичним спектром, що виникає під час перетворень ядер або нестабільних частинок (наприклад, нейтронів). Характеризується граничною енергією спектра  $E_{\beta}$  або середньою енергією спектра;

- *гамма-випромінювання* ( $\gamma$ -випромінювання) – короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda < 0,1$  нм, що виникає внаслідок розпаду радіоактивних ядер, переходу ядер зі збудженого стану в основний, взаємодії швидких заряджених частинок із речовиною, анігіляції



електронно-позитронних пар тощо;

- *рентгенівське випромінювання* – електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 10-5– 10-2 нм; випромінюється під час гальмування швидких електронів у речовині (безперервний спектр) та під час переходу електронів із зовнішніх електронних оболонок атома на внутрішні (лінійчастий спектр).

Альфа-, бета- і гамма-випромінювання належать до числа ядерних, їхніми джерелами є радіонукліди.

*Радіонукліди* – радіоактивні атоми з певними масовим числом та атомним номером. Радіоактивні ізотопи одного й того самого хімічного елемента є його радіонуклідами.

*Оцінювання радіаційного ризику.*

*Радіаційний ризик (узагальнений ризик)* – міра шкоди для здоров'я людини, що опинилася у сфері дії опромінення, яка чисельно дорівнює добутку двох величин: ймовірності опромінення за одиницю часу (рік); ймовірності реалізації радіологічних стохастичних і нестохастичних (детермінованих, гострих клінічних) наслідків для здоров'я осіб, які можуть стати об'єктами опромінення; числове значення ймовірності нестохастичних наслідків опромінення дорівнює 1, якщо величина опромінення перевищує відповідні дозові порогові, у протилежному випадку цю ймовірність беруть такою, що дорівнює нулю [62].

Тому радіаційний ризик розглядається як імовірність виникнення у людини або її потомства якого-небудь шкідливого ефекту в результаті опромінення [62].

Індивідуальний  $r_{ic}$  і колективний довічний  $R$  ризику виникнення стохастичних ефектів визначають відповідно за формулами

$$r_{ic} = \int_0^{\infty} p_i(E) r_E E dE; \quad R = \sum_{i=1}^N r_{ic},$$

де  $E$  – індивідуальна ефективна доза;  $p_i(E)dE$  – ймовірність для  $i$ -го індивідуума отримати річну ефективну дозу від  $E$  до  $E + dE$ ;  $r_E$  – коефіцієнт довічного ризику скорочення тривалості повноцінного життя в середньому на

15 років на один стохастичний ефект (від смертельного раку, серйозних спадкових ефектів і несмертельного раку, прирівняного за шкодою до наслідків від смертельного раку).

Для цілей радіаційної безпеки при опроміненні протягом року індивідуальний ризик скорочення тривалості повноцінного життя в результаті виникнення тяжких наслідків від детермінованих ефектів консервативно беруть таким, що дорівнює

$$r_{\text{ш}} = P(D > D),$$

де  $P(D > D)$  – імовірність для  $i$ -го індивідуума бути опроміненим дозою  $D > D$  при контактуванні з джерелом протягом року;  $D$  – порогова доза для детермінованого ефекту.

Потенційне опромінення колективу з  $N$  індивідуумів виправдано, якщо

$$\sum_{i=1}^N (r_{\text{с}} \bar{O}_{\text{с}} + r_{\text{ш}} \bar{O}_{\text{ш}}) c_T \leq V - Y - P,$$

де  $\bar{O}_{\text{с}}$  – середнє скорочення тривалості повноцінного життя в результаті виникнення стохастичних ефектів, що дорівнює 15 років;  $\bar{O}_{\text{ш}}$  – середнє скорочення тривалості повноцінного життя в результаті виникнення тяжких наслідків від детермінованих ефектів, що дорівнює 45 років;  $c_T$  – грошовий еквівалент втрати 1 людино-року життя населення;  $V$  – прибуток від виробництва;  $Y$  – збиток від захисту;  $P$  – витрати на основне виробництво, крім збитку від захисту.

Зниження ризику до якомога нижчого рівня (оптимізація) варто здійснювати з урахуванням двох обставин:

- межа ризику регламентує потенційне опромінення від усіх можливих джерел випромінювання, тому для кожного з них при оптимізації встановлюють межу ризику;
- при зниженні ризику потенційного опромінення існує мінімальний рівень ризику, нижче від якого ризик вважається мізерним і подальше зниження його

рівня недоцільне.

### *Оцінювання екологічних наслідків аварій за допомогою системи COSYMA*

Об'єктами першочергової підвищеної небезпеки є ті, що мають потенційну загрозу забруднення навколишнього середовища радіоактивними речовинами (РР). Прогнозування динаміки поширення забруднення є важливим завданням уже на першому етапі ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій радіаційного характеру. Одну з методик такою оцінювання покладено в основу системи COSYMA (Code System from MARIA) [66, 142, 172], яку широко використовують у країнах Європейської спільноти (Франція, Німеччина, Велика Британія, Словаччина та ін.), а також у країнах Азії та Австралії.

Система COSYMA – це комплекс комп'ютерних програм для оцінювання радіологічного впливу ядерних аварій на навколишнє природне середовище і людей, що включає розрахунок індивідуальних і колективних доз та ризиків, наслідків для здоров'я, контрзаходів, економічних витрат. Система COSYMA розроблена спільними зусиллями учених Forschungszentrum Karlsruhe (FZK; Німеччина) і National Radiological Protection Board (NRPB; Велика Британія) як частина проекту MARIA (Methods of Assessing the Radiological Impact of Accidents) Європейської комісії, що використовується для оцінювання навантаження на населення за різних радіологічних аварій.

Структурно вона включає три базові частини: модуль подання вхідних даних, комплекс програмних розрахунків та модуль подання результатів.

Найважливішими вихідними даними системи є такі параметри:

- характеристика джерела викиду радіоактивності, обсяг і склад, висота викиду;
- засоби, які планують залучити для мінімізації наслідків аварії, укриття та наступна евакуація населення, дезактивація, вживання йодованих препаратів, обмеження в їжі;
- допустимі дози опромінення внутрішніх органів (індивідуально на кістковий мозок, гонади, легені, шкіру, щитоподібну залозу, тканину, печінку, горло, підшлункову залозу, шлунок);

- індивідуальний та колективний ризики ранніх негативних впливів на здоров'я (смертність від переопромінення червоного кісткового мозку, легенів, шкіри, шлунково-кишкового тракту хвороби від переопромінення легенів, розумова відсталість у новонароджених);

- індивідуальний та колективний ризики пізніших проявів на здоров'я (смерть від раку кісткової тканини, грудей, печінки тощо; смерть від лейкемії, загальна смертність від раку, спадкові тенденції для всіх поколінь);

- економічна вартість – загальні збитки від катастрофи.

