

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**  
**І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ**  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА**  
**ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

№ 2 (18), квітень-червень 2015 р.

**Збірник наукових праць**

Заснований у 2008 р.  
Виходить 4 рази на рік

**КИЇВ 2015**

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головні редактори **О.С. Волошкіна**, д-р техн. наук, проф.  
**О.М. Трофимчук**, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ

### Члени редколегії:

<b>Білявський Г.О.,</b>	д-р геол.-мін. наук, проф.
<b>Биченок М.М.,</b>	д-р техн. наук
<b>Вижва С.А.,</b>	д-р геол. наук, проф.
<b>Довгий С.О.,</b>	д-р фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАНУ
<b>Заграй Я.М.,</b>	д-р хім. наук, проф.
<b>Калюх Ю.І.,</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Качинський А.Б.,</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Коржнев М.М.,</b>	д-р геол.-мін. наук, проф.
<b>Малкін Е.С.,</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Олійник О.Я.,</b>	д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ
<b>Павлишин В.І.,</b>	д-р геол.-мін. наук, проф.
<b>Радчук В.В.,</b>	д-р геол. наук
<b>Рибаков Л.О.,</b>	д-р техн. наук
<b>Стрижак О.Є.,</b>	канд. техн. наук
<b>Трофімович В.В.,</b>	канд. техн. наук, проф.
<b>Тугай А.М.,</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Удод В.М.,</b>	д-р біол. наук, проф.
<b>Шнюков С.Є.,</b>	д-р геол. наук, проф.
<b>Яковлев Є.О.,</b>	д-р техн. наук

---

Рекомендовано до друку Вченою радою  
Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України  
(протокол № 4 від 12.05.2015 р.)

Збірник наукових праць включений до списку наукових фахових видань України (затверджено Постановами Президії ВАК України №1-05/3 від 14 квітня 2010 р. за напрямом «технічні науки» та № 1-05/8 від 22 грудня 2010 р. за напрямом «геологічні науки»).

## ОСНОВНІ ТЕМАТИЧНІ РОЗДІЛИ ЗБІРНИКА

- Екологічна безпека
- Інформаційні ресурси та системи
- Основи природокористування
- Дискусійні повідомлення

---

**АДРЕСА РЕДАКЦІЇ**  
03186, м. Київ, Чоколівський бульв., 13,  
Інститут телекомунікацій і глобального  
інформаційного простору НАН України  
Телефони: (044) 245-87-97  
(044) 524-22-62  
E-mail: itelua@kv.ukrtel.net

Свідоцтво про державну реєстрацію  
КВ № 14146-3117 Р від 27.05.2008 р.

Електронна версія збірника в Інтернеті  
міститься на сайті Національної  
бібліотеки України ім. В.І. Вернадського

## ЗМІСТ

### ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

<b>Стефанишин Д.В., Атаєв С.В.</b> Перспективи відновлення малих гідроелектростанцій в Україні в контексті екологічно безпечного природокористування.....	5
<b>Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Серeda Ю.П.</b> Оцінка радіаційного ризику при гасінні пожежі у Чорнобильській зоні.....	12
<b>Іщенко В.А.</b> Способи поводження з твердими побутовими відходами у містах України.....	21
<b>Триснюк Т.В.</b> Експериментальні дослідження рекреаційного навантаження на природоохоронні території Тернопілля.....	31

### ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

<b>Стефанишина-Гаврилюк Ю.Д., Стефанишин Д.В., Трофимчук О.М.</b> Прогнозування ризиків збитків від повеней на ріках за даними моніторингу...	37
<b>Тугай Я.А., Майстренко Г.В.</b> Обґрунтування геофільтраційних схем і вихідних параметрів при розрахунках променевих водозаборів.....	49
<b>Анпілова Є.С., Красовська І.Г.</b> Тематичні картографічні моделі для інфраструктури просторових даних.....	53
<b>Андрусина І.М., Голуб І.О., Лампека О.Г.</b> Еколого-гігієнічна оцінка навантаження важкими металами доквілля м. Києва в системі сніг-вода-грунт.....	59
<b>Кривомаз Т.І., Перебинос А.Р.</b> Первинна оцінка мікопошкоджень дерев'яних споруд у НМНАПУ «Пирогів»	66

### ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ

<b>Симонов І.Н., Трофимович В.В.</b> Особенности формирования живой материи и влияние континуальных электромагнитных полей окружающей среды.....	76
<b>Вишняков В.Ю., Нагасвський В.М., Шелестюк Ю.О.</b> Аналіз та реалізація моделей моніторингу підстильної поверхні за даними SUOMI NPP.....	87
<b>Соколовська А.В., Томченко О.В., Порушкевич А.Ю., Федоровський О.Д., Якимчук В.Г.</b> Методи системного аналізу в дистанційних аерокосмічних дослідженнях екологічної безпеки та природокористування.....	95
<b>РЕФЕРАТИ</b> .....	103
<b>ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ</b> .....	110

# CONTENTS

## ENVIRONMENTAL SAFETY

<b>Stefanyshyn D.V., Atayev S.V.</b> Prospects for recovery of small hydropower in Ukraine in the context of environmentally-friendly resources use.....	5
<b>Azarov S.I., Sidorenko V.L., Sereda Yu.P.</b> Assessment of radiation risk to extinguish the fire in the Chernobyl zone.....	12
<b>Ishchenko V.A.</b> Methods of solid household waste management.....	21
<b>Trysnyuk T.V.</b> Experimental study of recreation in protected areas Ternopil Region.....	31

## NATURAL RESOURCES

<b>Stefanyshyna-Havryliuk Yu.D., Stefanyshyn D.V., Trofymchuk O.M.</b> Prediction of risks of flood damages on rivers according to monitoring .....	37
<b>Tugay J.A., Maystrenko G.V.</b> Substantiation of geofiltration schemes and parameters in calculation of radial water intakes.....	49
<b>Anpilova Y.S., Krasovska I.G.</b> Thematic maps for the spatial data infrastructure.....	53
<b>Andrusishina I.N., Lampeka E.G., Golub I.A.</b> Hygienic assessment of ecological load of heavy metals environmental Kiev in the snow-water-soil.....	59
<b>Kryvomaz T.I., Perebynos A.R.</b> Preliminary evaluation of fungal destruction of wooden constructions in NMFALU «Pyrohiv».....	66

## INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

<b>Simonov I.N., Trofimovich V.V.</b> Features of forming of living matter and the influence of the continual electromagnetic fields of environment.....	76
<b>Vishniakov V.Y., Nagaevskii V.N., Shelestiuk Y.A.</b> Analysis and implementation of monitoring models underlying surface according data SUOMI NPP .....	87
<b>Sokolovska A.V., Tomchenko O.V., Porushkevych A.Yu., Fedorovsky O.D., Yakymchuk V.H.</b> Methods of system analysis in the remote aerospace researches of the ecological security and environmental management.....	95
<b>ABSTRACTS</b> .....	103
<b>INFORMATION ABOUT THE AUTHORS</b> .....	110

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 626/627 ; 504.05

Д.В. СТЕФАНИШИН, С.В. АТАЄВ

### ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

***Анотація.** Проаналізовано перспективи відновлення малої гідроенергетики в Україні. Показано, що збереження основних технічних показників існуючих напірних гідротехнічних споруд, які характеризують режими рівнів води в б'єфах, та принципу комплексного використання водних ресурсів дозволяє вирішувати проблеми відновлення малих гідроелектростанцій на малих та середніх ріках в контексті екологічно безпечного природокористування.*

***Ключові слова:** верхній та нижній б'єфи, екологічно безпечне природокористування, мала гідроелектростанція, малі та середні ріки, напірні гідротехнічні споруди.*

**Актуальність проблеми.** Як показує досвід експлуатації енергосистем розвинутих країн, при переважанні в енергосистемі генерації електроенергії на теплових і атомних електростанціях, для забезпечення ефективного регулювання її режимів, доля маневрених потужностей, які дає гідроенергетика, має складати не менше 15–20% [1]. В Україні доля потужностей гідроенергетики в загальному енергетичному балансі наразі складає лише близько 9%. При цьому рівень освоєння економічного гідроенергетичного потенціалу (ЕГЕП) в країні (61–64%) все ще є нижчим за середньоєвропейський (71,8%). Оскільки в Україні залишаються резерви ЕГЕП, а також існує нагальна потреба в енергозберігаючих технологіях і маневрених джерелах електроенергії, то немає жодних об'єктивних причин, які б не заохочували до нарощування в країні гідроенергетичних потужностей [2]. В практичній площині питання може стояти тільки у виборі раціональних варіантів введення нових потужностей гідрогенерації електроенергії, за яких, поряд з вирішенням питань надійності енергопостачання, одночасно мінімізувалися негативні наслідки будівництва та експлуатації об'єктів гідроенергетики.

Згідно з Енергетичною стратегією України [3], прийнятою в 2006 р., однією із задач підвищення надійності експлуатації об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) країни та її інтеграції з ОЕС Європейського Союзу є не лише зменшення дефіциту регулюючих і маневрених потужностей, що планується

здійснювати насамперед за рахунок спорудження потужних гідроакumuлюючих електростанцій (Ташликської, Дністровської, Канівської) та модернізації вже діючих великих гідроелектростанцій (ГЕС) Дніпровського та Дністровського каскадів, а й більш широке використання відновлюваних джерел електроенергії, в тому числі і за рахунок малих гідроелектростанцій (МГЕС). За оцінками [1] реконструкція діючих та відбудова (відновлення) непрацюючих (демонтованих) МГЕС дасть змогу додатково отримати до 200 МВт потужностей та 372 млн кВт-годин виробництва електроенергії на рік з відновлюваних джерел. При цьому загальний ЕГЕП малої гідроенергетики в Україні оцінюється не менше 800 млн кВт-годин (близько 5% від всього ЕГЕП) при потужності не менше 320 МВт.

Реалізація Енергетичної стратегії [3] дозволить збільшити загальні гідроенергетичні потужності в країні до 10 300 МВт, що в перспективі може скласти до 16–20% від загальної потужності ОЕС України. При цьому на долю малої гідроенергетики припадатиме лише трохи більше 3% від загальних потужностей гідрогенерації електроенергії в країні. Постає питання, наскільки важливим може бути цей внесок в загальний енергетичний баланс країни і в гідроенергетику зокрема в порівнянні з можливими викликами та екологічними наслідками. Це зумовлює актуальність досліджень проблеми відновлення малої гідроенергетики в контексті раціонального, екологічно безпечно-го природокористування.

**Об'єкт, предмет та мета досліджень.** Термін «мала гідроенергетика» у світі прийнято відносити до гідроенергетичних установок малої потужності (зазвичай до 10–30 МВт) [4]. В Україні гідроустановки зі встановленою потужністю до 0,2 МВт виділяють в категорію мікро ГЕС, до 1 МВт – міні ГЕС, від 1 до 10 МВт – малих ГЕС. Зазвичай МГЕС будуються на малих та середніх ріках (які мають протяжність до 100 км та площу водозбірного басейну менше 2 тис. км<sup>2</sup> і 500 км та площу сточища 2–50 тис. км<sup>2</sup>, відповідно). У світі також практикують будівництво каскадів МГЕС і на великих ріках. Зазвичай МГЕС не вимагають влаштування водосховищ зі значним затопленням територій, тому інколи помилково вважається, що вони не призводять до значного впливу на довкілля, на відміну від великих ГЕС.

Сучасні МГЕС досить прості в конструкції, з високим рівнем автоматизації, не вимагають обов'язкової присутності людини при експлуатації. Вироблюваний на МГЕС електричний струм відповідає стандартним вимогам щодо частоти й напруги. МГЕС можуть працювати як в автономному режимі, тобто поза ОЕС, так і в складі ОЕС. При цьому повний ресурс роботи МГЕС сягає 40 і більше років при незначних експлуатаційних затратах.

*Об'єктом досліджень* в цій статті є МГЕС на малих і середніх ріках, які підлягають повному або частковому відновленню (капітальному ремонту, реконструкції, модернізації), у складі існуючих напірних гідроспоруд, які, у свою чергу, також можуть підлягати відновленню і реконструкції.

*Предметом досліджень* є перспективи відновлення МГЕС в Україні в контексті екологічно безпечно-го природокористування.

*Метою досліджень* є аналіз проблем та перспектив відновлення малої гідроенергетики в Україні в контексті екологічно безпечно-го природокористування з врахуванням конкретних прикладів розробки проектів відновлення МГЕС, що тривалий час не експлуатувалися.

**Економічні та соціально-екологічні проблеми відновлення МГЕС.** Особливістю малої гідроенергетики є низька концентрація виробництва електроенергії, що значно зменшує економічні показники МГЕС. Тому відновлення малої гідроенергетики в Україні розпочалося лише на початку 2000-х рр., після прийняття в країні «зеленого» тарифу [1, 3, 5]. Це дозволило забезпечити рентабельність гідрогенерації електроенергії на МГЕС та знизити терміни їх окупності (зокрема, в порівнянні з великою гідроенергетикою), що зацікавило приватних інвесторів. Останні ж, як неодноразово показувала практика, в погоні за прибутком, менше всього почали зважати на екологічні та соціальні наслідки своїх рішень. При цьому, «питомий» вплив МГЕС на екологію русел і прирічкових територій малих та середніх рік виявився цілком співмірним з «питомим» впливом великих ГЕС на екологію русел і долин великих рік. В багатьох випадках серйозно постраждали інтереси місцевих сільських громад, життєдіяльність яких пов'язується з ріками та їх заплавами. Наприклад, якщо при потужності ГЕС в кілька сотень мегават прямо чи опосередковано зачіпалися інтереси від десятків до сотень тисяч людей, то при потужності МГЕС до мегавата страждали інтереси від сотні до тисячі осіб. Слід зазначити, що заплави малих і середніх рік вирізняються особливою цінністю – як в екологічному, для збереження екологічного різноманіття, так і соціальному аспектах [6]. Останнє пов'язано з тим, що за потенційними можливостями використання заплав для ведення сільського господарства найкращими умовами характеризуються саме заплави малих річок, тривалість природних затоплень і підтоплень яких при паводках не перевищує 7 днів. Природне затоплення і підтоплення заплав середніх річок при паводках зазвичай триває 7–15 днів, але також є сприятливим, наприклад, для зростання природних трав та деревних насаджень. Затоплення ж заплав великих рівнинних річок при паводках може тривати значно довше, до 80–90 днів [7], що суттєво обмежує їх використання в сільському господарстві, і втрата цих земель не так болісно сприймається сільським населенням.

**Перспективи та проблеми відновлення МГЕС у складі існуючих гідропоруд.** Більшість з МГЕС в Україні, особливо недіючих, тривалий час (до 30 і більше років) знаходилися у вкрай занедбаному стані. Будівлі МГЕС та напірні гідропоруди за цей час зазнали значних пошкоджень і руйнувань, давно потребували капітального ремонту або реконструкції (рис. 1, 2). Обладнання (механічне, енергетичне) було розукомплектовано або повністю демонтовано, або вичерпало свій ресурс і потребує заміни й оновлення.

В багатьох випадках при виводі МГЕС з експлуатації заходи з належної консервації або ліквідації гідропоруд та виробничих будівель виконані не були. В результаті відбулося значне руйнування конструкцій гідропоруд, механічного устаткування та конструкцій виробничих будівель (див. рис. 1, 2). На переважній більшості гідропоруд МГЕС, що відновлюються, в пошкодженому стані знаходяться флютбети бетонних водозливних гребель, бетонні поверхні біків, водоприймачів, залізобетонні збірні і монолітні плити перекриття будівель МГЕС, захисні плити огорожувальних та струмененапрямних дамб, кріплення укосів земляних гідропоруд, дренажні пристрої тощо. Існує загроза подальшого руйнування будівель, гідропоруд, механічного устаткування, їх падіння, захаращення русла ріки з непередбачуваними наслідками. Ділянки колишніх водосховищ та береги рік нижче гідропоруд вкрились густими заростями кущів верболозу і деревами (рис. 2), що вкрай

негативно впливає на проходження паводків, призводить до зменшення швидкості течії і додаткового підйому рівнів води в долині ріки. Напівзруйнований, занедбаний стан напірних гідроспоруд давно вже слід розглядати як такий, що не відповідає вимогам екологічно безпечного природокористування, вимогам техніки безпеки, безпеки життєдіяльності, санітарії тощо, на що варто було звернути увагу природоохоронним органам та органам державної влади та зрештою прийняти рішення або про повну ліквідацію напівзруйнованих гідроспоруд, або про їх капітальний ремонт, в тому числі з відновленням роботи МГЕС.

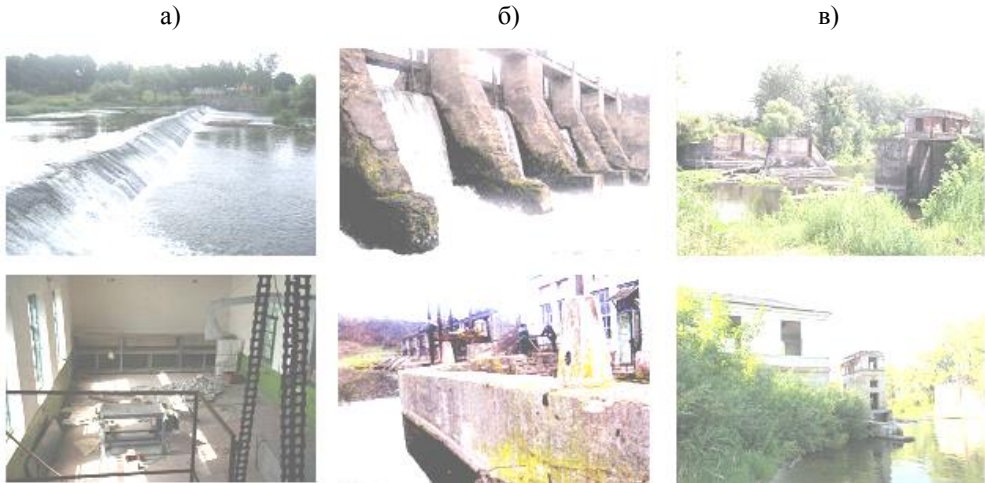


Рис. 1 – Приклади МГЕС, що відновлюються:

а) Чижівська (р. Случ, Житомирська обл.); б) Більче-Золотецька (р. Серет, Тернопільська обл.); в) Велико-Сорочинська (р. Псел, Полтавська обл.)



Рис. 2 – Стан гідроспоруд Новошицької МГЕС (р. Бистриця Тисменицька, Львівська обл.) до відновлення: а) вид на греблю з нижнього б'єфа; б) стан русла ріки у верхньому б'єфі; в) стан будівлі МГЕС

Ліквідаційні роботи, зважаючи на наявність у складі МГЕС бетонних гідроспоруд, необхідність спорожнення водосховищ тощо, також можуть нести загрозу для населення і довкілля, інколи не меншу, а більшу, ніж будівельні, монтажні та санітарні роботи з відновлення МГЕС. При цьому, наприклад, заходи зі зведення верболозу та заростей кущів і лісу на ділянках верхнього і нижнього б'єфів можна розглядати як позитивний фактор з точки зору



зменшення повеневої небезпеки навіть без врахування регулятивної ролі водосховища. Крім того, ці роботи можуть бути проведені за участі місцевого населення.

Таким чином, відновлення МГЕС, особливо у складі існуючих напірних гідроспоруд, що експлуатуються в інтересах інших галузей народного господарства, може посприяти підвищенню надійності і безпеки цих гідроспоруд. В цьому випадку «зелений» тариф для малої гідроенергетики може бути цілком виправданим й сприйматися як компенсація приватним інвесторам та власникам за приведення існуючих гідроспоруд в належний стан.

Однак при відновленні МГЕС у складі існуючих напірних гідроспоруд не завжди можна уникнути і ряду проблем, пов'язаних з впливом цих об'єктів на навколишнє середовище.

Однією з першочергових задач, яку доводиться вирішувати приватним інвесторам та власникам при відновленні МГЕС, є проблема їх модернізації. При цьому практика відновлення й модернізації МГЕС, незважаючи на інколи вкрай запущений стан напірних гідроспоруд, показує, що з усіх статей витрат критичною для приватного капіталу досить часто виявляється доля затрат на придбання сучасного, досить вартісного гідроенергетичного обладнання МГЕС, яка може складати до 45% і більше від усіх витрат [8]. Цю задачу, поряд з отриманням «зеленого» тарифу, намагаються вирішувати шляхом збільшення встановленої потужності гідроагрегатів. Звичайно, що обидва ці способи приватні інвестори і власники намагаються реалізовувати одночасно. Однак на малих і середніх ріках збільшення одиничної потужності гідроагрегатів є можливим, головним чином, або за рахунок збільшення напору, або за рахунок зменшення їх кількості. Такі рішення актуалізують розширення впливу МГЕС на ріку і навколишнє середовище в порівнянні з ситуацією, що складалася до її реконструкції і модернізації, в результаті чого неминуче виникають конфлікти із місцевим населенням, громадськими та природоохоронними організаціями. В цьому випадку «зелений» тариф стає «червоним» для населення і довкілля. Суспільством оплачується дія, направлена на нанесення шкоди навколишньому середовищу і інтересам місцевих громад.

Проведені нами дослідження з оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) на прикладах ОВНС проектів відновлення Новошицької, Чижівської, Більче-Золотецької, Велико-Сорочинської МГЕС показують, що лише при збереженні основних технічних параметрів діючих напірних гідроспоруд (в першу чергу – режиму рівнів води в б'єфах) забезпечується мінімізація додаткового негативного впливу відновлення роботи МГЕС на ріку та навколишнє середовище. При цьому важливе значення для мінімізації негативного впливу МГЕС на народногосподарську складову навколишнього середовища та соціуми при її подальшій експлуатації має також збереження принципу комплексного використання водних ресурсів ріки та природних ресурсів прирічкових територій, поряд з їх використанням для цілей гідроенергетики, наприклад, для водопостачання, рекреації, туризму, риборозведення, зволоження меліорованих земель, регулювання поверхневих вод, боротьби з паводками тощо [9].

Комплексне використання водних ресурсів є однією з найважливіших умов раціонального природокористування при гідротехнічному будівництві і обов'язковою вимогою чинних ДБН В.2.4-3:2010 [10]. В той же час, навіть при відновленні МГЕС у складі діючих гідроспоруд, можуть виникати

проблеми узгодження інтересів приватного капіталу в гідроенергетиці та цілком законних і справедливих інтересів інших учасників водогосподарчого комплексу (ВГК), що вже сформувався або формуватиметься в перспективі. При цьому важливими учасниками ВГК, коли мова йде про малі і середні ріки, безперечно, слід розглядати і об'єкти природоохоронного фонду.

Хоча вимоги ДБН В.2.4-3:2010 [10] в повній мірі поширюються і на гідропороди МГЕС, вони нерідко порушуються або ігноруються, свідомо чи несвідомо, власниками, проектними і будівельними організаціями, в тому числі і державними організаціями, що займаються експертизою планів і проектів в малій гідроенергетиці. Це стосується не тільки дотримання вимог щодо комплексного використання водних ресурсів, а й вимог щодо проведення наукового обґрунтування рішень, оцінки і прогнозу наслідків експлуатації МГЕС – як на окремих ділянках рік, так і з точки зору екологічного стану річкових басейнів малих і середніх рік, де вже проводилося або ведеться гідротехнічне будівництво. Мала гідроенергетика – мала тільки за потужностями гідроенергетичних установок. Шкода довкіллю від будівництва МГЕС може бути значною, коли мова йде про збереження біо- та екорізноманіття, охорону малих і середніх рік, стан їх прирічкових територій, інтереси місцевих громад.

**Висновки та рекомендації.** Україна володіє потенціалом відновлюваної енергетики, зокрема малої гідроенергетики, і потребує розвитку технологій виробництва електроенергії, що використовують відновлювані енергоресурси, зокрема гідроресурси, однак розвиток цих технологій не має відбуватися за рахунок зменшення екологічного потенціалу малих і середніх рік, прирічкових територій та на шкоду інтересам місцевого населення.

Приватний капітал має право здійснювати вигідні інвестиції в малу гідроенергетику, однак мала гідроенергетика не може розвиватися лише в інтересах приватного капіталу. Приватний інвестор має право на «зелений» тариф, як на певну компенсацію затрат, пов'язаних з придбанням вартісного гідроенергетичного обладнання тощо, тільки у тих випадках відновлення МГЕС, коли поряд з проведенням робіт з відновлення пошкоджених гідропоруд забезпечується принцип комплексного використання водних ресурсів, не порушується природоохоронне законодавство, дотримуються вимоги екологічно безпечного природокористування і знаходиться компроміс з інтересами місцевого населення.

Оскільки мала гідроенергетика не може бути рентабельною в умовах тарифів на електроенергію, які чинні у великій гідроенергетиці, то рекомендується наділяти правом на «зелений» тариф лише тих приватних інвесторів, які здійснюють відновлення МГЕС у складі вже діючих гідропоруд або гідропоруд, ліквідація яких є невиправданою, при збереженні основних їх технічних параметрів. На МГЕС, як на об'єкти нового гідротехнічного будівництва, оскільки таке будівництво не здатне кардинально вирішувати соціально-економічні проблеми територій і забезпечувати їх сталий розвиток, «зелений» тариф не має поширюватися, оскільки це не сприятиме відновленню і розвитку великої гідроенергетики та використанню інших відновлюваних джерел енергії в країні.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ландау Ю.А. Основные тенденции развития гидроэнергетики Украины / Ю.А. Ландау // Техногенна безпека. Наукові праці. – 2012. – Том 53. Вип. 40. – С. 82–86.
2. Стефанишин Д.В. Про перспективи гідроенергетики в Україні та вибір варіанту розвитку Дніпровського каскаду з врахуванням ризику / Д.В. Стефанишин // Гідроенергетика України, № 3, 2010. С. 5–11.
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 року // Текст затверджено Кабінетом міністрів України 24 липня 2013 р.
4. Малая гидроэнергетика / Л.П. Михайлов, Б.Н. Фельдман, Т.К. Марканова и др.; Под ред. Л.П. Михайлова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 184 с.
5. Стан і перспективи розвитку відновної енергетики в Україні: аналітична доповідь / О.М. Суходоля, А.Ю. Сменковський, А.І. Шевцов, М.Г. Земляний; за ред. О.М. Суходолі. – К.: НІСД, 2013. – 104 с.
6. Стефанишина-Гаврилюк Ю.Д. Небезпеки природокористування на прирічкових територіях / Ю.Д. Стефанишина-Гаврилюк // Екологічна безпека та природокористування. Зб. наук. праць. – Вип. 13. – К.: КНУБА, ІТГІП НАНУ, 2013. – С. 77–87.
7. Мирцхулава Ц.Е. Экологические нарушения (предсказание риска нарушения, меры по снижению опасности) / Ц.Е. Мирцхулава. – Тбилиси: Институт водного хозяйства и инженерной экологии АН Грузии, 1993. – 438 с.
8. Васильев Ю.С. Реконструкция малых ГЭС на примере северо-запада России / Ю.С. Васильев, В.В. Елистратов // Вісник НУВГП. Зб. наукових праць. Вип. № 2 (34). – Рівне: НУВГП, 2009. – С. 38–45.
9. Environmental experience gained from reservoirs in operation. Trans. of the 18-th Int. Congress on Large Dams. – Vol. 2. – Q.69. Durban – South Africa, November, 1994. – 780 p.
10. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення / ДБН В.2.4-3:2010. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 37 с.

*Стаття надійшла до редакції 02.03.2015*

УДК 504.3:614.841

С.І. АЗАРОВ, В.Л. СИДОРЕНКО, Ю.П. СЕРЕДА

## ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО РИЗИКУ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖІ У ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ

***Анотація.** Наведено оцінку радіаційного ризику для працівників пожежно-рятувальних підрозділів при гасінні пожеж у Чорнобильській зоні. Показано, що межа радіаційного ризику для пожежного у цих умовах може перевищувати граничний індивідуальний радіаційний ризик.*

***Ключові слова:** Чорнобильська зона, пожежа, радіоактивні продукти згоряння, опромінення, радіаційний ризик.*

**Вступ.** На територію 30-кілометрової зони Чорнобильської АЕС випало у вигляді радіоактивних аерозолів приблизно  $5 \cdot 10^{15}$  Бк, з них  $3 \cdot 10^{13}$  Бк припадає на трансуранові елементи (ТУЕ). Найбільша густина забруднення ґрунту сягає для  $^{137}\text{Cs}$  понад  $8 \cdot 10^{12}$  Бк/км<sup>2</sup>, для  $^{90}\text{Sr}$  –  $7 \cdot 10^{12}$  Бк/км<sup>2</sup> і плутонію –  $3 \cdot 10^{10}$  Бк/км<sup>2</sup>. За час після Чорнобильської катастрофи в 30-кілометровій зоні сталося більш 1 200 пожеж різного характеру, в результаті чого згоріло 3 092 різних будов і близько 15 000 га лісів та великих сільгоспугідь [1].

В табл. 1 наведені дані про радіоактивне забруднення різних об'єктів та територій Чорнобильської зони.

Таблиця 1. Запаси радіонуклідів на різних об'єктах та територіях Чорнобильської зони

Об'єкт чи територія	Активність, Бк			Площа, км <sup>2</sup> (кількість, шт.)
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	ТУЕ	
Територія Чорнобильської зони	$1,44 \cdot 10^{13}$	$6,4 \cdot 10^{11}$	$2,6 \cdot 10^{10}$	2 044
Ліси	$8,4 \cdot 10^{13}$	$3,7 \cdot 10^{11}$	$1,5 \cdot 10^{10}$	768
Колишні сільгоспугіддя	$6,1 \cdot 10^{13}$	$2,7 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^{10}$	484
Пункт захисту радіоактивних відходів	$1,4 \cdot 10^{14}$	$8,2 \cdot 10^{12}$	$3,3 \cdot 10^{11}$	(800)
Об'єкт «Укриття»	$1,3 \cdot 10^{14}$	$7,4 \cdot 10^{13}$	$2,7 \cdot 10^{12}$	(1)

На 01.01.2013 кількість радіоактивних відходів, накопичених на блоках №№ 1–3 ЧАЕС, оцінювалась величиною твердих – 15 000 м<sup>3</sup> (активністю  $3,38 \cdot 10^6$  Бк), рідких – 18 300 м<sup>3</sup>, в сховищах відпрацьованого ядерного палива розміщено 13 300 тепловиділяючих збірок.

Основними шляхами міграції радіонуклідів за межі Чорнобильської зони є: водний (річковий) стік (р. Прип'ять) – приблизно 65%; повітряний (вітровий) перенос – 10%; у випадку пожеж – 24%; техногенна міграція та біогенний винос – по 0,5%.

При пожежах в Чорнобильській зоні у повітря можуть викидатися радіоактивні продукти згоряння (РПЗ) середньої сумарної активності до 20 Кі/рік ( $^{134}\text{Cs} \approx 15,0$  Кі/рік,  $^{90}\text{Sr} \approx 4,5$  Кі/рік та ТУЕ  $\approx 0,1$  Кі/рік), які несприятливо діють на персонал ЧАЕС та пожежних, що задіяні у гасінні пожежі, а також на населення найближчих територій і навколишнє середовище.

При пожежі в атмосферу надходять РПЗ, концентрація яких може істотно перевищувати гранично допустимі значення. РПЗ, які викидаються у повітря, небезпечні, насамперед, для співробітників пожежних команд, які безпосередньо задіяні у гасінні пожеж. Отже, пожежі на територіях, забруднених радіонуклідами, є одним з потенційно небезпечних джерел дозових навантажень, які можуть вплинути на здоров'я пожежних. Однак, незважаючи на актуальність даної проблеми, практично відсутня інформація щодо впливу радіаційних факторів при гасінні пожеж на забруднених радіонуклідами територіях.

**Формулювання цілей статті.** Актуальною є задача оцінки радіаційного ризику для працівників пожежно-рятувальних підрозділів при гасінні пожеж у Чорнобильській зоні.

**Виклад основного матеріалу.** Радіаційний ризик  $R$  (далі – ризик) для пожежного, який задіяний у гасінні пожежі, буде визначатися наступним чином:

$$R = \int_E P(E) f[E(Q)] dE, \quad (1)$$

де  $P(E)$  – імовірність серйозного порушення здоров'я пожежного від отриманої дози опромінювання  $E$ ;

$f[E(Q)]$  – розподіл імовірностей вихідних подій – кількість пожеж на територіях, забруднених радіонуклідами.

Розподіл імовірностей вихідних подій – кількість пожеж можна визначити за формулою:

$$f[Q(\tau)] = \int_0^\tau \int_0^\tau f[Q(\tau)] dQ d\tau, \quad (2)$$

де  $f[Q(\tau)]$  – параметр, що характеризує частоту пожеж, які призводять до викиду РПЗ в інтервалі від  $Q(\tau)$  до  $Q(\tau) - dQ(\tau)$ . Значення  $f[Q(\tau)]$  можна надати у вигляді:

$$f[Q(\tau)] = \mu \left[ 1 + \mu \ln \left( \frac{Q(\tau)}{\bar{Q}_0} \right) [Q(z) \Delta\tau]^{-1} \right], \quad (3)$$

тут 
$$\mu = \left[ (2\tau/\lambda)^{0,5} - 1 \right] \left[ \ln Q(\tau) / \bar{Q}_0 \right], \quad (4)$$

де  $\bar{Q}_0$  – вміст радіонуклідів у горючих матеріалах;

$Q(\tau)$  – сумарна активність радіонуклідів, викинутих в атмосферу;

$\Delta t$  – очікуваний період часу між двома пожежами;

$\lambda$  – коефіцієнт частоти пожеж в Чорнобильській зоні.

Ймовірність серйозного порушення здоров'я пожежного від дії радіації можна представити таким чином [4]:

$$P(E, l) = g \left[ H(E, t)_{eff} - H(E, \tau)_{ext} \right], \quad (5)$$

де  $g$  – коефіцієнт ризику, який характеризує ймовірність виникнення соматичних та генетичних наслідків опромінення на одиницю дози;

$H(E, t)_{eff}$  – доза зовнішнього опромінення, обумовлена вдиханням РПЗ з повітрям, яке надходить через шлунково-кишковий тракт та відкриті рани;

$H(E, \tau)_{ext}$  – доза внутрішнього опромінення, обумовлена впливом випромінювання радіонуклідів з хмари диму і шлейфу випадіння РПЗ на поверхню.

Ефективну дозу зовнішнього опромінення розраховуємо за формулою [5]:

$$H(E, t) = k_1 k_2 D \gamma \left( \eta + \frac{1 + \eta}{k_3} \right) 10^{-5} t, \quad (6)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт переходу від експозиційної дози у повітрі до поглиненої дози у біологічній тканині;

$k_2$  – коефіцієнт переходу від еквівалентної дози до ефективної дози;

$k_3$  – коефіцієнт послаблення (екранування) зовнішніми перешкодами  $\gamma$ -опромінення (будівлі, споруди тощо);

$\eta$  – час знаходження пожежного на відкритій місцевості у процесі гасіння пожежі;

$D\gamma$  – середнє значення потужності експозиційної дози на місцевості;

$t$  – час.

Ефективну дозу внутрішнього опромінення, наприклад інгаляційну, визначали за формулою [6]:

$$H(E, \tau)_{ext} = \sum_j \beta_j G \left\{ \left[ \xi + \sigma_j (1 - \xi) \right] \int_0^{\tau_0} C_j(t) d\tau + \int_0^{\tau_n} C_j(\tau) d\tau \right\}, \quad (7)$$

де  $\beta_j$  – коефіцієнт інгаляційної дози для  $j$ -го радіонукліда;

$G$  – інтенсивність дихання пожежного в процесі гасіння пожежі, без застосування засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД);

$\xi$  – частка часу, який використовує пожежний під час гасіння пожежі;

$\sigma$  – коефіцієнт зменшення (вимивання)  $j$ -х радіоактивних часток з димової хмари;

$C_j(\tau)$  – концентрація активності  $j$ -го РПЗ в повітрі на відстані 1,7 м від поверхні землі;

$j$  – радіонуклід в продуктах згоряння, значимий для інгаляційної дози;  
 $\tau_0$  – час знаходження пожежного в районі гасіння пожежі;  
 $\tau_n$  – час прямування пожежного до району гасіння пожежі.

Рівняння турбулентної дифузії РПЗ, які надходять в атмосферу з осередку пожежі з координатами  $(x, y, z)$ , що знаходяться в необмеженому просторі, у наближенні сталості швидкості вітру і коефіцієнтів турбулентної дифузії можна записати наступним чином [7]:

$$\frac{dC}{dt} = \left[ k_x \frac{d^2C}{dx^2} + k_y \frac{d^2C}{dy^2} + k_z \frac{d^2C}{dz^2} \right] - \sum_{i=1}^3 V_i \frac{dC_i}{dx_i}; \quad (8)$$

$$-\infty < x, y, z < \infty, \quad t > 0, \quad C(0, 0, h_{eff}, 0) = Q/\Delta W,$$

де  $C(x, y, z, t)$  – концентрація РПЗ у повітрі в залежності від просторових координат і часу;

$k_x, k_y, k_z$  – коефіцієнти турбулентної дифузії РПЗ в приземному шарі атмосфери;

$V_x, V_y$  – проекції швидкості вітру на осі  $x$  і  $y$  відповідно;

$V_i$  – сума швидкостей гравітаційного осідання РПЗ та руху хмари диму у вертикальному напрямку (ось  $z$  направлена перпендикулярно до поверхні землі);

$Q$  – сумарна активність  $\gamma$ -,  $\alpha$ - і  $\beta$ -радіонуклідів, яка була викинута в атмосферу у процесі пожежі;

$\Delta W$  – об'єм ПРЗ, викинута при пожежі в навколишнє середовище;

$h_{eff}$  – ефективна висота підйому димової хмари відносно поверхні землі:

$$h_{eff}(t) = \frac{K_h q(t)^{0,25}}{V_0}, \quad (9)$$

де  $t$  – час викиду РПЗ в атмосферу;

$K_h$  – коефіцієнт, який дорівнює 530;

$q(t)$  – потужність теплового потоку над місцем пожежі;

$V_0$  – швидкість вітру в районі пожежі.

Спростимо вираз (8), зробивши заміну змінних:

$$C(x, y, z, t) = d(x, y, z, t) \exp \left[ \frac{V_i(2x - V_i)}{4k_x} \right]; \quad (10)$$

$$\frac{dq}{dt} = k_x \frac{d^2q}{dx^2} + k_y \frac{d^2q}{dy^2} + k_z \frac{d^2q}{dz^2}; \quad (11)$$

$$-\infty < x, y, z < \infty, \quad t > 0, \quad C(0, 0, h_{eff}, 0) = Q/\Delta W.$$

Шукане рішення рівняння (8):

$$C(x, y, z, t) = Q(t)G(x, y, z, t), \quad (12)$$

де

$$G(x, y, z, t) = \prod_{i=1}^3 A_i \exp \left[ -\frac{(x-V_i)^2}{4k_x t} - \frac{y^2}{4k_y t} - \frac{(z-h)^2}{4k_z t} \right] \quad (13)$$

є функція Гріна:

$$A_i = \frac{1}{2\sqrt{\pi k_i t}}. \quad (14)$$

Оперативний контроль внутрішнього опромінення здійснюють шляхом індивідуального розрахунку інгалаційного надходження радіоактивних речовин до організму пожежного з наступним зіставленням цього показника з величинами ліміту річного надходження. Розрахунок величини дози проводять на основі розрахункової величини надходження  $I$ , яку визначають залежно від виду контролю таким чином:

а) при контролі концентрації  $C$  радіонуклідів у повітрі:

$$I = E_C C G t, \quad (15)$$

де  $E_C$  – коефіцієнт перерахунку;

$G$  – величина об'єму дихання;

$t$  – час роботи в контрольованих умовах;

б) при контролі вмісту  $A$  радіонуклідів у легенях або інших інтегральних величин, таких як відкладення у носовій порожнині та ін.:

$$I = E_A C, \quad (16)$$

де  $E_1$  – коефіцієнт перерахунку.

