

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ
ДУ «ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НАН УКРАЇНИ»

ТЕХНОГЕННО - ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ВИПУСК 5

КИЇВ - КРЕМЕНЧУК
2012

ISSN 2220-8585

Головний редактор
ЛИСИЧЕНКО Георгій Віталійович

Editor-in-chief
Georgiy V. LYSYCHENKO

Заступники головного редактора:
Демьохін Г.А. (Україна)
Забулонов Ю.Л. (Україна)

Deputy Editors:
Demekhin G.A. (Ukraine)
Zabulonov U.L. (Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Бут В.П. (Україна)
Соботович Е.В. (Україна)
Бондаренко Г.М. (Україна)
Белевцев Р.Я. (Україна)
Горлицький Б.О. (Україна)
Крайнов І.П. (Україна)
Шушляков О.В. (Україна)
Яковлев Є.О. (Україна)
Чумаченко С.М. (Україна)
Лавровський С.Е. (Україна)

EDITORAE BOARD:

But V.P. (Ukraine)
Sobotovich E.V. (Ukraine)
Bondarenko G.N. (Ukraine)
Belevtsev R. Ya. (Ukraine)
Gorlitsky B.A. (Ukraine)
Kraynov I.P. (Ukraine)
Shushlyakov A.V. (Ukraine)
Yakovlev E.O. (Ukraine)
Chumachenko S.M. (Ukraine)
Lavrovskiy S.E. (Ukraine)

Секретар Іщенко А.А.

Secretary Ishchenko A.A.

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Войчик В. (Польща)
Алієв Р. (Азербайджан)
Калінін М. (Білорусь)
Єременко В. А. (Росія)
Єськов А.П. (Росія)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Wojcik W. (Poland)
Aliev R. (Azerbaijan)
Kalinin M. (Belorus)
Eremenko V.A. (Russia)
Eskov A.P. (Russia)

Технічний секретар: Мельник Ю.С., Фесай О.П.

ЗАСНОВНИКИ:

Національна академія наук України
Міністерство надзвичайних ситуацій України
Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”
Виконавчий комітет Кременчуцької міської ради

Адреса редакційної колегії:

03680, Київ-142, пр. Палладіна, 34-А
ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”,
Тел. (044) 424 00 29, факс (044) 423 17 96. Електронна пошта: u-risk@naverex.kiev.ua

Друкується за постановою Вченої ради ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”

Свідоцтво про державну реєстрацію ДЗМІ – серія КВ № 16163-4635Р від 30.12.2009 р.

Фахова реєстрація у ВАК України в галузі геологічних і технічних наук (екологічна безпека)
Постанова Президії ВАК України від 23.02.2011 № 1-05/2

ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Випуск 5. Київ-Кременчук, 39600, м. Кременчук, СП ТОВ Видавництво «Християнська Зоря», 2012-192 с.

© Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”
© Виконавчий комітет Кременчуцької міської ради, відділ екологічної безпеки

ЗМІСТ

Проблеми радіаційної безпеки

Забулонов Ю. Л., Лисиченко Г.В., Мєдведєв Ю.О. Методи оцінювання терористичних ризиків	5
Бугера М.А. Впровадження комп'ютерних технологій для інформаційної підтримки уранової мінерально-сировинної бази України	11
Турбаевский В.В. Использование веб-интерфейсов в дозиметрии на АЭС	17
Черникова Н.П. Пылеподавление – локализирующая функция на объекте «Укрытие»	23
Верховцев В.Г., Лисиченко Г.В., Тищенко Ю.Є., Швайко В.Г., Коваленко Г.Д. Комплексні радіогеоecологічні дослідження території Біланівського залізорудного родовища	28

Проблеми екологічної безпеки

Варламов Є.М., Пагалута О.А Застосування екологічних індикаторних показників та їх інформаційний зміст для оцінки стану навколишнього природного середовища України	41
Штика О.С. Оцінка ефективності сучасних технологій ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами	47
Дудар Т.В., Руденко Н.В. Яцишин А.В. Аналіз стану та перспективи покращення моніторингу атмосферного повітря	61
Диденко П.И., Алексеева Е.В. Радоновая опасность для населения Украины	72
Азаренко Е.В., Гончаренко Ю.Ю., Дивизнюк М.М. Обобщенная модель движения водной среды	81
Базалєєв М.І., Бандурян Б.Б., Кленіков В.Ф., Лисиченко О.Г., Литвиненко В.В., Воробйов І.Б. Тепловізорний метод оцінки зсувонебезпеки в зоні розташування гідротехнічних споруд енергетичного комплексу	88
Гончаренко Ю.Ю. Математическая модель диффузии антропогенной примеси	95
Яковлєв В.В. Інженерні заходи впливу на гідрохімічний склад ґрунтових вод	98
Верховцев В.Г., Юськів Ю.В., Швайко В.Г. Активні на новітньому етапі розвитку кільцеві геоструктури українського щита та його схилів	103