При проведенні розрахунків впливу радіоактивного викиду на населення система дає змогу коригувати основну карту щільності населення на території, розбивши її на радіуси та сектори із центром у місці викиду.

Ліквідація наслідків аварій, пов'язаних із викидами радіоактивних речовин, тягне за собою дуже великі економічні витрати. Система COSYMA дає змогу проаналізувати збитки від потенційних катастроф (використовуючи як частину вхідних параметрів вартість робіт з евакуації – транспортні, вартість робіт із дезактивації, збитки від обмеження споживання деяких харчових продуктів, медичні затрати, збитки для економіки внаслідок виведення із використання значної території з її промисловою та сільськогосподарською інфраструктурою тощо).

Розраховані дані система COSYMA подає в кількох видах, серед яких: конкретні детерміновані значення (економічні збитки, концентрації радіонуклідів, які осідають на певних частинах території, число потерпілих районів); результати ймовірнісної оцінки (значення отриманих доз для кожного шляху надходження радіонуклідів, рівень захворюваності населення тощо).

Програмний комплекс COSYMA автоматично розбиває область навколо місця аварії на 72 сектори, радіальна величина ( $A^\circ$ ) кожного з яких становить  $A^\circ = 360^\circ$  (радіальна довжина кола) / 72 сектори =  $5^\circ$ .

Розбиття на сектори починається з  $0^\circ$  (що відповідає напрямку на північ) і відбувається за годинниковою стрілкою. Потім ця програма розбиває територію навколо епіцентру виникнення аварії на концентричні кола з фіксованими

відстанями від центра (0,5; 1,15; 1,55; 2,1; 2,8; 3,7; 4,9; 6,55; 8,75; 11,50; 15,50; 21; 28; 37; 49 км). Таким чином, уся сукупність радіальних кілець ділиться 72 радіальними секторами на  $72 \cdot 15 = 1080$  сегментів, які містять значення розрахованої ефективної дози опромінення (Зв).

На рис. Д.2 показано графічний вигляд ефективної індивідуальної дози в окремих групах органів на відстані до 30 км від джерела випромінювання за період від 1 год, розрахованої за допомогою системи COSYMA [172]

Для отримання даних після проведення розрахунків для різних типів завдань у системі COSYMA передбачені відповідні модулі подання даних, а саме: концентрація радіонуклідів у повітрі; уникнення ризику та розмір контрзаходів; дози на органи; індивідуальний та колективний ризику ранніх ефектів для здоров'я; індивідуальний та колективний ризику пізніх ефектів для здоров'я; економічна вартість.

Введення початкової інформації для виконання розрахунків потребує визначення і коректного задавання великої кількості різноманітних параметрів. При адаптації системи COSYMA до умов певного об'єкта важливим етапом є правильне встановлення характеристик об'єктів та територій зони відчуження для коректної роботи алгоритмів даного програмного комплексу.

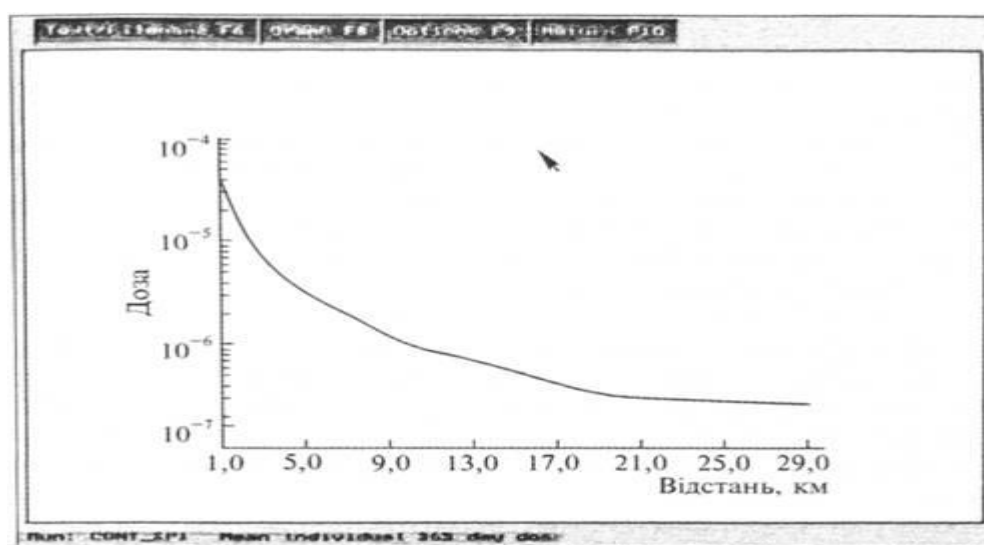


Рис. Д.2 - Ефективна індивідуальна доза на відстані до 30 км від джерела за період від 1 год

Розглянемо найважливіші *групи початкових параметрів*.

### 1. *Meteorological sampling*

Ця секція дає змогу користувачу класифікувати і задати атмосферні умови для ймовірнісних чи детерміністичних розрахунків. Для моделей атмосферного перенесення радіоактивного забруднення вказуються особливості напрямку перенесення, зокрема:

- компоненти усіх фаз поширюються в напрямку, в якому поширювались компоненти першої фази у першу годину;
- компоненти кожної фази поширюються у напрямку вітру в першу годину після виходу відповідно кожної фази;
- фіксується погодинна зміна напрямку вітру для компонент кожної фази для кожної години.

### 2. *Dispersion*

Модуль дає змогу використовувати кілька параметрів для дисперсійної моделі. У цьому розділі задається рівень гладкості поверхні, конкретизуються характеристики категорії стабільності атмосфери. Категорії стабільності позначені *A, B, C, D, E, F*. Для вибраної категорії та для кожної з висот 50, 100 і 180 м задаються так звані сигма-параметри.

Вводяться такі характеристики сигма-параметрів у числовому вигляді:

- сигма *Z* лінійні умови (*a*); сигма *Z* exp умови (*b*);
- сигма *Y* лінійні умови (*a*); сигма *Y* exp умови (*b*);
- стандартне відхилення у горизонтальній зміні напрямку вітру.

Сигма-параметри дисперсійної моделі визначаються за формулою  $\sigma = a \times b$ , якщо розрахунок стосується координатної осі *x*.

У цьому ж розділі вводиться концентрація активності у повітрі.

### 3. *Deposition*

Розділ дає змогу конкретизувати параметри осідання радіоактивних частинок – швидкість осідання та коефіцієнт змиву. Для опису процесу осідання треба ввести такі параметри:

- а) параметри для сухого осідання (швидкість осідання, м/с; коригуючий

фактор для швидкості осідання);

б) параметри для мокрого осідання ( $a$  – постійний коефіцієнт;  $b$  – експоненційний коефіцієнт;  $R$  – швидкість випадання опадів).

Ці параметри потрібні для розрахунку *коефіцієнта змиву*  $A = aRb$ .