Остаточну дозу розраховують з використанням дозового коефіцієнта  $e_{inh}$ , що відображує радіаційно-гігієнічні умови в процесі гасіння пожежі:

$$E_{inh} = e_{inh} I. \quad (17)$$

З огляду на необхідність урахувувати ймовірнісний характер реального надходження та з метою забезпечити гарантоване неперевищення контрольних рівнів для оцінки необхідно вводити коефіцієнт запасу  $\delta$ . На підставі



зазначеного застосовують величину так званої попередньої дозової оцінки  $E_{inhal}^{prev}$ , яку обчислюють за допомогою величини інгаляційного надходження  $I$  з урахуванням коефіцієнта запасу  $\delta$  та дозового коефіцієнта  $e_{inh}$  для даного радіонукліда:

$$E_{inhal}^{prev} = \delta e_{inh} I. \quad (18)$$

Розраховуючи  $E_{inhal}^n$ , весь період роботи з ліквідації пожежі розбивають на епізоди (це може бути один-єдиний епізод), які не перетинаються між собою у часі. Дані про концентрацію РПЗ і (або) величину відкладення у відділах респіраторного тракту за кожним епізодом забезпечують фактичними результатами ( $C, t, A$ ) і характеристиками ( $\epsilon, \delta$ ) відповідного інструментального методу контролю. Контроль індивідуального внутрішнього опромінення від інгаляційного надходження впродовж року проводять за сумарною (накопиченою)  $E_{inhal}^n$ . Метод, який має більшу вірогідність остаточного результату вимірювання, характеризується меншим значенням  $\delta$ .

У табл. 2 і 3 наведено значення конверсійних коефіцієнтів і коефіцієнтів запасу, застосовуваних при оперативному контролі  $E_{inhal}^n$ . На підставі даних вивчення радіаційних факторів на місці гасіння пожежі в Чорнобильській зоні, перелік цих коефіцієнтів може розширюватись, а їх значення уточнюватись. Значення коефіцієнта запасу  $\delta_{ZW}, \delta_{WB}, \delta_{ID}$  встановлено на підставі даних роботи [8].

Таблиця 2. Конверсійні коефіцієнти та коефіцієнти запасу, застосовувані при оперативному контролі  $E_{inhal}^{prev}$

Перехід при розрахунку концентрації та активності	Індекс	Коефіцієнт	
		конверсійний, $E$	запасу, $\delta$
Від концентрації в зоні пожежі ( $Z$ ) до концентрації у місці гасіння пожежі ( $W$ )	$ZW$	1	5
Від концентрації на місці пожежі ( $W$ ) до концентрації в зоні дихання ( $B$ )	$WB$	1	3
Від концентрації в зоні дихання ( $B$ ) до концентрації інгаляційної фракції ( $I$ )	$BI$	0,005 1	10 1
Від концентрації інгаляційної фракції ( $I$ ) до відкладення в легенях ( $D$ )	$ID$	3,5	2

Схема формування інгаляційного надходження та відповідна їй система оперативного контролю доз внутрішнього опромінення пожежного зображені на рисунку.

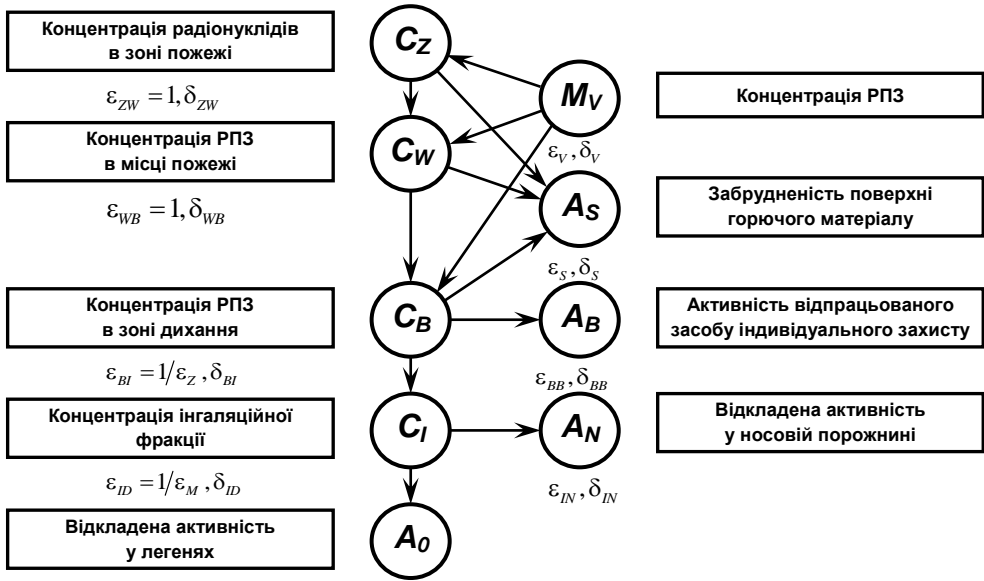


Рис. – Схема формування і контролю інгаляційного надходження, яку використовують для розрахунку  $E_{inhal}^n$

Специфіка контролю радіоактивного забруднення повітря полягає в тому, що використані у формулах коефіцієнти перерахунку  $\varepsilon_C$  і  $\varepsilon_A$  включають проміжні коефіцієнти, пов'язані із статистичною природою явищ переходу від вимірювання фізичної величини  $C$  до розрахункової величини дози. Конкретні значення таких коефіцієнтів – це параметри відповідних функцій розподілу ймовірностей, які часто описують логарифмічно нормальним законом. При розрахунку величини  $E_{inh}$  за даними вимірювання  $C$  результуюче стандартне геометричне відхилення ( $\sigma$ ) рідко буває меншим 5–6, а часто досягає 10 і більше [9]. З даних типових значень, наведених у [9], випливає, що жодний спосіб вимірювання вмісту радіоактивної речовини в повітрі виробничого приміщення не може забезпечити прийнятної (в метрологічному розумінні) точності оцінки індивідуального внутрішнього опромінення.

Викладене вище свідчить, що формула розрахунку ефективної дози  $E_{inh}$  має включати не медіанні та середні значення надходження  $I$ , а відповідні достатньо високому (з погляду забезпечення радіаційної безпеки) довірчому інтервалу ймовірності. Це рівнозначно введенню коефіцієнта запасу, який визначають за допомогою довірчого інтервалу ймовірності, розрахованого для відомої функції розподілу. Складові елементарні коефіцієнти запасу для конкретних умов пожежі уточнюють за результатами спеціальних досліджень. Значення довірчого інтервалу ймовірності належить вибирати за спеціальною методикою.

За конверсійний коефіцієнт  $\varepsilon_{ID}$  прийнято обернену величину коефіцієнта відкладення в легенях  $L$ . Його значення розраховано на основі табульованих даних відкладення в різних відділах респіраторного тракту й усередненого розподілу активності РПЗ за аеродинамічним діаметром [10].

Величини коефіцієнта запасу  $\delta_R$  (табл. 3) були отримані на основі аналізу невизначеності внеску в дозу певного радіонукліда залежно від варіацій, спостережуваних у співвідношеннях радіонуклідів у РПЗ.

Таблиця 3. Коефіцієнти запасу, застосовувані при контролі різних радіонуклідів або груп радіонуклідів при оперативному контролі  $E_{inh}$

Тип випромінювання	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{238}\text{Pu}$	$^{239,240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$
$\delta_R$	2,8	1,6	1,5	1,0	0,6

Радіаційний ризик для пожежних, які задіяні в гасінні пожеж в Чорнобильській зоні, від внутрішнього та зовнішнього опромінення можливо визначити за формулою [10, 11]:

$$R = R_{int} + R_{inhal} = \int_0^t \alpha_{int} H_{int}(E, t)_i dt + \int_0^t \alpha_{inhal} H_{inhal}(E, t)_i dt, \quad (19)$$

де  $R_{int}$  – радіаційний ризик від зовнішнього опромінення;

$R_{inhal}$  – радіаційний ризик від внутрішнього опромінення;

$\alpha_{int}, \alpha_{inhal}$  – коефіцієнти ризику;

$H_{int}(E, t)_i$  – еквівалентна доза зовнішнього опромінення пожежного  $i$ -м радіонуклідом за час гасіння пожеж  $t$ ;

$H_{inhal}(E, t)_i$  – еквівалентна доза внутрішнього опромінення пожежного  $i$ -м радіонуклідом за час гасіння пожеж  $t$ .

У табл. 4 наведений розрахований радіаційний ризик за даними табл. 2 для пожежного від зовнішнього опромінення та за даними табл. 3 радіаційний ризик від внутрішнього опромінення за рахунок інгаляційного надходження РПЗ до організму пожежного.

Таблиця 4. Розрахунковий радіаційний ризик при зовнішньому  $R_{int}$  [10] та внутрішньому  $R_{inhal}$  [11] опроміненні РПЗ пожежного різними радіонуклідами

Радіонуклід	Клас всмоктування	Радіаційний ризик	
		$R_{int}$	$R_{inhal}$
$^{137}\text{Cs}$	M	$6,1 \cdot 10^{-4}$	$6,1 \cdot 10^{-4}$
$^{90}\text{Sr}$	F	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$
$^{238}\text{Pu}$	M	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$8,7 \cdot 10^{-4}$
$^{239,240}\text{Pu}$	M	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$
$^{241}\text{Am}$	F	$5,3 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$

**Висновки.** З наведених у табл. 4 даних бачимо, що межа радіаційного ризику для пожежного, який задіяний у гасінні пожежі у Чорнобильській зоні, може перевищувати межу граничного індивідуального радіаційного ризику –  $10^{-3}$  [10], тому необхідно застосувати спеціальні міри і заходи захисту.

З іншого боку, запропонований підхід значно розширює джерела вихідної інформації, придатної для отримання індивідуальних дозових оцінок, особливо при оперативному контролі радіаційного ризику.

Отже, можна розробити необхідні методики, використовуючи результати:

- а) контролю об'ємної концентрації РПЗ або ж величин, прямо пов'язаних з нею;
- б) інтегральної концентрації РПЗ;
- в) активності, що відклалася в легенях та носовій порожнині пожежного.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Азаров С.И., Однолько А.А. Оценка пожарной опасности территорий, загрязнённых радионуклидами / Лесное хозяйство. – 1996. – № 3. – С. 15–16.
2. Азаров С.И. Методика анализа радиационного риска при тушении пожара на территориях, загрязнённых радионуклидами / Пожаровзрывобезопасность. – 2001. – Т. 10, № 1. – 2001. – С. 40–43.
3. Азаров С.И. Разработка аналитических методов расчёта частоты пожаров в пост-чернобыльской зоне / Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков. – XV научно-практическая конференция. – М.: ВНИИПО МВД РФ, 1999. – С. 25–26.
4. Оценка ведущих и дозообразующих факторов внешнего и внутреннего облучения с обеспечением индивидуального группового биофизического контроля: Отчет НИР (заключ.). Ответств. исполнит. А.Г. Цовьянова / Ин-т биофизики МЗ РФ. – Москва – Славутич, 1993–1994. – 60 с.
5. Дозиметрический и радиационный контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений: Метод. рук-во. – Т. 1. Организация и методы контроля. – М.: Атомиздат, 1980. – 272 с.
6. Общие принципы радиационной защиты персонала. (Публикация 75 МКРЗ) / Под ред. А.В. Кружалова. – Екатеринбург: Уралросцентр, 1999. – 56 с.
7. Азаров С.И. Методика расчёта переноса радионуклидов в результате пожаров в Чернобыльской зоне / Радиационная биология. Радиоэкология. – 1988. – Т. 38, Вып. 1. – С. 102–109.
8. ICRP Publication 66. Human respiratory tract model for radiological protection. – Vienna: Pergamon. 1993. – 65 p.
9. ICRP Publication 68. Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers. Part 2. Ingestion Dose Coefficient. – Vienna: Pergamot Press. 1994. – Vol. 24. – № 4. – 83 p.
10. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) / Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1. – 6.5.001-98. – К., 1998. – 135 с.
11. Health risks from low – level environment exposure to radionuclides. Radionuclide specific lifetime radiogenic cancer risk coefficients for the US population, based on age – dependent intake, dosimetry and risk models: Federal Guidance Report № 13, Part 1. Document ERA 402-R-97-014/ORNI, Car-Ridge US ERA. – Washington DC, 1998. – 421 p.

*Стаття надійшла до редакції 12.03.2015*

УДК 628.47

**В.А. ІЩЕНКО**

## **СПОСОБИ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У МІСТАХ УКРАЇНИ**

***Анотація.** У статті проаналізовані існуючі напрямки поводження з твердими побутовими відходами. З них сформовано 3 головних способи, які можуть бути використані як моделі поводження з твердими побутовими відходами у містах України, – роздільне збирання, використання сортувальних комплексів і термічна обробка. Розглянуто переваги і недоліки цих способів у контексті можливості впровадження в Україні, а також з точки зору екологічності, фінансової доцільності та можливості ресурсозбереження. У підсумку, пріоритетним, на думку автора, повинно стати запровадження системи роздільного збирання твердих побутових відходів із подальшою утилізацією відібраної вторинної сировини.*

***Ключові слова:** тверді побутові відходи, роздільне збирання, сортування, термічна обробка відходів, сміттєзвалище.*

### **Вступ**

Найпоширенішим на даний момент способом поводження із твердими побутовими відходами (ТПВ) є їх захоронення на спеціально відведених полігонах і сміттєзвалищах, принаймні для країн з перехідною економікою (до яких належить Україна) і країн, що розвиваються. Однак, на сучасному етапі така форма поводження з відходами є неприйнятною у всіх відношеннях – як з екологічної точки зору (в першу чергу), так і з точки зору ресурсного потенціалу. Адже відомо, що полігони розраховані на певний термін експлуатації або певний граничний об'єм накопичення відходів, які, як правило, невеликі. У цьому відношенні в більшості українських міст вже практично вичерпані ресурси для подальшого захоронення відходів, а стан полігонів ТПВ не відповідає екологічним вимогам.

Негативний екологічний вплив сміттєзвалищ полягає у тому, що при належних умовах захоронення (що характерно для багатьох міст) токсичні речовини з високою ймовірністю потрапляють у ґрунт, забруднюючи його і включаючись у природні колообіги, просочуються у підземні та ґрунтові води, створюючи значну небезпеку для споживачів питної води. Крім того, незалежно від умов захоронення відходів на полігонах, часто відбувається самозагорання відходів, серед яких є багато органічних та легкозаймистих речовин. Це викликає забруднення повітря шкідливими продуктами горіння – чадним газом, оксидами азоту, діоксинами, фуранами і т. д. Останнім часом також піднімається питання надходження у повітря парникових газів внаслідок розкладання ТПВ на сміттєзвалищах, що здійснює вплив на глобальні процеси зміни клімату.

Крім негативного екологічного впливу, відходи також можуть приносити і користь. Це пояснюється тим, що вони можуть бути як джерелом енергії, так і джерелом цінних ресурсів, які можна повторно використати. Таким чином, накопичення відходів без подальшого їх використання є навіть економічно не вигідним.

Все вищенаведене свідчить про те, що захоронення ТПВ на полігонах і сміттєзвалищах повинно залишитись у минулому, так як це є у розвинутих країнах. Тому і шлях українських міст повинен пролягати у світовому напрямку поступової відмови від складування відходів і переходу на максимальну їх утилізацію.

### **Існуючі напрямки поводження з твердими побутовими відходами**

Найбільш екологічно прийнятними на сьогоднішній день у світі можна виділити наступні сценарії поводження з ТПВ:

1. Змішані відходи відправляються на сортувальну дільницю, де корисні матеріали відокремлюються, а всі інші – спалюються.

2. Змішані відходи відправляються на установку для отримання RDF палива із відходів (refuse derived fuel – паливо, отримане із відходів). При цьому відокремлюються горючі відходи, всі інші (крім металів) захоронюються на полігоні ТПВ.

3. Окреме збирання відходів, які можуть бути перероблені (із подальшим відправленням їх на сортувальну дільницю), та всіх інших відходів, які відправляються на полігон.

4. Окреме збирання відходів, які можуть бути перероблені (із подальшим відправленням їх на сортувальну дільницю), та всіх інших відходів, які відправляються на сміттєспалювальний завод.

5. Окреме збирання відходів, які можуть бути перероблені (із подальшим відправленням їх на сортувальну дільницю), та всіх інших відходів, з яких отримують RDF паливо та/або компост (біогаз).

6. Окреме збирання відходів, які можуть бути перероблені (із подальшим відправленням їх на сортувальну дільницю), «садових» відходів (для отримання компосту) та інших відходів, які вивозяться на полігон.

7. Окреме збирання відходів, які можуть бути перероблені (із подальшим відправленням їх на сортувальну дільницю), «садових» відходів (для отримання компосту) та інших відходів, які відправляються на сміттєспалювальний завод.

8. Роздільний збір різних фракцій ТПВ з метою їх подальшої утилізації.

Відповідно до українських реалій та можливостей із запропонованих сценаріїв можна узагальнити три ключових напрямки розв'язання проблеми твердих побутових відходів.

*Перший.* Розроблення та впровадження економічних важелів, спрямованих на витіснення багатовідхідних технологій; оподаткування ресурсоємної продукції та процесів; впровадження механізмів стимулювання інноваційної діяльності з розвитку маловідходних, безвідходних, ресурсозберігаючих, екологічно безпечних технологій. За цим шляхом передбачаються як заходи, що зменшують загальні обсяги утворення відходів, так і заходи, що зменшують вміст небезпечних речовин у відходах.

*Другий.* Створення потужностей зі знешкодження і знищення найбільш небезпечних категорій відходів, посилення контролю та обмеження використання у виробничих процесах небезпечних речовин, що можуть потрапляти у відходи, налагодження моніторингу за потоками відходів на базі відповідного інформаційного забезпечення, встановлення вимог і правил щодо

розміщення (зберігання) відходів за категоріями небезпечності та розроблення методології оцінки ризику для навколишнього середовища та здоров'я людей, розроблення методики та порядку реабілітації забруднених територій.

*Третій.* Створення систем заготівлі та утилізації окремих категорій найбільш ресурсноцінних відходів, зокрема пакувальних матеріалів і тари, паперу, зношених шин і гумових відходів, транспортних засобів, електричного та електронного обладнання, батарей і акумуляторів та ін.

Перший шлях є довготривалим, але він спрямований на вирішення проблеми ТПВ через усунення її причин. Інші два шляхи є потенційно привабливішими у часовому аспекті, однак спрямовані на ліквідацію наслідків невирішеності проблеми твердих побутових відходів. Таким чином, в ідеальному варіанті доцільним є ефективне поєднання вищевказаних шляхів.

Крім того, варто взяти до уваги досить складне економічне становище нашої країни та відносно низький рівень та значну складність впровадження новітніх мало- та безвідходних технологій. Тому на даному етапі найбільш реальним є використання другого і третього шляхів розв'язання проблеми ТПВ (швидше за все, третій шлях має бути основним, зважаючи на пріоритетність можливості отримати прибутки для країни із слабкою економічною системою). Вони можуть бути реалізовані відповідно у вигляді використання сміттєспалювальних заводів, а також у вигляді запровадження ефективної системи роздільного збирання відходів і використання сміттєсортувальних комплексів. Розглянемо детально кожен із запропонованих сценаріїв.

## **Організація системи роздільного збирання твердих побутових відходів**

Загальновідомо, що для подальшого ефективного використання відходів необхідне їх сортування. Практика показує, що при роздільному збиранні відходів із загальної їх кількості можна вилучити до 70–80% корисних ресурсів, а за відсутності сортування – не більше 15%. І, звичайно, найбільш ефективно роздільне збирання відходів можливе за місцем їх утворення, тобто для побутових відходів – це сортування самим населенням [1]. При цьому у виробничий цикл повертається певна частина сировини. Таким чином, при здійсненні сортування будуть економитись невідновлювальні ресурси, зменшується забруднення навколишнього середовища внаслідок зменшення кількості відходів, які надходять на сміттєзвалища, зменшується також кількість викидів парникових газів.

Однак, для реалізації роздільного збирання ТПВ сьогодні існує дві головні перешкоди.

Перша перешкода – відсутність належних законодавчих, соціальних та економічних умов для роботи цієї системи, в тому числі стимулюючих заходів, штрафів тощо. Тобто, навіть якщо у людини є бажання сортувати відходи, то робити це їй або незручно, або невигідно, а інколи немає впевненості у тому, що ця робота не буде марною. З моральної точки зору потрібна впевненість у тому, що в подальшому відсортовані відходи дійсно потраплять на переробку чи повторне використання. Дуже часто невдачі у цій сфері обґрунтовують низькою екологічною свідомістю населення і небажанням людей сортувати відходи. Але, в той же час, робота з підвищення екологічної свідомості населення у сфері поводження із відходами практично не ведеться. Більшість організованих систем роздільного збирання відходів – проекти

приватних інвесторів. Як свідчить досвід розвинутих країн, сортування відходів та їх подальше повторне використання – єдиний раціональний шлях подолання існуючих проблем, пов'язаних із накопиченням відходів.

Друга перешкода – поки що, на жаль, більшість людей не готові сортувати сміття. Адже в такому випадку потрібно у власному будинку чи квартирі мати кілька ємностей для різних категорій відходів, людям простіше все викидати в одну ємність. Тому доки у населення немає зацікавленості у зміні способу поводження з ТПВ, доти не буде позитивних змін.

Варто зазначити, що деякі основи роздільного збирання ТПВ у окремих містах закладені (окремі контейнери для тари – скляних, пластикових, жерстяних пляшок), наявність пунктів прийому вторинної сировини. Однак, поки що цього не достатньо для налагодження ефективної системи. Крім того, дуже слабким є інформаційне забезпечення роздільного збирання.

Існує декілька варіантів системи роздільного збирання твердих побутових відходів, які можна застосувати в українських містах.

1) *Детальне сортування твердих побутових відходів на окремі компоненти у домогосподарствах.* За цим варіантом передбачається наявність, як правило, 3 контейнерів різного кольору для окремих відходів (пластику, скла, паперу) та один контейнер для всіх інших відходів. Хоча система може бути розширена ще кількома окремими контейнерами, наприклад, для органічних відходів, окремо для ПЕТ-пляшок тощо. Це залежить від попиту на вказані компоненти та кількість їх утворення. Кожен компонент твердих побутових відходів може бути зібраний індивідуально окремим транспортом з одним відділенням, або, що є більш поширеним у світі, всі компоненти збираються одночасно спеціальним транспортним засобом із кількома відділеннями. Розділені компоненти потім транспортуються до місця їх ущільнення для подальшої обробки і постачання на ринок вторинної сировини [2]. Даний варіант має найвищу ефективність – до 80% вторинної сировини у ТПВ може бути повернута у виробництво. Даний варіант вимагає високої долі участі населення, значних коштів на збирання твердих побутових відходів, але невеликих коштів на їх подальшу обробку.

2) *Збирання двох фракцій.* Термін «збирання двох фракцій» застосовується до системи, в якій населення здійснює сортування відходів на дві фракції – вологу (органічну) фракцію для компостування та змішану суху фракцію (інші відходи), основну частину якої становлять відходи, які в подальшому можуть бути перероблені (папір, скло, пластик, метал тощо). Метод передбачає можливість використання двох окремих контейнерів або двох пластикових кульків (в залежності від типу місцевості) різних кольорів. Періодичність вивезення повинна бути більшою для вологої органічної фракції, щоб уникнути неприємного запаху від розкладання органічних відходів, а суха змішана фракція може забиратися рідше, по мірі наповнення контейнеру. Ця система потребує створення об'єктів для подальшого сортування змішаних відходів, придатних до подальшої переробки, – сортувальних комплексів. Для того щоб отримати високий ступінь участі населення, необхідне проведення ретельної просвітницької роботи та стимулювання. Розглянутий варіант вимагає меншу кількість коштів для збирання відходів, ніж перший варіант (менше контейнерів – менше витрат), а також є зручнішим для населення (оскільки всі відходи розділяються не на 4–5 потоків, а лише на 2). Однак ефективність цієї системи нижча і знаходиться на рівні 45–70% [3]. Крім того, зменшується



економічний ефект від використання відсортованої вторинної сировини, і більші кошти витрачаються на сортування і обробку відходів.

3) *Система пунктів збирання і прийому вторинної сировини.* Для невеликих населених пунктів, які не мають ресурсів для забезпечення систем збирання перероблюваних матеріалів згідно з вищезазначеними варіантами, оптимальним способом запровадження сортування може бути просвітницька робота з населенням та його заохочення до вивезення матеріалів у приймальні пункти. Цей метод також можливо застосовувати у більших містах у поєднанні з іншими методами збирання. Система пунктів збирання потребує від мешканців здійснювати сортування перероблюваних матеріалів у місці утворення та доставляти їх у визначений приймальний пункт. Цей приймальний пункт містить контейнери для одного або декількох видів перероблюваних матеріалів. Такі приймальні пункти можуть бути створені в тих же місцях, куди мешканці приносять звичайні відходи, якщо не пропонується жоден інший метод збирання. Приймальний пункт може також знаходитися в центральних місцях, як наприклад, поблизу торговельних центрів та на автостоянках (автозаправках). Одним із способів реалізації даної системи є автоматичні пункти прийому ПЕТ-пляшок (як правило, біля великих магазинів), в яких замість вкинутої пляшки видається певна сума коштів. Ефективність даної системи – приблизно 30–45%.

### **Сортувальні комплекси**

Використання сортувальних комплексів дозволяє населенню не сортувати ТПВ або сортувати їх лише на 2 фракції, коли одна із них – відходи, які в подальшому можуть бути перероблені, – відправляється на сортувальний комплекс для відокремлення різних видів вторинної сировини. Мета таких комплексів полягає у створенні допоміжного об'єкта для оптимізації збирання певних видів відходів та утилізації вторинних матеріалів.

В основному, у сортувальні комплекси можна направляти всі види відходів. Однак, рекомендується збирати вологі харчові відходи, що біологічно розкладаються, окремо і, таким чином, не допускати забруднення ними цінної вторинної сировини.

Існує два принципи сортування: «негативне сортування» і «позитивне сортування». Негативне сортування полягає у видаленні з потоку відходів сторонніх матеріалів. А позитивне сортування полягає у видаленні з потоку відходів вторинної сировини. Організація сортувального комплексу повинна відповідати системі збору побутових відходів, яка використовується в даній місцевості. Її проектне рішення, реалізація та експлуатація будуть різними в залежності від принципу сортування: позитивне сортування для відходів, які до цього не сортувались, або негативне сортування для відходів після роздільного збору.

Більшість українських проектів передбачають позитивне сортування раніше невідсортованих відходів. У країнах Європейського Союзу вже давно відмовилися від позитивного сортування. Українські установки найчастіше копіюють західноєвропейські схеми, які застосовуються при негативному сортуванні.

Сортування раніше невідсортованих відходів більше не застосовується з двох причин: економічна нерентабельність і великі технічні складності.

Економічна нерентабельність:

– необхідно відсортувати весь обсяг твердих побутових відходів для того, щоб вилучити лише 10% матеріалів, які підлягають утилізації. У зв'язку з цим технічні характеристики обладнання повинні прийматися в розрахунок на масу, яка в 10 разів перевищує масу утилізованої сировини, що вимагає великої кількості робітників;

– вартість вторинної сировини не така висока, щоб виплачувати амортизаційні відрахування по обладнанню і покривати експлуатаційні витрати;

– на конвеєрі необхідно обробити 90% маси відходів, яка не представляє жодного інтересу і буде вивезена на звалище або сміттєспалювальний завод.

Технічні складності:

– утилізовані матеріали, забруднені органічними відходами, повинні бути видалені;

– той факт, що утилізовані фракції буквально губляться в потоці змішаних відходів, перешкоджає використанню деяких автоматичних систем, таких як магнітні сепаратори, електричні сепаратори Фуко, балістичні сепаратори;

– робота зі змішаними відходами пов'язана із серйозними проблемами гігієни праці.

Враховуючи досвід розвинутих європейських країн, очікувана ефективність збирання ТПВ з використанням сортувального комплексу для матеріалів, які можна переробити, складає приблизно 10–15% (а для деяких фракцій відходів – 75–80%) [3], що значно нижче ефективності роздільного збирання твердих побутових відходів. Досвід ручного сортування змішаних твердих побутових відходів від житлового сектору, які пройшли через сміттєпровід, контейнер та сміттєвоз, є негативним. Такі відходи не піддаються ручному сортуванню. При цьому робота сортувальників є непривабливою і непродуктивною, а відібрана вторинна сировина, особливо макулатура, є забрудненою і непридатною.

Даний підхід, коли всі відходи збираються разом, не потребує жодних додаткових зусиль від того, хто продукує ці відходи (зручно на організаційному рівні). Відповідно, жодних додаткових коштів для збирання ТПВ не потрібно. Однак, при цьому будуть витрачатись великі кошти на обробку змішаних відходів, в тому числі й на їх сортування на сортувальних комплексах. Крім того, існує значна ймовірність забруднення потенційної вторинної сировини, що призведе до погіршення її якості і зменшення вартості та збільшення витрат на очищення.

## **Термічна переробка твердих побутових відходів**

Одним із перших і, водночас, найпростіших способів утилізації ТПВ було і залишається їх спалювання. В результаті цього процесу відбувається і позбавлення від відходів, і можливе отримання енергії з них, і частково зникає потреба у їх захороненні, а тому і у проблематичному пошуку земельної ділянки. Саме тому сміттєспалювальні заводи (ССЗ) спочатку і набули поширення у світі як альтернатива полігонам. Однак, поступово стало очевидним, що експлуатація ССЗ – теж не найкращий спосіб поводження із відходами,

оскільки спалювання різнорідних відходів викликає іншу екологічну проблему – забруднення повітря.

Варто відзначити, що за кордоном перед спалюванням твердих побутових відходів вони підлягають обов'язковому сортуванню та, як правило, механіко-біологічній обробці, що мінімізує потрапляння небажаних речовин у піч для спалювання та підвищує екологічну безпеку закордонних сміттєспалювальних комплексів [2]. На жаль, в Україні сортування ТПВ практично не відбувається, тому всі відходи спалюються разом без будь-якої обробки (що є екологічно неприйнятним). На сьогодні для спалювання нерозділених відходів відсутні технології і технічні рішення, які повністю виключають надходження багатьох небезпечних речовин у довкілля [5].

Для інтенсифікації процесу спалювання вологість ТПВ має бути не більше 40–45%. Якщо вологість перевищує цей показник, перед спалюванням рекомендується підсушувати відходи [6]. Враховуючи, що у морфологічному складі українських побутових відходів на долю харчових відходів, які в основному і забезпечують високу вологість, припадає найбільша частина, то постає необхідність у додатковому обладнанні для сушіння відходів.

Важко здійснювати контроль за потраплянням на ССЗ заборонених токсичних відходів або таких матеріалів, як полівінілхлорид, які можуть при спалюванні давати велику кількість небезпечних речовин. Атоми важких металів в залежності від їх властивостей концентруються в золі або разом з неспаленою органікою і частинками пилу потрапляють в повітря. У повітря також надходять оксиди сірки, вуглецю і азоту, леткі органічні сполуки, в тому числі діоксини, поліароматичні та інші хлорвімісні вуглеводні.

Крім того, заводи не знищують відходів остаточно. Високотоксичні шлаки та зола, що утворюються в результаті спалювання, а це становить до 30% початкової маси відходів, все одно мають бути поховані на полігонах. В процесі знешкодження ТПВ на ССЗ також утворюються газові викиди, вода від промивання газів (при мокрій очистці), фільтрат (насичений багатьма небезпечними речовинами, які містяться в ТПВ).

Для очистки повітря використовується система багатоступеневих фільтрів. Від деяких газоподібних домішок повітря можна очистити досить легко. Наприклад, кислотні гази можна зібрати, використовуючи тканинні фільтри. А інші забруднювачі потребують складніших очисних пристроїв, таких як фільтри активованого вугілля і електрофільтри високої ефективності. Для зменшення вмісту діоксинів можна спалювати відходи при високих температурах (більше 1200 °С), однак при цьому збільшується вміст інших шкідливих речовин, наприклад оксидів азоту [7].

Негативний вплив на ґрунти здійснюють шлак, зола, неспалені матеріали, які необхідно відповідним чином захоронити. Шлак і зола формують близько 15–20% від початкового об'єму відходів, а леткі сполуки і пил – 3–5%. Шлак складається з гравію, каміння, скляних і металевих включень. Дуже часто зола, яка залишається після спалювання відходів, вважається небезпечною, а тому її захоронюють на полігонах небезпечних відходів.

Разом з тим, більша частина матеріалів, придатних для вторинного використання і переробки, буде втрачена, як і енергія з цих матеріалів.

Свого часу Німеччина зіштовхнулася з переповненням сміттєзвалищ і прийняла план будівництва 120 ССЗ. Під впливом протестів уряд до кінця 1990-х років зумів побудувати тільки 20 заводів, причому багато

федеральних земель відмовилися від спалювання відходів і перейшли до їх інтенсивного роздільного збору та переробки. Прийняття більш суворих стандартів ЄС на спалювання відходів призвело до повсюдного закриття ССЗ і до багатовартісного вдосконалення існуючих комплексів [8].

В країнах, де достатня увага приділяється екологічним проблемам, до половини капітальних витрат при будівництві сміттєспалювальних заводів йде на установку повітроочисних систем. До 1/3 експлуатаційних витрат сміттєспалювальних заводів йде на плату за захоронення золи, що утворюється при спалюванні відходів.

Отже, для забезпечення екологічної безпеки під час роботи сміттєспалювального заводу необхідні дуже великі фінансові витрати і система попередньої підготовки відходів, що для українських міст є мало реальним на сучасному етапі. Тому логічним є використання інших способів поводження з ТПВ.

Значно перспективнішими з екологічної точки зору є піролізні установки, дія яких полягає у термічній деструкції органічної частини твердих побутових відходів без доступу кисню і розплавленні неорганічних компонентів. Вони досліджуються і впроваджуються як альтернатива методу спалювання у розвинутих країнах. У технології піролізу є дві основні переваги в порівнянні зі сміттєспалюванням [6]:

- значне зменшення забруднення повітряного й водного середовищ;
- практично повна утилізація потенційних матеріальних і енергетичних ресурсів, які містяться в побутових відходах.

Однак вартість піролізних установок дуже висока, що перешкоджає їх широкому впровадженню.

### **Порівняння екологічного впливу різних способів поводження з твердими побутовими відходами**

Екологічні впливи різних способів поводження з ТПВ наведені у табл. 1.

Із запропонованої таблиці видно, що найбільш екологічно прийнятним способом поводження з ТПВ є їх роздільне збирання із подальшою утилізацією відібраної вторинної сировини. А використання сміттєспалювальних комплексів є найменш екологічним шляхом поводження з ТПВ.

Таблиця 1. Вплив способів поводження з твердими побутовими відходами на довкілля

Середовище	Спосіб поводження з відходами		
	Роздільне збирання	Використання сортувальних комплексів	Термічна обробка
Повітря	Мінімальний можливий вплив залишкових невідсортованих відходів	Викиди пилу	Викиди CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HCl, HF, NO <sub>x</sub> , важких металів, ароматичних вуглеводнів, діоксинів (під час піролізу викиди останніх двох відсутні)

Продовження таблиці 1

Середовище	Спосіб поводження з відходами		
	Роздільне збирання	Використання сортувальних комплексів	Термічна обробка
Вода	Незначне забруднення матеріалами і речовинами, які залишаються невідсортованими і відправляються на сміттєзвалище	Незначне забруднення матеріалами і речовинами, які залишаються невідсортованими і відправляються на сміттєзвалище. Стічні води, забруднені небезпечними речовинами, шкідливими мікроорганізмами (фільтрат)	Потенційне осідання частинок забруднювальних речовин у поверхневі водойми; альдегіди та хлориди у воді від промивання газів
Ґрунт	Незначне забруднення матеріалами і речовинами, які залишаються невідсортованими і відправляються на сміттєзвалище	Незначне забруднення матеріалами і речовинами, які залишаються невідсортованими і відправляються на сміттєзвалище	Захоронення залишків попелу і шлаку, які містять важкі метали та інші небезпечні сполуки

## Висновки

Кожен із запропонованих способів поводження з ТПВ має різне співвідношення необхідної розумової та фізичної роботи і, таким чином, передбачає різний ступінь участі утворювача відходів. Крім того, кожен спосіб має різні капітальні та експлуатаційні витрати, що вимагають різного рівня фінансових зобов'язань і населення, і місцевої влади. Нарешті, кожен варіант передбачає отримання матеріалів різного складу і якості, що впливає на ринок вторинної сировини. Вибір моделі поводження з ТПВ залежить також від наявності і повноти законодавства у цій сфері, а також від належності контролю за його виконанням. На вибір способу також значною мірою можуть впливати методи стимулювання населення підлаштовуватись під обрану модель поводження з відходами.

Одним з головних завдань при створенні цілісної системи поводження з відходами є зниження ризику для здоров'я людей та забруднення довкілля. Тому при виборі способу видалення, перероблення, утилізації та знешкодження відходів обов'язково мають бути визначені можливі негативні наслідки для здоров'я населення та впливу на стан довкілля. Пріоритетними методами є такі, що ліквідують негативні наслідки чи хоча б дозволяють їх мінімізувати.

Таким чином, проаналізувавши екологічні показники різних способів поводження з ТПВ, можна зробити висновок, що найбільш екологічно прийнятним є роздільне збирання відходів із подальшою реалізацією вторинної сировини, що також є досить економічно привабливим і може бути вагомим фактором для українських міст. Варто зазначити, що при стабільних затратах всі способи поводження з відходами характеризуються значною мінливістю

прибутків, які залежать від багатьох чинників, а тому у кожному конкретному випадку необхідний індивідуальний підхід. А разом із впровадженням будь-якого способу поводження з відходами необхідним є забезпечення належних умов його реалізації.