Проблеми цивільного захисту

Штець В.С. Особливості регуляторної політики Європейського Союзу в сфері цивільної авіації та торгівлі викидами парникових газів та їх вплив на українських операторів авіаліній	119
Чумаченко С.М., Валуйський С.В. Удосконалений алгоритм пошуку квазіоптимального положення телекомунікаційних аероплатформ в рамках пошуково-рятувальних робіт при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій	123
Гурник А.В., Козловський В.О., Шабала В.І. Вдосконалення системи управління авіаційними роботами з пошуку та рятування	132
Чумаченко С.М., Лисянський В.О., Шабала В.І. Підходи до оцінки інтегральної ефективності системи авіаційного пошуку і рятування	138
Шушляков Д.А, Шушлякова О.С., Железнякова И.Л., Симоненко Т.Б. Энергореновация зданий школ и детских дошкольных учреждений на примере г. Харькова	144
Прусский А.В., Калугин В.Д., Войтов А.Ю. Экспериментальные зависимости величины аналитического сигнала газового пожарного извещателя с полупроводниковым датчиком спиралевидного типа от концентрации монооксида углерода	152

Шушляков А.В., Шушляков Д.В., Чернокрылюк В.В. Факторы, влияющие на скорость и полноту сгорания при сжигании топлива слоевым способом с двумя зонами пиролиза в комбинированных генераторах тепловой энергии	157
---	-----

Дискусії

Тютюник В.В., Калугін В.Д., Черногор Л.Ф. Оцінка ризику функціонування природно-соціальної системи при сезонних коливаннях сейсмічної активності	165
---	-----

До 85-річчя Е.В. Собоновича	180
------------------------------------	-----

До 65-річчя Г.В. Лисиченка	185
-----------------------------------	-----

До 60-річчя Ю.Л. Забулонова	188
------------------------------------	-----

ПРОБЛЕМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 539.1.08

Ю.Л. ЗАБУЛОНОВ, Г.В. ЛИСИЧЕНКО, Ю.О. МЄДВЄДЄВ

Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», м. Київ

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕРОРИСТИЧНИХ РИЗИКІВ

В статті розглядаються сучасні підходи до оцінювання ризиків тероризму. Описані складності оцінки ризиків тероризму та пов'язані з цим невизначеності. Розкрита потреба в надійній методології оцінювання ризиків.

Вступ

Науково-технічний прогрес останніх десятиріч та доступність інформації щодо новітніх науково-технічних досягнень, поряд з позитивними результатами, призвели до появи нових загроз для суспільства. Однією з найбільш непередбачуваних і незворотніх за своїми наслідками загроз є технологічний тероризм. За останні десятиріччя це явище зазнало значних змін як у своїй організації, масштабах, ідеології, цілях, так і у формах прояву. Значно збільшилась кількість терористичних актів, а також кількість країн, які тим чи іншим шляхом постраждали від терористичної діяльності. На початку 70-х кількість цих країн становила близько 50-ти, а до 2000-го року ця кількість зросла майже вдвічі[1]. Важливою рисою сучасного тероризму є його транснаціональний та міжнародний характер. Всі великі терористичні організації мають добре організовану систему керівництва, розгалужену мережу підрозділів, опорних пунктів і баз по всьому світу.