Передбачена можливість введення цих параметрів окремо для таких фракцій, як аерозолі, елементарний йод, йод в органічних сполуках. Корируючий фактор дає змогу враховувати зміну швидкості осідання при врахуванні зменшення розмірів радіоактивної хмари.

#### *4. Source Term*

Пункт передбачає задавання характеристик джерела викиду радіоактивних речовин. Оскільки система COSYMA орієнтована на оцінювання наслідків аварій на енергоблоках атомних електростанцій, то за типовою схемою реактора вводяться його геометричні характеристики (висота, ширина, довжина).

Для кожної фази викиду необхідно задати початковий час, висоту й потужність викиду. Перелік нуклідів, які входять до складу викиду, можна змінювати. Для кожної фази треба вказати ту частину йоду, яка вивільнилась, задавши відповідні коефіцієнти трьом фракціям (аерозоль, йод як елемент, йод в органічних сполуках). Сума вагових коефіцієнтів для цих трьох фракцій йоду має дорівнювати 1.

#### *5. Spatial distribution data*

При користуванні методикою прогнозування можливе задавання щільності населення на прилеглий прогнозовано забрудненій території. Розрахунки проводяться для просторових концентричних кіл із центром у місці викиду, тому треба поставити у відповідність номерам радіусів їх реальні розміри в кілометрах.

#### *6. Ingestion*

Розділ передбачає задавання даних про забруднені продукти, які вживаються населенням і спричинюють внутрішню дозу опромінення. Для кожного виду продукту (молоко коров'яче, м'ясо великої рогатої худоби, м'ясо

овець, молоко овець, зелені овочі, коренеплоди, картопля, зернові культури) потрібно задати: річне споживання; частку продукції, яку споживають у свіжому вигляді; час між виробленням і споживанням окремо у свіжому й обробленому вигляді.

### *7. Countmeasures*

За допомогою контрзаходів можна зменшити негативний вплив опромінення на населення. Для розв'язання завдань планування таких контрзаходів призначений цей модуль системи COSYMA.

Пропонується задавання таких запобіжних заходів: тимчасове розміщення населення в укриттях та подальша евакуація, для якої проводиться вибір геометрії області та час евакуації; укриття без евакуації; йодна профілактика, вводиться час початку вживання препарату після аварії; переміщення; переселення та дезактивація території (рівень доз, за яких здійснюється переселення, час отримання сумарної дози); обмеження у споживанні радіаційно забруднених продуктів, вводиться забрудненість продуктів та фактичне дозове навантаження на різні органи від різних продуктів харчування.

### *8. Doses and health effects*

У розділі “Ранні дози та ефекти для здоров'я” надається вибір: шляху отримання дози – інгаляційний, у результаті осідання на шкіру та одяг; наслідків від отримання дози – хворобливість (порушення функції легенів, катаракта, опіки шкіри), смертність (легеневий синдром, церебральний синдром, шлунково-кишковий синдром, смерть новонароджених); пороговий індивідуальний ризик – межа для появи ранніх ефектів; загибель від опіків шкіри – частина загиблих.

У розділі “пізні дози” вводяться параметри: шляхи отримання дози; ризик появи раку; фактор загибелі від раку.

### *9. Economics*

Для розрахунку вартості запланованих контрзаходів у цьому розділі треба задавати вартості контрзаходів: евакуація (транспортні затрати, затрати на



акомодацію); переміщення (транспортні затрати, затрати на акомодацію); дезактивація (загальна вартість); заборона на продукти (втрати від невикористання продуктів).

Аналогічно вводяться дані щодо вартості медичних послуг для запобігання та лікування ранніх і пізніх наслідків для здоров'я, інші витрати.

Систему COSYMA можна використовувати для редагування і перегляду сценаріїв гіпотетичних аварій на найбільш радіаційно небезпечних об'єктах, що знаходяться в Чорнобильській зоні відчуження (об'єкт "Укриття" та ППРВ "Буряківка"). Моделювання аварій саме на двох вищезазначених об'єктах обумовлено їх найвищою потенційною небезпекою.

Найімовірнішими подіями, що можуть призвести до радіаційної аварії на об'єкті "Укриття", є часткове або повне руйнування його конструкцій внаслідок природних (землетруси, урагани, зливи, повені) або техногенних (падіння літального апарата, пожежа, будівельна аварія під час монтажних робіт) чинників. Для ППРВ "Буряківка" такими чинниками можуть бути падіння літального апарата, смерч тощо.

Отже, розглянута методика має важливе значення для прогнозування динаміки поширення забруднення радіоактивними речовинами, її можна широко застосовувати вже на першому етапі ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних із викидом радіоактивних речовин.

*Аналіз розповсюдження викидів (скидів) токсичних та радіоактивних забруднювачів у природному середовищі за допомогою системи MEPAS*

*MEPAS* – американська аббревіатура повної назви "Система комплексної оцінки забруднення навколишнього середовища". Це комп'ютерна система, яку застосовують при обґрунтуванні і прийнятті управлінських рішень щодо зменшення ризиків для здоров'я людей та поліпшення стану довкілля в разі виникнення аварій із токсичними і радіоактивними речовинами. Система розроблена у США Тихоокеанською Північно-Західною Національною лабораторією "Бателл" (далі PNL) у 1984–1996 рр. на замовлення Міністерства енергетики США (DOE) під керівництвом Д. Білана та Д. Дроппо [172]. Оцінні

модулі системи MERAS базуються в основному на стандартах Агентства з навколишнього середовища США (EPA).

Російськомовна версія цієї системи – MERAS 3.11RV, у створенні якої разом зі спеціалістами США брали участь фахівці Асоціації комп'ютерних Технологій Міністерства Росії (АКТИС, РНЦ “Курчатовський Інститут”) та Міжнародного центру навчальних систем (МЦНС) під науковим керівництвом проф., д-ра техн. наук В.А. Єременко, розроблена у 1996–1998 рр. Адаптація системи до її нормативного поля і впровадження версії MERAS- 3.11 RV в Україні здійснена за ліцензійною з PNL угодою під науковим керівництвом Г.В. Лісиченка [108].

Фізико-хімічні моделі міграції речовин, що спричинюють забруднення в різних підсистемах навколишнього середовища (повітря, ґрунт, поверхневі та підземні води, рослинність, харчові ланцюги), розрахунок доз від навантажень і чинників ризику, що використовуються в програмі, повністю узгоджені з сертифікованими у МАГАТЕ моделями. Вони дають змогу виконувати кількісний аналіз поширення викидів (скидів) токсичних та радіоактивних забруднювачів від багатьох джерел різноманітної геометрії, поширення небезпечних домішок-забруднювачів та радіоактивних речовин у природному середовищі з урахуванням можливих сценаріїв перенесення, маршрутів та сценаріїв накопичення доз населенням, яке мешкає в зонах підвищеного техногенного навантаження на забруднених територіях (рис. Д.3).