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Іщенко В.А. Аналіз проблеми запровадження роздільного збору відходів на Вінниччині / В.А. Іщенко, В.Г. Петрук // Екологічний вісник. – 2010. – № 6. – С. 27–28.
2. Kreith F., Tchobanoglous G. Handbook of solid waste management. – USA: McGraw-Hill, Inc., 2002. – 822 p.
3. Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області. Монографія / Під ред. В.Г. Петрука. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2007. – 160 с.
4. Руководство по современному управлению твердыми бытовыми отходами / Ф. Фишо // Программа Тасис «Устойчивое местное развитие в Украине». – К. – 316 с.
5. Управление твердыми бытовыми отходами. Раздельный сбор и сортировка отходов // Материалы проекта Европейского Сообщества INTERREG IIIA «Кооперация в совместном создании системы управления отходами в Псковской области», 2008. – 97 с.
6. Лебедев М.М. Поводження з відходами. Санітарне очищення населених пунктів / М.М. Лебедев, А.Д. Єсипенко – Х: Гриф, 2010. – 354 с.
7. Краснянский М.Е. Утилизация и рекуперация отходов: Учебное пособие / М.Е. Краснянский. – Х: Бурун и К, К.: КНТ, 2007. – 288 с.
8. Іщенко В.А. Аналіз шляхів використання світового досвіду поводження із твердими побутовими відходами в Україні / В.А. Іщенко, П.М. Турчик // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 2. – С. 25–30.

*Стаття надійшла до редакції 07.04.2015*

УДК 556.528.7

Т.В. ТРИСНЮК

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕКРЕАЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДООХОРОННІ ТЕРИТОРІЇ ТЕРНОПІЛЛЯ

*Анотація.* В роботі представлені результати досліджень рекреаційного навантаження на природоохоронні території Тернопілля. Рекреаційне навантаження визначалось шляхом натурного обліку часу перебування відпочиваючих на пробних ділянках та в подальшому розрахунковим шляхом для всієї території туристичного комплексу, враховуючи кількість відпочиваючих на цій території. Визначена гранична місткість рекреаційної зони, запропоновані перспективи її сталого розвитку.

*Ключові слова:* ландшафтні комплекси, рекреаційне навантаження, гранична місткість, екологічний туризм.

**Постановка проблеми.** Туризм є найбільш розвинутою та однією з найдинамічніших галузей світової економіки, в якій зайнято близько 10% світових трудових ресурсів і яка виробляє близько 10% світового валового продукту. За прогнозами експертів, протягом наступних п'яти років рівень щорічного зростання цієї галузі становитиме 5%, що створить два мільйони робочих місць. Туризм – це саме той сектор економіки, котрий в Україні заслуговує на більшу увагу. Ця галузь може забезпечити значний внесок в економіку країни у вигляді нових робочих місць, збільшення надходжень від зовнішньоекономічної діяльності та поповнення державного бюджету через сплату податків.

Проблемною задачею при плануванні зон масового відпочинку є збереження природи цих зон в продуктивному стані, тобто при якому природні ресурси (рослинний та тваринний світ) не втрачали б своєї здатності до самовідновлення, оскільки туризм призводить до 5–7% деградації природного середовища. Це завдання вирішується перш за все шляхом визначення гранично допустимої місткості зони відпочинку з точки зору збереження природних ресурсів. Перспективним є розвиток екологічного туризму – єдиного напрямку в індустрії туризму, зацікавленого в збереженні свого головного ресурсу – природного середовища та його окремих компонентів. Для природоохоронних територій Тернопілля проблеми граничного рекреаційного навантаження та розвитку екотуризму залишаються актуальними у сьогоденні.

**Задачі досліджень.** Рекреаційне навантаження – агрегатний показник безпосереднього впливу рекреантів, їх транспортних засобів, будівництва рекреаційних споруд на природні, ландшафтні комплекси. Розрізняють допустимі (оптимально та гранично допустимі) і деструкційні (критичні та катастрофічні) рекреаційні навантаження. При допустимих навантаженнях у природі зумовлюються зміни зворотного характеру, ландшафтні комплекси здатні до самовідновлення, але при цьому втрачаються деякі ландшафтні елементи і взаємозв'язки. При критичних і катастрофічних рекреаційних навантаженнях відбуваються незворотні зміни інваріанту, корінна ломка ландшафтної просторово-часової структури [1].

Єдиного кадастру (банку норм) рекреаційних навантажень на ландшафтні комплекси, як і зводу методик нормування, досі не існує. Як правило, відсутня екологічна експертиза норм навантажень на природні ландшафтні комплекси. На даний час існує ряд методик визначення рекреаційного навантаження на територію. Однак, в Україні, крім Державних будівельних норм України 360-92 «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень», жодна з подібних методик не має нормативного характеру і не є обов'язковою для виконання.

**Мета досліджень**, викладених в даній роботі, – визначення гранично допустимого, оптимального рекреаційного навантаження, граничної місткості екотуризму для природоохоронних територій Тернопілля.

**Аналіз попередніх досліджень.** У процесі досліджень рекреаційних навантажень враховується сезонна циклічність функціонування рекреаційних установ, що пов'язана з відповідними змінами в потоках відпочиваючих, характером їх діяльності, неоднаковою стійкістю ландшафтних комплексів та їх компонентів до антропогенного впливу протягом року, а також береться до уваги добова ритміка використання даної рекреаційної території. Рекреаційне навантаження найчастіше виражається кількістю людей (або людино-днів) на одиницю площі або рекреаційний об'єкт за певний проміжок часу (переважно за день або рік) в залежності від виду відпочинку.

Рекреаційна місткість (ємність) природної території визначається як сума допустимих рекреаційних навантажень для кожної групи топологічних ландшафтних комплексів і характеризується чисельністю відпочиваючих, які без шкоди для ландшафтних комплексів можуть перебувати на даній території протягом певного часу [1].

Визначає її максимальна кількість осіб, які можуть одночасно перебувати на даній території, не викликаючи деградації природного середовища. Н.С. Казанська, в залежності від типу лісу, визначає об'єм рекреаційної місткості для дрібно-горбистих, полого-хвилястих і плоских рівнин, складених суглинками з дерново-підзолистих, місцями оголених ґрунтів, для довготривалого відпочинку від 4 до 18 чол./га, для плоских рівнин, складених пісками, – від 2 до 3 чол./га. Подібні дані дають і інші дослідники. Наприклад, Чижова (1973) та Филипович (1973) визначають норми навантаження для рівнинних ландшафтів від 7 до 25–30 чол./га. Визначення величин рекреаційних навантажень проводиться разовими вибірковими методами – моментним і хронометричним.

Оптимально та гранично допустимі рекреаційні навантаження на ландшафтні комплекси визначаються також методами моделювання і пробних площ. Базовим при цьому є метод пробних площадок, який дозволяє оцінити вплив певного виду відпочинку на ландшафтні комплекси і ґрунтується на зв'язку рекреаційних навантажень з відповідними змінами природних ландшафтних комплексів, їх продуктивності. Визначення рекреаційних навантажень даним методом проводиться шляхом обліку часу перебування рекреантів на пробних площах в основному для обґрунтування та уточнення нормативів цих навантажень на ландшафтні комплекси відповідних територій [2].



**Виклад основного матеріалу.** Географо-естетичні критерії оцінки ландшафту визначають ступінь рекреаційної цінності компонентів ландшафту. Виконана естетична оцінка рекреаційної території природного заповідника «Медобори» відповідно до «Методичних рекомендацій щодо проведення естетичної оцінки території...» [3] є високою, сума показників становить 14 балів з 16 можливих (табл. 1).

Таблиця 1. Географо-естетичні критерії оцінки ландшафту природного заповідника «Медобори»

№ П/П	Критерії	Умови оцінки місцевості	Бал
1	Гармонія природних та антропогенних об'єктів	є антропогенні об'єкти, які незначно порушують ландшафт	1
2	Наявність на ділянці мальовничих урочищ, затишних куточків, де приємно відпочивати, насолоджуватися красою природи	є більше 3 мальовничих урочищ	2
3	Наявність на ділянці визначних пам'яток, таких як химерні скелі, водопади, вікові дерева, скупчення чарівних рослин, квітів, пам'ятки історії та культури	багато різноманітних визначних пам'яток	2
4	Наявність на ділянці оглядових майданчиків, з яких відкриваються гарні краєвиди	є декілька оглядових майданчиків у різних місцях з різними краєвидами	2
5	Особливості рельєфу	рельєф сильно горбистий чи гірський	1
6	Виразність водних об'єктів	більшість присутніх водних об'єктів виразні, тобто мають мальовничі береги, чисту воду тощо	1
7	Різнорманітність і чергування рослинних угруповань	на ділянці чергуються декілька (більше 2) рослинних угруповань	2
8	Різнорманітність тваринного світу ділянки	можна зустріти великих звірів і птахів	1
Сумарний бал за критеріями			11

Отже, рекреаційна територія природного заповідника «Медобори» має значний потенціал для розвитку екотуризму. Ресурси використовуються в такий спосіб, щоб задовольнити економічні, соціальні й естетичні потреби, але при цьому зберегти культурну унікальність, важливі екологічні особливості, різноманіття біологічних видів і життєво важливі системи.

Для рекреаційної території національного природного парку «Дністровський каньйон», основною сферою діяльності якої є сплавної туризм, важливим завданням є подолання сезонності туристичного потоку. Відтак,

спрямування на екологічний туризм, його підвиди, що активізуються у літній період – це й перспектива виходу на міжнародний рівень, й вирішення внутрішніх задач [4].

Для рекреаційних зон Тернопілля, що включають території національних парків «Дністровський каньйон», «Кременецькі гори» та природного заповідника «Медобори», можливі види екологічних турів представлені в таблиці 2.

До пізнавального туризму належать тури історії природи, що полягають у пізнанні навколишньої природи і місцевої культури.

Пригодницький туризм теж можна віднести до екологічного, його рекреаційної складової, особливо ті види, які пов'язані з активними способами пересування і відпочинку на природі. Тут можна відзначити похідні експедиції, альпінізм, спелеологію, дайвінг, дельтапланеризм, маунтінбайкінг, каякінг і т.д.

Природоохоронні території Тернопілля мають достатньо можливостей для організації подорожей в збережені недоторканими куточки природи з метою вивчення та спостереження дикого рослинного і тваринного світу.

Таблиця 2. Основні види екологічних турів та їх цілі

<b>Види екологічного туру</b>	<b>Основні цілі</b>
Наукові і пізнавальні тури	Орнітологічні, ботанічні, зоологічні, ландшафтно-географічні, етнографічні та інші дослідження
Пригодницькі тури	Пішохідні, водні, кінські, гірські подорожі та ін.
Літні студентські (учнівські) практики	Ознайомлювальні, виробничі, переддипломні і т.д.
Літні табори і програми для учнів	Краєзнавчі, ботанічні, зоологічні, археологічні, геологічні і т.д.
Поїздки одного дня	Експерсії, відпочинок
Внутрішні чи міжнародні тури	Поїздки на екологічні конференції, симпозиуми, відвідування друзів і родичів, відрядження

Однак, будь-яка рекреаційна територія має свою граничну місткість. Гранична місткість рекреаційних центрів та зон зумовлена комплексом екологічних, природно-ресурсних, соціально-економічних факторів. Її значення полягає у встановленні показників допустимої місткості території, виходячи з окремих параметрів: екологічної рекреаційної місткості ландшафтів, забезпеченості територіями, придатними для рекреаційної забудови, а також водою, трудовими ресурсами, інфраструктурою тощо. Враховуються також демографічні ситуації на території, санітарно-екологічна ситуація тощо.

У дослідженнях, проведених в межах території, було прийнято, що рекреаційне навантаження – це кількість відпочиваючих, що перебувають на одиниці площі на території відпочинку за одиницю часу (немає значення, одні і ті ж самі відпочиваючі тут перебувають чи ні). Одиниця вимірювання рекреаційного навантаження – чол./год./га. Рекреаційне навантаження поділено на низьке, гранично допустиме, небезпечне, критичне і катастрофічне.

Низьке рекреаційне навантаження можна вважати безпечним, тому що в природному комплексі не відбувається незворотних процесів. Гранично допустиме рекреаційне навантаження відповідає границі стійкості природних комплексів, таке рекреаційне навантаження вважають небезпечним. Критичним вважають навантаження, яке призводить до дигресії фітоценозу, а катастрофічним – навантаження, що призводить до порушення зв'язків як між природними комплексами, так і між їх складовими. Важливо зауважити, що різні типи природних комплексів по-різному реагують на будь-які зовнішні впливи, зокрема, й на рекреаційні навантаження. Тому те навантаження, яке для природного комплексу даного типу безпечне, для комплексу іншого типу може стати небезпечним або критичним.

З урахуванням специфіки експлуатації об'єкта, найбільша кількість туристів очікується в літній період року, коли витоптуваність території буде максимальна. Крім цього, зменшення кількості рекреантів у зимовий період та їх розсіяне місцезнаходження забезпечать умови для самовідновлення пошкоджених ділянок ґрунтового та трав'янистого покривів.

У проведених дослідженнях рекреаційне навантаження визначалось шляхом натурного обліку часу перебування відпочиваючих на пробних ділянках та в подальшому розрахунковим шляхом для всієї території туристичного комплексу, враховуючи кількість відпочиваючих на цій території.

Для зручності при проведенні розрахунків була взята умовна одиниця вимірювання – чоловік за день на 1 га (чол./день/га), в якій була врахована середня кількість годин щоденного перебування відпочиваючих на одному гектарі площі протягом комфортного періоду. Середню кількість годин відпочинку ділили на 8 годин, тому що протягом комфортного періоду внаслідок природних змін тривалості світлового дня змінюється тривалість перебування рекреантів, а ця величина також відображає звичний ритм життя людей у нашому суспільстві.

Отримані цифри є умовними, тому що не на всій території досліджень буде однаково навантаження, в основному, воно буде припадати на піші маршрути, сплави та заклади розміщення. Крім того, в цю цифру не враховані дні, коли погода для відпочинку не сприятлива (дощі, сильний вітер, туман, снігопади, інші небезпечні гідрометеорологічні явища). Рекреаційне навантаження у такі дні буде значно меншим, тому що перебування на відкритій території буде некомфортним.

Для природного заповідника «Медобори» середнє рекреаційне навантаження на територію складає – 0,005 чол./день/га (влітку) та 0,001 чол./день/га (взимку), для національних парків «Дністровський каньйон», «Кременецькі гори» відповідно – 0,006 та 0,002. Розраховане для території досліджень рекреаційне навантаження є допустимим.

**Висновки.** Запропоновані перспективи сталого розвитку природоохоронних територій та подолання сезонності туристичного потоку можливе при активному впровадженні різновидів екологічного туризму. Серед них актуальними для рекреаційної зони визначені наукові, пізнавальні та пригодницькі тури.

Єдиного кадастру (банку норм) рекреаційних навантажень на ландшафтні комплекси, як і зводу методик нормування, досі не існує. Як правило, відсутня екологічна експертиза норм навантажень на природні ландшафтні комплекси.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фоменко Н.В. Рекреаційні ресурси та курортологія. Навчальний посібник / Н.В. Фоменко. – К.: Центр навчальної літератури, 2007. – 312 с.
2. Генсирук С.А. Рекреационное использование лесов / С.А. Генсирук, М.С. Нижник, Р.Р. Возняк. – К.: Урожай, 1987. – 246 с.
3. Методичні рекомендації щодо проведення естетичної оцінки території з метою заповідання, затверджені наказом Державної служби заповідної справи від 21.04.2006, № 3.
4. Триснюк В.М. Географічна, туристична та екологічна навчальні практики у Дністровському каньйоні. / Заставецька О.В., Зорін Д.О., Триснюк В.М. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. м. Тернопіль. Терно-граф. 2010 р. – 198 с.
5. Триснюк В.М. Мокрий В.І. Оцінка екологічних ризиків для управління екобезпеки природних і антропогенних геосистем. Національний лісотехнічний університет України. № 22.4. 2012 р. С. 114–122.

*Стаття надійшла до редакції 24.03.2015*

## ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 004.942

Ю.Д. СТЕФАНИШИНА-ГАВРИЛЮК, Д.В. СТЕФАНИШИН,  
О.М. ТРОФИМЧУК

### ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ЗБИТКІВ ВІД ПОВЕНЕЙ НА РІКАХ ЗА ДАНИМИ МОНІТОРИНГУ

***Анотація.** Розглянуто задачу прогнозування ризиків збитків від повеней за даними моніторингу як добутоків збитків та ймовірностей перевищення максимальних витрат води. Запропоновано новий метод прогнозування ризиків збитків від повеней за даними моніторингу на основі ситуаційних та індуктивних моделей. Задача вирішується на прикладі моделювання ризиків збитків від руйнівних повеней в басейні р. Тиса в залежності від максимальних витрат води р. Тиса, що визначалися на гідрометричному посту Вилок.*

***Ключові слова:** ймовірність перевищення, індуктивна модель, максимальні витрати води, повінь, ризики збитків, ряди динаміки, ситуаційна модель.*

**Вступ.** Серед стихійних лих різного генезису щодо частоти, площі поширення, нанесення матеріальних збитків перше місце в Україні займають явища і процеси гідрометеорологічного походження, серед яких основну загрозу несуть повені на ріках. Особливо часто повені трапляються в західних районах нашої країни. Зокрема, одними з найбільш повененебезпечних в Європі вважаються басейни річок Тиси, Дністра та Пруту Карпатського регіону [1]. Досить вразливими до повеней природного походження є також басейни Західного Бугу та Правобережжя Прип'яті, де існують сприятливі умови для їх формування у межах Волинської та Подільської височин і на Поліській низовині [2].

Поняття повені як стихійного явища тісно пов'язане з людиною та її діяльністю, адже природні водопілля та паводки, які відбуваються регулярно на більшості рік, не є шкідливими, а, навпаки, корисними для річкової екосистеми. Під час їх проходження очищаються русла, заряджаються водою й збагачуються намулом заплави. Повені відбуваються тоді, коли при паводках або водопіллях затоплюються території, які використовуються людиною, і виникають збитки. Таким чином, повені є ключовим природним фактором ризику, що стримує або обмежує господарську діяльність на прирічкових територіях [3–6].

Збитки від повеней залежать від різних факторів: висоти й швидкості підйому рівнів води, тривалості їх стояння, пори року, ступеня освоєння й економічного розвитку території, щільності населення, від своєчасності прогнозу й вживання попереджувальних заходів, від наявності й ефективності проти-повіневих гідротехнічних споруд тощо. Важливе значення для мінімізації збитків від повеней мають своєчасне оповіщення і проведення евакуації населення, сільськогосподарських тварин і матеріальних цінностей з вірогідного району затоплення. Повінь може обумовлюватися зворотним гідрологічним зв'язком між підземним та поверхневим стоком, коли при інфільтрації води з переповненого русла в підземний стік, через пласти добре проникливих ґрунтів, має місце явище «підземної повені» з підтопленням «захищених» протипаводковими дамбами угідь, населених пунктів тощо. У свою чергу, будівництво гребель та дамб для захисту від повеней на одних ділянках ріки може спричинити негативні зміни морфологічних та гідравлічних характеристик русла, режиму твердого стоку тощо на інших ділянках [7, 8], зі зниженням пропускної здатності живого перерізу ріки при проходженні паводків і водопіль, й стати причиною виникнення «наведених» повеней. Інтенсивне танення снігів у весняний час, потужні та тривалі зливові дощі, випадання сильних дощів в період інтенсивного танення снігу, льодові затори і зажори внаслідок природних причин та трансформації русел в результаті діяльності людини, сприятливі для виникнення паводків особливості гідрологічного режиму конкретної ріки, геоморфологічні особливості території водозборів, висока густина річкової мережі, зменшення залісненості та заболоченості водозборів, зниження інфільтраційних властивостей попередньо зволжених ґрунтів підстилаючої поверхні на момент формування поверхневого стоку, відсутність вегетації в холодну пору року, кліматичні фактори тощо, руйнування протиповіневих дамб – це неповний перелік чинників, які здатні впливати на перебіг проходження повеней на ріках та їх наслідки [1–8]. Все це надзвичайно ускладнює задачу прогнозування параметрів повеневої небезпеки на основі строгих, детерміністичних (динамічних) моделей навіть в межах окремих, добре вивчених в гідрологічному та інших відношеннях, річкових басейнів.

**Імовірнісний підхід до прогнозування повеневої небезпеки.** Оскільки гідрологічні явища і процеси в переважній більшості є багатофакторними, представляють результат дії надзвичайно великого числа факторів, ступінь впливу кожного з яких на формування явища, що розглядається, повноцінно врахувати практично неможливо, то більш адекватним підходом до прогнозування повеневої небезпеки слід визнати імовірнісний підхід, що ґрунтується на побудові моделей-інтерпретацій і моделей-екстраполяцій за даними моніторингу (рядів спостережень) з використанням методів математичної статистики й теорії ймовірностей.

Зокрема, найпростішою і найбільш популярною математичною моделлю, яка застосовується при прогнозуванні максимальних гідрологічних характеристик (рівнів, витрат води) в рамках імовірнісного підходу, є модель випадкової величини [9, 10]. Її використовують у випадках, коли дані моніторингу формують стаціонарні ряди динаміки, де зі збільшенням числа спостережень середній їх результат практично перестає бути випадковим і може бути передбаченим з великим ступенем визначеності.

Для більшості рік, що не зазнали значного антропогенного перетворення, і за наявності рядів даних максимальних характеристик, отриманих протягом

достатньо тривалих спостережень (30–40 членів ряду річних максимумів і більше), ця модель повністю себе виправдовує. Нижче, на рис. 1, наведено ряд спостережених максимальних витрат води паводків на р. Тиса (гідрометричний пост Вилोक, Закарпатська область), що може слугувати прикладом стаціонарного ряду динаміки, для якого справедливими є граничні теореми теорії ймовірностей.

Модель випадкової величини задається розподілом ймовірностей або функцією розподілу ймовірності випадкової змінної [11]. Найпростішою інтерпретаційною ймовірнісною моделлю, яку застосовують в гідрологічних розрахунках, є емпірична крива забезпеченості (ймовірності перевищення) (рис. 2). У вітчизняній практиці емпіричну ймовірність перевищення  $\hat{P}(m)$  часто встановлюють за формулою Н.Н. Чегодаєва [10]:

$$\hat{P}(m) = \frac{m - 0,3}{n + 0,4}, \tag{1}$$

де  $m$  – порядковий номер члена упорядкованого у порядку спадання варіаційного ряду;  $n$  – загальна кількість членів ряду.

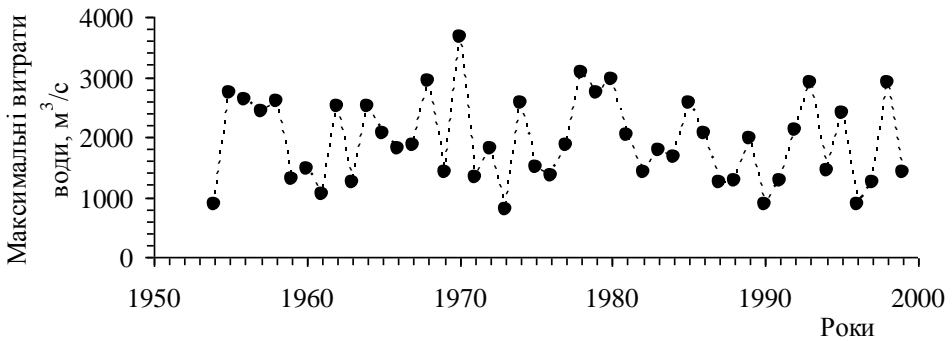


Рис. 1 – Спостережені максимальні витрати води паводків на р. Тиса (гідрометричний пост Вилोक, Закарпатська область)

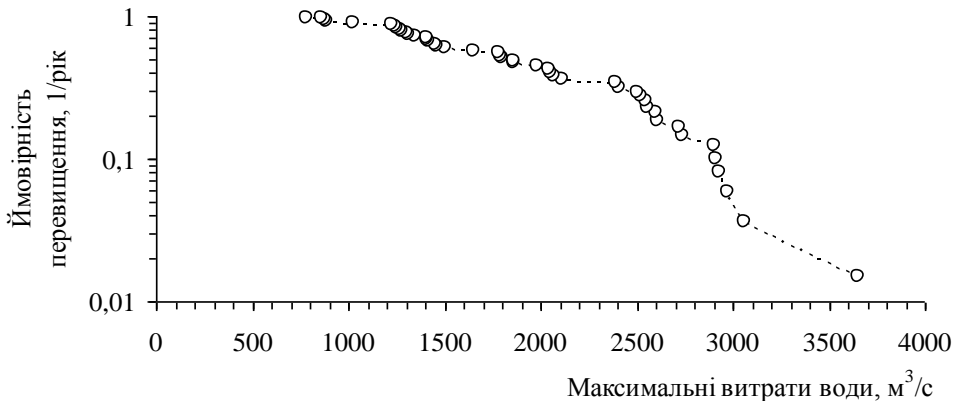


Рис. 2 – Емпірична крива забезпеченості (ймовірності перевищення) максимальних витрат води р. Тиса (гідрометричний пост Вилोक, Закарпатська область)

Емпіричну (статистичну) криву забезпеченості (ймовірності перевищення), представлену на рис. 2, можна також розглядати як емпіричну криву ризику перевищення спостережених максимальних витрат води р. Тиса на гідрометричному посту Вилोक. За її допомогою, в межах спостережених значень максимальних витрат води р. Тиса в створі Вилोक, можна оцінити статистичну ймовірність того, що відповідна витрата паводку в цьому створі буде не меншою (перевищить) деяке значення. Наприклад, статистична ймовірність перевищення найбільшого зі спостережених значень максимальної витрати води р. Тиса на гідрометричному посту Вилोक в  $3650 \text{ м}^3/\text{с}$  за даними 1954–1999 рр. (рис. 1, 2) складає  $\sim 0,0151 \text{ рік}^{-1}$ .

З метою прогнозування ймовірності перевищення максимальних витрат води, що за період моніторингу не спостерігалися, використовуються аналітичні функції розподілу ймовірності. Останні можуть використовуватися як моделі-інтерпретації – для згладжування емпіричних кривих ймовірності перевищення, так і моделі-екстраполяції – для пролонгації кривих ймовірності перевищення в область гіпотетичних, малоймовірних значень. Оскільки ряди даних спостережень за максимальними гідрологічними характеристиками зазвичай володіють асиметрією, іноді значною, то при моделюванні застосовують закони розподілу, відмінні від нормального. Найчастіше використовуються трьохпараметричний гама-розподіл С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля, розподіли К. Пірсона III типу, Е. Гумбеля I типу, двохпараметричний логарифмічно-нормальний розподіл та ін. [9, 10]. Приклади використання деяких аналітичних функцій розподілу ймовірності при моделюванні ймовірності перевищення максимальних витрат води паводків на р. Тиса в створі Вилोक наведено на рис. 3.

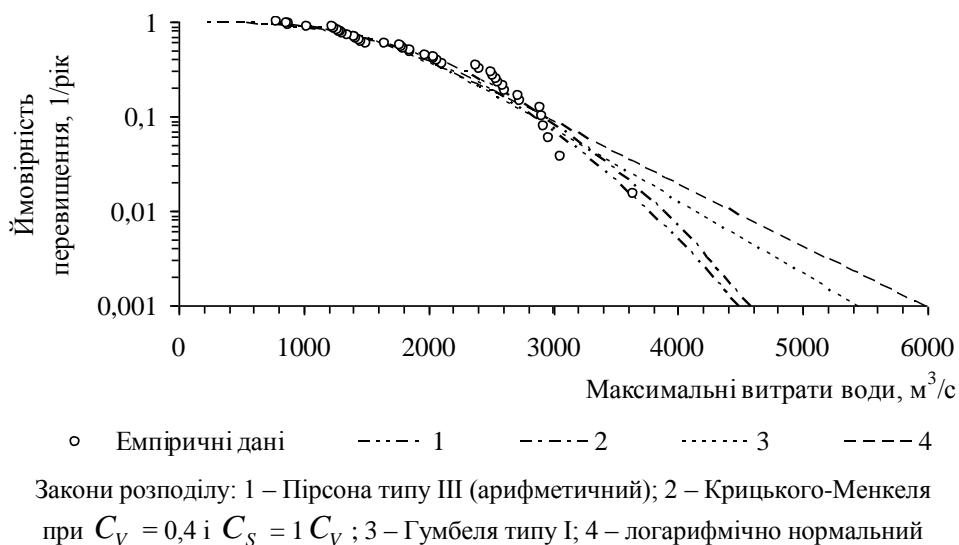


Рис. 3 – Результати моделювання ймовірності перевищення максимальних витрат води р. Тиса (гідрометричний пост Вилोक, Закарпатська область) з використанням різних аналітичних законів розподілу ймовірності

Характерно, що в області значень максимальних витрат паводків, що часто повторюються, вищенаведені та інші аналітичні закони розподілу



ймовірності, що використовуються в гідрології і є адекватними в статистичному змісті, дають близькі результати і можуть розглядатися як практично рівноцінні моделі-інтерпретації. Відповідно, кожен з наведених на рис. 3 аналітичних кривих розподілу ймовірності можна розглядати як цілком прийнятний варіант аналітичної моделі-інтерпретації для оцінки ризику перевищення максимальних витрат води р. Тиса на гідрометричному посту Вилоч в області спостережених значень. В той же час, різні аналітичні закони розподілу ймовірності, кожен з яких добре погоджується зі спостереженими значеннями максимальних витрат паводків, що часто повторюються, в області значень максимальних витрат паводків, що рідко повторюються або ще не спостерігалися, дають значне розходження модельних значень. Це ускладнює вибір оптимальної моделі-екстраполяції серед статистично значущих аналітичних законів розподілу ймовірності, породжує нестохастичну невизначеність результатів аналітичного прогнозування максимальних витрат малої ймовірності паводків, здатних формувати руйнівні повені. На необхідність врахування цієї складової невизначеності прогнозування максимальних витрат води паводків на ріках на основі рядів даних гідрологічних спостережень в рамках імовірнісного підходу ми звертали увагу в роботах [12–15], де наведено різні методи її подолання.

**Метод прогнозування за даними моніторингу на основі ситуаційних та індуктивних моделей.** Традиційні підходи до побудови імовірнісних математичних моделей за емпіричними даними (в загальному випадку як моделей-інтерпретацій, так і моделей-екстраполяцій) ґрунтуються на принципі оптимізації. Однак навіть в найбільш простих задачах інтерпретаційного імовірнісного моделювання за емпіричними даними принцип оптимізації, який передбачає вихід на ряд граничних обмежень, практично ніколи не виконується [16, 17]. Це ускладнює задачу побудови адекватної моделі за даними спостережень, яку можна використовувати для прогнозування. Різні результати ймовірності перевищення, зокрема, отримуються для значень, що рідко повторювалися, навіть за формулами емпіричної ймовірності: Чегодасєва, Вейбулла, Таккея, Блома, Хазена [9, 10, 12].

Задача прогнозування ризиків збитків від повеней як добутків (логічних чи арифметичних) значень збитків та ймовірностей перевищення максимальних витрат води суттєво ускладнюється ще й тим, що ряди динаміки збитків від повеней на ріках, досить часто, у силу цілого ряду причин, є нестационарними, немонотонними, із загальними тенденціями до наростання в часі (рис. 4), на фоні, зазвичай, стаціонарних (або квазістаціонарних) рядів спостережених значень максимальних витрат води паводків (рис. 1).

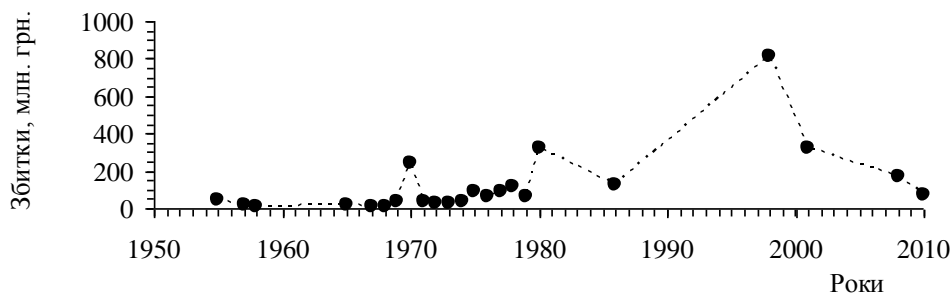


Рис. 4 – Ряд динаміки збитків від руйнівних повеней в басейні р. Тиса

Для вирішення поставленої задачі пропонується використати метод прогнозування за даними моніторингу, що ґрунтується на побудові ситуаційних і індуктивних моделей [18]. Основні його положення наступні.

Під ситуаційною моделлю розуміється модель, адаптована до певної ситуації (прогнозного фону) і яка є адекватною лише для цієї ситуації. Прогнозний фон характеризується як сукупність зовнішніх і внутрішніх умов, істотних для вибору структури і коефіцієнтів (параметрів) моделі. Ситуаційні моделі будуються на основі рядів актуальних (фактичних) даних рядів динаміки – даних моніторингу, і, по суті, відображають окремі фазові стани відповідної динамічної системи на різних інтервалах часу. При цьому перехід від однієї ситуаційної моделі до іншої, які визначають сусідні фазові стани динамічної системи, може відбуватися немонотонно (стрибкоподібно) [18].

Результати ситуаційного моделювання (моделні дані) формують підставу для наступної побудови індуктивних моделей, де під індуктивною моделлю розуміється модель, отримана з узагальнення (ансамблю) кількох ситуаційних моделей. Індуктивна модель, яка будується на основі рядів модельних даних, що являють собою результати статистичної обробки актуальних даних і/або ситуаційного моделювання, може охоплювати кілька різнорідних кластерів актуальних даних і, таким чином, відображати складну еволюцію модельних значень результуючої змінної стану динамічної системи в часі.

Прогнозування може здійснюватися як на основі ситуаційних моделей (в короткочасній перспективі), за допомогою яких відслідковується поведінка ендегенної змінної моделі в межах інтервалів часу, де ситуаційні моделі є адекватними, так і на основі індуктивних моделей, як моделей «рівнів», за допомогою яких відслідковується еволюція ситуаційних моделей як фазових портретів минулих станів динамічної системи і можуть встановлюватися ситуаційні моделі для визначення залежної змінної для майбутніх періодів.

При такій постановці задачі в якості рівнянь зв'язку при побудові ситуаційних і індуктивних моделей можуть використовуватися відносно прості залежності, що легко адаптуються до нових даних та змін прогнозного фону в рядах динаміки. При необхідності можуть враховуватися лаги між змінними моделей. Допускається модифікація змінних моделі з метою побудови адекватних ситуаційних і індуктивних моделей для цілей прогнозування.

**Приклад ретроспективного прогнозування ризиків збитків від руйнівних повеней в басейні р. Тиса, що сталися в 1980, 1986 та 1998 рр., за даними моніторингу.** Використовувався ряд динаміки зафіксованих збитків від повеней в басейні р. Тиса в межах Закарпатської області України, який наведено на рис. 4, та ряд максимальних витрат води р. Тиса, що визначалися на гідрометричному посту Вилок (рис. 1).

Візуальний аналіз ряду динаміки збитків (рис. 4) на проміжку 1957–1979 рр. від повеней, що передували катастрофічним повеням 1980, 1986 та 1998 рр. в басейні р. Тиса, дозволяє виділити три ймовірні часові кластери відносної стаціонарності або монотонності вибірових рядів збитків (див. рис. 5): 1) 1957–1969 рр.; 2) 1970–1974 рр.; 3) 1975–1979 рр.

З метою можливості використання відповідних вибірових рядів динаміки (кластерів) для побудови ситуаційних моделей було проведено кореляційний аналіз даних. Аналізувалися кореляційні зв'язки між збитками та максимальними витратами води на відповідних проміжках часу: 1) з 1957 р. по 1969 р.; 2) з 1970 р. по 1974 р.; 3) з 1975 р. по 1979 р. На всіх трьох виділених

проміжках часу було встановлено добру кореляційну залежність між значеннями максимальної витрати води, як екзогенної змінної, та значеннями ризику збитків  $R(D_i)$ , як ендогенної змінної, які визначалися як добутки значень збитків  $D_i$  від повеней та емпіричних ймовірностей перевищення  $\hat{P}_i$  відповідних їм значень максимальних витрат води, що при цьому спостерігалися:

$$R(D_i) = D_i \cdot \hat{P}_i, \quad (2)$$

де ймовірності  $\hat{P}_i$  визначалися за формулою (1) для відповідних вибірових рядів: 1) з 1954 р. по 1969 р.; 2) з 1954 р. по 1974 р.; 3) з 1954 р. по 1979 р.

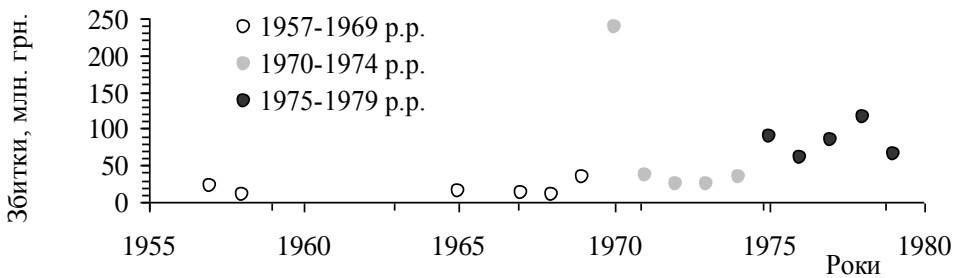


Рис. 5 – Виділення вибірових рядів динаміки збитків від повеней, що передували катастрофічним повеням 1980, 1986 та 1998 рр. в басейні р. Тиса

Результати розрахунків зведено в таблицю.

Ретроспективні ризики збитків від руйнівних повеней в басейні р. Тиса за даними 1957–1979 рр.

Роки	Збитки, млн грн	Максимальна витрата, м <sup>3</sup> /с	$\hat{P}_i$ , 1/рік	$R(D_i)$ , млн грн/рік
1957	21,3	2410	0,405303	8,632955
1958	9,8	2600	0,253788	2,487121
1965	14,2	2070	0,443182	6,293182
1967	10,9	1860	0,481061	5,243561
1968	10,4	2930	0,102273	1,063636
1969	34,4	1420	0,708333	24,36667
1970	237	3650	0,026515	6,284091
1971	35,5	1310	0,784091	27,83523
1972	24	1790	0,594697	14,27273
1973	23,5	783	0,973485	22,87689
1974	33,6	2560	0,291667	9,8
1975	87,9	1500	0,632576	55,60341
1976	60,1	1350	0,746212	44,84735
1977	85,2	1860	0,481061	40,98636
1978	115,8	3060	0,064394	7,456818
1979	64,4	2720	0,17803	11,46515

Коефіцієнти кореляції  $r$  між ризиками збитків та максимальними витратами води для виділених часових інтервалів, відповідно, склали: 1) з 1957 р. по 1969 р.,  $r = -0,8161$ ; 2) з 1970 р. по 1974 р.,  $r = -0,8852$ ; 3) з 1975 р. по 1979 р.,  $r = -0,9632$ .

За результатами кореляційного аналізу було побудовано три ситуаційні моделі залежності ризиків збитків від максимальних витрат води, які наведено на рис. 6.