Інформаційно-моделювальну систему MERAS застосовують у США та інших країнах світу в галузі промислової та екологічної безпеки для вирішення таких питань:

- оцінювання інтегрального ризику для здоров'я людей та стану навколишнього середовища;
- створення вірогідної основи для оптимізації (за економічними показниками) заходів, які знижують небезпеку та ризик;
- проведення аналізу доцільності практичної реалізації (за наявними ресурсами) заходів, що передбачені при реабілітації територій;

- планування раціональних дій і заходів щодо профілактики та відновлення стану навколишнього середовища та зменшення негативного впливу на здоров'я людей.

Система MERAS побудована на відносно стандартних підходах до розрахунків перенесення забруднювачів хімічних і радіоактивних речовин у різних системах навколишнього середовища. Її визначною ознакою є те, що всі підсистеми та шляхи перенесення забруднювачів системне об'єднані в єдиному програмному продукті з узгодженим математичним апаратом.

Моделі, реалізовані в системі MERAS, настроюються до реальних умов конкретної території (об'єкта). У базу даних системи заноситься комплекс різноманітної інформації, що стосується загальних уявлень про територію та населення (демографічні, географічні, природно-ландшафтні, метеорологічні, економічні показники). Після занесення базової інформації про територію, тобто коли система адаптована до конкретних природних умов та соціально-демографічних показників, вона далі потребує даних фактичних спостережень про викиди і поширення забруднень на конкретний момент часу, який беруть за початковий період  $t_0$ . Усі наступні розрахунки виконують відносно встановленого початкового періоду. Подальша інформація, що використовується для моделювання та розрахунків концентрацій поширюваних забруднень, доз і рівнів ризику, має містити фактичні дані про джерела забруднення, викиди і скиди речовин-забруднювачів та поточну гідрологічну й метеорологічну інформацію.



Рис. Д.3 - Принципова схема системи MERAS

За функціональним призначенням систему MERAS застосовують на об'єктах, що є джерелами потенційної небезпеки. При цьому використовують тільки наявну (фактичну) інформацію про потужність викидів (скидів), сховищ, плям забруднень та інших показників поширення небезпечних речовин.

Математичний апарат, закладений у системі MERAS, дає змогу:

- моделювати просторовий і часовий розподіл забруднень у кожній підсистемі природного середовища, а також часове переміщення забруднювачів до меж суміжних природних підсистем;
- прогнозувати вплив аварій на інженерних системах і спорудах (у тім числі транспортних), оцінювати вплив на здоров'я населення на всіх етапах, починаючи від аналізу характеристик даного небезпечного джерела викидів (скидів) і закінчуючи аналізом локальних експозиційних доз впливу на населення та біологічні об'єкти довкілля від зазначених джерел впливу (опромінення).

Процеси, які аналізуються у MERAS, змінюються з часом та у просторі (мають динамічний характер). Вони описуються системами диференціальних рівнянь математичної фізики в частинних похідних. Розв'язання цих рівнянь

передбачає їх апроксимацію звичайними диференціальними рівняннями відносно похідної по часу. Система з  $n$  лінійних диференціальних рівнянь першого порядку визначає повністю свій розв'язок лише у тому разі, коли задані всі її коефіцієнти та визначені  $n$  початкових умов. Початкові умови утворюють  $n$ -мірний вектор, який повністю описує стан об'єкта в початковий момент часу  $t(0)$ . Далі має виконуватись умова, що вхідні та збуджувальні впливи відомі з моменту  $t(0)$  і надалі.

Отримане векторне диференціальне рівняння є рівнянням стану складного динамічного об'єкта:

$$X^*(t) = AX(t) + ZF(t) + BU(t),$$

де  $X = \{x(t, i)\}$ ,  $X^* = \{\dot{x}(t, i)\}$  – вектор стану об'єкта розмірністю  $n$  та його похідна;  $x(t, i)$  – змінні стану;  $A$ ,  $Z$ ,  $B$  – коефіцієнти матриці розмірністю відповідно  $n \times n$ ,  $n \times 1$  та  $n \times m$ ;  $U = \{u(t, m)\}$ ,  $F = \{f(t, l)\}$  – вектори вхідних (управляючих і збуджувальних) впливів на об'єкт.

Вихідні параметри даних щодо поширення концентрацій забруднювачів у межах території об'єкта в такому випадку можуть визначатися функцією вектору стану:

$$Y(t) = CX(t),$$

де  $Y = \{y(t, i)\}$  – вектор вихідних сигналів об'єкта розмірністю  $r \leq n$ ;  $C$  – матриця коефіцієнтів розмірністю  $r \times n$ .

Система забезпечує можливість визначення значень нев'язок фактичних показників стану об'єктів, що аналізуються, та їх відповідність встановленим нормам:

$$Nq_m - Aq_w \text{ (ГДВ); } Ng_m - Ag_m \text{ (ГДК); } Ndh - Adh \text{ (доза).}$$

Математичні моделі перенесення речовин (хімічних і радіаційних забруднювачів) у MERAS одночасно реалізовані в таких підсистемах: підземні води; поверхневі води; повітря; суходіл.

Поверхнево-водний блок MERAS забезпечує оцінювання концентрацій забруднювачів у річці в розрахункових точках. Визначені величини концентрацій забруднювачів використовуються MERAS для розрахунку дозових навантажень та оцінки їх впливу на здоров'я населення, яке зазнає впливу цих забруднювачів. Потенційні джерела небезпеки для людей при забрудненні річкової води можуть бути пов'язані з використанням води для водопостачання, аерозольним надходженням при диханні, контакті зі шкірою.

Усі ці моделі накопичення доз і впливів на організм людини детально розглядаються у MERAS, описані відповідними рівняннями з визначеними емпіричними коефіцієнтами. У вітчизняній практиці деякі із зазначених моделей не використовуються.

Перенесення речовин-забруднювачів поверхневими водами описується адвективно-дисперсійним рівнянням у частинних похідних другого порядку:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - \lambda c,$$

де  $c$  – концентрація розчиненого в потоці забруднювача;  $u$  – середня швидкість руху потоку;  $D_x, D_y, D_z$  – коефіцієнт розчинення відповідно в  $x$ -,  $y$ - і  $z$ -напрямах;  $\lambda$  – коефіцієнт зменшення / розпаду.

Розв'язавши це рівняння з відповідними граничними умовами, знайдемо концентрації шкідливих речовин у розрахункових точках та оцінимо за емпіричними залежностями ступінь їх небезпеки для здоров'я населення.

В Україні подібний підхід для моделей поверхневого стоку вперше реалізований в Інституті кібернетики НАН України ім. акад. В. Глушкова, а також впроваджений на європейському рівні (система РОДАС).

*Методика оцінювання збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру*

Цю методику розроблено в Україні з метою визначення розмірів збитків від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, заподіяних здоров'ю людей, об'єктам національної економіки та навколишньому

середовищу [62, 102, 115, 130]. Усі збитки поділяють на види залежно від завданої фактичної шкоди.

Як відомо, відповідно до територіального поширення та обсягів заподіяних або очікуваних економічних збитків, кількості людей, які загинули, за класифікаційними ознаками визначають чотири рівні надзвичайних ситуацій (НС): державний, регіональний, місцевий та об'єктовий. Так, для кожного типу НС відповідно до Державного класифікатора НС [62] встановлюється перелік основних характерних збитків щодо кожного рівня НС залежно від масштабів шкідливого впливу (табл. Д.1).

Порядок розрахунку збитків за типами надзвичайних ситуацій

Загальний обсяг збитків  $Z$  від наслідків НС розраховують як суму основних локальних збитків за такою формулою:

$$Z = H_p + M_p + M_n + P_{c/g} + M_{тв} + P_{л/г} + P_{р/г} + P_{рек} + P_{пзф} + A_{ф} + B_{ф} + Z_{ф}, \quad (Д.4)$$

де  $H_p$  – втрата життя і здоров'я населення;  $M_p$  – руйнування і пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції;  $M_n$  – невироблення продукції внаслідок припинення виробництва;  $P_{c/g}$  – вилучення або порушення сільськогосподарських угідь;  $M_{тв}$  – втрати тваринництва;  $P_{л/г}$  – втрати деревини та інших ресурсів лісового господарства;  $P_{р/г}$  – втрати рибного господарства;  $P_{рек}$  – знищення або погіршення якості рекреаційних зон;  $P_{пзф}$  – збитки, завдані природно-заповідному фонду;  $A_{ф}$  – забруднення атмосферного повітря;  $B_{ф}$  – забруднення поверхневих і підземних вод та джерел, внутрішніх морських вод і територіального моря;  $Z_{ф}$  – забруднення земель несільськогосподарського призначення.

Для кожного типу НС залежно від їх рівня визначають основні види збитків. У табл. Д.2 наведено збитки, які необхідно обов'язково розраховувати, і збитки, що мають місце в деяких окремих випадках (взято в дужки).

Розглянемо методики проведення розрахунків основних видів збитків.

Таблиця Д.1

Основні види збитків, характерних для різних типів надзвичайних ситуацій

Тип НС	Рівень НС			
	об'єктовий	місцевий	регіональний	державний
НС техногенного характеру				
Транспортні аварії	$H_p M_p M_n$ $(A_\phi B_\phi Z_\phi)$	$H_p M_p M_n$ $(P_{p/r} A_\phi B_\phi Z_\phi)$		
Пожежі та вибухи	$H_p M_p M_n$ $(A_\phi B_\phi Z_\phi)$	$H_p M_p M_n$ $A_\phi (P_{p/r} B_\phi Z_\phi)$	$H_p M_p M_n A_\phi$ $B_\phi Z_\phi (P_{c/r} P_{l/r} P_{p/r} P_{рек} P_{пзф})$	
Аварії з викидом (загрозою викиду) СДОР, РР, БНР	$H_p M_n M_p A_\phi$ $B_\phi (P_{p/r} P_{рек} P_{c/r} P_{л/г})$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек}$ $M_n A_\phi B_\phi (P_{c/r} P_{л/г} P_{пзф} Z_\phi)$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек}$ $P_{c/r} P_{л/г} P_{пзф} M_n$ $A_\phi B_\phi Z_\phi$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек}$ $P_{c/r} P_{л/г} P_{пзф} A_\phi$ $B_\phi Z_\phi$
Раптове руйнування споруд	$M_p H_p M_n$	$M_p H_p M_n$		
Аварії на об'єктах електроенергетики	$M_p M_n (H_p)$	$M_p M_n (H_p)$	$M_p H_p$	$M_p H_p$
Аварії на комунальних системах	$M_p H_p M_n B_\phi$ $(Z_\phi)$	$M_p H_p M_n B_\phi$ $Z_\phi$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек}$ $M_n B_\phi Z_\phi$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек}$ $M_n B_\phi Z_\phi (P_{c/r} P_{л/г} P_{пзф})$



життєзабезпечення				
Аварії на очисних спорудах	$M_p H_p M_n A_\Phi B_\Phi Z_\Phi$	$M_p H_p M_n A_\Phi B_\Phi Z_\Phi$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек} P_{c/r} P_{л/r} P_{пзф} M_n A_\Phi B_\Phi Z_\Phi$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек} P_{c/r} P_{л/r} P_{пзф} M_n A_\Phi B_\Phi Z_\Phi$
Гідродинамічні аварії	$M_p H_p M_n (P_{рек} P_{c/r} P_{л/r} P_{пзф} B_\Phi)$	$M_p H_p M_n B_\Phi (P_{рек} P_{c/r} P_{л/r} P_{пзф} Z_\Phi)$	$H_p M_p P_{c/r} P_{л/r} M_n B_\Phi Z_\Phi (P_{p/r} P_{рек} P_{пзф})$	$H_p M_p P_{c/r} P_{л/r} P_{p/r} P_{рек} P_{пзф} B_\Phi Z_\Phi (M_n)$
НС природного характеру				
Геологічні та геофізичні небезпечні явища	$H_p M_p M_n (A_\Phi B_\Phi Z_\Phi)$	$H_p M_p M_n (A_\Phi B_\Phi Z_\Phi)$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек} P_{c/r} P_{л/r} P_{пзф} M_n A_\Phi B_\Phi Z_\Phi$	$H_p M_p P_{p/r} P_{рек} P_{c/r} P_{л/r} P_{пзф} M_n A_\Phi B_\Phi Z_\Phi$
Метеорологічні та агрометеорологічні небезпечні явища	$M_p H_p M_n (P_{л/r})$	$M_p H_p M_n (P_{л/r})$	$M_p H_p P_{c/r} (P_{л/r} M_n A_\Phi B_\Phi Z_\Phi)$	$M_p P_{c/r} H_p P_{л/r} (P_{пзф} P_{p/r} P_{рек} M_n A_\Phi B_\Phi Z_\Phi)$
Гідрологічні небезпечні явища	$M_p H_p M_n (P_{c/r} P_{л/r} P_{p/r} P_{рек} B_\Phi)$	$M_p H_p P_{c/r} P_{p/r} M_n (P_{л/r} P_{рек} B_\Phi)$	$M_p H_p P_{c/r} P_{p/r} P_{л/r} P_{рек} P_{пзф} (M_n B_\Phi)$	
Пожежі лісові, степові, сільськогосподарських масивів, корисних копалин	$M_p H_p P_{c/r} P_{л/r} M_n (A_\Phi Z_\Phi)$	$M_p H_p P_{c/r} P_{л/r} M_n A_\Phi (P_{рек} P_{пзф} Z_\Phi)$	$M_p H_p P_{c/r} P_{л/r} P_{рек} P_{пзф} M_n A_\Phi Z_\Phi (P_{p/r})$	$M_p H_p P_{c/r} P_{л/r} M_n (A_\Phi Z_\Phi P_{p/r} P_{рек} P_{пзф} B_\Phi)$