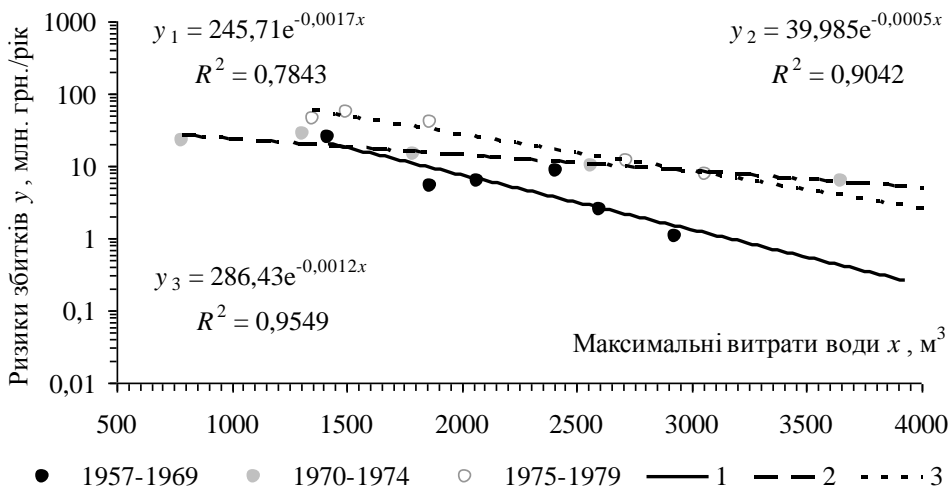


Рис. 6 – Ситуаційні моделі залежності ризиків збитків в басейні р. Тиса від максимальних витрат води р. Тиса на гідрологічному посту Вилок на інтервалі 1957–1979 рр.

Ситуаційні моделі залежності ризиків збитків в басейні р. Тиса від максимальних витрат води на гідрологічному посту Вилок, які зображено на рис. 6, володіють високими коефіцієнтами детермінації ( $R^2$ ) і можуть вважатися адекватними на вибраних інтервалах: 1) з 1957 р. по 1969 р.; 2) з 1970 р. по 1974 р.; 3) з 1975 р. по 1979 р. Відповідно, на основі модельних значень ризиків збитків, отриманих при фіксованих витратах води за допомогою цих ситуаційних моделей, можуть бути побудовані індуктивні моделі (моделі «рівнів»), які, відображаючи еволюцію модельних значень ризику збитків, дозволять відтворити перспективні ситуаційні моделі ризику на заданих періодах упередження прогнозу.

На рис. 7. наведено сімейства індуктивних моделей, виконаних у вигляді трендів на кінець деякого інтервалу часу (а) та на його початок (б) (модельні значення згідно з рівняннями зв'язку, які показано на рис. 6, встановлювалися, відповідно, на кінець і на початок виділених часових інтервалів). За їх допомогою було виконано ретроспективне прогнозування ризиків збитків від катастрофічних повеней, що сталися в 1980, 1986 та 1998 рр., а з метою тестування адекватності відповідних індуктивних моделей було виконано співставлення фактичних ризиків збитків від цих повеней (значення збитків 325 млн грн, 127,9 млн грн, 810 млн грн, відповідно) та їх прогнозних значень. Прогнозування на основі індуктивних моделей здійснювалося при

спостережених максимальних витратах води р. Тиса на гідрологічному посту Вилोक в 1980, 1986 та 1998 рр., які склали, відповідно, 2970 м<sup>3</sup>/с, 2050 м<sup>3</sup>/с, 2900 м<sup>3</sup>/с. Емпіричні ймовірності перевищення (0,05819; 0,403017; 0,122845), 1/рік, відповідних максимальних витрат води перераховувалися для ряду, який охоплював період спостережень з 1954 р. по 1998 р. (рис. 1).

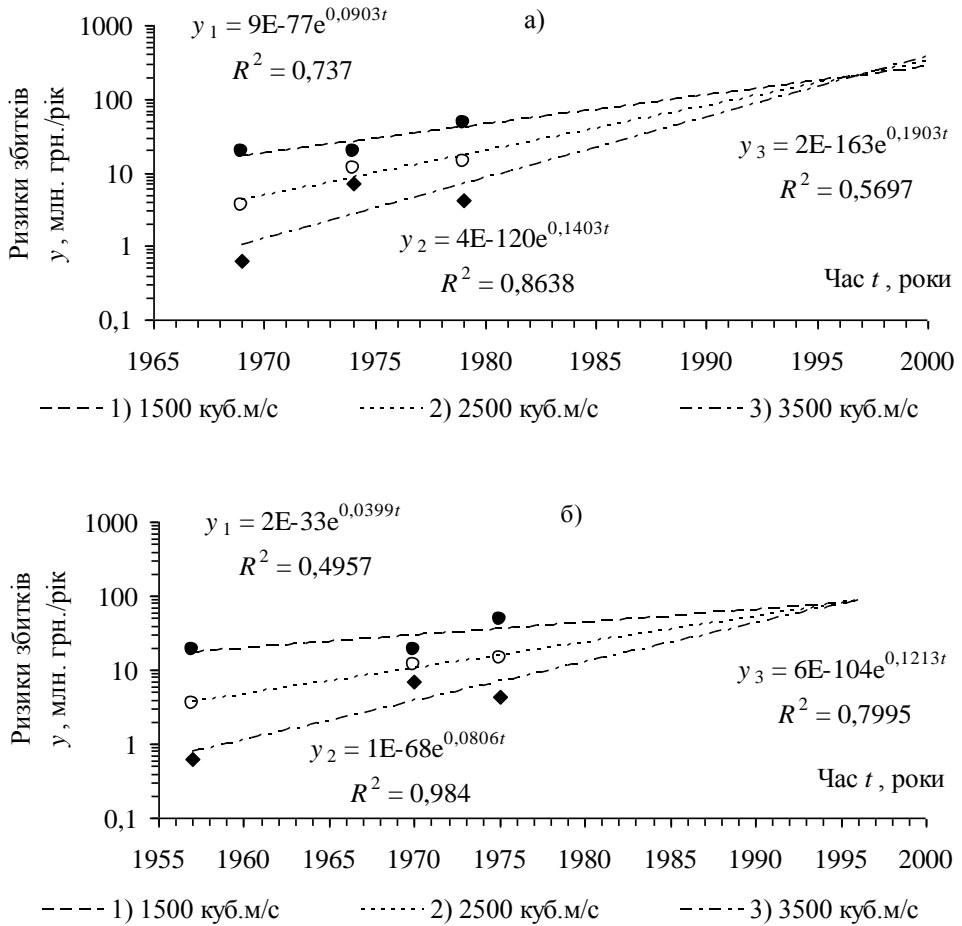


Рис. 7 – Індуктивні моделі залежності ризиків збитків в басейні р. Тиса від максимальних витрат води р. Тиса на гідрологічному посту Вилок

Виконувалися по два ретроспективні прогнози ризиків збитків від катастрофічних повеней, що сталися в 1980, 1986 та 1998 рр.:

- прогноз 1 – прогнозна оцінка ризику збитків для відповідного року як для останнього року на відповідному ситуаційному інтервалі;
- прогноз 2 – прогнозна оцінка ризику збитків для відповідного року як для першого року на відповідному ситуаційному інтервалі.

Результати прогнозування та співставлення фактичних ризиків збитків від повеней та їх прогнозних значень наведено на рис. 8.

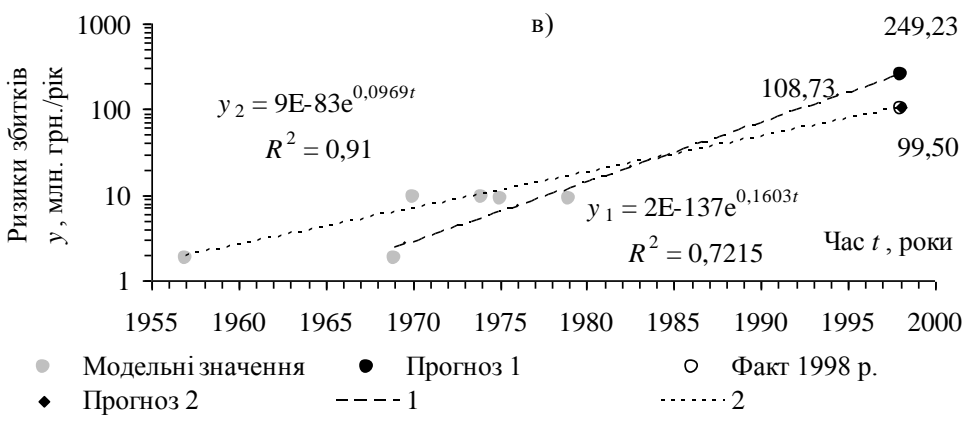
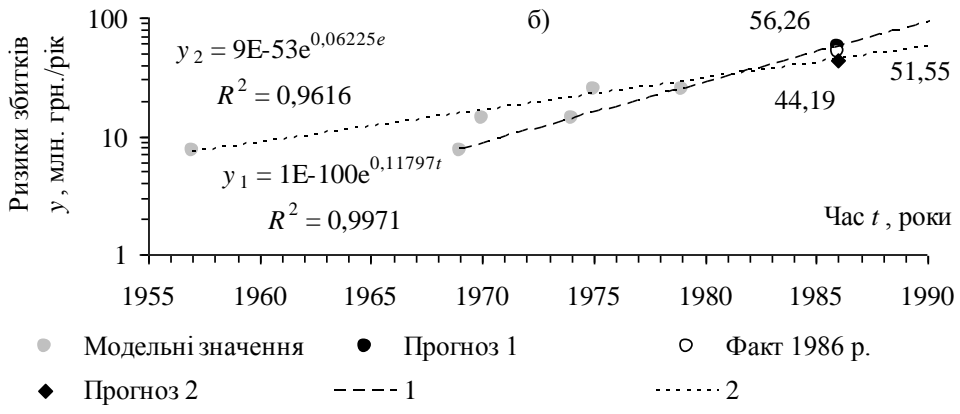
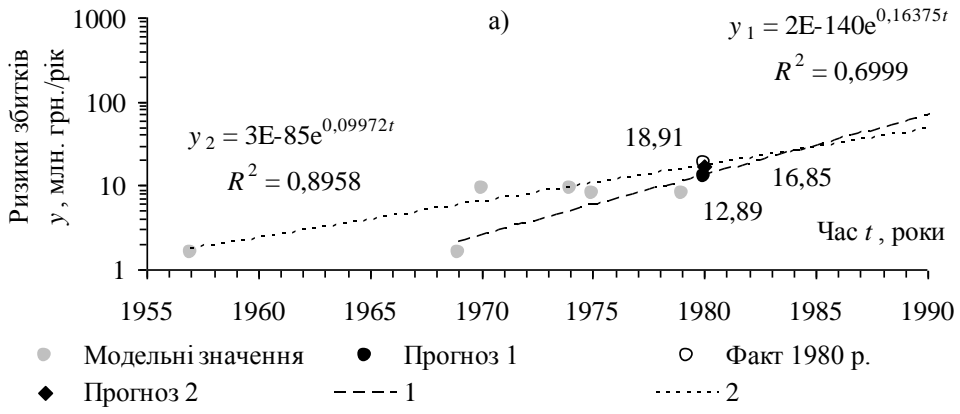


Рис. 8 – Результати ретроспективного прогнозування ризиків збитків від катастрофічних повеней 1980 р. (а), 1986 р. (б), 1990 р. (в) зі співставленням фактичних ризиків збитків та їх прогнозних значень

**Висновки.** Встановлено, що вибіркоким рядам динаміки збитків від повеней, що відбуваються в басейні р. Тиса, можуть відповідати адекватні ситуаційні моделі залежності ризиків збитків від максимальних витрат води р. Тиса на гідрометричному посту Вилочок. Показано, що на основі модельних значень ризиків збитків, отриманих за допомогою ситуаційних моделей, можна побудувати індуктивні моделі, які дозволяють відтворити перспективні ситуаційні моделі ризиків збитків від повеней в басейні р. Тиса на заданих періодах упередження прогнозу.

Слід відмітити, що на точність прогнозування, особливо на віддалену перспективу, коли ми не можемо достеменно встановити межі окремих ситуаційних інтервалів на заданому горизонті прогнозування, може суттєво вплинути вибір індуктивної моделі як прогновної моделі на початок чи кінець ситуаційного інтервалу, що вкладається у вибраний горизонт прогнозування. Зокрема, похибка прогнозування на 1998 р. як на кінець деякого перспективного ситуаційного інтервалу в нашому прикладі перевищила 150%.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сусідко М.М. Районування території України за ступенем гідрологічної небезпеки / М.М. Сусідко, О.І. Лук'янець // *Наук. праці УкрНДГМІ.* – Вип. 253. – 2004. – С. 196–204.
2. Сусідко М.М. Надзвичайно високі повені в басейні Прип'яті / М.М. Сусідко // *Наукові праці УНДГМІ.* – 2006. – Вип. 255. – С. 279–282.
3. Авакян А.Б. Наводнення. Концепция защиты / А.Б. Авакян // *Известия РАН. Серия географическая.* – 2000. – № 5. – С. 40–46.
4. Истомина М.Н. Наводнения: генезис, социально-экономические и экологические последствия наводнений / М.Н. Истомина, А.Г. Кочарян, И.П. Лебедева // *Водные ресурсы.* – 2005. – Т. 32. – № 4. – С. 1–10.
5. Предупреждение и смягчение последствий природных катастроф // *Бюллетень ВМО.* – 2006. – Т. 55 (1). – 67 с.
6. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, О.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К.: Наукова думка, 2008. – 544 с.
7. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2002. – 591 с.
8. Environmental experience gained from reservoirs in operation. *Trans. of the 18-th Int. Congress on Large Dams.* – Vol. 2. – Q.69. Durban-South Africa, November, 1994. – 780 p.
9. Виссмен У. мл. Введение в гидрологию / У. Виссмен мл., Т.И. Харбаф, Д.У. Кнэпп. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 470 с.
10. Железняков Г.В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока / Под ред. Г.В. Железнякова. – М.: Колос. – 1984. – 205 с.
11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
12. Стефанишин Д.В. Вибрані задачі оцінки ризику та прийняття рішень за умов стохастичної невизначеності / Д.В. Стефанишин. – К.: Азимут-Україна, 2009. – 104 с.
13. Стефанишина-Гаврилюк Ю.Д. Метод прогнозирования максимальных гидрологических характеристик / Ю.Д. Стефанишина-Гаврилюк // *Мониторинг. Наука и безопасность.* № 4 (12), 2013. – С. 98–107.

14. Стефанишина-Гаврилюк Ю.Д. Використання нечіткої міри для подолання невизначеності довгострокових прогнозів на основі екстраполяцій / Ю.Д. Стефанишина-Гаврилюк, Д.В. Стефанишин // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2013. № 4. – С. 99–110.
15. Стефанишин Д.В. Про використання законів Гумбеля типу I та Пірсона типу III при прогнозуванні максимальних витрат води / Д.В. Стефанишин // Гідротехніка. Збірник наукових праць. Вип. 1 (1). – Рівне: НУВГП, 2014. – С. 12–18.
16. Тихонов А.Н. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация / А.Н. Тихонов, А.В. Гончарский и др. – М: Наука, 1983. – 198 с.
17. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 487 с.
18. Stefanyshyn D.V. A Method of Forecasting of Indexes of Dynamic System that evolves slowly, based on Time Series Analysis / D.V. Stefanyshyn // Proc. of 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Inductive Modelling. Kyiv, Ukraine, September 16–20, 2013. – P.P. 221–224.

*Стаття надійшла до редакції 22.04.2015*



УДК 628.112

**Я.А. ТУГАЙ, Г.В. МАЙСТРЕНКО**

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОФІЛЬТРАЦІЙНИХ СХЕМ І ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ПРОМЕНЕВИХ ВОДОЗАБОРІВ**

***Анотація.** Розглядаються основні геофільтраційні схеми притоку води до променевих водозаборів. Даються їх характеристики, а також необхідні параметри для їх розрахунків. Наводяться основні види живлення підземних вод при влаштуванні променевих водозаборів.*

***Ключові слова:** променевий водозабір, параметри, методи розрахунку, фільтраційні схеми, підземні води, область фільтрації.*

При проектуванні і розробці методів розрахунку параметрів променевого водозабору важливим питанням являється обґрунтування розрахункових фільтраційних схем роботи променевих споруд в різних природних умовах. Як відзначається в роботах [1, 2], процеси, що відбуваються в області фільтрації як в природних умовах, так і умовах, які виникають після влаштування променевих підземних споруд, являють собою єдину фізичну область, всередині якої гідродинамічні характеристики (напори, швидкості фільтрації, витрати ґрунтових вод) визначаються початковими і граничними умовами, які приймаються на границях області фільтрації і в її межах.

У випадку усталеної фільтрації ці умови, як правило, повинні бути задані значеннями напорів чи витрат на границях області фільтрації, а також на фільтрах-променях, розташованих всередині області фільтрації. При неусталеній фільтрації, крім зазначених граничних умов, додатково потрібно знати початкові значення напору (рівня) до початку роботи променевих споруд. У будь-якій розрахунковій фільтраційній схемі повинні бути відображені і в необхідній мірі враховані основні особливості потоків підземних (ґрунтових) вод (структура і побудова потоку по глибині, гідравлічний характер водоносних горизонтів, їх зв'язок з атмосферою і умови живлення в межах розповсюдження, фільтраційні властивості ґрунтів, які складають водоносну товщу), геометричне окреслення областей фільтрації і умови їх живлення через бокові границі. Крім того, в схемі з променевим водозабором, як уже зазначалось, для прийнятого варіанта повинно бути задано розміщення фільтрів-променів в плані і по глибині і прийнято їх режим. При побудові розрахункової фільтраційної схеми часто поетапно розглядають дві фільтраційні схеми: попередню – регіональну, а потім основну – локальну, яка, власне, і приймається в якості розрахункової фільтраційної схеми. В регіональній схемі розглядається загальне формування фільтраційної картини підземних (ґрунтових) вод. В локальній фільтраційній схемі, яка являється частиною регіональної схеми, більш детально розглядається область фільтраційного потоку в зоні розташування і впливу променевого водозабору і джерел живлення підземного (ґрунтового) потоку. В цій схемі велика увага приділяється аналізу вертикальної неоднорідності потоку, обґрунтуванню характеристик ґрунтів і водоносних горизонтів, уточненню джерел живлення фільтраційного потоку, вибору типу променевих водозаборів. При цьому, передусім, повинно

бути встановлено геометричне окреслення області фільтрації і з'ясовані умови живлення підземних (грунтових) вод в її межах. Розглянемо основні із них.

1. Область фільтрації має значні розміри в плані, в її межах відсутні різні джерела живлення ґрунтових вод (водойми, річки і т. ін.). В цьому випадку область фільтрації вважається безмежною, в її межах можливе живлення ґрунтових вод за рахунок інфільтрації з поверхні землі і глибинного живлення. Приток ґрунтових вод ззовні незначний, і ним можна знехтувати.

2. Область фільтрації обмежена з одного, двох і навіть більше боків границями у вигляді різних водоймищ і річок, а також непроникними і добре проникними границями, складеними різними породами, через які відбувається надходження ґрунтових вод. В цьому випадку, крім можливих вищезгаданих видів живлення, потрібно врахувати бокові притоки. В цьому випадку найбільш характерними областями фільтрації у випадку влаштування променевого водозабору можуть бути:

а) Півобмежена область фільтрації з однією майже прямолінійною границею живлення, тобто, при влаштуванні променевого водозабору в береговій зоні водойми чи річки.

б) Обмежена з двох боків область фільтрації прямолінійними границями, яка дозволяє, крім зазначеного вище бокового притоку з конкретного водоймища, врахувати приток ґрунтових вод з прилеглої до області фільтрації території.

в) Кругова область фільтрації із замкнутими границями, до якої схематично можуть бути віднесені області фільтрації, які мають складні в плані геометричні окреслення.

г) Підруслова область фільтрації при розташуванні променевого водозабору у водоносній товщі, розташованій під дном різних водоймищ, і в умовах напірного живлення потоку з нижніх водоносних горизонтів.

Важливим питанням при схематизації є встановлення потужності водоносної товщі, її геологічної будови і вивчення фільтраційних властивостей ґрунтів, які складають цю товщу. Під потужністю водоносної товщі слід розуміти глибину активної зони ґрунтового потоку, в межах якої можливий вплив роботи променевого водозабору. Верхньою границею водоносної товщі звичайно буває вільна поверхня ґрунтових вод, а нижньою – водонепроникливий шар чи покрівля потужного напірного горизонту, в якому величина напору в процесі роботи водозабору не буде змінюватись. У реальних умовах за нижню границю розрахункової товщі приймається кривля роздільного шару значної ширини з коефіцієнтом фільтрації значно меншим (у 100 і більше раз), чим у шарі, який залягає над ним. Така границя може бути лінією водонепроникливого шару. Якщо зазначений критерій буде недостатнім, то в якості водонепроникливого шару може бути прийнята кривля такого шару, через який може поступати не більше 5–10% загальної витрати води. У випадку, коли в якості нижньої границі прийнята кривля багатого на воду напірного горизонту, то така границя буде лінією рівного напору.

Після встановлення нижньої границі водоносної товщі визначається її будова по глибині. Водоносна товща за геологічною будовою часто неоднорідна і може бути приведена до шарової структури: однорідна, двошарова, трьохшарова і навіть багатшарова. Найбільш характерними будуть однорідна, двошарова товща, в якій верхній шар слабопроникний (супісок, суглинок), а нижній – добре проникний, який складається із пісчано-гравелистих

грунтів, тріщинуватих та ін., і трьохшарова товща із слабопроникним (глинистим) роздільним шаром невеликої товщини. Шарові водоносні товщі, в яких проникні шари чергуються із слабопроникними, приводяться в геологічній практиці до слідуючих основних систем:  $Q$  – одношарова, умовно однорідна чи двошарова;  $m_a$  – двошарова (трьох- і чотирьохшарова товщі), однорідна і двошарова товщі з напірним живленням (підруслові товщі).

В окремих випадках шарувата будова водопроникної товщі з невеликою різницею в коефіцієнтах фільтрації окремих шарів може бути заміщена однорідною з постійною водопровідністю, яка дорівнює сумарній водопровідності всіх шарів водоносної товщі.

На подальшій стадії схематизації устанавлюються гідравлічний характер горизонтів водоносної товщі, уточнюються умови і величини живлення водоносних горизонтів. Зазвичай водоносні горизонти діляться на безнапірні ґрунтові води з вільною поверхнею у верхніх шарах, які зв'язані з атмосферою, і напірні води в нижніх шарах.

Далі вивчається режим ґрунтових вод в області фільтрації в природній обстановці і його можливі зміни під час роботи промислових споруд. Основними видами живлення ґрунтових вод можуть бути: зосереджене, інфільтраційне і глибинне. При влаштуванні промислових водозаборів основним видом живлення являється зосереджене, яке формується за рахунок фільтрації із водоймищ, річок і притоку із прилеглих територій, границі яких зазвичай приймаються в якості границь областей фільтрації. Інфільтраційне живлення, яке формується в області фільтрації переважно за рахунок атмосферних опадів і, можливо, за рахунок поливів, як правило, в межах дії промислових водозаборів буде незначним і тому часто не враховується в розрахунках. Глибинне живлення можливе при наявності перетоку із нижчерозташованих горизонтів з напором, який перевищує рівень ґрунтових вод у верхніх шарах, при роботі промислового водозабору. В цьому випадку при незмінному напорі ця фільтраційна схема буде аналогічна підрусловій схемі роботи промислового водозабору. Більш детально питання формування різних джерел живлення ґрунтового потоку в межах областей фільтрації розглянуті в роботах [1–3].

Важливим моментом в побудові фільтраційної схеми являється схематизація (спрощення) підземного (ґрунтового) потоку. При заборі підземної води і дренаванні територій реальний просторовий (трьохмірний) ґрунтовий потік майже завжди можна замінити двомірним (плановим), а в багатьох випадках і одномірним (так званим планово-радіальним). На ділянках на значній відстані від промислових споруд, в тому числі і водозаборів, така заміна допустима в зв'язку з тим, що планові розміри потоку значно перевищують розміри по глибині і рух його фактично відбувається в напрямку споруди. На ділянках, які безпосередньо прилягають до промислового водозабору, за допомогою методу фільтраційних опорів в загальному випадку трьохмірний (просторовий) потік приводиться до двомірного (планового) і двомірний в розрізі вісесиметричний потік з координатами  $r$  і  $z$  – до одномірного (плоско-радіального) з координатою  $r$ . Зазначимо, що метод фільтраційних опорів при розрахунку і проектуванні різних дренажних і водозабірних споруд широко використовується на практиці. Основи і принципи використання методу фільтраційних опорів також широко застосовуються при розробці інженерних методів розрахунку параметрів промислових водозаборів і дренажів.

Як уже зазначалось вище, однією з основних складових розрахункової фільтраційної схеми являється промєневий водозабір чи дренаж. Різні питання, пов'язані безпосередньо з проектуванням промєневих споруд, розглянуті в [1].

Достовірність і надійність одержаних результатів розрахунку параметрів промєневих водозаборів значно залежать від точності вихідних гідрогеологічних параметрів, які входять в реалізовані моделі і запропоновані методи розрахунку. Мається на увазі коефіцієнт фільтрації шарів водоносної товщі  $k$  (чи водопровідність  $T$ , що є добутком коефіцієнта фільтрації  $k$  на потужність шару  $m$ , тобто,  $T = km$ ), коефіцієнт водовіддачі (нестаток насичення),  $\mu$  шарів ґрунтів, в межах яких відбуваються коливання поверхні ґрунтових вод; коефіцієнт  $\mu$  так званої пружної водовіддачі, яка визначається пружними властивостями породи і води в напірних водоносних горизонтах;  $\varepsilon = \varepsilon_{\text{inf.}} - \varepsilon_{\text{sum.}}$  – розрахункова інтенсивність інфільтраційного живлення,  $\varepsilon_{\text{inf}}$  – інтенсивність сумарного інфільтраційного живлення,  $\varepsilon_{\text{sum.}}$  – інтенсивність сумарного випаровування з поверхні ґрунтових вод (випаровування плюс транспірація).

Деякі відомості щодо знаходження вказаних параметрів, способів їх визначення і їх наближені кількісні значення наведені, зокрема, в роботах [1, 2, 3, 4]. Проте зазначимо, що кількісно відобразити в розрахунковій схемі з необхідною точністю ту чи іншу вихідну характеристику, одержану, наприклад, за даними гідрогеологічних пошуків у вигляді деякого діапазону її значень, не завжди можливо. Коли це важко зробити, слід розглянути граничні значення і оцінити шляхом розрахунку декількох варіантів питому вагу їх впливу на одержані результати. Необхідно також звернути увагу на постановку і обґрунтування необхідного об'єму дослідно-фільтраційних і інших робіт з організації і проведення виробничих пошуків.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов С.К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве. М., Стройиздат, 1973 г., 234 с.
2. Муфтахов А.Ш. Приток подземных вод к лучевому водозабору. М., И., Труды ВНИИ ВОДГЕО. В сб. «Водозаборные сооружения», 1983, С. 10–15.
3. Анатолевский П.А., Разумов Г.А. Горизонтальные водозаборные скважины. М., «Недра», 1970 г., 200 с.
4. Бездітний Б.П., Олійник Е.О. Про просторову фільтрацію до промєневого дренажу. К., Доповіді АН УРСР, серія А № 9, 1989, С. 33–36.
5. Веригин Н.Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М., Госстройиздат, 1962, 180 с.

*Стаття надійшла до редакції 04.03.2015*

УДК 504.45; 504.052;504.054

Є.С. АНПІЛОВА, І.Г. КРАСОВСЬКА

## ТЕМАТИЧНІ КАРТОГРАФІЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

***Анотація.** У статті розглянуто можливі шляхи застосування сучасних технологій побудови картографічних моделей оцінки якості поверхневих вод. Продемонстровані результати моделювання для ефективного управління водними ресурсами в умовах техногенного впливу, а також в розрізі розвитку національної інфраструктури просторових даних.*

***Ключові слова:** геоінформаційні системи (ГІС), якість поверхневих вод, інфраструктура просторових даних, картографічні моделі, оцінка стану поверхневих вод.*

Останніми роками спостерігається розвиток геоінформатики не тільки як науки, а також як технології та виробничої діяльності з проектування, створення, експлуатації та використання геоінформаційних систем (ГІС) для прикладних та наукових цілей. Ще в 1987 році Британський урядовий комітет управління географічною інформацією у звіті (також відомому як Звіт Чарлі) визнав ГІС як «найбільший крок вперед в роботі з географічною інформацією з часів винаходу топографічних карт».

Технологічні інновації дозволяють збирати, зберігати, обробляти і відображати велику кількість географічної і просторової інформації щодо розвитку суспільства та широкого спектра екологічних явищ. Просторові дані – це цифрові дані про просторові об'єкти, що включають відомості щодо їх місцезнаходження, форми і властивостей, представлені в координатно-часовій системі. Вони відрізняються від звичайних даних наявністю великих обсягів та складною структурою. Очевидна можливість забезпечення швидкого доступу всіх бажаючих категорій споживачів до результатів роботи виробників просторових даних, а саме картографів та геодезистів, а також сумісного використання просторових даних, що отримані з різних джерел.

Враховуючи ці обставини, постає необхідність створення, реалізації та забезпечення функціонування, поруч з традиційними соціальною, транспортною, інженерною тощо, нової інфраструктури – інфраструктури просторових даних (ІПД).

ІПД – це сукупність розподілених стандартизованих баз геопросторових даних, їх метаописів та сервісів, що забезпечують суспільний доступ. Іншими словами, ІПД може розглядатися як сукупність правил та засобів забезпечення споживачів результатами картографо-геодезичної діяльності, що представлені у цифровому вигляді.

Основною метою розбудови інфраструктури просторових даних є створення умов, що забезпечують вільний доступ органів державної влади, органів місцевого самоврядування, організацій та громадян до просторових даних та їх ефективне використання. Досягнення цієї мети дозволить забезпечити:

– підвищення якості та ефективності управління на державному та локальному рівнях за рахунок всебічного використання інформаційних ресурсів просторових даних при прийнятті управлінських рішень і контролі їх виконання;

– надання актуальної та достовірної інформації щодо наявних базових просторових даних споживачам за єдиними правилами і тарифами;

– знизити бюджетні витрати на створення просторових даних в цілому, підвищити їх якість за рахунок виключення дублювання робіт зі створення просторових даних;

– стимулювання інвестицій для створення просторових даних і пов'язаних з ними супутніх інформаційних послуг.

Для досягнення зазначеної мети мають бути вирішені наступні завдання:

– розробити та прийняти законодавчі та інших нормативні правові акти, а також технічні регламенти, стандарти, нормативно-технічні документи і класифікатори, що регулюють створення і використання базових просторових даних і метаданих;

– забезпечити повноту просторових даних, їх достовірність та актуальність за рахунок розширення числа організацій, що виробляють і надають інформацію щодо базових просторових об'єктів;

– забезпечити наукове, технічне та технологічне створення, ведення і надання в користування базових просторових даних і метаданих.

Заходи щодо створення і розвитку інфраструктури просторових даних ПД передбачається здійснювати за дотримання наступних принципів:

– використання вже наявних в Україні просторових даних;

– доступність інформаційних ресурсів, що містять базові просторові дані;

– обов'язковість використання і надання вже створених базових просторових даних при проведенні робіт з їх актуалізації;

– забезпечення безпеки держави при створенні ПД і її експлуатації, а також захист інформації, що міститься в ній [1, 2, 4, 7].

Основні компоненти ПД зображено на рис. 1.

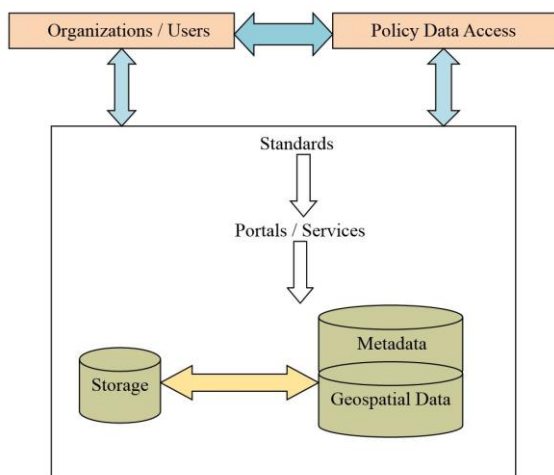


Рис. 1 – Принципова схема компонентів інфраструктури просторових даних

Починаючи з середини 90-х рр. минулого століття і до теперішнього часу, національні ПД з'явилися більш ніж в 120 країнах. США, Австралія і більшість держав Європи пройшли всі етапи від розробки концепцій національної ПД до їх реалізації та завершили свої програми побудови таких інфраструктур.

Розширюється міжнародне співробітництво у сфері інтеграції національних ПД в міжнаціональні. У 1996 році почав роботу координуючий орган зі сприяння у створенні національних ПД – Асоціація глобальної інфраструктури просторових даних.

Удосконалюється об'єднана ПД країн Європейського союзу – проект INSPIRE.

Якщо на державному рівні організувати просторові дані та забезпечити їх розповсюдження серед широкого кола споживачів, це суттєво знизить вартість державних операцій та буде значним поштовхом у розвитку інформаційного суспільства України, в якому просторові дані доступні кожному [3, 6]. Маючи сучасні електронні технології, картографічний метод перетворюється із допоміжного в один з основних методів територіального управління, відіграє важливу роль в процесі досліджень та є вагомим елементом при прийнятті конкретних рішень.

При формуванні нових підходів і принципів управління регіонами та їх переході до сталого розвитку, створення геоінформаційних Інтернет-сервісів у розрізі моніторингу гідрологічних об'єктів є основою для екологічних досліджень, планування господарської діяльності і природоохоронних заходів. Інтеграція ГІС реалізацій у мережу Інтернет дозволить створювати єдину систему просторових даних, фізично розташованих в різних сховищах даних. Це єдина система формування статистичних та аналітичних документів, звітів, що містять комп'ютерні картографічні моделі різного змісту і призначення, які будуть одержані в результаті інтерактивної взаємодії користувача зі спеціалізованим геоінформаційним сервером. Таким чином, ця система буде удосконалювати адміністративну роботу як державних, так і приватних установ, що займаються питаннями охорони та експлуатації водних ресурсів, і вплине на якість послуг, які вони будуть надавати населенню в цілому. Фундаментальний доробок цифрових карт у вигляді тематичних картографічних моделей дозволить систематизувати велику кількість фактичного матеріалу з необмеженим обсягом та різноманіттям для наукового аналізу та практичного використання спеціалістами різних галузей.

Запорукою ефективного контролю комплексного використання та охорони водних ресурсів є система моніторингу саме з використанням сучасних технологій, що включають ГІС.

Вихідними даними для такої системи є матеріали багаторічних спостережень місць відбору проб у вегетаційний період (травень–вересень), гідробіологічні та гідрохімічні дані тощо, отримані спеціалізованими державними лабораторіями та іншими уповноваженими установами, звітні дані водокористувачів та інші дані щодо стану поверхневих водних об'єктів. Вся ця інформація складається з широкого спектра типів (розширень) даних від простого .txt файлу до космічних знімків високої роздільної здатності. Тематичний картографічний матеріал, що отримано в результаті обробки цієї інформації, буде містити: локалізацію пунктів спостереження за якістю

поверхневих вод, а також техногенну інфраструктуру, що безпосередньо впливає на стан та якість водотоків.

Далі розглянемо створену структуру бази геоданих для прийняття рішень з управління водними ресурсами на прикладі басейну річки Сіверський Донець як одного з найбільш техногенно-навантажених річкових басейнів України. Результати дешифрування космічних знімків було додано у базу геоданих як фактори впливу на присвоювання того чи іншого класу якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець. На основі інтегрованих в ГІС геоданих здійснено комплексний просторовий аналіз стану поверхневих вод об'єкта дослідження. Отримано моделі динаміки забруднень поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець в середовищі ГІС-системи ArcGIS. В результаті були розраховані і відображені класи якості води в кожному з пунктів спостереження.

Потрібно зазначити, що для оцінювання якості поверхневих водних об'єктів за класами та категоріями зазвичай використовують дані відбору проб, отримані тільки в пунктах спостережень. В умовах постійного скорочення кількості пунктів спостереження та періодичності відбору або неможливості відбору проб на території, що досліджується, складно оцінити і прийняти рішення, а нам необхідно знати рівень забруднення в будь-якій точці річкового басейну. Для побудови моделей просторового розподілу забруднень та оцінки якості поверхневих вод використані геостатистичні методи. В результаті проведеного геостатистичного аналізу отримана інтерполяційна поверхня значень рівня забруднення поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець.

Значення якості поверхневих вод, розраховані традиційними методами, відповідно до затвердженої методики на державному рівні в контрольних створах, і значення якості води в цих же пунктах, але отримані в результаті інтерполяції за допомогою модуля Geostatistical Analyst програми ArcGis, відрізняються не більше ніж на 5–7%. Результати дослідження дозволяють підтвердити достовірність побудованої інтерпольованої поверхні якісних характеристик поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець в повному обсязі.

Результати такого просторового аналізу якості поверхневих вод було використано в розробці макетів предметно-орієнтованих підсистем інформаційної підтримки управління сталим розвитком територій ряду областей в середовищі корпоративних ГІС обласних державних адміністрацій, а також для інформування населення [8]. Останнє є важливим аспектом у розрізі реалізації рекомендацій, задекларованих в Орхуській конвенції «Про доступ до інформації, участі громадськості в прийнятті рішень і доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля», прийнятій в 1998 році та ратифікованій Україною у 1999 році. Одним з положень даної конвенції було «активне інформування громадськості за допомогою Інтернету, публікацій звітів про стан навколишнього середовища» [5].

Основним засобом взаємодії користувача з ПД є геопортали – сайти в мережі Інтернет, що призначені для роботи з просторовими даними. Хоча розробка геопорталу й потребує багато зусиль та коштів, існує ряд доступних технологій з широким спектром можливостей та інструментарієм, що дозволяє завантажувати дані та здійснювати on-line аналіз. Ці технології дозволяють поширювати отримані результати у вільному доступі для безлічі користувачів, з можливістю візуалізації не тільки поточного стану об'єктів дослідження, а також динамічного редагування, створення тематичних карт.



Таким прикладом може слугувати ресурс ArcGIS.com, веб-портал, керівництво яким здійснює Інститут дослідження систем навколишнього природного середовища (США), який є розробником ArcGIS [6].

ArcGIS.com надає засоби, що можуть застосовуватися навіть простими користувачами без професійних навичок роботи з геоінформаційними системами. Засоби ArcGIS.com включають JavaScript-в'ювер для перегляду ГІС-даних та ArcGIS Explorer Online на основі Silverlight, більш потужний інструмент для створення та роботи з картами через інтерфейс користувача ArcGIS.com. Обидва ці інструменти одержують доступ до даних через сервіси, що надаються ArcGIS Server. Окрім того, ArcGIS Explorer, ArcGIS Desktop та інші клієнти ArcGIS та програми інших виробників можуть мати доступ до ArcGIS Server безпосередньо у хмарі, а ArcGIS Server також має доступ до ГІС-даних у хмаровому середовищі. Усі сервіси розгорнуті на Amazon EC2.