Інфекційні захворювання людей	$H_p M_n$	$H_p M_n$	$H_p M_p M_n$	$H_p M_p M_n$
Інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин	$M_{тв} M_p M_n$	$M_{тв} M_p M_n$	$M_{тв} M_p M_n H_p$	$M_{тв} M_p M_n H_p$
Ураження сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками	$M_p M_n$	$M_{тв} M_p M_n$	$M_{тв} M_p M_n (P_{с/г})$	$M_{тв} M_p P_{с/г} M_n H_p$
Зміна стану суходолу	$P_{с/г} P_{л/г} (P_{пзф} B_{\phi} Z_{\phi})$	$P_{с/г} P_{л/г} (P_{пзф} P_{рек} P_{р/г} B_{\phi} Z_{\phi})$	$P_{с/г} P_{л/г} M_p H_p P_{пзф} P_{рек} P_{р/г} B_{\phi} Z_{\phi}$	$P_{с/г} P_{л/г} M_p H_p P_{пзф} P_{рек} P_{р/г} B_{\phi} Z_{\phi}$
Зміна складу і властивостей атмосфери	$H_p P_{рек} A_{\phi} (P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф})$	$H_p P_{рек} A_{\phi} (P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф})$	$H_p P_{рек} A_{\phi} (P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф})$	$H_p P_{рек} A_{\phi} (P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф})$
Зміна складу і властивостей гідросфери	$H_p P_{р/г} B_{\phi} (P_{рек} P_{с/г})$	$H_p P_{р/г} P_{рек} B_{\phi} (P_{с/г} P_{пзф})$	$H_p P_{р/г} M_p P_{рек} (P_{с/г} B_{\phi} P_{л/г} P_{пзф})$	$H_p P_{р/г} M_p P_{рек} P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} B_{\phi}$
Зміна стану біосфери		Збитки розраховують за спеціальними методиками		

### Розрахунок збитків від втрати життя і здоров'я населення

Розмір збитків від втрати життя і здоров'я населення визначають за такою формулою:

$$H_p = SB_{тр.р} + SB_{дп} + SB_{вт.г}, \quad (Д.5)$$

де  $SB_{тр.р}$  – втрати від вибуття трудових ресурсів із виробництва;  $SB_{дп}$  –

витрати на виплату допомоги на поховання;  $SB_{вт.г}$  – витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника.

Втрати від вибуття трудових ресурсів із виробництва розраховують за такою формулою:

$$SB_{тр.р} = M_{л}N + M_{т}N + M_{і}N + M_{з}N, \quad (Д.6)$$

де  $M_{л}$  – втрати від легкого нещасного випадку;  $M_{т}$  – втрати від важкого нещасного випадку;  $M_{і}$  – втрати від отримання людиною інвалідності;  $M_{з}$  – втрати від загибелі людини;  $N$  – кількість постраждалих від конкретного виду нещасного випадку.

Збитки від загибелі працюючого не повинні бути меншими за його п'ятирічний заробіток, тобто сума втрат від загибелі дорослої людини може бути більшою, ніж зазначена в табл. Д.2.

Витрати на виплату допомоги на поховання розраховують за такою формулою:

$$SB_{дп} = 12M_{дп} N_з,$$

де  $M_{дп}$  – 0,15 тис. грн/людина – допомога на поховання (за даними органів соціального забезпечення);  $N_з$  – кількість загиблих.

Номінальні розміри видатків затверджуються з урахуванням вимог відповідних нормативно-правових актів.

Розрахунок збитків від руйнування і пошкодження основних фондів виробничого призначення

Загальні збитки від руйнування і пошкодження основних фондів виробничого призначення складаються зі збитків від повного або часткового руйнування і пошкодження будівель, споруд, корпусів, техніки, обладнання, інших видів основних фондів виробничого призначення, їх розраховують за формулою

$$\Phi_{\text{в}}^{\text{п}} = \sum_{i=1}^n (\Delta P^i K_{\text{а}}^i) - Л_{\text{в}},$$

де  $\Delta P^i$  – зменшення балансової вартості /-го виду основних фондів виробничого призначення внаслідок повного або часткового руйнування з урахуванням відповідних коефіцієнтів індексації;

$K_{\text{а}}^i$  – коефіцієнт амортизації /-го виду основних фондів виробничого призначення;  $n$  – кількість видів основних фондів виробничого призначення, що були частково або повністю зруйновані;  $Л_{\text{в}}$  – ліквідаційна вартість отриманих матеріалів та устаткування.

Таблиця Д.2

Усереднені показники втрат від вибуття трудових ресурсів із виробництва

№ з/п	Вид нещасного випадку	Втрати на одну людину тис., грн
1	Легкий нещасний випадок із втратою працездатності до 9 днів	$M_{\text{л}} = 0,28^*$
2	Тяжкий нещасний випадок без встановлення інвалідності з втратою працездатності більш як на 9 днів	$M_{\text{т}} = 6,5^*$
3	Тяжкий нещасний випадок, внаслідок якого потерпілий отримав інвалідність із втратою працездатності понад 3980 днів	$M_{\text{і}} = 37^*$
4	Нещасний випадок, що призвів до загибелі дорослої людини віком до 60 років дитини віком до 16 років	$M_{\text{з}} = 47^*$ $M_{\text{з}} = 22^*$

*Розрахунок збитків від руйнування і пошкодження основних фондів невиробничого призначення*

Загальні збитки від руйнування і пошкодження основних фондів невиробничого призначення (житла, комунікацій, споруд, будівель допоміжного призначення тощо) розраховують, виходячи із залишкової балансової вартості зруйнованих об'єктів за такою формулою:

$$\Phi_r = \sum_{i=1}^n (\Delta P^i K_a^i) - L_v,$$

де  $\Delta P^i$  – балансова вартість  $i$ -го виду повністю зруйнованих основних фондів невиробничого призначення з урахуванням відповідних коефіцієнтів індексації;  $K_a^i$  – коефіцієнт амортизації  $i$ -го виду основних фондів невиробничого призначення;  $n$  – кількість видів зазначених фондів, що були повністю зруйновані;  $L_v$  – ліквідаційна вартість отриманих матеріалів та устаткування;

*Розрахунок збитків від втрат готової промислової та сільськогосподарської продукції*

Збитки від втрат готової промислової та сільськогосподарської продукції розраховують за формулою

$$Pr = Pr^n + Pr^c.$$

Збитки від втрат готової промислової продукції ( $Pr^n$ ) розраховують, виходячи з її собівартості або за цінами придбання з урахуванням індексації за формулою

$$Pr^n = \sum_{i=1}^m (C^i q^i),$$

де  $C^i$  – собівартість одиниці  $i$ -го виду промислової продукції;  $q^i$  – кількість втраченої промислової продукції  $i$ -го виду;  $m$  – кількість видів промислової продукції, втраченої під час НС.