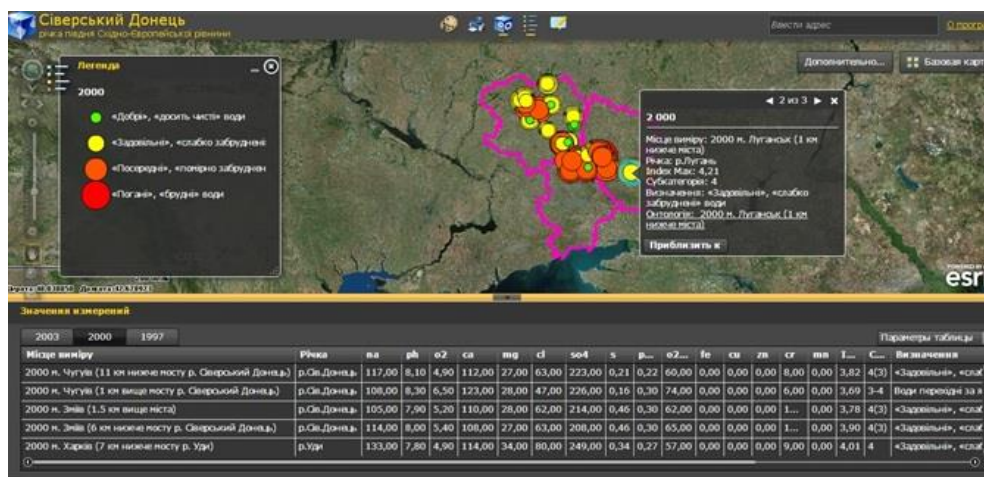


Рис. 2 – Он-лайн реалізація стану поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець

Завантажуючи наявні бази геоданих, маємо можливість будувати інтерактивні тематичні карти, сформовані на Web-сторінці. Коли користувач робить вибір певного точкового об'єкта на своєму екрані, запит на обробку картографічного зображення, пов'язаний з датою відбору проб, передається до серверного додатка, що пов'язаний з відповідною базою даних та формує набір просторових даних, у тому числі за допомогою засобів комп'ютерної графіки. Відповідно користувачу слугує зворотний відгук у вигляді як інформації щодо гідробіологічного чи біохімічного показників, так і різних комбінованих характеристик, з відповідним тлумаченням у легенді по кожній з них (рис. 2).

Розроблені картографічні моделі раціонального природокористування призначені для ефективно реалізації та розвитку інфраструктури просторових даних, що забезпечуватиме потреби суспільства, підтримуючи соціальний і економічний розвиток, управління та оборону.

Створення та розвиток ПІД зумовлено об'єктивними потребами суспільства, окремого громадянина, організацій, органів державної влади та органів місцевого самоврядування в ефективному використанні достовірних, оперативних та актуальних просторових даних.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Masser, Ian (2005). GIS Worlds: Creating Spatial Data Infrastructures. Redlands, California, ESRI Press.
2. Groot Richard & McLaughlin John. Geospatial Data Infrastructure: Concepts, Cases, and Good Practice. – Oxford: Oxford University Press, 2000.
3. Бондаренко Е.Л., Шевченко В.О., Остроух В.І. Геоінформаційні системи еколого-географічного картографування. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 116 с.
4. Розвиток тематичної складової інфраструктури просторових даних в Україні. – Зб. наук. праць. – К., 2011. – 193 с.
5. Офіційний сайт United Nations Treaty Collection [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg\\_no=XXVII-13&chapter=27&lang=en](https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-13&chapter=27&lang=en) (дата звернення 02.07.2015). Назва з екрану.
6. Офіційний сайт ARCGIS.COM [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.arcgis.com/features/> (дата звернення 02.07.2015). Назва з екрану.
7. Офіційний сайт НДІ геодезії та картографії «Національна інфраструктура геопросторових даних України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://gki.com.ua/ua/nacionalna-infrastruktura-geoprostorovih-danih-ukraini> (дата звернення 02.07.2015). Назва з екрану.
8. Анпілова Є.С. Просторовий аналіз розповсюдження забруднень поверхневих вод і ґрунтів засобами ДЗЗ та ГІС / Є.С. Анпілова, В.І. Клименко, Д.Л. Крета, О.М. Трофимчук // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць. – Київ, 2014. – Вип. 14. – С. 59–68.

*Стаття надійшла до редакції 14.04.2015*

УДК (543.68:543.9):(669.018.674:669.791.11)

І.М. АНДРУСИШИНА, І.О. ГОЛУБ, О.Г. ЛАМПЕКА

## ЕКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА НАВАНТАЖЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ДОВКІЛЛЯ М. КИЄВА В СИСТЕМІ СНІГ-ВОДА-ГРУНТ

***Анотація.** У роботі представлені результати досліджень з вивчення вмісту 17 хімічних елементів у снігу, природній воді, ґрунтах м. Києва. Пріоритетними металами, забруднюючими сніговий покрив, є алюміній, марганець, залізо, цинк. Виявлено перевищення рівнів ГДК для кадмію, заліза, свинцю в артезіанській і колодезній водах, а вміст алюмінію, миш'яку, заліза і нікелю був найбільшим у природній воді. Встановлено високий вміст марганцю і нікелю в ґрунтах. Отримані дані показують, що екологічний моніторинг забруднення навколишнього середовища в системі сніг-вода-ґрунт потенційно токсичними металами є актуальним для великих міст України. При цьому пріоритетними елементами такого моніторингу є алюміній, марганець, цинк, залізо, хром і кальцій.*

***Ключові слова:** хімічні елементи, талий сніг, природна вода, ґрунт, моніторинг забруднення.*

Антропогенне навантаження урбанізованих та сільських територій сьогодні характеризується багатокомпонентним хімічним забрудненням довкілля (атмосферного повітря, природних вод та ґрунтів). Особливо це стосується мегаполісів і міських агломерацій, до яких, в повній мірі, належить м. Київ [1–5].

Останніми роками накопичено велику кількість даних, які підтверджують залежність елементного складу живих організмів від їх вмісту у навколишньому середовищі. У циклі праць [1–2] показано небезпеку для здоров'я людини зростаючого забруднення довкілля важкими металами. До того ж їх вміст у ґрунтах, воді та повітрі співвідноситься з їх вмістом у біологічних середовищах людини та тварин, тобто може свідчити про отруєння.

Оцінка забруднення снігового покриву, води та ґрунтів традиційно використовується у прикладних гігієнічних та еколого-токсикологічних дослідженнях [5–9]. На противагу до ґрунтів, які акумулюють у собі одвічно певні кількості хімічних сполук, снігові опади мають ряд властивостей, які дозволяють проводити моніторинг забруднення ксенобіотиками [9–12] не тільки самих атмосферних опадів, але й атмосферного повітря, та подальшу оцінку забруднення води та ґрунтів [13–19]. За спостереженнями [9–12] концентрація металів у сніговому покриві виявляється на 2–3 порядки вище, ніж в атмосферному повітрі.

Однак комплексна оцінка забруднення важкими металами великих промислових міст та екологічний моніторинг поодинокі. Тому видавалось важливим провести моніторинг антропогенного забруднення важкими металами у системі сніг-вода-ґрунти на прикладі м. Києва та дати гігієнічну оцінку забруднення довкілля міста.

## Матеріали та методи досліджень

Для вирішення поставленої мети був використаний комплексний підхід із застосуванням сучасних методів екологічного моніторингу. Використані гігієнічні підходи до оцінки забруднення важкими металами таких середовищ, що акумулюють (сніг, ґрунти) та мігрують (природні води).

Дослідження з визначення вмісту хімічних елементів проводились у 93 пробах талого снігу м. Києва (дані моніторингу 2009–2013 рр.), у 241 пробі питної води (з поверхневих і підземних вододжерел за період 2009–2014 рр.) та у 40 пробах ґрунту Києва та Київської області (2007–2009 рр.). Вміст хімічних елементів у пробах визначався за допомогою методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) [20–22].

Математичну обробку отриманих результатів виконували за допомогою методів варіаційної статистики з використанням програм статистичного аналізу Microsoft Excel [23].

## Результати та їх обговорення

Проведений аналіз забруднення хімічними елементами, у тому числі і важкими металами, снігового покриву різних міських територій дозволив виявити суттєві відмінності, які підтверджують різноманітність джерел атмосферних викидів на території м. Києва.

За результатами порівняльного аналізу вмісту хімічних елементів у талому снігові районів м. Києва у 2009 та 2013 рр. (таблиця 1) було встановлено поступове зростання концентрації металів. Серед проаналізованих хімічних елементів на першому місці були кальцій, свинець, цинк, залізо та мідь. Останні можна вважати і пріоритетними забруднювачами, що були виявлені у талому снігові м. Києва.

Таблиця 1. Вміст хімічних елементів у сніговому покриві (мг/л)

Елемент	М ± m у 2009 р.	М ± m у 2013 р.	ГДК води
Al	0,047 ± 0,013	<b>0,14 ± 0,024</b>	0,08
Ba	0,006 ± 0,0001	<b>0,012 ± 0,005</b>	20
Cd	0,0014 ± 0,0006	<b>0,01 ± 0,001</b>	0,005
Cu	0,014 ± 0,002	<b>0,032 ± 0,0001</b>	0,005
Fe	<b>0,096 ± 0,039</b>	0,01 ± 0,0001	0,1
Mn	0,006 ± 0,0023	0,007 ± 0,002	0,01
V	0,006 ± 0,0013	<b>0,016 ± 0,05</b>	0,001
Ni	0,004 ± 0,001	0,01 ± 0,001	0,01
Pb	0,014 ± 0,0006	0,01 ± 0,0002	0,1
Se	0,07 ± 0,007	<b>0,096 ± 0,004</b>	0,0016
Sr	0,11 ± 0,023	<b>0,28 ± 0,003</b>	10
Zn	<b>0,095 ± 0,054</b>	0,012 ± 0,004	0,01

Примітка: виділені значення достовірні між роками,  $p \leq 0,05$  та вищі за норматив

Згідно з еколого-гігієнічним уявленням, при оцінці рівня забруднення снігового покриву враховували фактичний вміст токсикантів за існуючими регламентами [3, 6, 10]. Так як ГДК металів для снігового покриву не існує, оцінку проводили за затвердженими нормативами вмісту металів у воді

рибно-господарського призначення. Даний підхід виправданий тим фактом, що талі води р. Дніпро та р. Десна у паводковий період значно забруднені свинцем, марганцем та залізом [13, 16, 24]. Було встановлено, що у 2009 р. найбільший вклад з урахуванням ГДК води рибно-господарського призначення внесли цинк, мідь, селен, марганець. При цьому на рівні ГДК виявився вміст марганцю та заліза. Слід зазначити, що виявлені концентрації для Mn, Fe, Cu, Cd співпадали з даними літератури [14, 19, 25].

Таким чином, за результатами дослідження виявлено нерівномірність розподілу забруднення снігового покриву міста. Так, найбільш високий рівень забруднення хімічними елементами був у 2009 р. Небезпечно високі рівні вмісту ВМ спостерігались у північній частині міста, помірні – у центральній, допустимі – у південній. Підвищений вміст токсичних металів у пробах талого снігу можна пов'язати з інтенсивним рухом на автомагістралях та промисловими підприємствами північної ділянки міста.

У природі вода не зустрічається у вигляді хімічно чистої сполуки. Маючи властивості універсального розчинника, вона постійно несе велику кількість різних хімічних елементів та сполук, співвідношення яких визначається умовами формування води та складом водоносних порід. Слід відзначити, що по оцінці експертів ООН до 80% хімічних сполук, що надходять у зовнішнє середовище потрапляють до різних вододжерел. Тому важливим з погляду екологічного моніторингу було оцінити мінеральний склад природних вод. Отримані дані представлені у таблицях 2–3.

Таблиця 2. Вміст хімічних елементів у колодязній та артезіанській водах різних вододжерел м. Києва, визначених методом АЕС-ІЗП (мг/л)

Елемент	Колодязна вода (M ± m)	Артезіанська вода (M ± m)	ГДК (для питної води)			
			WHO	ЕС	ДСанПиН 2.2.4-171-10	ДСТУ 27384-2002
Al	0,13± 0,027	<b>2,91±0,75</b>	0,2	0,2	0,1	0,5
As	<b>0,38 ±0,086</b>	<b>0,42 ±0,11</b>	0,01	0,05	0,01	0,05
Ba	<b>0,26± 0,058</b>	0,078±0,019	0,7	2,0	0,1	0,1
Ca	<b>148,38 ±30,10</b>	<b>121,51±31,08</b>		100	130	–
Cd	<b>0,020 ±0,046</b>	<b>0,01±0,003</b>	0,003	0,005	0,001	0,001
Cr	0,034 ±0,008	<b>0,42 ±0,11</b>	0,05	0,1	0,05	0,05
Cu	0,036 ±0,008	0,066±0,017	1,0	2,0	1,0	1,0
Fe	0,19± 0,042	<b>2,01 ±0,52</b>	0,3	0,2	0,2	0,3
Mg	45,79± 9,42	20,45±3,87		50	80	–
Mn	0,11 ±0,024	0,04±0,009	0,1	0,05	0,05	0,1
Mo	0,05± 0,011	0,048±0,012	0,07		0,07	0,25
Ni	<b>0,16± 0,036</b>	<b>0,065±0,017</b>	0,02	0,02	0,02	0,1
Pb	<b>0,19± 0,043</b>	<b>0,11±0,026</b>	0,01	0,01	0,01	0,03
Se	<b>0,026± 0,005</b>	<b>0,023±0,003</b>	0,01	0,01	0,01	0,01
Sr	2,85± 0,65	4,60± 0,67			7,0	7,0
V	0,006 ±0,001	0,003± 0,001			0,1	–
Zn	0,31 ±0,07	0,64 ±0,16	3,0	5,0	1,0	5,0

Примітка: у цій та наступній таблицях виділені значення вищі за норматив

Виявлено високий вміст хімічних елементів у колодязній воді (див. табл. 2). Так, вищим за норматив ГДК для України був вміст As (у 7,6 раза), Ba (у 2,6 раза), Cd (у 20 разів), , Pb (у 6,3 раза), Ni (у 1,6 раза), Se (у 2,6 раза). Вміст Ca у колодязній воді був у 1,48 раза вищим за норматив ЕРА. Було встановлено низький вміст хімічних елементів у колодязній воді: Cr (у 1,47 раза), Cu (у 27,8 раза), Fe (у 1,58 раза), Mo (у 5 разів), Zn (у 16 разів) відповідно до діючого в Україні нормативу ГДК.

Таблиця 3. Вміст хімічних елементів у поверхневих (річки, озера) водах різних джерел м. Києва та області, визначений методом АЕС-ІЗП (мг/л)

Елемент	Колодязна вода (M ± m)	Поверхневі води (M ± m)	ГДК води рибно-господарського користування
Al	0,13± 0,027	<b>5,48±0,97</b>	0,08
As	<b>0,38 ±0,086</b>	0,044±0,011	0,05
Ba	<b>0,26± 0,058</b>	0,074±0,016	20
Ca	<b>148,38 ±30,10</b>	121,53±25,58	180
Cd	<b>0,020 ±0,046</b>	0,001±0,0001	0,005
Cr	0,034±0,008	<b>0,009±0,002</b>	0,001(0,005)
Cu	0,036 ±0,008	<b>0,012±0,003</b>	0,005
Fe	0,19± 0,042	<b>0,15±0,041</b>	0,1
Mg	45,79± 9,42	18,01±3,97	40
Mn	0,11 ±0,024	<b>0,06±0,017</b>	0,01
Mo	0,05± 0,011	<b>0,004±0,001</b>	0,0012
Ni	<b>0,16± 0,036</b>	<b>0,047±0,013</b>	0,01
Pb	<b>0,19± 0,043</b>	0,014±0,001	0,1
Se	<b>0,026± 0,005</b>	<b>0,026±0,004</b>	0,0016
Sr	2,85± 0,65	4,78±0,93	10,0
V	0,006 ±0,001	<b>0,002±0,0001</b>	0,001
Zn	0,31 ±0,07	0,012±0,003	0,01

Результати АЕС-ІЗП аналізу вмісту хімічних елементів у водах різних вододжерел м. Києва показали, що в артезіанській воді спостерігався значно вищий вміст таких елементів, як Al (у 5,8 раза), As (у 8,4 раза), Cd (у 10 разів), Cr (у 8,4 раза), Fe (у 6,7 раза), Pb (в 3,7 раза) порівняно з діючим в Україні ГДК (див. табл. 2). При цьому вміст Ni та Se в артезіанській воді був вищим за ГДК ВООЗ та ЕРА відповідно у 3,2 та 2,3 раза.

Спостерігався високий вміст хімічних елементів у поверхневих водах (див. табл. 3). Так, вищим за норматив ГДК для України був вміст Al (у 68,5 разів), Cr (у 1,8 раза), Cu (у 2,4 раза), Fe (у 1,5 раза), Mn (у 6,0 разів), Mo (у 3,33 раза), Ni (у 4,7 раза), Se (у 16,25 раза), V (у 2,0 рази). В той же час встановлено низький вміст у природній воді Ba (у 270,3 раза), Ca (у 1,48 раза), Mg (у 2,22 раза), Sr (у 2,09 раза) порівняно з нормативом ГДК.

Таким чином, на території м. Києва та області вміст хімічних елементів у підземних та поверхневих водах варіював у широких межах, що пояснюється геохімічними особливостями території розташування вододжерел, їх участю у геофізичних та біохімічних процесах, антропогенним впливом на довкілля.

Аналіз валових форм металів у ґрунтах проводився з урахуванням функціональних зон міста. Серед проаналізованих хімічних елементів у ґрунтах (таблиця 4) особливу увагу привертають вміст марганцю та цинку, які вищі за

ГДК та фоновий вміст цих елементів. Перевищення вмісту цих металів в порівнянні з нормативними значеннями носило суттєві відмінності по функціональних зонах. Так, максимальні значення характерні для автомагістралей та санітарно-гігієнічних зон підприємств (як, наприклад, ТЕЦ). Також слід зазначити, що за умов внесення високої кількості мінеральних добрив значна частина мікроелементів не може засвоюватись рослинами, а отже, втрачається і поступово вимивається з ґрунту, забруднюючи навколишнє природне середовище [16–18, 25, 26].

Відомо, що мінеральний склад ґрунтів та води знаходиться у кореляційній залежності від кислотно-лужного стану. При зміні кислотно-лужних властивостей ґрунту важкі метали ведуть себе по-різному: при залуженні в багатьох із них рухливість зменшується, в деяких – збільшується. При зростанні величини рН буферність ґрунтів по відношенню до Zn, Cd, Pb, Cu, Co та інших збільшується, а по відношенню до Mo і As – зменшується.

Таблиця 4. Вміст валових форм хімічних елементів у ґрунтах м. Києва (мкг/г)

Хімічний елемент	Діапазон концентрацій	Середнє значення (M ± m)	Норматив		
			Фоновий вміст	ГДК	ОДК
Al	1827,0-2520,0	2190,83± 148,71	712-10 450		
Ba	1016,61-1457,61	1301,11± 94,64	3000		
Cd	0,34-0,62	0,49 ±0,061	0,25-0,6		0,5-2,0
Cr	2,65-3,76	3,29± 0,24	31-400	6,0	
Cu	7,38-10,36	8,90 ±0,64	2-100	3,0	33-132
Fe	1559,91-1790,91	1653,91 ±49,57	7000-42000		
Mn	95,22-130,48	<b>116,94 ±7,56</b>	300-800	60-500	1500
Mo	0-0,004	0,001 ±0,0009	1,5-2,0		
Ni	2,12-3,04	2,53± 0,20	16-58	4,0	20-80
Sr	0,28-1,84	1,24± 0,33	79-384		
Pb	9,62-11,54	11,08±0,46	13-130	6,0	32-130
Zn	311,38-411,59	<b>354,38± 21,50</b>	37-80	23,0	55-220

Експерти ВООЗ вважають [16], що ґрунти являються головним депонуючим середовищем, куди метали можуть надходити під час прямого внесення з атмосферними опадами, листям рослин та водою. Стан ґрунтів слід розглядати як інтегральний показник багаторічного процесу забруднення всього навколишнього середовища.

Крім того, забруднення ґрунтів є джерелом вторинного забруднення приземного шару повітря, поверхневих та ґрунтових вод. Таким чином, ґрунти являють собою потрійний інтерес: як початковий харчовий ланцюг, джерело вторинного забруднення атмосфери, так і інтегральний показник екологічного стану довкілля [28]. Однак, враховуючи різний тип ґрунтів Київщини та великі межі фонового вмісту та ГДК/ОДК для ряду хімічних елементів, в даних дослідженнях відмічено тільки суттєве навантаження за рахунок марганцю та цинку.

Загалом отримані дані демонструють, що екологічний моніторинг забруднення довкілля в системі сніг-вода-ґрунти потенційно токсичними металами є актуальним для великих міст України. При цьому пріоритетними елементами такого моніторингу є алюміній, марганець, цинк, залізо, хром та кальцій.

## Висновки

1. У структурі факторів хімічної природи першочергову роль відіграє зростаюче з роками забруднення снігового покриву. Пріоритетними металами, забруднюючими сніговий покрив м. Києва, є алюміній, марганець, цинк, залізо, кальцій.

2. Виконані дослідження дозволили зробити порівняльний аналіз вмісту важких металів та есенціальних мікроелементів у поверхневих та підземних водах і за ступенем забруднення ранжувати їх у наступний ряд: артезіанська → колодезна → поверхнева.

3. Серед проаналізованих хімічних елементів у ґрунтах особливу увагу привертають вміст марганцю та цинку, які виявилися вищими за ГДК та фоновий вміст. Перевищення вмісту цих металів в порівнянні з нормативними значеннями носило суттєві відмінності по функціональних зонах.

4. Серед методів, що можуть бути застосовані для моніторингу забруднення хімічними елементами, перспективним є застосування сучасних високочутливих методів, одним з яких є метод АЕС-ІЗП.

5. Матеріали спостережень за забрудненням довкілля дозволяють оцінити якість об'єктів навколишнього середовища та можуть бути рекомендовані для включення в систему екологічного та гігієнічного моніторингу.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Скальный А.В. Медико-экологическая оценка риска гипермикроэлементозов у населения мегаполиса [А.В. Скальный, А.Т. Быков, Е.П. Серебрянский, М.Г. Скальная]. – Оренбург.: РИК ГОУ ОГУ, 2003. – 134 с.
2. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии. – М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. – 215 с.
3. Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами [Б.А. Ревич, Р.С. Смирнова, Е.П. Со рокина]. – М. ИМГРЭ, 1982. – 12 с.
4. Безель В.С. Популяционная экотоксикология [В.С. Безель, В.Н. Большаков, Е.Л. Воробейчик]. – М. Наука, 1994. – 80 с.
5. Боев В.М. Гигиеническая характеристика влияния антропогенных и природных геохимических факторов на здоровье населения Южного Урала // Гиг и сан. – 1998. – № 6. – С. 3–8.
6. Даукаев Р. Мониторинг загрязнения снежного покрова Уфы / Р. Даукаев, Р. Сулейманов // Гиг. и сан. – 2008. – № 5. – С. 26–28.
7. Быстрых В.В. Макро- и микроэлементы в снеговом покрове в зоне возможного влияния газовой промышленности / Быстрых В.В., Боев В.М., Музалева О.В., Белослудцева Л.А. // Вестник ОГУ. – 2006. – № 12. – С. 52–54.
8. Чалина Н.Б. Тяжелые металлы в снеговых выпадениях Архангельской области / Чалина Н.Б., Иванченко Н.Л. // Химические науки. – 2012. – № 12. – С. 105–106.
9. Дунаев В.Н. Гигиеническая оценка формирования риска здоровью при воздействии металлов и их соединений / В.Н. Дунаев, В.М. Боев, Р.М. Шагеев, Е.Г. Фролова // Вестник ОГУ. – 2006. – № 12. – С. 89–92.
10. Темиргалиев Ш.М. Снег – индикатор загрязнения среды // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1991. – № 6. – С. 86–88.
11. Смирнова С.Н. Тяжелые металлы в снежном покрове Николаева / Смирнова С.Н., Долин В.В. // 36. праць Ун-ту геології навколишнього середовища НАН та МНС України. – К. 2011. – В. 10 – С. 115–124.



12. Sakai H. Heavy metal concentration in urban show as an indicator of air pollution / H. Sakai, T. Sasaki, K. Saito // *Sci.Total Environ.* – 1998. – v. 77. – P. 163–174.
13. Проданчук М.Г. Науково-методичні аспекти токсиколого-клінічних досліджень впливу мінерального складу питної води на стан здоров'я населення України (огляд літератури) / М.Г. Проданчук, І.В. Мудрий, В.І. Великий, 2006. – № 3. – С. 4–7.
14. Тулакин А.В. Гигиеническая характеристика питьевого водопользования в районах экологического неблагополучия / А.В. Тулакин, С.И. Плитман, Ю.В. Новиков // *Гиг. и сан.* – 1996. – № 1. – С. 10–12.
15. Фетисова Г.К. Роль минерального состава питьевой воды в формировании неинфекционной патологии населения // *Гиг. и сан.* – 2004. – № 1. – С. 20–22.
16. Обзор проблемы загрязнения кадмием, свинцом и ртутью окружающей среды в России и в Украине / *Intergovernmental Forum on Chemical Safety Global Partnerships for Chemical Safety Contributing to the 2020 Goal.*, 2008. – 60 p.
17. Соколова О.Я. Влияние техногенного воздействия на содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах / О.Я. Соколова, А.В. Стряпков, С.В. Антимонов, С.Ю. Соловых // *Вестник ОГУ*, 2006. – № 2. – С. 35–42.
18. Федосова И.В. Распределение микроэлементов-биофилов и тяжелых металлов в системе почва-растение в урбанизированной среде / И.В. Федосова, Ю.М. Злобина // *Вестник ЮУрГУ*, 2005. – № 4. – С. 271–272.
19. Долин В.В. Эколого-геохимические критерии формирования поля загрязнения урболандшафтов Николаевской городской агломерации тяжелыми металлами / В.В. Долин, С.М. Смирнова, А.А. Ищук. / *Екологічна геохімія*, 2011. – № 1, (11). – С. 3–12.
20. ДСанПІН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною Затв. МОЗ України від 12.05.2010 р. № 400. К. – 49 с.
21. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – № 1743.-90. – М.: ИМГРЭ, 1990. – 112 с.
22. Визначення 33 елементів методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою у воді. ДСТУ ISO 11885:1996. – К. Держспоживстандарт України, 2007 – 14 с.
23. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. – К.: МДК, 2006. – 558 с.
24. Шестоपालов В.М. Безпечність питної води в Європейському і Українському водному законодавстві / В.М. Шестоपालов, М.В. Набока, С.А. Омельчук, Л.П. Почечкайлова // *Довкілля та здоров'я*. 2008. – № 4(47). – С. 18–25.
25. Daskakova A., Gabrashanska M. Comparative investigation on microelement levels in sampler from soil, water, fodder and internal organs of wild animals // *Fifth inter. Symp. «Metals ions in biology and medicine» Greece*, 2005. – v. 5 – P. 776–780.
26. Рыжиков В.А. Распределение минеральных водорастворимых веществ в почвах функциональных зон городов с различной техногенной нагрузкой / В.А. Рыжиков, Ю.А. Романевич, Д.Ю. Городецкий, Г.М. Бокая // *Природопользование*, Минск, 2011. – Вып. 20. – С. 68–75.
27. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.
28. Паранько Н.М. Тяжелые металлы внешней среды и их влияние на иммунный статус населения [Паранько Н.М., Белицкая Е.Н., Карнаух Н.Г., Рублевская Н.И., Ситало С.Г.] – Днепропетровск: Полиграфист, 2002. – 146 с.

*Стаття надійшла до редакції 20.03.2015*

УДК 504.064.2

Т.І. КРИВОМАЗ, А.Р. ПЕРЕБИНОС

## ПЕРВИННА ОЦІНКА МІКОПОШКОДЖЕНЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ СПОРУД У НМНАПУ «ПИРОГІВ»

***Анотація.** Захист дерев'яних архітектурних споруд є одним із напрямків екологічної безпеки. Проблема збереження музейно-архітектурних пам'яток та екобезпеки їх рекреаційної експлуатації заслуговує на пильну увагу та накладає відповідальність на всіх, хто причетний до її вирішення. За результатами попередньої оцінки встановлено, що умови збереження та рекреаційної експлуатації архітектурних дерев'яних пам'яток в чотирьох обстежених експозиціях Національного музею народної архітектури та побуту України «Пирогів» відповідають вимогам стандартів системи забезпечення надійності та безпеки технічного стану дерев'яних конструкцій. Проте навіть первинне обстеження виявило наявність значних пошкоджень грибами деяких будівель, які потребують нагальних оперативних заходів з усунення руйнівного впливу мікодеструкторів, а також інших негативних біотичних та абіотичних факторів. На основі первинного обстеження дерев'яних споруд в чотирьох історико-етнографічних експозиціях Наддніпрянищина, Слобожанщина, Полісся та Карпати було створено попередню базу даних для моніторингу біопошкоджень та нагляду за технічним станом будівель у відповідності до норм екобезпеки.*

***Ключові слова:** екологічна безпека, біодеструкції, мікопошкодження, захист дерев'яних споруд, музейні пам'ятки.*

Збереження історико-архітектурного спадку стосується кожного мешканця України та має безпосереднє відношення до завдань екобезпеки. Особливо небезпечним фактором ризику для збереження дерев'яних споруд є мікодеструкція, як це видно на прикладі Національного музею народної архітектури та побуту України «Пирогів» (НМНАПУ «Пирогів»). Архітектурний ансамбль музею охоплює всі історико-етнографічні регіони України: Середня Наддніпрянищина, Південь України, Слобожанщина, Полтавщина, Полісся, Карпати. НМНАПУ «Пирогів» засновано 6 лютого 1969 року з ініціативи громадськості, і на сьогоднішній день він є найбільшим скансеном (музей просто неба) Європи. Загальна площа музею понад 131 га, де розміщено близько 300 унікальних пам'яток народної архітектури, датованих XVI–XX ст. [1]. Крім очевидної необхідності захисту музейних дерев'яних споруд від деструктивної дії грибів, проведення дослідження мікопошкоджень в НМНАПУ «Пирогів» має суттєве наукове та практичне значення. По-перше, це унікальна можливість дослідити поширення мікодекструкторів деревини за віковим та часовим векторами, адже на території музею розташовані переважно дерев'яні будинки та споруди різного віку та з різних районів України. По-друге, музейні дерев'яні конструкції служать чудовим полігоном досліджень у зв'язку з наявністю основних видів деревини (сосна, дуб та ін.), що досі використовується в будівельній галузі України. По-третє, музей є унікальною пам'яткою архітектури та історії українського народу, що потребує охорони від руйнації та збереження у цілісному та оригінальному вигляді для сучасників та нащадків.

Музейні дерев'яні конструкції в процесі зберігання зазнають дії низки несприятливих внутрішніх та зовнішніх факторів. До внутрішніх факторів відносять технологічні властивості та особливості дерев'яних конструкцій, а до зовнішніх – умови та режим зберігання. До основних екологічних факторів, що сприяють розвитку мікологічних пошкоджень, насамперед відносять: підвищену вологість повітря (22–50%), температуру повітря від 20–22°C та вище, а також значну забрудненість середовища та недостатню вентиляцію приміщення. Дія мікологічного фактора починає проявлятися в результаті несприятливих умов, що особливо небезпечно при їх поєднанні з природним процесом старіння деревини. При цьому сучасні вимоги дотримання норм екологічної безпеки накладають обмеження на використання хімічних речовин для обробки деревних конструкцій.

За результатами проведеного Національним науково-дослідним реставраційним центром України моніторингу умов зберігання музейних пам'яток, для більшості музеїв актуальна проблема біопшкоджень експонатів, а 33% цих пошкоджень припадає на мікроорганізми, серед яких переважають мікроскопічні гриби (мікроміцети). За даними Е.З. Коваль, на музейних пам'ятках в Україні виявлено 107 видів грибів, що належать до 40 родів, 12 родин, 7 порядків, 5 класів, 4 відділів: Zygomycota, Ascomycota, Deuteromycotata Basidiomycota [2]. Пошкодження мікроміцетами набагато більше пов'язано з умовами зберігання пам'яток, ніж з характером матеріалу. Таким чином, стан музейних дерев'яних конструкцій безпосередньо залежить від рівня профілактичних заходів, що потребує систематичного мікологічного обстеження для попередження розвитку мікодеструкторів. Внаслідок цього можливо уникнути необхідності біоцидних обробок, тим самим сприяючи підтриманню належного рівня екобезпеки. Як свідчать численні дослідження, немає фунгіцидів цілком безпечних для оброблюваних матеріалів і нетоксичних для людей [3].

Аналіз наявної інформації свідчить про необхідність створення теоретичного та прикладного підґрунтя для вирішення проблем мікопошкоджень деревних конструкцій. Насамперед це стосується розробки спеціальних методів досліджень, які б включали відбір проб, виділення з них мікроміцетів, критерії оцінки їх деструктивної активності, чутливість до фунгіцидів, санітарне значення як потенційних патогенів.

**Мета дослідження.** Здійснити обстеження архітектурних споруд в Національному музеї народної архітектури та побуту України «Пирогів» для виявлення загроз руйнування дерев'яних конструкцій мікологічними деструкторами. Основними задачами дослідження є:

- Проаналізувати умови збереження та рекреаційної експлуатації архітектурних пам'яток в експозиціях НМНАПУ «Пирогів».
- З'ясувати закономірності впливу екологічних факторів та біотичних агентів на збільшення ризику пошкодження грибами дерев'яних матеріалів.
- Створити первинну базу даних для моніторингу біопшкоджень та нагляду за технічним станом архітектурних пам'яток з деревини у відповідності до норм стандартів системи забезпечення надійності та безпеки технічного стану дерев'яних конструкцій.
- Сприяти збереженню від руйнації архітектурно-історичних цінностей в НМНАПУ «Пирогів» у цілісному та оригінальному вигляді для сучасників та нащадків.

**Матеріали та методи.** Дослідження біогенних пошкоджень дерев'яних споруд НМНАПУ «Пирогів» було розпочато у лютому та тривало до травня 2015 р. Первинна класифікація категорії технічного стану обстежених будівель визначалась згідно з проектом «ДСТУ Б В.1.2-№:201X Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Обстеження і паспортизація технічного стану будівель та інженерних споруд». Категорії технічного стану встановлюються за натурними класифікаційними ознаками технічного стану дерев'яних конструкцій споруд в залежності від наявності певних дефектів та пошкоджень. До першої категорії відносять будівлі, в яких дефекти та пошкодження відсутні. Під другу категорію підпадають споруди, в яких помітні перекоси та інші нерівномірні деформації стінових конструкцій; наявне місцеве та поверхневе ураження деревини гниллю (до 5% поверхні або 10% площі перерізу конструкцій); відбувається незначне зволоження та ін. Третя категорія включає значний спектр дефектів: ураження деревини гниллю на 5–10% поверхні; зволоження вище нормативних і проектних значень; обростання мохом на рівні цоколю; наявність ознак жуків-деревоточців та ін. До четвертої категорії належать будівлі з діагностичними ознаками дереворуйнуючих грибів; значним ураженням деревини гниллю (більше 10% поверхні) та жуками-деревоточцями; більша частини деревини має високу вологість та ін. [4].

Первинний огляд будівель був здійснений з метою виявлення пошкоджень та визначення ділянок відбору проб. Перший етап складався з попереднього візуального огляду будівлі та опису досліджуваної пам'ятки, в процесі якого відмічаються характерні ознаки механічних (тріщини, осипання, лущення), ентомологічних (ходи жуків, павутиння) та мікробіологічних пошкоджень (нальоти, колонії, плями, зміна кольору деревини). Первинний алгоритм обстеження також враховував наявність протікань, запиленість, вологість та вентиляцію приміщень.

Назви обстежених споруд, їх архітектурна характеристика, тип будівельної деревини, місце та вік будови наведені в паспортах, що були люб'язно надані адміністрацією НМНАПУ «Пирогів». На основі попередньої експертизи біопшкоджень було створено первинну базу даних, яка включає дату обстеження, екологічні фактори та характер деструкцій. В базі окремо виділені результати зовнішнього та внутрішнього огляду з деталізацією типів пошкоджень, які можуть вказувати на наявність грибної інфекції: плодові тіла та структурні фрагменти грибів, крапчасті щільні колонії, нальоти, плями, зміна кольору деревини. Також в базі відзначались біотичні та абіотичні фактори, що можуть сприяти розвитку мікотичної деструкції: протікання, сирість, відсутність сонячного світла, запиленість, недостатня вентиляція, ентомологічні пошкодження та нальоти зелених водоростей, які також свідчать про надмірне зволоження деревини.

**Результати.** Протягом лютого–травня 2015 р. було проведено первинне мікологічне обстеження деревних будівель НМНАПУ «Пирогів» на чотирьох історико-етнографічних експозиціях: Карпати, Полісся, Середня Наддніпрянина та Слобожанщина.

В експозицію Карпати входять 38 будівель із Закарпатської, Івано-Франківської та Чернівецької областей України. Більшість споруд (63%) побудовано з деревини смереки, значно менше – з дубу (26%) та буку (11%).

Крім того, присутні елементи конструкцій з осики та ліщини (по 5%), а також з вільхи, грабу, тополі, ялини та ясеню (по 3%). Первинні обстеження зовнішніх дерев'яних конструкцій у 61% будівель виявили ентомологічні пошкодження, в 17% були знайдені плодові тіла та структурні фрагменти грибів, в 13% – крапчасті колонії мікроміцетів, а також були відмічені протікання, нальоти зелених водоростей та зміна кольору деревини. При внутрішньому огляді цих споруд було знайдено структурні фрагменти грибів (32%), ентомологічні пошкодження (21%), протікання (16%), зміна кольору деревини (8%) та крапчасті колонії мікроміцетів (3%). В результаті зовнішнього обстеження 71% дерев'яних споруд та 53% їх внутрішнього інтер'єру, дві з них (7%) було віднесено до четвертої категорії технічного стану, 11 (41%) – до третьої, а 14 (52%) – до другої.

В експозиції Наддніпрянина загалом нараховується 51 будівля з Київської, Полтавської та Черкаської областей, при цьому відокремлюються Правобережна (37 споруд) та Лівобережна (14 споруд) частини цього регіону. Історико-архітектурні пам'ятки побудовані переважно в кінці XIX та на початку XX ст., крім того, наявні чотири споруди XVIII ст. В паспортах будівель не завжди вказаний вид деревини, тому можна тільки зазначити, що для 25% будівельних конструкцій використовувався дуб, для 14% – сосна та для 2% – осика. Зовнішній і внутрішній технічний стан досліджених споруд Наддніпрянини кардинально відрізняються за типом та інтенсивністю пошкоджень. Так, зовнішні ентомологічні пошкодження деревини зареєстровані у 69% будівель, і тільки у 14% – всередині споруд. Зовнішні протікання виявлені у 22% споруд, і у 16% – всередині будівель. Про надмірну зволоженість деревини також свідчить присутність зелених водоростей зовні (22%), проте всередині будівель їх виявлено не було. Зміна кольору деревини, яка може свідчити про грибні інфекції, спостерігалась зовні у 57% будівель і тільки у 2% – всередині, наявність грибних структур – у 16% випадків зовні та у 8% – всередині, а крапчасті колонії мікроміцетів були виявлені тільки зовні (22%). Можливо, такі відмінності пов'язані з особливостями глинобитних сошних конструкцій, характерних для цього регіону. В результаті зовнішнього обстеження 94% дерев'яних споруд та 22% їх внутрішнього інтер'єру, чотири з них (8%) було віднесено до третьої категорії технічного стану, 44 (92%) – до другої.

Експозиція Полісся налічує 25 споруд, серед них 10 житлових будинків, 9 громадських та 6 господарських будівель з Волинської, Гомельської, Житомирської, Рівненської, Чернігівської областей та одна будівля з Курської області, віком від XVI до XX ст. Більшість споруд (96%) побудовано з деревини сосни, майже вдвічі менше (44%) – з дубу. Крім того, присутні елементи конструкцій з вільхи (8%), а також з берези, осики та горіху (по 4%). Зовнішнє обстеження будівель виявило ентомологічні пошкодження (52%), гриби та їх структурні фрагменти (48%), наліт зелених водоростей (24%), крапчасті колонії мікроміцетів (12%) та зміну кольору деревини (4%). Первинний аналіз внутрішніх приміщень виявив ентомологічні пошкодження – 40% та структурні фрагменти грибів – 36%, а також наявність протікань – 16%. В результаті обстеження зовнішнього стану та внутрішнього інтер'єру 72% дерев'яних споруд, 21% з них було віднесено до четвертої категорії технічного стану, 37% – до другої, а 42% – до третьої.

Історико-етнографічна експозиція Слобожанщина об'єднує 35 споруд кінця XIX ст. – початку XX ст. з Луганської, Полтавської, Сумської та Харківської областей, включаючи одну будівлю з Чернігівської області. Переважна їх більшість побудована з дубу (80%), а також (по 14%) з осики та сосни. Крім того, дерев'яні конструкції несуть елементи з бересту, тополі, верби (по 6%) та вільхові пластини (3%). Первинне зовнішнє обстеження споруд Слобожанщини виявило ентомологічні (66%) та грибні (46%) пошкодження, а також зелені водорості (31%), наявність яких очевидно пов'язана з надходженням вологи (31%). Протікання спостерігались і всередині приміщень (43%), як і грибні (29%) та ентомологічні (20%) пошкодження. В результаті зовнішнього обстеження 69% дерев'яних споруд та 46% їх внутрішнього інтер'єру, 8% з них було віднесено до четвертої категорії технічного стану, 38% – до другої, а 54% – до третьої.

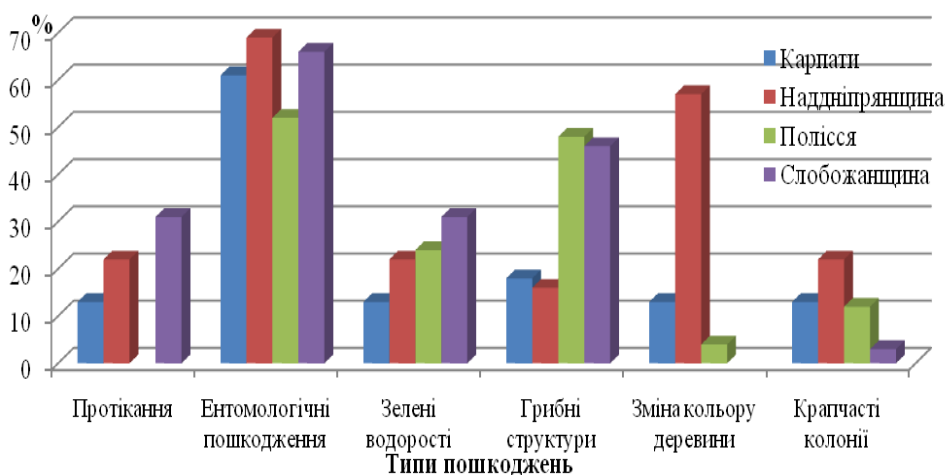


Рис. 1 – Зовнішні пошкодження споруд в НМАПУ «Пирогів»

Таким чином, первинний огляд технічного стану споруд виявив суттєві відмінності у характері зовнішніх (рис. 1) та внутрішніх (рис. 2) пошкоджень. На основі результатів обстеження дерев'яних споруд в чотирьох історико-етнографічних експозиціях Наддніпрянина, Слобожанщина, Полісся та Карпати було встановлено закономірний зв'язок між наявністю біопшкоджень та сприятливих екологічних факторів для їх розвитку. Крім того, існує зв'язок між видами мікодефекторів та видами деревини, що використовувалась для будівельних конструкцій. Помічена певна кореляція інтенсивності біотичних уражень з традиційними методами будівництва, характерними для різних регіонів України. Так, архітектурні традиції Наддніпрянина забезпечують відносно високу біостійкість будівель. В Карпатській експозиції також спостерігався досить незначний рівень зовнішніх біопшкоджень, незважаючи на багатий вибір деревних субстратів. Ризик мікодефекцій в Поліській експозиції можливо пов'язаний з переважанням у конструкціях соснової деревини, яка є улюбленим субстратом для багатьох видів грибів. Архітектурні особливості будівель Слобожанщини не перешкоджають розвитку біодефекторів,

проте цьому може сприяти також підвищений рівень вологості у приміщеннях, що можливо викликаний переміщенням будівель в нетипові для них природні умови.

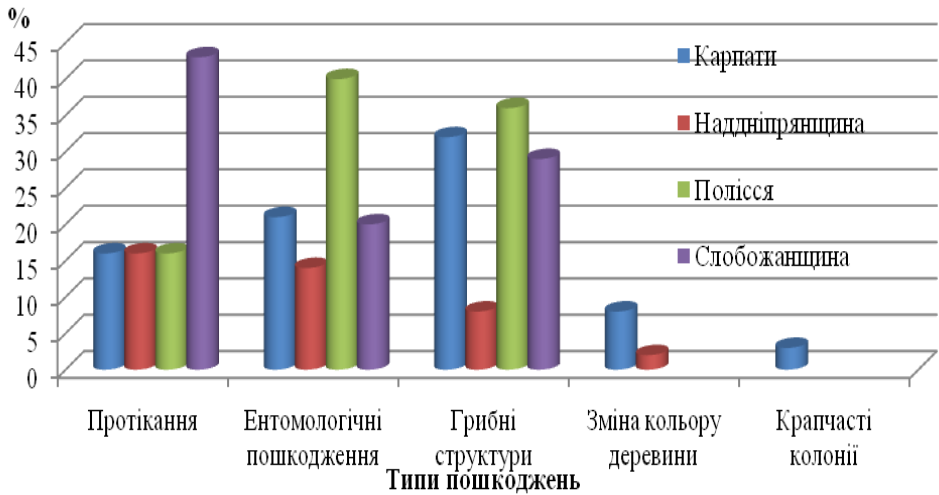


Рис. 2 – Внутрішні пошкодження будівель в НМНАПУ «Пирогів»

Очевидно, найбільш суттєвим фактором, що впливає на розвиток грибних інфекцій, є надмірна зволоженість деревини, про яку свідчить наявність протікань, що були виявлені у більшості споруд як зовні, так і всередині. Однак в зовнішньому обстеженні будинків з Поліського регіону протікань не було виявлено зовсім, а кількість будинків, на яких було знайдено гриби, була найбільшою з-поміж інших регіонів. Крапчасті колонії мікроміцетів, як і наліт зелених водоростей та зміна кольору деревини, переважають у зовнішніх деревних конструкціях. Натомість, ентомологічні та грибні пошкодження трапляються як зовні, так і всередині споруд.

Інтенсивність розвитку та видовий склад грибів залежать не тільки від екологічних факторів, але й безпосередньо пов'язані з видами деревних субстратів (табл.). Судячи з аналізу експозицій, найбільш поширеною будівельною деревиною в Україні є дуб (40%), але ступінь його застосування змінюється, в залежності від регіону. В Карпатах це дерево займає друге місце за частотою використання в будівництві, після деревини смереки, а в Поліссі – після сосни. В Карпатській експозиції спостерігається найбільша різноманітність видів деревних порід у складі будівель, випереджаючи Слобожанщину та Полісся. Цікаво, що найбільше грибних пошкоджень зареєстровано саме в Поліссі, а не в Карпатах, як це можна було б очікувати, судячи з багатого вибору деревних субстратів. В спорудах експозиції Наддніпрянщини були задіяні всього три види дерев для будівництва, тому кількість грибних пошкоджень виявилась очікувано найнижча.

Таблиця. Види деревини будівельних конструкцій в НМНАПУ «Пирогів»

№	Вид деревини	Карпати		Наддніпрянина		Полісся		Слобожанщина	
		Кількість конструкцій	%	Кількість конструкцій	%	Кількість конструкцій	%	Кількість конструкцій	%
1	Дуб	10	26	13	25	11	44	28	80
2	Сосна			7	14	24	96	5	14
3	Смерека	24	63						
4	Осика	2	5	1	2	1	4	5	14
5	Тополя	1	3			2	8	2	6
6	Бук	4	11						
7	Берест							2	6
8	Верба							2	6
9	Вільха	1	3					1	3
10	Ліщина	2	5						
11	Береза					1	4		
12	Горіх					1	4		
13	Граб	1	3						
14	Ялина	1	3						
15	Ясень	1	3						
	<b>Загалом</b>	<b>47</b>		<b>21</b>		<b>40</b>		<b>45</b>	

**Обговорення та висновки.** Підсумкове оцінювання стану досліджуваних споруд базувалось як на окремих показниках, так і на комплексних. Кожній обстеженій будівлі була встановлена категорія технічного стану, згідно з діючими стандартами (рис. 3). Візуальні натурні класифікаційні ознаки технічного стану дерев'яних конструкцій споруд відповідали другій – 57%, третій – 30% та четвертій – 13% категоріям. За попередніми оцінками, найкращий технічний стан будівель спостерігався в експозиції Наддніпрянини, де до другої категорії було віднесено 92% споруд. Очевидно, природні умови музею подібні природним умовам місцевості, де були побудовані споруди, тому їх переміщення не стало стресовим фактором. Натомість, в експозиції Слобожанщини найбільший відсоток (38%) будівель четвертої категорії технічного стану, що, можливо, свідчить про вплив зміни природних умов в результаті перенесення. Будівлі з Карпат розмістили на пагорбі, щоб максимально відтворити природні умови гірської місцевості, тому переважна більшість споруд тут добре збереглась: 52% – друга категорія, 41% – третя та 7% – четверта. Порівняно з іншими регіонами, в експозиції Полісся будівлі досить рівномірно розподілились за категоріями технічного стану: друга – 37%, третя – 42% та четверта – 21%. Саме тут розташована найстаріша будівля НМНАПУ «Пирогів» – хата з села Самари Ратнівського району Волинської області 1587 р., яка, на жаль, не експонується з причини значних мітотичних пошкоджень по всьому внутрішньому периметру будівлі та загального аварійного стану конструкцій.



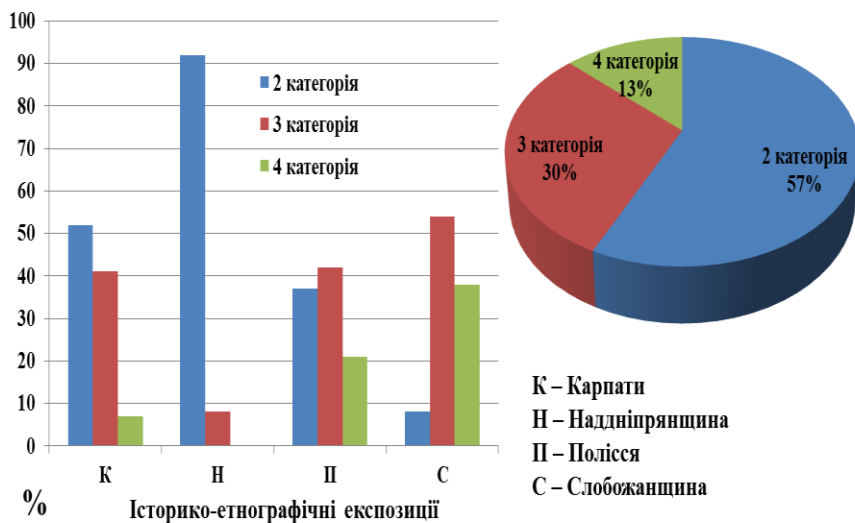


Рис. 3 – Категорії технічного стану споруд в НМНАПУ «Пирогів»

Слід наголосити, що дана оцінка приналежності будівель НМНАПУ «Пирогів» до певних категорій технічного стану носить попередній характер, а для остаточного визначення потрібен довгостроковий моніторинг та застосування спеціальних технологій із залученням експертів з різних галузей. Загалом, умови збереження та рекреаційної експлуатації архітектурних дерев'яних пам'яток в чотирьох обстежених експозиціях НМНАПУ «Пирогів» відповідають вимогам стандартів системи забезпечення надійності та безпеки технічного стану дерев'яних конструкцій. Проте навіть первинне обстеження дерев'яних архітектурних пам'яток в НМНАПУ «Пирогів» виявило наявність значних пошкоджень грибами деяких будівель. Ці споруди потребують нагальних оперативних заходів з усунення руйнівного впливу мікодефекторів, а також інших негативних біотичних та абіотичних факторів.

Наразі найбільш складним моментом є трактування виду інфікованості, а саме, чи слід вважати певні гриби звичайними контамінантами чи є підстави відносити їх до справжніх дефекторів. Оцінювання інфікованості базується як на окремих, так і на комплексних показниках. Окремі показники встановлюють особливості стану поверхні деревини, ступінь загальної контамінації поверхні, наявність грибних структур (спор, гіф, плодових тіл), їх приблизної життєздатності та ростових процесів і т. ін. Комплексні показники включають ідентифікацію виділених грибів, оцінювання їх деструктивної здатності та чутливості до фунгіцидів. Мікологічне обстеження мікроміцетів починається з виявлення ділянок, з яких треба відібрати проби. Дослідження відібраних проб проводиться з метою встановлення: 1) наявності мікроміцетів; 2) життєздатності грибів, елементи яких наявні в пробах; 3) таксономічної приналежності виявлених мікроміцетів; 4) чутливості до антисептичних засобів. Виявлення чинників руйнівного процесу – це задача з багатьма невідомими. Аргументованим доказом деструктивної здатності гриба можуть бути результати спеціальних досліджень. Для кожного виду мікроміцетів властиві свої строки і особливості ростового процесу. Грибна спора, яка

закріпилась на субстраті, може перебувати у стані спокою невизначений час. Багаторічні спостереження Е.З. Коваль за ростовими процесами мікроміцетів, виділених з музейних предметів, дозволили виявити залежність від субстратної адаптованості, ступеня запилення та пошкодження, а також умов зберігання пам'яток. Хоча дія таких факторів, як температура, вологість, відсутність світлових та повітряних потоків, доступність субстрату, необхідна для всіх грибів, проте вихід із стану спокою відбувається в умовах, індивідуальних для кожного виду і навіть штаму. Найбільш типовим пошкодженням, спричиненим мікроскопічними грибами, є нальоти різного кольору, висоти та щільності. Трапляються окремі крапчасті щільні колонії. Також характерні різнобарвні плями, які свідчать про функціонування грибного організму та активне виділення специфічних агресивних забарвлених метаболітів. На процеси руйнування пам'яток безпосередньо впливає санітарний стан повітря та внутрішні конструкції. Окремі часточки пилу є субстратом для адгезії спор мікроміцетів, клітин водоростей, синантропних кліщів. Колонізуючи часточки пилу, гриби здатні виділяти агресивні метаболіти, які навіть у мікрокількостях можуть спричинити зміни поверхневого шару пам'ятки. Спори мікроміцетів здатні не лише до поверхневої адгезії, але й можуть проникати в непомітні порушення структури більш глибоких шарів, зберігаючи життєздатність упродовж кількох десятиріч і розпочинаючи активно функціонувати за виникнення сприятливих умов для їх розвитку, таких як температурно-вологісний режим, старіння матеріалу тощо[2].

В результаті дослідження зроблені наступні висновки:

1. Умови збереження та рекреаційної експлуатації архітектурних дерев'яних пам'яток в чотирьох обстежених експозиціях НМНАПУ «Пирогів» відповідають вимогам стандартів системи забезпечення надійності та безпеки технічного стану дерев'яних конструкцій, проте виявлені окремі споруди, які потребують негайних заходів з усунення руйнівного впливу мікодесторукторів та інших небезпечних факторів.

2. За результатами первинного обстеження дерев'яних споруд в чотирьох історико-етнографічних експозиціях Наддніпрянина, Слобожанщина, Полісся та Карпати було створено попередню базу даних для моніторингу біопшкоджень та нагляду за технічним станом у відповідності до норм екобезпеки.

3. Встановлено кореляційний зв'язок між наявністю біодесторукторів та сприятливих екологічних факторів для їх розвитку і традиційними методами будівництва, характерними для різних регіонів України та видами деревини, що використовувалась для будівельних конструкцій.

Захист дерев'яних архітектурних споруд є одним із напрямків екологічної безпеки. Проблема збереження музейно-архітектурних пам'яток та екобезпеки їх рекреаційної експлуатації заслуговує на пильну увагу та накладає відповідальність на всіх, хто причетний до її вирішення. В процесі вирішення завдань екологічної безпеки необхідно розробити методи комплексної оцінки біостійкості будівель і споруд. Це дозволить прогнозувати вплив біологічних агентів не тільки на конструктивні елементи, але й на стан життя та здоров'я людини. Обґрунтування теоретичних та практичних засад біодесторукцій матеріалів дозволяє створити надійні умови для життя та діяльності людини.

Автори висловлюють щирю вдячність співробітникам Національного музею народної архітектури та побуту України «Пирогів» за інформаційну та адміністративну підтримку даного дослідження.

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Верговський С.Х. Передумови, наукові засади створення й перспективи розвитку Національного музею народної архітектури та побуту України // Праці Центру пам'яткознавства: Зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 17. – С. 123–134.
2. Коваль Е.З., Митківська Т.І. Мікологічне обстеження музейних пам'яток // Національний науково-дослідний реставраційний центр України. – К., 2011. – 232 с., іл. 212.
3. Бідзіля В.А. Біоциди в реставраційній практиці. – К., 2003. – 63 с.
4. ДСТУ Б В.1.2-№:201Х Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Обстеження і паспортизація технічного стану будівель та інженерних споруд (проект, друга редакція) // Мінрегіон України, Київ. – 2012. – 67 с.

*Стаття надійшла до редакції 20.04.2015*

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ

УДК 539:537.8:504

**И.Н. СИМОНОВ, В.В. ТРОФИМОВИЧ**

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИВОЙ МАТЕРИИ И ВЛИЯНИЕ КОНТИНУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

***Аннотация.** В работе анализируются экспериментальные и теоретические предпосылки существования поля живой материи. Анализ позволяет сделать вывод, что электромагнитная природа поля живой материи связана с самосогласованными полями водных растворов электролитов, которые присутствуют практически во всех составляющих живой ткани. Структурные частицы материи – протон, электрон – это энергетические паттерны, сформированные из стоячей континуальной электромагнитной волны. Вещество – форма проявления свойств единого континуального поля, дополнительный канал общего электромагнитного взаимодействия между живой и физической материей.*

***Ключевые слова:** экологическая безопасность, континуальная электродинамика, стоячая волна, энергетический паттерн, самосогласованные системы, живая материя, водные среды.*

#### **Постановка проблемы**

Размежевание в современном естествознании произошло на рубеже раздела физики микро- и макромира. Это особенно заметно при исследовании процессов и явлений в живой материи, водных системах и на границе раздела фаз. Физика высоких энергий, взяв на себя роль фундаментальной науки, опирается на достижения квантовых теорий о структуре частиц, корпускулярности материи и взаимодействиях, уходит вглубь познаний о происхождении Вселенной и материи. Теории же процессов в области низких энергий, например, в водных средах, живой материи, строятся в основном на базе классических представлений и за редким исключением с использованием квантовых подходов.

Возникла ситуация, когда серьезные достижения в области фундаментальных исследований практически никак не отражаются на физике малых

энергий, хотя проблемы в сложных многокомпонентных системах, живой материи, водных системах, холодной плазме по накопленным нерешенным вопросам столь сложны, что мало в чем уступают проблеме «Большого взрыва». Например, *возникновение живой материи так же фундаментально, как происхождение Вселенной и поиск основополагающей частицы*. Такая ситуация сводит к второстепенности факт существования мыслящей субстанции, ее роль в познании мира и влияния на ноосферу. По сути, современная концепция физики не находит места для живой материи во Вселенной, она как бы выпадает из нее, хотя и нет ответа на вопросы о том, что взорвалось и в какой форме существовала материя до взрыва. Возможно, *развитие полевой концепции частиц, поиск причин формирования самоорганизованной живой субстанции и разных форм существования материи позволит приблизиться к решению проблемы возникновения Вселенной и построения ее целостной картины*.

Принципиальным достижением последней половины XX и начала XXI столетий явилось понимание серьезной опасности влияния антропогенных нагрузок на экосистему и в частности на человека, и, соответственно, человека на природу. Являясь производителем техногенных устройств, в погоне за техническим прогрессом и комфортом, человечество упустило из виду протivoестественность изобретений природным условиям, в которых формировался человек. Возникла новая среда, созданная человеком, а условия пребывания в ней оказались практически не изученными. Достаточно краткий исторический промежуток времени не позволяет определить результаты эволюционного развития под увеличивающимся прессом антропогенных нагрузок.

Если парниковый эффект носит глобальный характер, причины возникновения которого связывают, главным образом, с развитием промышленности, то масштабные природные катаклизмы в массовой литературе соотносят с духовным кризисом людей. Этот момент вызывает большой скепсис у физиков, хотя связь между солнечными, космическими циклами и поведением человеческих масс мало кто отрицает. Но, если живая и первичная массы подвержены некоторому внешнему воздействию практически одновременно, то очевидно этот действующий фактор реален и материален – катаклизм произошел, социальные подвижки возникли. Вопрос в том, что подействовало, какое поле или вещественный фактор привел в движение соответствующие массы? Возможно, он общий для разных природных составляющих – первичной и живой материй.

Заметим, что физическое воздействие имеет избирательный характер. Его результат определяется особенностью организма и направленностью действия [1, 2]. Характер глобальности (скорее, повсеместности) действия физических полей обусловлен другим – широким распространением в быту техники, которая является источником разного рода излучения. Это средства мобильной связи, компьютеры, микроволновые приборы, различная бытовая техника, включая акустические приборы, способные генерировать акустические колебания большой мощности. Общим же является физическое поле.

Для создания количественных критериев оценки действия различных факторов, которые могли бы быть общими, при определении степени физического воздействия разного типа используют известные представления об энергии, например, [1]. Являясь отражением общей формы движения материи, энергия, безусловно, может служить количественной мерой различного

воздействия. Но без конкретизации вида количественные оценки оказываются бессмысленными. Например, при механическом действии, травмах количество энергии, поглощенной организмом, может на порядок отличаться от энергии, поглощенной на клеточном уровне в результате действия излучения, будь то радиоактивное или электромагнитное. Следует учитывать, что результат влияния излучения качественно отличается от механического.

Таким образом, проблема обеспечения экологической безопасности экосистемы связана с изучением антропогенных нагрузок на живую материю, а также с исследованием и обобщением ранее полученных научных результатов в области поиска общих составляющих материи вне контекста типа взаимодействия. При этом проблема взаимодействия биосистем и первичной материи выходит на передний план, как и проблема особых условий формирования живой материи.

### **Первичная и живая материя. Принципиальные различия в структурах**

Термин «живая материя» воспринимается как само собой разумеющееся понятие, хотя следует заметить, что этот термин содержит в большей степени обобщающий смысл со скрытым философским и физическим содержанием, чем применяемые в экологии понятия «биологические системы» или «живые организмы». Заслуживает внимания работа известного ученого, физика Н.А. Умова «Физико-механическая модель живой материи», доложенная на XI съезде русских естествоиспытателей и врачей (СПб, 20 декабря 1901 г.) [3]. Отмечая роль двух законов термодинамики в описании физических процессов, он обратил внимание на отсутствие «закона или понятия, которое включало бы процессы жизни в процессы природы. Существование в природе приспособлений отбора, восстанавливающих стройность и включающих в себя живое, должно, по-видимому, составить содержание этого третьего закона... Физико-механическая модель живой материи есть стройность».

Следует вспомнить и о «живом веществе» – понятии, предложенном еще В.И. Вернадским при развитии идеи о биосфере. (По [4, с. 79] термин «биосфера» был введен австрийским геологом Э. Зюссом 1875 г. и затем расширен В.И. Вернадским, что позволило придать этому понятию и философское содержание). Нам представляется, что использование здесь слова «вещество» несколько сужает мысль В.И. Вернадского уже на современном уровне знаний, поскольку стало известно о роли различных полей в жизнедеятельности организмов и информационном обмене.

Отметим, что Н.А. Умов ставил вопрос о необходимости поиска некоторого закона, который бы позволил не только объяснить происхождение живой материи, обладающей самоорганизацией, но и связал бы это с процессами в природе. Здесь очевидна мысль о взаимном влиянии и взаимосвязи живой материи с составляющими окружения. На современном этапе развития знаний понятие «стройность» можно вполне соотносить с термином «самоорганизация», который возник на основании развития термодинамики необратимых процессов в работах И. Пригожина и Г. Хекена, например, [5–7]. «Мы обнаружили, что в природе существенную роль играет далеко не иллюзорная, а вполне реальная необратимость, лежащая в основе большинства процессов самоорганизации», – настаивают авторы [6, с. 16]

Закономерности необратимых процессов позволили значительно продвинуться в понимании формирования живой материи и неразрывной связи ее с окружающим пространством. Живая материя, ее жизнедеятельность оказывает серьезное воздействие на окружающее пространство, что составляет сегодня область знаний, связанную с охраной природы из-за техногенной деятельности человека. Самоорганизованная «живая материя» требует отдельного изучения с учетом усиления антропогенной нагрузки, которая преобразовывает живую материю, вызывая мутации [8].

В чем же отличие живой материи от физической материи? Различие состоит в присутствии водного раствора электролита практически во всех живых объектах, очевидно и влияние внешних полей на водные системы как на проводящую электричество среду. В работах [9, 10] показано, что поле в водных системах самосогласованное, и связано это с ионами раствора, которые из-за взаимодействия между собой формируют структуры и поля, свойства которых можно описать в рамках уравнений континуальной электродинамики [9, 10]. *Именно континуальное поле растворов определяет формирование составляющих элементов живой материи.* Это позволило сделать предположение о том, что живая материя может быть представлена как двухуровневая самоорганизованная система, в которой действует самосогласованное поле ионов раствора. *Физическая материя характеризуется одним уровнем самоорганизации, который определяется только самосогласованным полем атомов или молекул* [11].

В [11, 12] был сделан акцент именно на особой роли самосогласованного поля электролитов в формировании живой материи, ее структурных особенностях. Было обращено внимание на гармонизирующее действие такого поля на организацию биосистем.

В работе [13] дано такое определение живой материи: *«живая материя – это двухуровневая самоорганизованная система, она, в отличие от физической, включает как первый уровень самоорганизации, так и второй уровень самоорганизации, который определяется исключительным существованием самосогласованного поля водных сред».* В нем показано четкое различие между первичной и живой материей и отсутствует выраженный биологический акцент, характерный для прикладной экологии, но и отсутствует акцент на понятие вещества как физического феномена. Это открывает возможность для концептуального исследования различных форм движения живой материи. Пространство, в широком смысле, окружающее материю, также преобразуется, изменяясь под влиянием преобразований живой материи. Пространством может быть и водная среда при исследовании формирования живой ткани, оно может включать электромагнитное поле, радиационное, акустическое, химическое воздействие, взаимодействие различных живых систем.

При определенных условиях, которые задаются свойствами пространства, формируются клетки мышц, а при других – клетки мозга и т.д. Пространство здесь – *водный раствор электролита, окружающий молекулу и создающий необходимый для формирования той или иной структуры самосогласованный фон – поле второго уровня.* Именно континуальные поля второго уровня обеспечивают в течение определенных промежутков времени строительство объектов разной архитектуры, что отражено в многообразии видов, форм представителей живой материи [14].

Факт, что в состав живой материи входит вода, но не в чистом виде как вещество, а как водный раствор электролитов. Именно раствор электролита формирует соответствующее самосогласованное поле, которое регламентирует процессы в живой материи. При этом, такой раствор присутствует практически в любой особи, в большем или меньшем количественных соотношениях, в зависимости от объекта живой материи. Если удалить воду, то живая материя необратимо переходит в физическую. А когда происходит нарушение количественного и качественного состава электролита, возникает нарушение в функционировании процессов, поддерживающих соответствующий баланс в распределении веществ в плазме и цитоплазме. Живая ткань уже находится в пространстве с измененными свойствами, не характерными для естественного протекания процессов. Необходимо изменить свойства такого пространства. Но растворенный электролит – это заряженные электричеством частицы, это ионы, которые формируют соответствующие континуальные электромагнитные поля внутри живой материи. Отсюда дилемма и вопрос коррекции – какими способами производить воздействие – медикаментозными или полевыми?

Именно в водной среде происходит формирование самоорганизующейся материи в виде белковых молекул и биологической системы в целом. Таким образом, живая материя связана как с системами первого уровня самосогласованности – вещество, так и второго уровня самосогласованности: ион + противоион (ионы – диссоциированные атомы или молекулы). Это отражено в приведенном выше определении. Заметим, что с позиций электричества и ядро + электронная оболочка, и ион + противоион – системы идентичные.

### **Самосогласованные поля живой материи**

На современном этапе развития науки и техники становится очевидной особая уязвимость живых систем с учетом новых представлений в области теории возникновения и функционирования живой материи и обилия экспериментальных данных о ее подверженности высокочастотному излучению, например, [1, 2, 10, 11, 15–19]. На повестке дня стоит вопрос о развитии направления в экологии, которое бы позволило прогнозировать угрозы, выходящие за рамки накопленного прикладной экологией опыта.

Проблема влияния высокочастотного излучения столь велика и мало изучена, что следует задаться вопросами о существовании такой формы и законов электромагнетизма, которые позволили бы самосогласованно описать гармоничное существование токов и полей в живой материи, обеспечивающее мыслительный процесс и взаимодействие ее с внешними источниками. Эти вопросы имеют большое значение из-за развития высокочастотной техники, которая внедряется в наш быт.

Являясь проводящей средой со сложной структурой, живая ткань очень чувствительна к действию высокочастотного электромагнитного излучения. Высокочастотному воздействию подвержены все без исключения окружающие объекты и человек в том числе, например, [1, 2, 15–19]. Но число биообъектов столь велико, что исследование влияния поражающих факторов для каждого объекта с учетом его структуры и строения становится неподъемной задачей.



Следует выработать целостный подход, имея некоторый фактор, единый для данного многообразия.

Концепция первичной материи в физике основана на базовых идеях существования овеществленной части, которая ассоциируется с понятиями атома, с одной стороны, и, с другой стороны, с полем – особой формой материи, посредством которой определяется взаимодействие частиц вещества и материальных тел на расстоянии.

Идеи континуальной теории открывают возможность построения полевой концепции вещества, сводя, по сути, овеществленную часть первичной материи к полевой формации, определяя первичность поля (континуального поля) в построении материальных объектов [10]. Если верна эта концепция, то исчезает некоторый дуализм в фундаментальном представлении о материальности в физике и становится очевидной возможность существования единого поля, сторонниками которого были многие ученые и, в частности, активно эту идею поддерживал А. Эйнштейн.

Не затрагивая здесь физические аспекты проблемы единого поля, рассмотрим возможные следствия для живой материи, которые проистекают из идеи существования единого поля. Математическое описание такого поля возможно в рамках континуальной электродинамики. Это определяется тем, что уравнения континуальной электродинамики описывают самосогласованные свойства макросистем – водные растворы электролитов, а идеи континуальности позволяют раскрыть полевое устройство структурных частиц материи, качественно сохраняя идею самосогласованности.

На это обстоятельство следует обратить пристальное внимание, поскольку самосогласованное, континуальное поле такой природы присуще всем без исключения живым объектам [11, 13, 14]. Могут отсутствовать поля, связанные с деятельностью сердца (холоднокровные), работой мозга, но наличие водного раствора электролита обеспечивает существование самосогласованного поля на макро (нелокальном) уровне.

Это обстоятельство позволяет выделить из всего многообразия форм движения живой материи те из них, которые включают и взаимодействуют с таким полем, и их следует отнести к самосогласованной форме живой материи. А другие, в силу особенностей строения и миниатюрных размеров, следует отнести к *не самостоятельным или не самосогласованным живым объектам (например, вирусы)*. Они могут и восприниматься как живые, только находясь внутри или взаимодействуя с самосогласованной живой материей. Это может приводить к дефектам в функционировании живой материи, поскольку нарушает самосогласованное поле и, соответственно, жизненные процессы в живом объекте [8].

### **Полевое устройство материи, единая природа взаимодействия и новые аспекты экологии**

Факты техногенного, особенно полевого, действия на объекты живой материи, водные системы затрагивают вопросы взаимодействия внешних полей с самосогласованными полями указанных систем, которые формируются за счет заряженных составляющих (ионов). Рассмотренная в [9, 10, 20] полевая концепция структурных частиц материи – электрона, протона и нейтрона –

указывает на то, что полевая архитектура таких частиц может реализовываться благодаря особым свойствам континуального поля, континуального электромагнетизма. *Континуальные поля отражают свойство материи формировать самосогласованные системы. Функции самосогласованности, входящие в дифференциальные уравнения поля, как раз связаны с емкостными характеристиками пространства, отражая его свойства концентрировать, «сгущать» электромагнитные поля [10].*

В работах [10, 21] удалось построить единую полевую модель внутреннего устройства таких частиц, как электрон, протон и нейтрон. Распределение континуальных полей в них подобны, естественно с особенностями, учитывающими размеры и заряд частиц. Другими словами, архитектура частиц едина, различие же – в размерах и частотах собственных колебаний.

В работе [21] исследовалась идея полевого устройства материи на основе решения стационарных уравнений континуальной электродинамики. В рамках механической и электродинамической моделей было показано, что устройство структурных частиц материи может носить полевой характер, при этом характерные частоты колебаний для протона и нейтрона лежат в диапазоне:  $.4 \cdot 10^{24} - .3 \cdot 10^{25} \text{ Гц}$ , а для электрона:  $.2 \cdot 10^{21} - .1 \cdot 10^{22} \text{ Гц}$ . Существование таких частот позволило предположить [21], что обмен взаимодействием между живой и неодушевленной материями может осуществляться и за счет моделируемого электромагнитного излучения объектов. Такого типа взаимодействия могут, по крайней мере, влиять на особенности пребывания объекта в тех или иных условиях.

Но решение задачи в рамках стационарных уравнений позволяет лишь описать внутреннюю электромагнитную структуру частиц на основе известных характеристик – массы, заряда, магнитного момента, спина.

В работе [22] исследовано полевое устройство материи, но в рамках нестационарных уравнений континуальной электродинамики [9, 10], решения которых не имеют особенностей в нуле ( $r \rightarrow 0$ ). Представляло интерес исследовать возмущенное состояние континуального поля с тем, чтобы выяснить особенности этого состояния и возможность формирования полевых структур. Для сопоставления с решениями стационарной задачи были использованы данные [10, 21].

Основная идея – это формирование из континуального поля энергетического паттерна – структурной частицы материи с определенным значением массы. Она, в свою очередь, связана с электрической и магнитной составляющими поля, а значит, со значениями заряда и магнитного момента частицы.

Заметим, что целью [22] работы было получение «частицеподобных решений» в случае нестационарных уравнений континуальной электродинамики, и это, по сути, и было достигнуто. Уточнение модели составит цель последующих публикаций, а полученные результаты вполне достаточны для проведения анализа и соответствующих выводов.

В одной из работ [23, с. 758] А. Эйнштейном была высказана такая мысль: «Пустое пространство, т.е. пространство без поля не существует. Пространство-время существует не само по себе, но только как структурное свойство поля». Нами же в развитии этой идеи в [10] было показано, что «пространство-время – материально из-за электромагнетизма». Идеи, созвучные [23], были высказаны еще Дж. Максвеллом в работах [24, с. 253] и [25, с. 66].

Идея построения полевой концепции для структуры частиц в рамках единого континуального поля и связи инерционности с электромагнетизмом этого поля оказалась продуктивной и привела к качественно новому физическому результату. Очевидно, *возмущенное состояние электромагнитного поля может существовать в двух формах: свободной – электромагнитная волна и континуальной – структурные частицы материи* [10]. Последние связаны с накопительным механизмом, локальной концентрацией электромагнитной энергии. В дифференциальных уравнениях это отражено функциями самосогласованности, которые связаны с емкостными характеристиками системы, т.е. с механизмом накопления электричества.

Если обратиться к мысли, что пространство отражает «структурное свойство поля», *то с помощью поля можно сформировать пространство-время*. Но с помощью какого поля? Уже в самой идее Эйнштейна утверждается, *что пустого пространства не существует*. Значит, *есть некоторое первичное поле, которое обеспечивает существование самого пространства*, даже этого понятия. Из того, что известно нам на сегодняшний день, в окружающем нас пространстве наличествуют материальные тела, состоящие из структурных частиц и поля. Структурные частицы в таком случае являются первичными, они могут претерпевать различные изменения вплоть до превращения в электромагнитное излучение (гамма-кванты). Но свободная электромагнитная волна не может определять содержание пространства, поскольку не отражает свойство пространства вмещать (накапливать) материальные объекты.

А континуальные поля, их распределения зависят от самосогласованных характеристик  $(\delta, \vec{\tau}, \nu)$ , которые *связаны с метрическим тензором и вместе с полевыми характеристиками отражают свойства пространства к структурообразованию* [9, 10]. Можно сделать вывод, что именно континуальное поле является тем элементом, благодаря которому формируется пространство-время и материя.

## **Выводы на основе анализа проведенных исследований**

1. Структурные частицы материи – это динамические полевые образования – энергетический паттерн из сформированной в пространстве стоячей континуальной электромагнитной волны, но окончательное решение – за экспериментальным подтверждением.

2. Частота колебаний в такой волне для протона порядка  $\omega_p = .15 \cdot 10^{24} \text{ Гц}$ , а для электрона  $\omega_e = .24 \cdot 10^{21} \text{ Гц}$  (в рассмотренных моделях). Именно из этих частиц формируется атом водорода – основной элемент Вселенной.

Можно предположить, эти частицы определяют процессы, которые характеризуют два основных временных интервала Вселенной, что является некоторым масштабом, для гармонизации происходящих в ней процессов.

С другой стороны, протяженность частиц, их конечный размер задает, возможно, пространственные характеристики микро- и макрокосмоса.

3. В таком паттерне на передний план выходит энергетическая характеристика, а с ней и понятие массы на основании известного соотношения  $(E = mc^2)$ . Континуальный электромагнетизм только способствует

формированию паттерна. Здесь в единстве – и масса (мера инертности), и время (частота колебаний), и заряд (электрическое поле), и магнитный момент (магнитное поле). Т.е., *все характеристики, которые определяют первичный материальный мир*. По сути, *многообразие материального мира – это форма проявления свойств континуального электромагнитного поля*.

В рамках континуальной теории удалось подойти к реализации давнишней идеи физиков – «объяснить полную инерцию частиц электромагнитным путем» [26].