Збитки від втрат готової сільськогосподарської продукції ( $Pr^c$ ) розраховують на основі середніх оптових цін для різних регіонів України за формулою

$$Пр^с = \sum_{i=1}^M (\mathcal{C}_j^i q^i),$$

де  $\mathcal{C}_j^i$  – середня оптова ціна  $i$ -го виду сільськогосподарської продукції в  $j$ -му регіоні;  $q^i$  – кількість втраченої сільськогосподарської продукції  $i$ -го виду;  $M$  – кількість видів втраченої сільськогосподарської продукції.

*Розрахунок збитків від втрат незібраної сільськогосподарської продукції*

Збитки від втрат незібраної сільськогосподарської продукції ( $Пр^с$ ) розраховують на основі показників середньої врожайності основних видів сільськогосподарських культур для різних регіонів України та середнього прогнозованого рівня оптових закупівельних цін на відповідну сільськогосподарську продукцію з урахуванням нездійснених витрат, необхідних для доведення її до товарного виду, за такою формулою:

$$Пр^с = \sum_{i=1}^m (S^i k^i Y_j^i \mathcal{C}_j^i - \mathcal{Z}_{\text{дол}}^i),$$

де  $S^i$  – площа пошкодження посівів  $i$ -ї сільськогосподарської культури;  $k^i$  – середній коефіцієнт пошкодження посівів  $i$ -ї сільськогосподарської культури;  $Y_j^i$  – середня очікувана прогностична урожайність /Ч сільськогосподарської культури в  $j$ -му регіоні;  $\mathcal{C}_j^i$  – прогностична середня оптова ціна  $i$ -го виду сільськогосподарської продукції в  $j$ -му регіоні на час після збирання врожаю;  $\mathcal{Z}_{\text{дол}}^i$  – витрати, необхідні для доведення всього обсягу втраченої  $i$ -ї сільськогосподарської продукції до товарного вигляду;  $m$  – кількість видів втраченої незібраної сільськогосподарської продукції.  $Пр^с$  потребує обов'язкового перерахунку після збирання врожаю.

*Розрахунок збитків від втрат сировини, матеріалів та напівфабрикатів, проміжної продукції*

Збитки від втрат сировини, матеріалів та напівфабрикатів, необхідних для виробництва продукції і надання послуг ( $\mathcal{C}_н$ ), розраховують, виходячи з витрат

відповідних підприємств та організацій на їх придбання або із середніх значень оптових цін на сировину, матеріали, напівфабрикати на момент виникнення втрат за такою формулою:

$$C_n = \sum_{i=1}^m (C_{\text{сеп}}^i q^i),$$

де  $C_{\text{сеп}}^i$  – середня оптова ціна одиниці  $i$ -ї сировини, матеріалів та напівфабрикатів на момент виникнення втрат;  $q^i$  – обсяг втрачених сировини, матеріалів, напівфабрикатів.

Збитки від втрат проміжної продукції ( $C_{\text{н.пром}}$ ) підприємств розраховують, виходячи з її собівартості за такою формулою:

$$C_{\text{н.пром}} = \sum_{i=1}^m (C^i q^i),$$

де  $C^i$  – собівартість  $i$ -го виду проміжної продукції;  $q^i$  – кількість втраченої проміжної продукції  $i$ -го виду.

#### *Розрахунок збитків від втрат майна громадян та організацій*

Збитки від втрат іншого майна ( $M_{\text{дг}}$ ) розраховують для організацій, виходячи з його залишкової балансової вартості, а для

громадян – виходячи із середньої ринкової ціни відповідного майна на момент його втрати, що оцінюється експертним шляхом, за такою формулою:

$$M_{\text{дг}} = \sum_{i=1}^m (P^i K_a^i k^i q_{\text{орг}}^i) + \sum_{j=1}^n (C_{\text{с.р}}^j q_{\text{гр}}^j),$$

де  $P^i$  – балансова вартість  $i$ -го виду втраченого майна організацій;  $K_a^i$  – коефіцієнт амортизації  $i$ -го виду втраченого майна організацій;  $k^i$  – індекс зміни цін відносно часу придбання  $i$ -го виду майна;  $q_{\text{орг}}^i$  – кількість втраченого майна організацій  $i$ -го виду;  $C_{\text{с.р}}^j$  – середня ринкова ціна  $j$ -го виду втраченого майна громадян;  $q_{\text{гр}}^j$  – кількість  $j$ -го виду втраченого майна громадян;  $m$  –

число видів майна, втраченого організаціями;  $n$  – число видів майна, втраченого громадянами.

*Розрахунок збитків від невироблення продукції внаслідок припинення виробництва*

Розрахунок збитків від невироблення продукції внаслідок припинення виробництва ( $M_n$ ) окремо у даній методиці не розглядається, тому що для їх визначення має бути проведена експертиза. В цьому разі експертне оцінювання може здійснюватися на основі середньорічних обсягів виробництва, коли термін вимушеного припинення виробництва загалом чи окремих циклів порівнюється із середніми значеннями нормального функціонування за аналогічний період (у разі сезонних робіт – за відповідний сезонний період). Збитком у цьому разі буде розмір неотриманого прибутку від реалізації продукції за узгодженими цінами базового періоду. Якщо виробництво здійснювалося частково, збитком буде прибуток, що розраховується від вартості невиробленої продукції.

*Розрахунок збитків від вилучення або порушення сільськогосподарських угідь*

Збитки від вилучення або порушення сільськогосподарських угідь внаслідок виникнення НС розраховують на основі нормативних показників збитків для різних видів сільськогосподарських угідь по областях за такою формулою:

$$P_{c/r} = P_{c/r_1} + P_{c/r_2}; P_{c/r_1} = HP; P_{c/r_2} = (1 - k) П,$$

де  $P_{c/r_1}$  – збитки від вилучення сільськогосподарських угідь із користування;  $H$  – норматив збитків (узагальнений вартісний показник розміру заподіяної шкоди, який умовно відповідає вартісному виміру унеможливлення використання продуктивності землі) для різних видів сільськогосподарських угідь по областях (табл. Д.3);  $П$  – площа сільськогосподарських угідь відповідного виду, які вилучаються з користування, га;  $P_{c/r_2}$  – збитки від



порушення сільськогосподарських угідь, які розраховують на базі коефіцієнта зниження продуктивності;  $k$  – коефіцієнт зниження продуктивності угіддя.