4. Для экологии полевое устройство материи приводит к новому пониманию взаимодействия окружающей среды (в широком смысле) с живой материей. Это взаимодействие становится всеобъемлющим из-за того, что и живая, и первичная материя являются полевыми образованиями. В этом случае взаимодействие биологических систем, живой [13] и первичной материи, полей техногенного происхождения приобретает совершенно другой аспект. *И живая материя, и окружающий ее мир – это полевые образования, полевые динамические структуры, которые формируются в соответствии с законами космоса, но в заданных земных условиях. Континуальное поле совокупности земных минералов, водного бассейна, живой материи создают неповторимую архитектуру общего поля, в котором формируются биосистемы планеты Земля*. А проникновение человека не только в ближний Космос, но и дальний, ставит перед экологами совершенно другие задачи. Выходя за пределы влияния континуального поля Земли, биологические системы подвергаются воздействию другого неизвестного поля, иной структуры.

О континуальном поле ближнего космоса мало что известно. В этом аспекте перед экологами (перед физиками тоже) стоит задача исследования континуального электромагнитного поля окружающего пространства и возникает цель – определить его характеристики с тем, чтобы иметь возможность сопоставить его с полем хотя бы ближнего Космоса. Тем более, что человечество ставит перед собой задачи активного освоения дальнего.

5. *Общее поле структурных частиц материи и континуальное поле водных растворов электролитов в составе живой материи* могут стать материальными составляющими и посредниками во взаимодействии с окружающей средой и Космосом. В таком случае идея В.И. Вернадского о влиянии мыслительной деятельности человека на ноосферу становится вполне осязаемой.

По А. Эйнштейну пространство-время отражает структурные свойства поля. Значит, если пространства различны, то и поля разные, структура полей различна.

*Пространство для живой материи определяется полями окружающих его тел, предметов и внешними техногенными полями. Живая ткань чувствительна к структуре и архитектуре пространства*. Леса, луга, море, горы, дома, облака, воздух во всем многообразии отражают и формируют результирующее поле пространства, действующее на биообъект. Каждая клетка живой материи реагирует на совокупное поле пространства, в котором находится объект. *Структура частиц материи – полевая, полевой является любая конструкция из протонов, электронов, нейтронов; и молекулы, и клетки состоят из полевых структур. Полевым является все, что нас окружает, и мы сами – полевые структуры*. Но поля, создаваемые такими структурами, уже количественно и качественно отличаются от полей исходных

структурных частиц. А созданная живая материя в конкретных условиях Земли и ближнего космоса (Солнечной системы) «узнает» континуальное поле окружающего мира, т.к. является его продуктом.

Для уточнения понятия «узнавания» можно воспользоваться аналогом действия свободной электромагнитной волны на антенну радио- или телеприемника. Аналогия тем более приемлема, что относится к полевым структурам. Свободная волна приводит в движение не саму антенну, а электроны, которые имеют, как показано в [10, 20, 22], полевую природу. Т.е., подобное приводит в движение подобное. Перемещение электронов приводит к появлению электрического тока, который регистрируется приемником в виде сигнала, воспринимается человеком как информация в несколько бит или килобит. Но *полевую природу материи можно рассматривать как некоторый единый комплекс, взаимосвязанный между собой волнами континуального электромагнитного поля.* Такие волны пронизывают весь Космос, и живая материя является тем активным приемником природы, который чутко реагирует на любые изменения, происходящие в окружающем пространстве, и активно на них отвечает. Первичная материя к этому не приспособлена.

Живая материя состоит из таких же структурных частиц, что и первичная материя. Но принципиальное различие заключается в том, что огромное число клеток организма являются теми антеннами и приемниками изменений в пространстве, которые воспринимают информацию для возникновения в живой материи побудительных мотивов к действию и выработке охранных (или разрушительных) мероприятий для биосистем, окружающей среды, а может быть, и самой природы. Возможно, *живая материя представляет охранную и контролирующую составляющие космоса,* и эти ее функции становятся основополагающими в глобальной системе координат Вселенной и являются целью Природы.

*Именно континуальное поле формирует первичную материю в «пустом» пространстве, а в водной среде приводит к возникновению живой ткани как возможной носительницы духовной составляющей, что позволяет стать ей одной из основных конструкций Вселенной.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тиманюк В.А., Ромоданова Э.А., Животова Е.Н. Живой организм и электромагнитные поля // В.А. Тиманюк, Э.А. Ромоданова, Е.Н. Животова – Х.: Изд-во НФоУ; Золотые страницы, 2004. – 260 с.
2. Новак П. Электромагнитные поля в биологии и медицине // П. Новак. – Днепропетровск: Пороги, 2004. – 392 с.
3. Умов Н.А. Физико-механическая модель живой материи / В кн.: Соб. соч. Н.А. Умова. Т. III. Речи и статьи общего содержания / Под ред. А.И. Бачинского. – М. Изд. Имп. Моск. Об-ва Испытателей Природы, 1916. – С. 184–200.
4. Новейший философский словарь. Мн.: Изд. В.М. Скакун, 1998 г. – 896 с.
5. Prigogine I. The philosophy of instability. // Futures. August, 1989. – P. 396–400; Пригожин И.Р. Философия неустойчивости // Вопросы философии. – М., 1991. – № 6. – С. 46–52.
6. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. Пер. с англ. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 312 с.
7. Хакен Г. Синергетика: Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 423 с., ил.

8. Симонов И.Н., Трофимович В.В. О некоторых особенностях воздействия электромагнитных полей на живую материю // *Екологічна безпека та природокористування КНУБА К.*, 2012 – Вип. 9. – С. 154–162.
9. Симонов И.Н. *Континуальная электродинамика.* – К.: Укр ИНТЭИ, 2001. – 252 с.
10. Симонов И.Н. *Континуальная теория самосогласованных систем.* – К.: Издательско-полиграфический центр «Киевский университет», 2008. – 311 с.
11. Симонов И.Н., Панова Е.В. Роль самосогласованных (континуальных) полей водных систем в живой материи. // *Науково-технічний збірник «Проблеми водопостачання та водовідведення гідравліки».* – К., 2011. – Вип.16. – С. 7–13.
12. Панова Е.В. Систематизация техногенных воздействий и структурные особенности живой материи. // *Науково-технічний збірник «Проблеми водопостачання та водовідведення гідравліки».* – К., 2012. – Вип. 19. – С. 74–82.
13. Симонов И.Н., Трофимович В.В. Современная интерпретация экологии как науки в контексте исследования форм движения живой материи // *Зб. наук. праць «Екологічна безпека та природокористування».* КНУБА К., 2011. – Вип. 8. – С. 166–175.
14. Симонов И.Н., Трофимович В.В. Формы движения живой материи как предмет фундаментальных исследований в экологии // *Зб. наук. праць «Екологічна безпека та природокористування».* КНУБА К., 2013. – Вип. 12. – С. 114–122.
15. Яшин А.А. *Живая материя: Ноосферная биология* М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 216 с.
16. Ситько С.П., Яненко А.Ф. Прямая регистрация неравновесного электромагнитного излучения человека в мм-диапазоне // *С.П. Ситько, А.Ф. Яненко – К.: Физика живого.* 1997, – т. 5, – № 2, – 60 с.
17. Роль резонансных молекулярно-волновых процессов в природе и их использование для контроля и коррекции состояния экологической систем / [Петросян В.И., Сидницын Н.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В. и др.] – М.: Биомедицинская радиоэлектроника, 2001, – № 5–6, 62 – 129 с.
18. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности // *Н.Д. Девятков, М.Б. Голант, О.В. Бецкий – М.: Радио и связь,* 1991, – 186 с.
19. Емец Б.Г. Низкоинтенсивные электромагнитные микроволны и биообъекты: эффекты действия и биофизические механизмы // *Б.Г. Емец – Харків: Біофізичний вісник,* – вип. 2, 1998, 118–130 с.
20. Симонов И.Н. Свойства атома и иона водорода в контексте континуальной теории // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки.* – 2010, вип. 15.
21. Симонов И.Н. О полевой концепции вещества и возможном механизме взаимодействия живой материи и водных сред // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки.* – 2013, вип. 21.
22. Симонов И.Н. Полевая теория структурных частиц материи и новые аспекты экологии концепции вещества и возможном механизме взаимодействия живой материи и водных сред // *Зб. наук. праць «Екологічна безпека та природокористування».* КНУБА К., 2014. – Вип. 14. – С. 135–145.
23. Эйнштейн А. Относительность и проблема пространства: Сборник научных трудов. – М: Наука, 1966. – Т. 2. – 778 с.
24. Максвелл Дж. Кл. Динамическая теория электромагнитного поля: Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: Гос. изд. тех.-теор. лит., 1954. – 688 с.
25. Максвелл Дж. Кл. Трактат об электричестве и магнетизме. – Т. 1. – М.: Наука, 1989. – 415 с.
26. Эйнштейн А. Физика и реальность: Сборник научных трудов. – М: Наука, 1966. – Т. 4, 599 с.

*Стаття надійшла до редакції 16.04.2015*

УДК 629.783, 004.932.72

**В.Ю. ВИШНЯКОВ, В.М. НАГАЄВСЬКИЙ, Ю.О. ШЕЛЕСТЮК**

## **АНАЛІЗ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ МОНІТОРИНГУ ПІДСТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ЗА ДАНИМИ SUOMI NPP**

***Анотація.** В статті представлено основні характеристики космічного апарату SUOMI NPP та його сканерів в порівнянні зі сканерами апаратів NOAA, AQUA и TERRA, а також їх призначення. Проаналізовані рівні оброблення цих даних та описані моделі моніторингу підстильної поверхні з вказанням існуючих програм їх реалізації.*

***Ключові слова:** моніторинг, дистанційне зондування Землі, Suomi NPP.*

На сьогоднішній день в Україні недостатньо висвітлено можливості та характеристики нового космічного апарату дистанційного зондування Землі Suomi NPP, який вільно надає свою інформацію та має достатньо потужну програмну підтримку.

Метою цієї роботи є дослідження інформації, яку можливо отримувати за даними зі сканерів Suomi NPP та оцінка її якості.

Апарат NPP (National Polar-orbiting Partnership – Національне полярно-орбітальне партнерство) був створений компанією-виробником космічних апаратів, систем і агрегатів для оборонного та комерційного застосування «Болл Аероспейс Технолоджис» (Ball Aerospace) на базі супутникової платформи серії BCP (Ball Configurable Platform) за контрактом з Годдардським космічним центром польотів GSFC NASA (Goddard Space Flight Center National Aeronautics and Space Administration). Очікувалося, що досвід, отриманий в результаті виробництва й експлуатації цього супутника, буде використаний Ball Aerospace при розробці перспективного низькоорбітального космічного апарату JPSS-1 для національної метеорологічної системи США. Космічні апарати цієї серії повинні замінити супутники серії NOAA, що використовуються в даний час [1].

На орбіту апарат був виведений 28 жовтня 2011 року за допомогою ракетносія United Launch Alliance Delta II, запущеного з авіабази Ванденберг (США). Супутник було розташовано на сонячно-синхронній орбіті висотою 824 км над поверхнею Землі з нахиленням орбіти 98,8° та періодом обертання 101,4 хвилини. Він призначений для отримання оперативної інформації про стан хмарного покриву, концентрацію зважених часток, розподіл водяної пари в атмосфері, а також для моніторингу небезпечних атмосферних явищ, лісових пожеж, змін ландшафту, льодової обстановки в північних морях та збору інших даних.

В кінці січня 2012 року керівництво NASA прийняло рішення перейменувати супутник NPP в Suomi NPP, на знак визнання заслуг Вернера Едварда Суомі (Verner Edward Suomi) – метеоролога з університету штату Вісконсін [2]. Таким чином, надалі будемо йменувати супутник Suomi NPP.

На супутнику Suomi NPP встановлено п'ять приладів для дистанційного зондування Землі. Їх розміщення на борту Suomi NPP представлено на рис. 1.

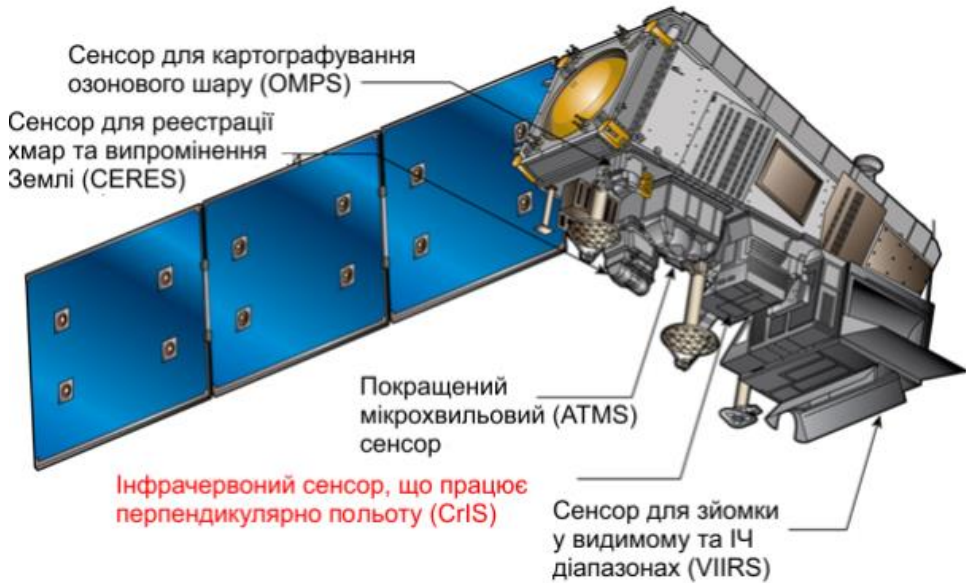


Рис. 1 – Прилади ДЗЗ космічного апарату Suomi NPP

1. **ATMS** (Advanced Technology Microwave Sounder) – 22-канальний пасивний мікрохвильовий радіометр з шириною смуги захоплення 2300 км, який дозволяє створювати глобальні моделі температур та профілів вологості, що допомагають метеорологам в прогнозуванні погоди;

2. **CrIS** (Cross-track Infrared Sounder) – спектрометр з 1305 інфрачервоними спектральними каналами у діапазонах LWIR (9,14–15,38  $\mu\text{m}$ ); MWIR (5,71–8,26  $\mu\text{m}$ ) і SWIR (3,92–4,64  $\mu\text{m}$ ) з шириною смуги захоплення 2200 км, який дозволяє відслідковувати параметри атмосфери, такі як вологість та тиск, що допомагає підвищити достовірність короткострокових та довгострокових прогнозів погоди;

3. **OMPS** (Ozone Mapper Profiler Suite) – інструмент з удосконаленим сенсором, що призначений для довгострокового безперервного накопичення даних з космосу про вертикальне та горизонтальне поширення озону в атмосфері;

4. **CERES** (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) – 3-канальний радіометр, призначений для вимірювання відбитої сонячної радіації, випромінення земної поверхні та сумарної радіації;

5. **VIIRS** (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) – 22-канальний скануючий радіометр, який дозволяє отримувати зображення Землі у видимому і інфрачервоному діапазонах і здійснює радіометрію суші, атмосфери, криосфери і океанів.

Особливий інтерес для зйомки земної поверхні має сканер VIIRS, який створено з урахуванням досвіду експлуатації сканерів MODIS на супутниках AQUA і TERRA. Він обладнаний оптичною системою з апертурою 19,1 см, фокусом 114 см, середньою оптичною потужністю 200 Вт. Вага сканеру складає 275 кг. Максимальна швидкість передачі даних складає 10,5 Мбіт.

За характеристиками він істотно перевершує датчики AVHRR супутників серії NOAA та майже повторює датчик MODIS супутника TERRA (таблиця 1).



Таблиця 1. Технічні характеристики сканерів MODIS, AVHRR та VIIRS

Прилад/супутник	Кількість спектральних каналів	Розподільча здатність, м	Ширина смуги захоплення	Квантування даних
MODIS/TERRA, AQUA	2	250	2300 км	12 біт
	5	500		
	31	1000		
AVHRR/NOAA	5	1100	3000 км	10 біт
VIIRS/ Suomi NPP	5	375	2300 км	12 біт–14 біт
	17	750		

На сьогоднішній день цей сканер розширює і покращує серії вимірів, отриманих приладами AVHRR і MODIS. Дані VIIRS використовуються для вивчення властивостей хмар і аерозолів, кольору океану, температури земної поверхні, пересувань і температури льоду, детектування пожеж та вимірювання альbedo поверхні Землі. Кліматологи можуть використовувати дані VIIRS для вивчення глобальних змін клімату.

VIIRS – це багатоспектральний 22-полосний оптико-механічний радіометр, що використовує обертовий телескоп крос-трек за принципом сканера мітла. В ньому сцена спостереження проектується на трьох основних площинах, які охоплюють спектральний діапазон 0,4–12,5 мкм. Видима та ближня інфрачервона площина (БІЧ) має **дев'ять** спектральних каналів, коротка та середня інфрачервона площини (КІЧ / СІЧ) мають **вісім** спектральних каналів, термальна інфрачервона площина (ТІЧ) містить **чотири** спектральні канали. Також в сканері інтегровано так звану День Ніч площину (DNB) – **один** спектральний канал, яка має великий динамічний діапазон, що забезпечує можливість визначення такого показника, як освітленість. Лінійки детекторів сканера, а саме: 16 детекторів в кожному масиві для КІЧ / СІЧ та ТІЧ, 32 детектори для БІЧ і DNB орієнтовані в напрямку вздовж лінії шляху прольоту. Таке розташування забезпечує паралельне охоплення 11,87 км уздовж лінії шляху за один прохід сканування. Широке охоплення забезпечує достатній час інтегрування всіх осередків у кожній розгортці сканування. Період сканування становить 1 786 строк у довжину. При цьому квантування даних становить 12 біт або 14 біт (в разі низького рівня шуму) [4].

Спектральні діапазони цього сканеру представлено в таблиці 2.

Таблиця 2. Спектральні діапазони сканеру VIIRS

Канал	Спектральний діапазон, нм		Середнє значення, нм
I1 (B)	600	680	640
I2 (G)	850	880	865
I3 (R)	1580	1640	1610
I4	3550	3930	3740
I5	10500	12400	11450
M1	402	422	412
M2	436	454	445
M3	478	488	488

## Продовження таблиці 2

Канал	Спектральний діапазон, нм		Середнє значення, нм
M4	545	565	555
M5 (B)	662	682	672
M6	739	754	746
M7 (G)	846	885	865
M8	1230	1250	1240
M9	1371	1386	1378
M10 (R)	1580	1640	1610
M11	2230	2280	2250
M12	3610	3790	3700
M13	3970	4130	4050
M14	8400	8700	8550
M15	10260	11260	10763
M16	11540	12490	12013
DNB	500	900	700

де М – смуги меншого розрізнення (750 м);

І – смуги більшого розрізнення (375 м);

DNB – канали день-ніч;

R, G, і В – природно-колірні смуги червоного, зеленого та блакитного.

Ресурси операційних даних Suomi NPP, Raw Data Record (RDR), Sensor Data Records (SDRs) і Environmental Data Records (EDRs), для VIIRS, Cris, ATMS and OMPS обробляються з використанням сегмента інтегрованої обробки даних Integrated Data Processing Segment (IDPS). Дослідження алгоритмів 1 рівня, 2 рівня (CDRs) та вище виконуються в межах наукового сегмента даних SDS (Science Data Segment).

**1-й рівень обробки (1B)** є базовим, він сформований з необроблених зображень VIIRS, CrIS, ATMS та OMPS, включаючи радіометричні та геометричні калібрувальні коефіцієнти з географічною прив'язкою параметрів відповідно до ефемерид платформи.

**2-й рівень обробки** вироблятиме ряд екологічних даних про навколишнє середовище EDRs, які є складовою Національної полярно-орбітальної оперативної системи екологічного моніторингу NPOESS (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System). Всі 29 екологічних продуктів Suomi NPP обробляються на інтерфейсному сегменті оброблення даних і являють собою зареєстровані кліматичні дані (Climate Data Records CDR). Ці EDRs і CDR, відповідають різним вимогам. У разі оперативного оброблення, акцент робиться на продуктах, які можливо отримувати з більшою швидкістю, що обов'язково включає наявність алгоритмів, які забезпечують високошвидкісне оброблення даних для виконання державних замовлень для цивільних і військових організацій. Для дослідницьких кліматичних даних вимоги до швидкості можуть бути послаблені, що надає можливість реалізації складних алгоритмів, які використовують різні додаткові дані. З урахуванням

проблем калібрування датчиків і розповсюдження випромінення від Землі через атмосферу, алгоритми можуть бути покращені, внаслідок чого продукти отримуються більш якісними [5].

На сьогоднішній день дані Suomi NPP застосовують для досліджень: кліматичних процесів, енергетичного балансу планети, екстремальних погодних умов, прогнозування погоди, стану озонового шару, забруднення повітря, виверження вулканів, стану температури, льодового покриття, рослинності, пилових бур, пожеж, повеней, засухи, тайфунів.

Для отримання цих даних, за підтримки агентств NASA і NOAA, які відповідають за експлуатацію супутника, а також за збір і централізоване поширення результатів зйомки, розроблено та вільно поширюються програми обробки інформації з наукової апаратури Suomi NPP, адаптовані для роботи з даними, що приймаються локальними станціями. Ці розробки ведуться в лабораторії DRL центру ім. Годдарда NASA (пакели RT-STPS і IPOP) та в Космічному науково-інженерному центрі (SSEC) Вісконсинського університету (пакели програм CSPP). Після остаточного налагодження та тестування на реальних даних випущені перші версії цих програм. 5 квітня 2012 року центром SSEC був анонсований випуск першої версії нового пакету CSPP з підтримкою первинної обробки даних приладів VIIRS і ATMS. А 24 квітня фахівці DRL оголосили про готовність до поширення оновлених випусків пакетів VIIRS-SDR SPA і RT-STPS [6].

RT-STPS (the Real-time Software Telemetry Processing System) – програма розробки лабораторії DRL агентства NASA, яка використовується для обробки даних із супутників AQUA / TERRA, що була доопрацьована також для обробки даних Suomi NPP, які істотно відрізняються за форматом.

CSPP (the Community Satellite Processing Package) – розробка Космічного науково-інженерного центру (SSEC) Вісконсинського університету (США).

Налаштування цих програм та їх використання дозволяють користувачам отримувати наступні інформаційні продукти, які являють собою моделі:

- маски хмарності (Cloud Mask IP) – бінарну карту хмарності, класифіковану на: повністю чисту від хмар, хмарну, можливо чисту, можливо хмарну;

- активних осередків загорянь (Active Fires ARP) – дані про широту і довготу пікселів вогнищ загоряння;

- альbedo (Albedo) – коефіцієнт відбитого від поверхні Землі сонячного випромінювання (в діапазоні від 0,4 до 4,0) до падаючого випромінення з атмосфери;

- висоти нижньої межі хмарності (Cloud Base Height) – значення висоти нижньої межі хмар над рівнем моря;

- шаровості хмар (Cloud Cover Layers) – класифікація пікселів зображення на чотири типи шарів хмар;

- ефективного розміру часток (Cloud Effective Particle Size) – значення відношень третього моменту розподілу крапель до другого моменту розподілу, усереднені по всьому простору хмар (рис. 2);

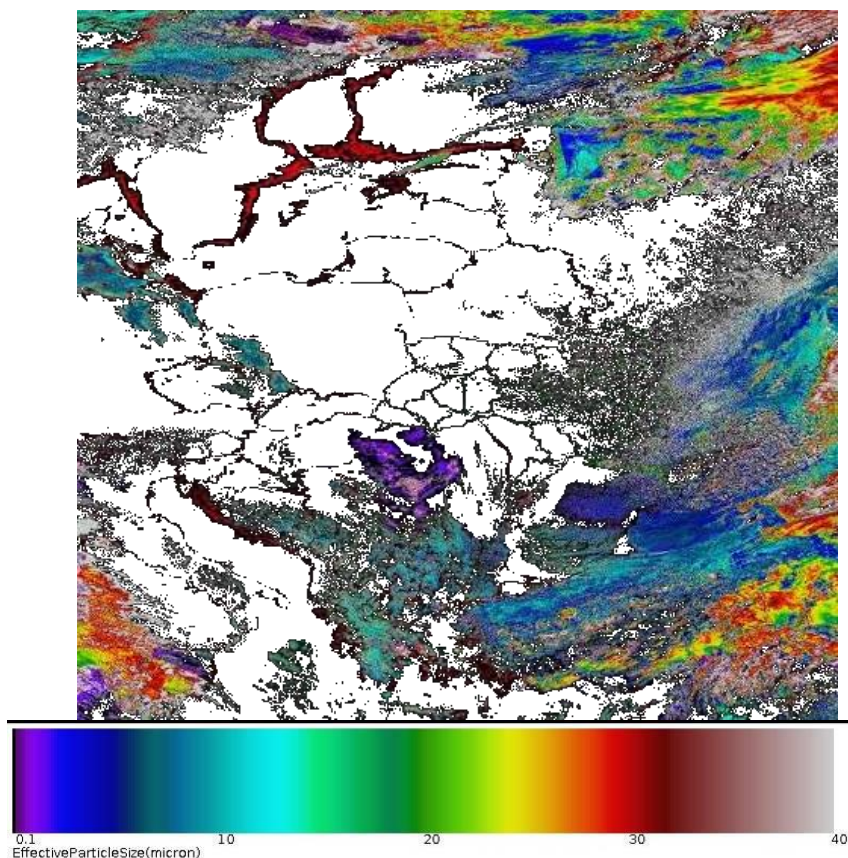


Рис. 2 – Ефективний розмір часток хмарності

- оптичної товщини хмарності (Cloud Optical Thickness) – значення величини, яка характеризує ослаблення світла при проходженні через аерозолі за рахунок його поглинання і розсіювання. Визначається як інтегрований коефіцієнт для вертикального стовпа з перетином, рівним горизонтальним розмірам осередку у вузькому спектральному каналі з центром в заданій довжині хвилі;
- висоти верхньої межі хмарності (Cloud Top Height) – висота верхньої межі хмар, усіх типів хмарності;
- тиску у верхній межі хмарності (Cloud Top Pressure) – дані про атмосферний тиск у верхній межі хмар;
- температури у верхній межі хмарності (Cloud Top Temperature) – дані про температуру у верхній межі хмар;
- температури земної поверхні (Land Surface Temperature) – температура верхнього шару поверхні Землі;
- глибини снігового покриву (Snow Cover Depth) – горизонтальний і вертикальний вимір снігового покриву, одержувана бінарна карта визначає наявність снігового покриву або його відсутність (рис. 3);

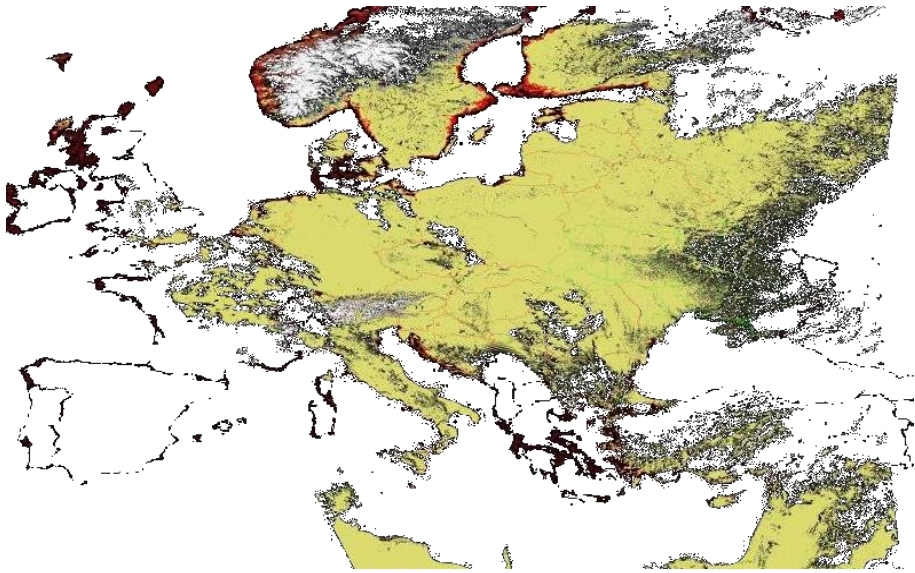


Рис. 3 – Бінарна карта снігового покриву

- типу поверхні (Surface Type) – один з 17 класів Міжнародної програми Geosphere Biosphere Programm (IGBP);
- поверхневого теплового потоку (Net Heat Flux) – напрямок теплових потоків над поверхнею океанів;
- цвітіння хлорофілу в океані (Ocean Color Chlorophyll) – значення показника цвітіння океану. Визначається як спектр нормованої яскравості води. Ці дані необхідні в геофізиці для визначення вмісту пігменту хлорофілу у фітопланктоні, також вони використовуються для визначення оптичних властивостей поглинання і розсіяння поверхневих вод;
- суспензії (Suspended Matter) – дані про вміст зважених речовин, таких як пил, пісок, вулканічний попіл, оксид сірки або дим, одержувані на будь-якій висоті;
- вегетаційного індексу (Vegetation Index) – показник нормалізованого вегетаційного індексу (без урахування впливу атмосфери);
- оптичної товщини аерозолів (Aerosol Particle Size) – показник величини, яка характеризує ослаблення світла при проходженні через аерозолі за рахунок його поглинання і розсіювання. Визначається як інтегрований коефіцієнт для вертикального стовпа з перетином, рівним горизонтальним розмірам осередку у вузькому спектральному каналі з центром в заданій довжині хвилі;
- розміру аерозольних частинок (Aerosol Particle Size) – розмір аерозольної частинки, розрахований за формулою Ангстрема для певної довжини хвилі (рис. 4):

$$\alpha = - (\ln t (\lambda 1) - \ln t (\lambda 2)) / (\ln \lambda 1 - \ln \lambda 2) \quad (1);$$

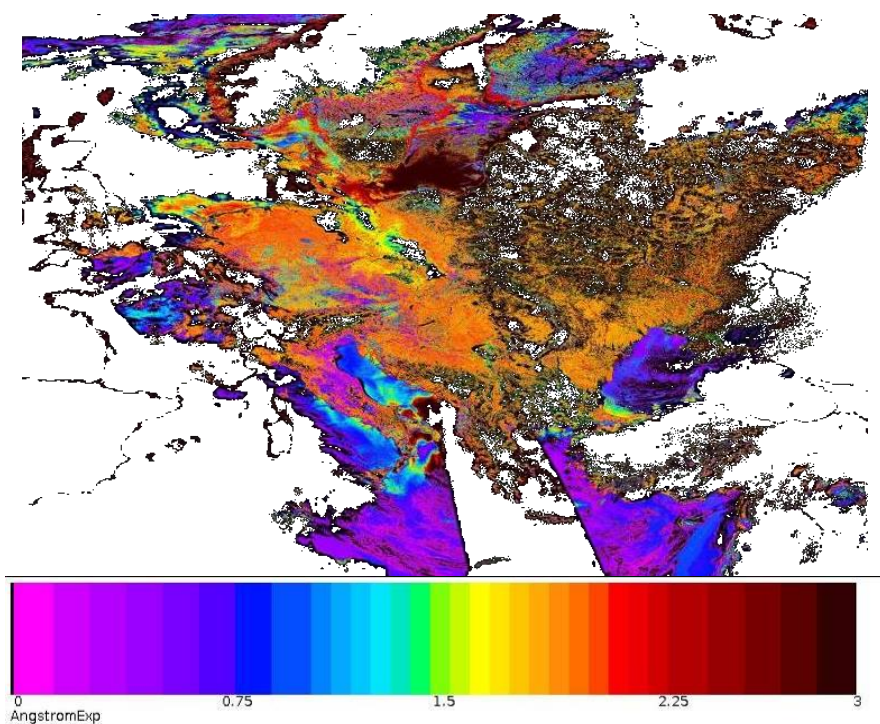


Рис. 4 – Розмір часток аерозолю

- температури поверхні криги (Ice Surface Temperature) – температура поверхні верхнього шару льоду;
- характеристики морського льоду (Sea Ice Characterization) – тимчасові дані, отримані з моменту формування льоду на морській поверхні;
- температури морської поверхні (Sea Surface Temperature) – вимірювання температури поверхні граничних шарів, а також обсягу води океану більше 1 м.

На сьогоднішній день цей перелік поширюється з виходом нових версій вищевказаного програмного забезпечення.

В результаті проведеної роботи доведено можливість налаштування вищевказаного програмного забезпечення та отримання відповідних моделей моніторингу підстильної поверхні за даними з апарату Suomi NPP.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Режим доступу: <http://press.scanex.ru/index.php/ru/news/item/3669-npp>
2. Режим доступу: <http://press.scanex.ru/index.php/ru/news/item/3669-npp>
3. Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ball\\_Aerospace\\_%26\\_Technologies](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ball_Aerospace_%26_Technologies)
4. Режим доступу: <http://gis-lab.info/qa/npp-suomi.html>
5. Режим доступу: <http://npp.gsfc.nasa.gov/datasystems.html>
6. Режим доступу: [http://club.cnews.ru/blogs/entry/stantsii\\_uniskan\\_gotovy\\_k\\_regulyarnomu\\_priemu\\_dannyh\\_so\\_sputnika\\_suomi\\_npp](http://club.cnews.ru/blogs/entry/stantsii_uniskan_gotovy_k_regulyarnomu_priemu_dannyh_so_sputnika_suomi_npp)

*Стаття надійшла до редакції 26.03.2015*



УДК 528.88.04:504.064.2

**А.В. СОКОЛОВСЬКА, О.В. ТОМЧЕНКО, А.Ю. ПОРУШКЕВИЧ,  
О.Д. ФЕДОРОВСЬКИЙ, В.Г. ЯКИМЧУК**

## **МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ В ДИСТАНЦІЙНИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

***Анотація.** Обґрунтовується ефективність застосування методів системного аналізу для вирішення тематичних задач на основі матеріалів ДЗЗ. Наводяться результати формування моделей та критеріїв багатокритеріальної оптимізації, аналізу ієрархій, фрактального і мультифрактального аналізу, системної динаміки, адаптивного балансу впливів та множинної регресії при вирішенні різних задач: від оцінки космічних систем ДЗЗ до оцінки стану водойм, міських територій та нафтогазоперспективності ділянок.*

***Ключові слова:** системний аналіз, дистанційні аерокосмічні дослідження, екологія, природокористування.*

### **Вступ**

Розробка та впровадження методів системного аналізу й моделей в технологію використання матеріалів аерокосмічної зйомки сприяють розширенню функціональних можливостей космічного геомоніторингу і створюють методичну основу для формування нового науково-методичного напрямку вирішення завдань природокористування – інтеграції наукових результатів, отриманих у суміжних наукових дисциплінах. За допомогою методів системного аналізу обґрунтовуються найбільш раціональні математичні моделі використання космічної інформації при вирішенні тематичних задач природокористування, виконуються моделювання та прогнозування розвитку досліджуваних процесів. З усіх відомих визначень системного підходу наведемо формулювання, запропоноване Н.М. Моїсєєвим [1]: «системний підхід – це загальнометодологічний принцип, який базується на теорії систем як метод пізнання і реалізується засобами системного аналізу». Найбільш важливими питаннями, які представляють суть системного підходу, є: наявність складної системи з підсистемами, які розглядаються як одне ціле і пов'язані єдиною метою; декомпозиція, оптимізація та синтез системи з корекцією в процесі її формування; введення єдиного узагальнюючого критерію, сформульованого для всієї системи в цілому по більшості системних показників (частинних критеріїв); розробка методу відсіву неперспективних варіантів вирішення задачі і цілеспрямованого вибору компромісного варіанта. Таким чином, системний підхід – це сукупність методів для прийняття рішень на основі всебічного аналізу і моделювання взаємозв'язку складових процесів в складній системі, включаючи: технічні, екологічні, економічні та соціальні підсистеми в умовах великої кількості інформації різної фізичної природи.

У Державній установі «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГННАН України» на основі матеріалів космічної зйомки та системних методів були вирішені різноманітні тематичні задачі природокористування [2].

В тому числі: оцінка нафтогазоперспективних ділянок ряду територій, моделювання впливу техногенного навантаження на стан навколишнього середовища, оцінка ризику виникнення надзвичайних ситуацій, прогнозна оцінка врожаю озимої пшениці, моделювання та прогноз сталого розвитку міських агломерацій, оптимізація орбітального покриття земної поверхні супутниковим угрупованням, параметричний синтез складу космічних систем ДЗЗ, оцінка ефективності використання космічної інформації ДЗЗ і т. д.

**Метод багатокритеріальної оптимізації (БКО)** (*Multiobjective Optimization*) використовується при вирішенні задач, для яких потрібне одночасне врахування значень багатьох критеріїв, кожен з яких характеризує одну зі сторін проблеми, що розглядається. При цьому часто необхідно знайти компромісний варіант досліджуваної системи, коли процес вибору відбувається з використанням єдиного узагальненого критерію. Адаптація методу для вирішення конкретної тематичної задачі полягає у формуванні відповідного узагальненого критерію –  $F$  і виборі функцій близькості –  $S$ , які визначаються характером задачі.

$$F_1(b_j, a_j) = \sum_{j=1}^n \rho(b_j, a_j) \cdot [1 - S(b_j, a_j)],$$

де  $\rho(b_j, a_j)$  – вагові коефіцієнти;  $j = 1 - n$ ;  $a$  і  $b$  – величини, які порівнюються;

$$S_j(b_j) = (\bar{a}_j - b_j) / \bar{a}_j, \text{ для випадку } b_j < \bar{a}_j;$$

$$S_j(b_j) = (b_j - \bar{a}_j) / b_j, \text{ для випадку } b_j > \bar{a}_j.$$

На основі методу БКО в ЦАКДЗ були вирішені численні задачі природокористування. Зокрема, в роботі [3] досліджено зміни екологічного стану водно-болотних угідь верхів'я Київського водосховища. На рис. 1 наведено ряд космічних знімків (Landsat 5, 7, 8) водосховища за досліджуваний період 1989–2013 рр.

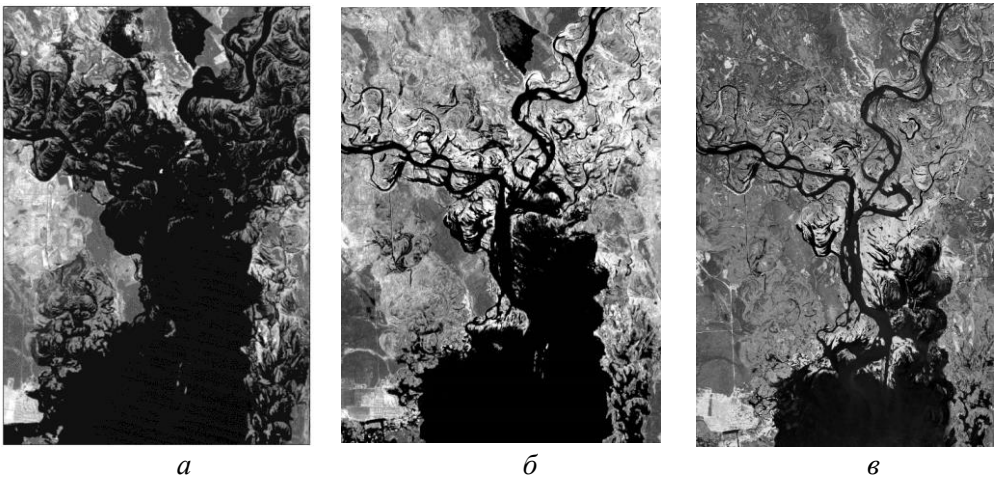


Рис. 1 – Динаміка заростання верхів'я Київського водосховища на КЗ Landsat (а – станом на 06.06.1988; б – станом на 04.08.2001; в – станом на 13.08.2013)



Дослідженням зміни екологічного стану міста Києва за період 1984–2013 рр. присвячена робота [4]. Рис. 2 наглядно демонструє зміни в структурі складових урболандшафту м. Києва за період з 1984 р. по 2013 р.

На рис. 3 представлено результати досліджень на основі методу БКО за матеріалами даних ДЗЗ та верифікацію отриманих результатів на основі даних наземних спостережень ( $F_{\text{наз.}}$ ; коефіцієнт кореляції склав 0,83). Графіки зміни функції приналежності  $F$  наочно демонструють погіршення геоекологічного стану міської території за період з 1990 р. по 2013 р.

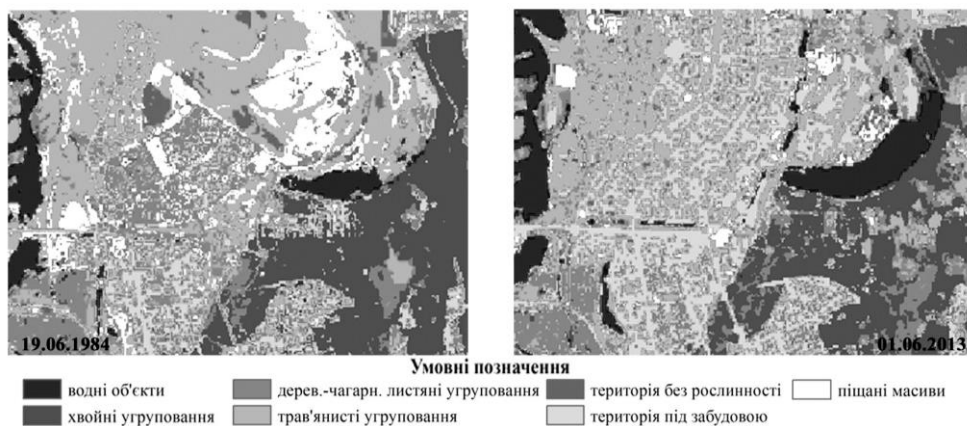


Рис. 2 – Динаміка складових урболандшафту території м. Києва станом на 19.06.1984 р. та 01.06.2013 р. (приклад дешифрування КЗ Landsat)

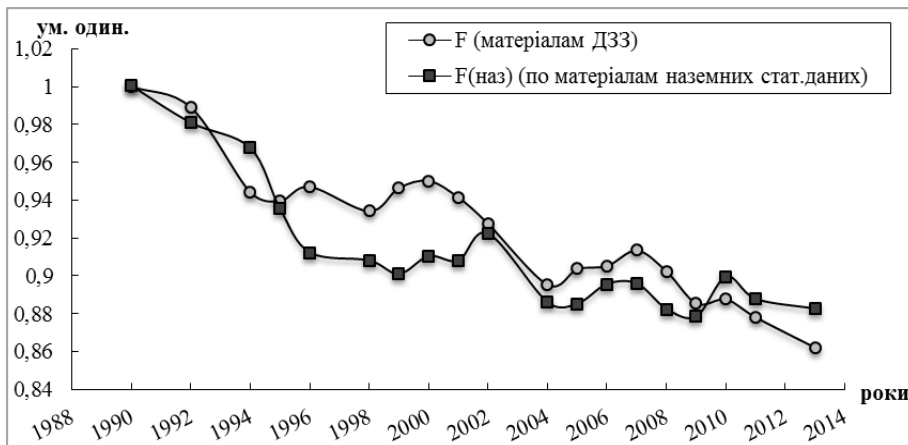


Рис. 3 – Результати оцінки екологічного стану довкілля м. Києва на основі матеріалів космічної зйомки з використанням методу БКО та верифікація результатів на основі даних наземних спостережень

**Метод аналізу ієрархій** (*Analytic Hierarchy Process – AHP*), запропонований Т. Сааті (США) на основі лінгвістичного підходу та експертної інформації [5]. Метод дає можливість на основі експертних оцінок сформулювати необхідну цільову функцію, оцінити ступінь впливу на неї кожної з характеристик досліджуваної системи і провести рейтинг альтернативних варіантів.

Для формалізації експертної процедури будується множина матриць попарних порівнянь для кожного рівня і по кожній складовій даного ієрархічного рівня. Обробка матриць, наприклад, чотирьох рівнянь, дає можливість виділити вектори пріоритетів відповідних рівнянь  $K^1$ ,  $K^2$ ,  $K^3$  і  $K^4$ , компоненти яких визначають їх пріоритети з точки зору експерта.

В узагальненому критерії  $K$ , перший рівень відповідає прийняттю рішення по всіх векторах цільових пріоритетів, другий – вектору цільових пріоритетів, третій – компонентам вектора цільових пріоритетів і четвертий – компонентам вектора пріоритетності показників порівнюваних альтернатив. Якщо отримані всі необхідні вагові коефіцієнти, то формула згортки узагальненого критерію для варіантів, які порівнюються, має вигляд:

$$K = \sum K_l^1 \sum K_m^2 \sum K_r^3 \sum K_p^4 \cdot x_p^s,$$

де верхній індекс критеріального пріоритету позначає рівень ієрархії;  $x_p^s$  – коефіцієнт переваги варіанта  $S$  за показником  $p$ .

Значення  $K$  дозволяє встановити перевагу того чи іншого альтернативного варіанта системи по всій сукупності аналізованих факторів.

На основі методу аналізу ієрархій в ЦАКДЗ було виконано ряд робіт з оцінки космічної системи ДЗЗ [6], нафтогазоперспективності ділянок шельфа [7], екологічного стану Київського водосховища [8] та ін.

**Фрактальний аналіз** (*Fractal Analysis*) [9] відкриває нові можливості для отримання геодинамічної інформації на основі реальних даних. Використання мультифрактальних параметрів дозволяє оцінити ступінь упорядкованості і стійкості системи до зовнішнього впливу, що неможливо визначити іншими звичайними статистичними методами. В якості кількісної міри, яка описує структуру складових об'єкта, прийнято використовувати фрактальну розмірність Рені –  $D_q$ , яка показує наскільки щільно і рівномірно елементи даної множини заповнюють евклідовий простір.

Можливість використання фрактального аналізу для оцінки варіабельності складових досліджуваного об'єкта встановлювалася перевіркою виконання двох умов: по-перше, степеневою залежністю зростання компонентів статистичної суми  $Z_q$  від розміру вибірки  $N$  і, по-друге, не зростаючим видом функції спектра узагальнених розмірностей  $D_q$ , динаміка змін яких характеризує закономірності росту та еволюції процесу.

$$Z_q(N, q) = \sum_{i=1}^n p_i^q, \quad p_i = \frac{N_i}{N}, \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1, \quad D_q = \frac{\tau(q)}{1-q} \quad \text{при } q \neq 1, \quad \text{де } \tau(q) = \frac{\log \sum_{i=1}^n p_i^q}{\log N}.$$

В роботах [10–12] наводяться результати застосування в ЦАКДЗ методу фрактального аналізу для різних тематичних задач в природокористуванні: від оцінки варіабельності складових урболандшафту міських агломерацій до оцінки стану водних об'єктів та їх ландшафтного біорізноманіття (рис. 4).

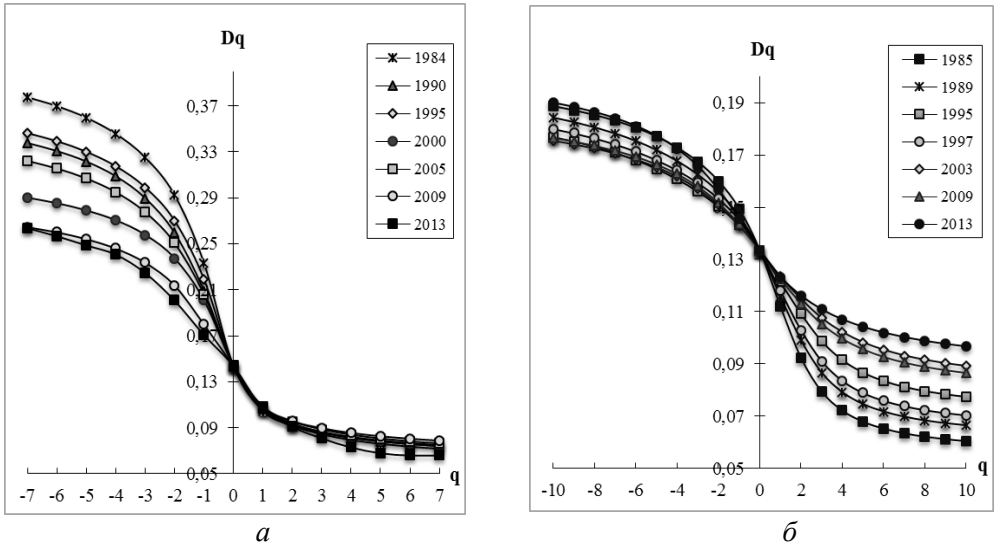


Рис. 4 – Спектри розмірностей  $D_q$  від  $q$

(а – варіабельності складових урболандшафту м. Києва; б – варіабельності біотопів водно-болотних угідь Київського водосховища)

**Метод системної динаміки** (*System Dynamics (SD)*) [13]. Основною перевагою методу є побудова динамічної моделі об'єкта управління на основі експертних даних про причинно-наслідкові відносини в модельованій системі і, на цій основі, широка можливість моделювання процесу розвитку.

На основі методу системної динаміки в ЦАКДЗ було проведено моделювання та прогноз зміни стану довкілля міста Києва під впливом різних факторів [14]. В результаті отримано прогнозну оцінку розвитку стану довкілля міста до 2025 р. при поступовій зміні складових урболандшафту: зеленої зони та техногенного навантаження –  $CO_2$  до 10% від номінального значення 2013 р. (рис. 5).

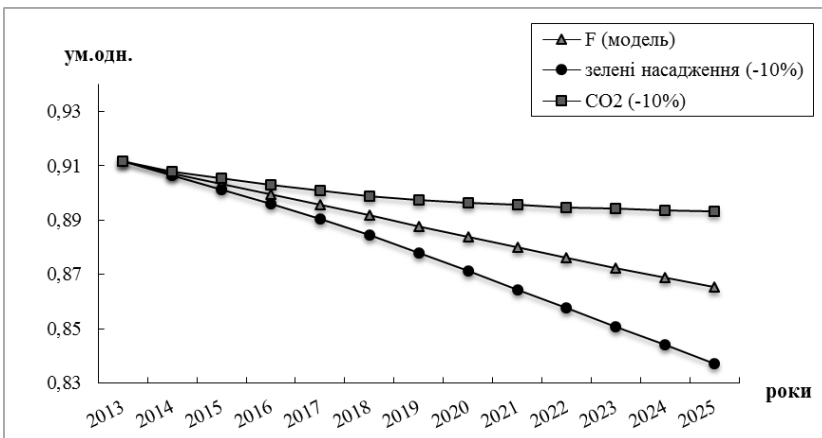


Рис. 5 – Результати прогнозу стану довкілля міста Києва (значення функції відповідності  $F$ ) до 2025 р., а також при поступовому зменшенні  $CO_2$  і площі зеленої зони до 10% відносно 2013 р.

**Метод адаптивного балансу впливів** (*Method of Adaptive Balance of Causes (ABC)*) [15]. Метод системної динаміки має ряд обмежень: відсутні загальні алгоритми знаходження функцій, які визначають вплив одних рівнів на значення темпів потоків інших рівнів; не використовуються дані поточних спостережень за процесами розвитку для введення виправлень у модельні сценарії розвитку та ін. Для моделювання інтегральних процесів в екосистемі та оцінки ресурсного потенціалу І. Тимченко та Є. Ігумнова запропонували метод адаптивного балансу впливів (ABC), який, використовуючи основні принципи методу системної динаміки, позбавлений перерахованих вище обмежень.

В роботі [16] наводяться результати моделювання змін екологічного стану міської території від змін площ, зайнятих: зеленою зоною, водоймами, житловою забудовою і промисловими об'єктами.

**Метод множинної регресії** (*Multiple Regression*) [17]. Множинна лінійна регресійна модель залежності процесу  $u$  від впливових факторних змінних  $x_1, x_2, \dots, x_k$  має вигляд:  $u = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$ .

Для оцінки невідомих коефіцієнтів  $b_j$  беруться архівні дані  $n$  значень процесу  $u_1, u_2, \dots, u_n$  і  $k$  впливових факторів  $x_1, x_2, \dots, x_k$ .

Метод використано для прогнозування врожайності озимої пшениці на основі вимірювань ознак-факторів (температура, кількість опадів і вегетаційний індекс (NDVI)) та результативної ознаки (врожайність).

Отримані рівняння у формі множинної регресії зв'язують врожайність озимої пшениці як зі значеннями температури й кількості опадів, так і зі значеннями космічних вимірювань NDVI. Коефіцієнти рівнянь обчислюються за архівними даними врожайності, опадів, температури і NDVI. Прогнозування врожайності виконується шляхом обчислення значення функції множинної регресії, де аргументами є кількість опадів і середня температура або космічні вимірювання NDVI, отримані у попередні до прогнозування місяці вегетації пшениці.

## Висновки

Підводячи підсумки, хочемо зазначити, що результати досліджень і розглянутих вище прикладів показали, що запропоновані методи і моделі оцінки та прогнозування стану навколишнього середовища і природокористування за допомогою даних ДЗЗ дозволяють оперативно проводити моніторинг і знизити витрати як часу, так і коштів. Адаптація та застосування методів системного аналізу для вирішення задач екологічної безпеки та природокористування на основі інформації ДЗЗ значно розширить можливості дистанційних аерокосмічних методів.

На закінчення слід відзначити, що розглянуті вище методи не вичерпують можливості системного аналізу та представляють тільки ту частину його математичного арсеналу, яка освоєна у відділі системного аналізу ЦАКДЗ для вирішення конкретних тематичних завдань природокористування на основі матеріалів аерокосмічної зйомки і наземних спостережень.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев – М : Наука, 1981. – 487 с.
2. Лялько В.И., Федоровский А.Д., Попов М.А. и др. Использование данных спутниковой съемки для изучения природоресурсных проблем // Космічні дослідження в Україні 2002–2004. – Київ. – 2004. – С. 7–14.
3. Томченко О.В. Використання методу багатокритеріальної оптимізації матеріалів ДЗЗ та наземних даних для оцінки екологічного стану Київського водосховища / О.В. Томченко // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. – К., 2014. – Вип. 15. – С. 31–39.
4. Соколовська А.В. Використання космічної інформації ДЗЗ для моделювання впливу складових урболандшафту на екологічний стан території міста Києва / А.В. Соколовська, К.Ю. Суханов, О.Д. Федоровський // Космічна наука і технологія. – 2013. – Т. 19. – № 3. – С. 21–26.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати – М : Радио и связь, 1993. – 278 с.
6. Боднар Е.Н. Оценка и выбор варианта космической системы ДЗЗ на основе метода анализа иерархий. / Е.Н. Боднар, В.Г. Якимчук, А.Д. Федоровский // Доповіді Національної академії наук. – 2005. – № 8. – С. 106–111.
7. Соколовская А.В. Методические основы дистанционных аэрокосмических исследований в природопользовании, как мульти-междисциплинарное научное направление. (на примере оценки нефтегазоперспективности участков Каспийского шельфа Туркменистана) / А.В. Соколовская, А.Д. Федоровский // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2015. – № 4. – С. 10–25. Режим доступу: <http://ujrs.org.ua/ujrs/index>.
8. Томченко О.В. Використання космічної інформації ДЗЗ та наземних спостережень для комплексної оцінки екосистемних послуг Київського водосховища на основі методу аналізу ієрархій / О.В.Томченко // Космічна наука і технологія. – 2014. – Т. 20. № 5(90). – С. 41–49.
9. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт – Ижевск, 2010 – С. 19–20.
10. Артюшенко М.В. Мультифрактальный анализ биоразнообразия и ценотической структуры сообщества растений по данным дистанционного зондирования / М.В. Артюшенко, Л.В. Подгородецкая, Л.Н. Зуб, А.Д. Федоровский // Доповіді НАНУ. – 2011. – № 9. – С. 132–141.
11. Соколовська А.В. Мультифрактальний аналіз варіабельності структури складових міських територій на основі космічної інформації ДЗЗ (на прикладі міста Києва за 1986–2011 рр.) / А.В. Соколовська // Доповіді Національної академії наук України. – 2013. – № 12. – С.187–194.
12. Томченко О.В., Підгородецька Л.В., Федоровський О.Д. Комплексна оцінка екологічного стану водойм на основі космічної інформації дистанційного зондування Землі (на прикладі оз. Світязь та верхів'я Київського водосховища) // Гідроакустичний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану): Зб. наук. пр. – Запоріжжя: НТЦ ПАС НАН України. – 2013. – № 10. – С. 111–117.
13. Forrester J. W. Counterintuitive behavior of social systems / J. W. Forrester // Technology Review. – 1971. – № 73(3) – P. 52–68.
14. Соколовська А.В. Системне моделювання і прогноз стану довкілля міста Києва на основі статистичних даних космічного геомоніторингу і наземних спостережень / А.В. Соколовська, О.В. Нікітенко, О.Д. Федоровський // ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ». – К.: – 2014. – № 4. – С. 12–21.

15. Тимченко И.Е. Игумнова Е.М. Прогнозирование природных процессов методом адаптивного баланса влияний // Мор. гидрофиз. журн. – 2004. – № 5, – С. 53–63.
16. Соколовська А.В. Космічний моніторинг екологічного стану міських територій (на прикладі міста Києва) / А.В. Соколовська // Космічна наука і технологія. – 2013. – Т. 19. – № 4. – С. 44–49.
17. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия / Норман Дрейпер, Гарри Смит // Applied Regression Analysis – 3-е изд. – М.: «Диалектика». – 2007. – С. 912.

*Стаття надійшла до редакції 16.04.2015*

РЕФЕРАТИ / ABSTRACTS

---

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА  
ENVIRONMENTAL SAFETY**

---

УДК 626/627 ; 504.05

**Перспективы восстановления малых гидроэлектростанций в Украине в контексте экологически безопасного природопользования / Стефанишин Д.В., Атаев С.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 5–11.**

Проанализированы перспективы восстановления малой гидроэнергетики в Украине. Показано, что сохранение основных технических показателей существующих напорных гидротехнических сооружений, характеризующих режимы уровней воды в бьефах, и принципа комплексного использования водных ресурсов позволяет решать проблемы восстановления малых гидроэлектростанций на малых и средних реках в контексте экологически безопасного природопользования.

UDK 626/627 ; 504.05

**Prospects for recovery of small hydropower in Ukraine in the context of environmentally-friendly resources use / Stefanyshyn D.V., Atayev S.V. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 5–11.**

Analyzed were the prospects for recovery of small hydropower in Ukraine. It is shown that keeping the main technical parameters of existing pressure hydraulic structures that characterize the modes of water level in the upstream and downstream, and the principle of integrated water resources use, can solve the problem of rehabilitation of small hydropower plants on small and medium-sized rivers in the context of environmentally-friendly resources use.

---

УДК 504.3:614.841

**Оценка радиационного риска при тушении пожара в Чернобыльской зоне / Азаров С.И., Сидоренко В.Л., Серeda Ю.П. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 12–20.**

Приведена оценка радиационного риска для работников пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров в Чернобыльской зоне. Показано, что граница радиационного риска для пожарного в этих условиях может превышать предельный индивидуальный радиационный риск.

UDK 504.3:614.841

**Assessment of radiation risk to extinguish the fire in the Chernobyl zone / Azarov S.I., Sidorenko V.L., Sereda Yu.P. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 12–20.**

The estimation of the radiation risk to workers of fire-rescue units to extinguish fires in the Chernobyl zone. It is shown that the boundary of the radiation risk for fire in these conditions may exceed the limit of individual radiation risk.

УДК 628.47

**Способы обращения с твердыми бытовыми отходами в городах Украины** / Ищенко В.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 21–30.

В статье проанализированы существующие направления обращения с твердыми бытовыми отходами. Из них сформировано три главных способа, которые могут быть использованы как модели обращения с твердыми бытовыми отходами в городах Украины, – раздельный сбор, использование сортировочных комплексов и термическая обработка. Рассмотрены преимущества и недостатки этих способов в контексте возможности внедрения в Украине, а также с точки зрения экологичности, финансовой целесообразности и возможности ресурсосбережения. В итоге, приоритетным, по мнению автора, должно стать внедрение системы раздельного сбора твердых бытовых отходов с последующей утилизацией отобранного вторичного сырья.

UDC 628.47

**Methods of solid household waste management** / Ishchenko V.A. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 21–30.

The article analyzed existing trends of solid household waste management. Three main methods that can be used as a model of solid waste management in the cities of Ukraine – separate collection, sorting systems and the use of heat treatment – were formed. The advantages and disadvantages of these methods are considered in the context of the possibility of introducing in Ukraine as well as in terms of environmental, financial feasibility and resource capabilities. As a result, the priority, according to the author, should be the introduction of separate collection of solid waste with the recycling of selected secondary raw materials.

---

УДК 556.528.7

**Экспериментальные исследования рекреационной нагрузки на природоохранные территории Тернополья** / Триснюк Т.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 31–36.

В работе представлены результаты исследований рекреационной нагрузки на природоохранные территории Тернопольщины. Рекреационная нагрузка определялась путем натурального учета времени пребывания отдыхающих на пробных участках и в дальнейшем расчетным путем для всей территории туристического комплекса, учитывая количество отдыхающих на этой территории. Определена предельная вместимость рекреационной зоны, предложены перспективы устойчивого развития.

UDC 556.528.7

**Experimental study of recreational loading in protected areas Ternopil Region** / Trysnyuk T.V. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 31–36.

The results of studies of recreational loading in protected areas Ternopil are given. Recreational loading was determined by full-scale accounting period of stay of tourists at the trial sites and further calculation for the entire tourist complex, given the number of tourists in the area. Capacity limit of recreational area was defined, the prospect of sustainable development are offered.



---

## ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ NATURAL RESOURCES

---

УДК 004.942

**Прогнозирование рисков убытков от наводнений на реках по данным мониторинга** / Стефанишина-Гаврилюк Ю.Д., Стефанишин Д.В., Трофимчук А.Н. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 37–48.

Рассмотрена задача прогнозирования рисков убытков от наводнений по данным мониторинга как произведений убытков и вероятностей превышения максимальных расходов воды. Предложен новый метод прогнозирования рисков убытков от наводнений по данным мониторинга на основе ситуационных и индуктивных моделей. Задача решается на примере моделирования рисков убытков от разрушительных наводнений в бассейне р. Тиса в зависимости от максимальных расходов воды р. Тиса, которые определялись на гидрометрическом посту Вилок.

UDC 004.942

**Prediction of risks of flood damages on rivers according to monitoring** / Stefanyshyna Yu.D., Stefanyshyn D.V., Trofymchuk O.M. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 37–48.

The problem of predicting of risks of flood damages according monitoring data presented as products of losses and probability of exceeding the maximum water discharges was viewed. A new method for predicting the risks of flood damages according monitoring data based on situational and inductive models was proposed. The problem is solved by the example of modeling the risks of losses from the devastating floods in the basin of Tisa depending on the maximum discharges of water of Tisa River, which were identified on the hydrometric post Vylok.

---

УДК 628.112

**Обоснование геофильтрационных схем и выходных параметров при расчетах лучевых водозаборов** / Тугай Я.А., Майстренко Г.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 49–52.

Рассматриваются основные геофильтрационные схемы притока воды к лучевым водозаборами. Даются их характеристики, а также необходимые параметры для их расчетов. Приводятся основные виды питания подземных вод при устройстве лучевых водозаборов.

UDC 628.112

**Substantiation of geofiltration schemes and parameters in calculation of radial water intakes** / Tugay J.A., Maystrenko G.V. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 49–52.

The basic geofiltration schemes of inflow to industrial water intakes are considered. Characteristics, as well as parameters for calculation are given. The basic types of groundwater recharge at the organization of underground water intakes are given.

---

УДК 504.45; 504.052;504.054

**Тематические картографические модели для инфраструктуры пространственных данных** / Анпилова Е.С., Красовская И.Г. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 53–58.

В статье рассмотрена возможность применения современных технологий для построения картографических моделей оценки качества поверхностных вод. Продемонстрированы результаты моделирования для эффективного управления водными ресурсами в условиях техногенного воздействия, а также в разрезе развития национальной инфраструктуры пространственных данных.

UDK 504.45; 504.052;504.054

**Thematic maps for the spatial data infrastructure** / Anpilova Y.S., Krasovska I.G. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 53–58.

This paper explores the development of modern technologies of surface water quality assessment, cartographic decision making support for the effective use of water resources and the improvement of surface water monitoring based on the methods and tools of GIS technologies and remote sensing for the development of national spatial data infrastructure.

---

УДК (543.68:543.9):(669.018.674:669.791.11)

**Эколого-гигиеническая оценка нагрузки тяжелыми металлами окружающей среды Киева в системе снег-вода-почва** / Андрусихина И.Н., Голуб И.А., Лампека Е.Г. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 59–65.

В работе представлены результаты исследований по изучению содержания 17 химических элементов в снеге, природной воде, почвах г. Киева. Приоритетными металлами, загрязняющими снежный покров, являются алюминий, марганец, железо, цинк. Выявлено превышение уровней ГДК для кадмия, железа, свинца в артезианской и колодезной водах, а содержание алюминия, мышьяка, железа и никеля было наибольшим в природной воде. Установлено высокое содержание марганца и никеля в почвах. Полученные данные показывают, что экологический мониторинг загрязнения окружающей среды в системе снег-вода-почвы потенциально токсичными металлами является актуальным для крупных городов Украины. При этом приоритетными элементами такого мониторинга являются алюминий, марганец, цинк, железо, хром и кальций.

UDK (543.68:543.9):(669.018.674:669.791.11)

**Hygienic assessment of ecological load of heavy metals environmental Kiev in the snow-water-soil** / Andrusishina I.N., Lampeka E.G., Golub I.A. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 59–65.

In this work are presents results of researches on the content of 17 chemical elements in snow, natural water and soil in Kiev are shown. Priority metals contaminating the aluminium, manganese, iron, zinc has snow. Detected excess levels of cadmium, iron, lead, and the well artesian waters, and the content of aluminium, arsenic, iron and nickel was highest in natural water. A high content of manganese and nickel in soils were established. The data obtained show that the environmental monitoring of pollution in the snow-water-soil potentially toxic metals is relevant to the major cities of Ukraine. The priority of the monitoring elements is aluminium, manganese, zinc, iron, chromium, and calcium.

УДК 504.064.2

**Предварительная оценка микоповреждений деревянных сооружений в НМНАБУ «Пирогово»** / Кривомаз Т.И., Перебинос А.Р. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 66–75.

Защита деревянных архитектурных сооружений является одним из направлений экологической безопасности. Проблема сохранения музейно-архитектурных памятников и экобезопасности их рекреационной эксплуатации заслуживает пристального внимания и накладывает ответственность на всех, кто причастен к ее решению. По результатам предварительной оценки установлено, что условия хранения и рекреационной эксплуатации архитектурных деревянных памятников в четырех обследованных экспозициях Национального музея народной архитектуры и быта Украины «Пирогово» соответствуют требованиям стандартов системы обеспечения надежности и безопасности технического состояния деревянных конструкций. Однако даже первичное обследование выявило наличие значительных повреждений грибами некоторых зданий, которые требуют неотложных оперативных мер по устранению разрушительного воздействия микодеструкторов, а также других негативных биотических и абиотических факторов. На основе первичного обследования деревянных сооружений в четырех историко-этнографических экспозициях Приднепровье, Слобожанщина, Полесье и Карпаты было создано первичную базу данных для мониторинга биоповреждений и контроля технического состояния зданий в соответствии с нормами экобезопасности.

UDK 504.064.2

**Preliminary evaluation of fungal destruction of wooden constructions in NMFALU «Pyrohiv»** / Kryvomaz T., Perebynos A. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 66–75.

Protection of wooden architecture is one of the areas of environmental safety. The problem of conservation of museum and architectural monuments with environmental safety of their recreational activity deserves of attention and gives responsibility to all those involved in its solution. Results of the preliminary assessment found that conservation and recreational activity of wooden architectural monuments in four investigated expositions of National Museum of Folk Architecture and Life of Ukraine «Pyrohiv» meet requirements system to ensure reliability and safety of the technical state of wooden constructions. But even initial examination revealed the presence of significant damage in some buildings fungi that require urgent operational measures to address the disruptive impact fungi destructors and other negative biotic and abiotic factors. Based on the initial survey in four wooden buildings of historical and ethnographic exhibits Naddnipryanschina, Slobozhanschina, Polissia and Carpathians were created preliminary database for biodestruction monitoring and supervision of technical condition of buildings in compliance with environmental safety.

---

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

---

УДК 539:537.8:504

**Особливості формування живої матерії та вплив континуальних електромагнітних полів навколишнього середовища** / Сімонов І.М., Трофімович В.В. // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – № 2(18). – С. 76–86.

У роботі аналізуються експериментальні і теоретичні передумови можливого існування поля живої матерії. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що електромагнітна природа поля живої матерії пов'язана із самоузгодженими полями водних

розчинів електролітів, які присутні практично у всіх складових живої тканини. Структурні частинки матерії – протон, електрон – це енергетичні патерни, що сформовані стоячою континуальною електромагнітною хвилею. Речовина – форма прояву властивостей континуального поля, додатковий канал електромагнітної взаємодії між живою і фізичною матеріями.

UDK 539:537.8:504

**Features of forming of living matter and the influence of the continual electromagnetic fields of environment** / Simonov I.N., Trofimovich V.V. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 76–86.

The paper analyzes the experimental and theoretical background of existence of field living matter. Analysis suggests that the electromagnetic nature of the field living matter is related to the self-consistent of the fields of aqueous electrolyte solutions, which are present in almost all components of living tissue. Structural particles of matter – proton, electron – this energy patterns generated from the continuum of the standing electromagnetic wave. Substance – a manifestation of the properties of a single continuous field, an additional channel of general electromagnetic interaction between the living and physical matter.

---

УДК 629.783, 004.932.72

**Анализ и реализация моделей мониторинга подстилающей поверхности по данным SUOMI NPP** / Вишняков В.Ю., Нагаевский В.М., Шелестюк Ю.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 87–94.

В статье представлены основные характеристики космического аппарата SUOMI NPP и его сенсоров в сравнении с сенсорами аппаратов NOAA, AQUA и TERRA, а также их назначения. Проанализированы уровни обработки данных и описаны модели мониторинга подстилающей поверхности с указанием существующих программ их реализации.

UDK 629.783, 004.932.72

**Analysis and implementation of monitoring models underlying surface according data SUOMI NPP** / Vishniakov V.Y., Nagaevskii V.N., Shelestiuk Y.A. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 87–94.

The main characteristics of the spacecraft SUOMI NPP and its scanners in comparison with scanners of devices NOAA, AQUA and TERRA, and their purpose was presented by article. Level processing of these data was analyzed. And also monitoring model underlying surface indicating the existing programs for their implementation was described.

---

УДК 528.88.04:504.064.2

**Методы системного анализа в дистанционных аэрокосмических исследованиях экологической безопасности и природопользования** / Соколовская А.В., Томченко О.В., Порушкевич А.Ю., Федоровский А.Д., Якимчук В.Г. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2015. – № 2(18). – С. 95–102.

Обосновывается эффективность применения методов системного анализа при решении тематических задач на основе материалов ДЗЗ. Приводятся результаты формирования моделей и критериев многокритериальной оптимизации, анализа иерархий и аналитических сетей, фрактального и мультифрактального анализа, системной динамики, адаптивного баланса влияний и множественной регрессии при решении различных задач: от выбора параметров космических снимков до оценки состояния водоемов, городских территорий и нефтегазоперспективности участков.

UDK 528.88.04:504.064.2

**Methods of system analysis in the remote aerospace researches of the ecological security and environmental management** / Sokolovska A.V., Tomchenko O.V., Porushkevych A.Yu., Fedorovsky O.D., Yakymchuk V.H. // Environmental safety and natural resources. – 2015. – № 2(18). – P. 95–102.

The effectiveness of the system analysis methods for solving mathematical problems based on the remotely sensed data is substantiated. The results of the models development and multiobjective optimization criteria, analytic hierarchy process and analytical network, fractal and multifractal analysis, system dynamics, adaptive balance of influences and multiple regression in solving various problems from the choosing of the parameters of the satellite images to assess the ecological condition of the water bodies, urban areas and oil and gas sites are shown.

---

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Азаров Сергій Іванович** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник Інституту ядерних досліджень НАН України, (м. Київ).

**Андрусишина Ірина Миколаївна** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії аналітичної хімії і моніторингу токсичних речовин, ДУ «Інститут медицини праці АМН України», (м. Київ).

**Анпілова Євгенія Сергіївна** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

**Атаєв Сергій Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент ПВНЗ «Європейський університет», (м. Рівне).

**Вишняков В'ячеслав Юрійович** – кандидат технічних наук, начальник групи тематичної обробки інформації ДЗЗ Центру прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (ЦПОСІ та КНП, (м. Дунаївці).

**Голуб Інна Олександрівна** – науковий співробітник лабораторії аналітичної хімії і моніторингу токсичних речовин, ДУ «Інститут медицини праці АМН України», (м. Київ).

**Іщенко Віталій Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та екологічної безпеки Вінницького національного технічного університету, (м. Вінниця).

**Красовська Інеса Григорівна** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

**Кривомаз Тетяна Іванівна** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва та архітектури, (м. Київ).

**Лампека Олена Григорівна** – інженер вищої категорії лабораторії аналітичної хімії і моніторингу токсичних речовин, ДУ «Інститут медицини праці АМН України», (м. Київ).

**Майстренко Геннадій Володимирович** – аспірант Київського національного університету будівництва і архітектури, (м. Київ).

**Нагаєвський Володимир Миколайович** – провідний фахівець, інженер сектору тематичної обробки інформації (ЦПОСІ та КНП), (м. Дунаївці).

**Перебинос Альона Ростиславівна** – аспірант Київського національного університету будівництва та архітектури, (м. Київ).

**Порушкевич Анатолій Юрійович** – провідний інженер відділу системного аналізу Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України», (м. Київ).

**Середа Юрій Петрович** – здобувач Інституту державного управління у сфері цивільного захисту, (м. Київ).

**Сидоренко Володимир Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент Інституту державного управління у сфері цивільного захисту, (м. Київ).

**Сімонов Іван Миколайович** – доктор фізико-математичних наук, професор Київського національного університету будівництва і архітектури, (м. Київ).

**Соколовська Анна Василівна** – кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник відділу системного аналізу Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України», (м. Київ).

**Стефанишин Дмитро Володимирович** – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, професор кафедри гідротехнічних споруд Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП), (м. Рівне).

**Стефанишина-Гаврилюк Юлія Дмитрівна** – аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, (м. Київ).

**Томченко Ольга Володимирівна** – молодший науковий співробітник відділу системного аналізу Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України», (м. Київ).

**Триснюк Тарас Васильович** – аспірант Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України, (м. Київ).

**Трофимчук Олександр Миколайович** – член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

**Трофімович Володимир Володимирович** – кандидат технічних наук, професор Київського національного університету будівництва та архітектури, (м. Київ).

**Тугай Ярослав Анатолійович** – кандидат технічних наук, перший заступник директора Інституту післядипломної освіти Київського національного університету будівництва та архітектури, (м. Київ).

**Федоровський Олександр Дмитрович** – член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, завідувачий відділом системного аналізу Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України», (м. Київ).

**Шелестюк Юрій Олександрович** – провідний фахівець, інженер сектору тематичної обробки інформації (ЦПОСІ та КНП), (м. Дунаївці).

**Якимчук Владислав Григорович** – доктор технічних наук, головний науковий співробітник відділу системного аналізу Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України», (м. Київ).

© Авторські і суміжні права належать авторам окремих публікацій, Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київському національному університету будівництва і архітектури.

© Авторские и смежные права принадлежат авторам отдельных публикаций, Институту телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, Киевскому национальному университету строительства и архитектуры.

Copyright © authors of publications, Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv National University of Construction and Architecture. All rights reserved.

## ДО УВАГИ АВТОРІВ ЗБІРНИКА

Зміст матеріалів, що направляються до редакції, повинен відповідати профілю та науково-технічному рівню збірника.

Кожна наукова стаття повинна мати вступ, розділи основної частини та висновки, а також анотацію і ключові слова трьома мовами (українською, російською та англійською). Також трьома мовами подаються реферати до статті.

Підготовка статті здійснюється в текстовому редакторі MS WORD for WINDOWS, з використанням шрифту Times New Roman, Суг, кегль 11, одинарний інтервал, полями 2,0 см з кожного боку, заданим розміром сторінок 17x26 см.

Усі формули мають бути набрані в редакторі Microsoft Equation.

Ілюстрації повинні обов'язково нумеруватися, мати книжкову орієнтацію і не можуть перевищувати за розміром журнальну сторінку (параметри сторінки 17x26 см з полями 2,0 см). Перелік літературних джерел оформляється згідно з ГОСТ 7.1-84 і подається загальним списком у кінці статті за чергою посилань у тексті. Посилання на літературні джерела в тексті даються в квадратних дужках.

Наприкінці статті наводиться коротка довідка про авторів, де вказуються прізвище, повне ім'я та по батькові авторів, науковий ступінь, вчене звання, посада, назва підрозділу (кафедри) та організації, особисті дані кожного з авторів (адреса, місто, країна, контактний телефон, e-mail).

Обов'язково слід надати електронну версію в редакторі Microsoft Word.

Усі представлені в редакцію рукописи проходять ретельне багатоланкове рецензування відповідними фахівцями за профілем статті. Якщо сумарна оцінка рецензентів менша за встановлений поріг, рукописи відхиляються. Автору надсилається відповідне повідомлення. Матеріали, отримані від автора, редакцією не повертаються. Після доопрацювання автор може подати матеріал повторно, з виконанням усіх процедур подачі матеріалу.

Зміст статті та якість написання або перекладу (українською або англійською мовами) переглядаються коректорами збірника, проте відповідальність за зміст та якість статті несуть автори матеріалу. До статті можуть бути внесені зміни редакційного характеру без згоди автора.

Розділ збірника, до якого буде віднесена стаття, визначається редакцією, узгоджується – головним редактором або його заступником. Остаточний висновок щодо публікації матеріалів схвалює редакційна колегія збірника.

Електронна версія збірника наукових праць в Інтернеті знаходиться на сайті Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського.

Збірник наукових праць також представлений на сайті Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України <http://itgip.org/> у розділі «Видавнича діяльність».



*Виконавчий редактор – В.П. Берчун*

---

**Надруковано:**

Видавничий дім «Юстон»  
01034, м. Київ, вул. О. Гончара, 36  
Тел.: (044) 360-22-66  
Реєстраційне свідоцтво НБ № 153324 від 05.11.2012 р.

---

Підписано і здано до друку 25.05.2015. Формат 70x108/16. Папір офсетний.  
Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 9.89

Обл.-вид. арк. 11.4

Тираж 300 примірників

Замовлення № \_\_\_\_\_

---

КИЇВ 2015