*Розрахунок збитків від втрат тваринництва*

Збитки від втрат тваринництва розраховують, виходячи з вартості 1 т живої маси тварини, що зазнала ушкодження внаслідок НС, та загальної маси постраждалих тварин. Вартісні показники відбивають середні регіональні заготівельні ціни на заріз худоби. Збитки розраховують за формулою

$$M_{\text{тв}} = BN,$$

де  $M_{\text{тв}}$  – розмір збитків, тис. грн;  $B$  – вартість 1 т живої маси постраждалої тварини за середніми цінами, які склалися на підприємстві, що зазнало втрат у період, який безпосередньо передував НС, але не більше ніж протягом 6 міс;  $N$  – загальна маса постраждалих тварин.

*Розрахунок збитків від втрати деревини та інших лісових ресурсів*

Збитки від втрати деревини та інших лісових ресурсів унаслідок виникнення НС розраховують для груп лісів по областях та Автономній Республіці Крим з урахуванням коефіцієнта продуктивності лісів за типами лісорослинних умов за формулою

$$P_{\text{л/г}} = P_{\text{л/г}_1} + P_{\text{л/г}_2} + P_{\text{л/г}_3}.$$

Збитки від знищення лісу та вилучення земельних ділянок лісового фонду для цілей, не пов'язаних з веденням лісового господарства ( $P_{\text{л/г}_1}$ ), розраховують за формулою

$$P_{\text{л/г}} = НКП,$$

де  $P_{\text{л/г}_1}$  – розмір збитків, тис. грн;  $H$  – норматив збитків (узагальнений вартісний показник розміру заподіяної шкоди, яка умовно відповідає вартісному виміру втрат внаслідок неможливості господарського використання лісів чи іншої корисності, пов'язаний з природними властивостями деревини та іншої лісової продукції) для груп лісів по областях (табл. Д.3);  $K$  – коефіцієнт продуктивності лісів за типами лісогосподарських умов областей;  $П$  – площа

лісової ділянки, що вилучається або знищується, га.

Збитки від пошкодження лісів ( $P_{л/г_2}$ ) розраховують на основі коефіцієнта зниження продуктивності угідь за формулою

$$P_{л/г_2} = (1 - k)KP,$$

де  $P_{л/г_2}$  – розмір збитків, тис. грн;  $H$  – норматив збитків для груп лісів за регіонами України (табл. Д.3); уточняється згідно з нормативно-методичною базою Держкомлісгоспу на час НС з урахуванням коефіцієнта інфляції;  $P$  – площа лісової ділянки, що зазнала шкідливого впливу НС;  $k$  – коефіцієнт зниження продуктивності угіддя.

У разі переведення лісів у менш цінну групу розмір збитків розраховують за формулою

$$P_{л/г_3} = (H_2 - H_1)KP,$$

де  $P_{л/г_3}$  – розмір збитків, тис. грн;  $H_2, H_1$  – нормативи збитків відповідно для груп, до яких угіддя належали до та після шкідливого впливу НС (табл. Д.3);  $P$  – площа лісової ділянки, що зазнала шкідливого впливу НС;  $K$  – коефіцієнт продуктивності лісів за типами лісорослинних умов (табл. Д.4).

Крім того, у Методиці викладено підходи до розрахунку збитків від втрат рибного господарства, знищення або погіршення рекреаційних зон, від втрат природно-заповідного фонду, забруднення атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, а також від забруднення земель несільськогосподарського призначення.

Отже, незважаючи на всі труднощі, розроблені нині методики аналізу й оцінювання екологічного ризику необхідні для розуміння механізмів впливу шкідливих чинників на навколишнє середовище та здоров'я населення. Математичний апарат, що використовується, дає змогу значно підвищити вірогідність отриманих оцінок.

Таблиця Д.3

Нормативи збитків для різних видів  
сільськогосподарських угідь областей (тис. грн/га)

Області	Вид сільськогосподарських угідь		
	Рілля і багаторічні насадження	Сіножа ті	Пасовища
Вінницька	502,3	261,3	228,3
Волинська	466,5	226,5	198,8
Дніпропетровська	537,6	225,6	198,4
Донецька	509,1	215,6	188,9
Житомирська	424,4	215,1	188,4
Закарпатська	368,2	124,6	108,7
Запорізька	587,0	269,0	235,5
Івано-Франківська	374,6	175,3	153,5
Київська	481,0	225,6	198,8
Кіровоградська	516,3	241,9	212,9
Луганська	481,0	225,6	198,8
Львівська	424,4	220,1	192,5
Миколаївська	473,8	173,9	152,6
Одеська	459,7	165,3	142,2
Полтавська	502,3	240,5	211,1
Рівненська	445,7	231,5	202,5
Сумська	495,5	276,7	241,4
Тернопільська	481,0	267,0	234,6
Харківська	523,1	250,9	220,6
Херсонська	445,7	199,3	174,4
Хмельницька	509,1	247,8	218,3
Черкаська	551,7	324,8	283,5
Чернівецька	424,4	233,3	203,4
Чернігівська	523,1	286,3	253,6

Таблиця Д.4

Нормативи збитків для груп лісових угідь за регіонами України (тис. грн/га)

Області	Норматив збитків для лісів	
	1-ї групи	2-ї групи
Вінницька	84,7	50,2
Волинська	77,7	46,0
Дніпропетровська	145,0	
Донецька	163,0	
Житомирська	75,0	44,4
Закарпатська	29,8	17,9
(гірська частина області)	123,1	123,1
Запорізька	250,9	
Івано-Франківська	31,9	19,9

(гірська частина області)	123,1	123,1
Київська	80,5	47,7
Кіровоградська	159,1	94,4
Луганська	118,6	41,6
Львівська	70,1	
(гірська частина області)	123,1	123,1
Миколаївська	241,6	
Одеська	141,8	
Полтавська	135,0	
Рівненська	74,1	43,9
Сумська	79,6	47,1
Тернопільська	100,4	59,5
Харківська	91,9	
Херсонська	167,3	55,2
Хмельницька	93,2	
Черкаська	75,8	44,9
Чернівецька	31,1	18,7
(гірська частина області)	123,1	123,1
Чернігівська	75,0	44,4

Таблиця Д.5

Коефіцієнти продуктивності лісових угідь за типами лісорослинних умов

Ступінь зволоження ґрунтів	Група лісів	Група родючості ґрунтів			
		A	B	C	D
1	1	0,496	0,734	0,971	1,21
	2	0,387	0,737	0,98	1,22
2	1	0,6	1	1,32 (1,92)	2,19(3,61)
	2	0,559	1	1,35 (1,73)	2,22 (3,6)
3	1	0,548	0,867	1,53 (2,58)	3,13 (5,59)
	2	0,474	0,834	1,53 (2,28)	3,17 (5,59)
4	1	0,496	0,6	0,584	0,896
	2	0,387	0,558	0,592	0,906
5	1	0,496	0,6	0,584	0,584
	2	0,387	0,558	0,592	0,591