Значно зросли цілі терористів і масштабність наслідків реалізованих терористичних актів. Якщо в XIX ст. метою терористичного акту було вбивство конкретної людини, з застосуванням примітивних засобів, то в наш час, як продемонстрували події 11.10.2001, терористи прагнуть до реалізації терористичних актів, результатом яких була б загибель сотень або навіть тисяч людей. Такі прагнення терористів ясно окреслюють той факт, що для досягнення цих цілей їм буде необхідна високотехнологічна зброя масового знищення. Серед усіх технічних засобів для масового знищення, найбільш привабливою для терористів і найбільш небезпечною для населення є ядерна зброя. Ядерною зброєю називається сукупність ядерних боєприпасів, засобів їх управління та доставки. Даний тип зброї, при його застосуванні, перевищує всі інші як за кількістю людських жертв, так і за руйнівною силою вражаючих факторів, впливом на навколишнє середовище. Оскільки, на щастя, отримання або виготовлення ядерної зброї є надзвичайно важким завданням для терористів, то в якості її можливої альтернативи може бути застосована радіологічна зброя, яка являє собою контейнер з радіоактивними речовинами та вибуховий пристрій, при спрацьовуванні якого радіоактивні речовини розповсюджуються на значну відстань. Виходячи з вищезазначеного, під терміном “ядерно-радіаційний тероризм” будемо розуміти наміри, спроби, реалізацію людиною, або групою людей викрадення ядерних матеріалів або зброї, чи радіоактивних матеріалів, та їх застосування або погрозу застосування, а також різноманітні диверсії на ядерних об'єктах для досягнення своїх політичних, соціальних або інших цілей.

Негативним фактором, вигідним для терористів, є те, що загроза ядерно-радіаційного тероризму в перспективі таких держав як Україна мало ким сприймається серйозно.

Хоча даний вид тероризму, на щастя, поки є гіпотетичним, можливість, бажання і ймовірність його реалізації певними терористичними групами є вірогідною. Через це стає актуальною необхідність розробки методики, яка дала б змогу оцінити ризик терористичного акту, завдяки чому зможуть бути проведені запобіжні заходи для попередження або нейтралізації спроб застосування ядерної або радіологічної зброї, та її розкрадання.

Методи аналізу ризику тероризму

Дослідження на цю тему, переважно закордонних спеціалістів, показали, що ризик ядерного тероризму є надто важким для оцінювання. Основною відмінністю оцінювання ризику тероризму від оцінювання ризику, наприклад, техногенних катастроф або природних катаклізмів, є те, що в даному випадку ми маємо справу з людським фактором, який передбачає планування цілеспрямованої акції, її проведення та адаптацію. Через це, будь яка ймовірнісна модель не дасть повного уявлення про ризик, завдяки їй можна лише зробити припущення щодо ключових факторів, які впливають на цей ризик, та оцінити ефективність заходів для його зменшення.

Підходи для оцінювання ризику тероризму включають різні методики аналізу ризиків, такі як метод аналізу ієрархій, нечіткі множини, експертні оцінки, теорія ігор, методи ймовірнісного аналізу безпеки та ін., які можна поділити на кількісні та якісні. Вибір підходу залежить, звичайно, від цілей дослідження.

Результатом застосування кількісних підходів є чіткі значення, як, наприклад, ймовірності, частоти ймовірнісних розподілів та ін., засновані на моделях, що описують різні події, пов'язані з діяльністю терористів. Якщо ціллю дослідження є визначення ймовірності того, що різні типи терористичних атак будуть успішними, та визначення їх наслідків, то найбільш відповідними для моделювання ризику будуть методи, засновані на ймовірнісному аналізі безпеки. Зазвичай розглядається певна інфраструктура, наприклад об'єкт ядерної енергетики, та його найкритичніші, з точки зору безпеки характеристики та елементи, наприклад: місцезорешування, кількість ядерного матеріалу, рівень охорони об'єкту та ін. Повний ризик терористичного нападу звичайно обчислюється за допомогою наступного виразу:

$$R = P(A) \times P(S | A) \times C;$$

де R - ризик тероризму, $P(A)$ - ймовірність нападу, $P(S|A)$ -вразливість(ймовірність успішності нападу, за умови, що він відбувається), та C - очікувані наслідки.

Незалежно від підходу, що застосовується, ймовірність $P(A)$ є найбільш складною для оцінювання. У спрощеному вигляді вона може бути представлена як:

$$P(A) = f(q_i), i = 1, 2, \dots, n;$$

де $f(q_i)$ - спрощене представлення дій терористів, побудоване з ймовірнісних оцінок різних подій, або розподілів випадкових величин, $q_i, i = 1, 2, \dots, n$.

За допомогою такого підходу, можна отримати ймовірність, наприклад того, що певна група зробить спробу крадіжки ядерних матеріалів на певному об'єкті.

Суттєвим недоліком такого підходу є слабкість емпіричних доказів, та майже повна відсутність відповідних результатів спостережень[11]. Для призначення відповідних ймовірностей подіям, спеціалісти мають розглянути величезну кількість однакових систем, і/або обчислити кількість специфічних подій, які відбулися, або реалізацій включених змінних.

Крім того, як вказано у роботі [4], необхідно враховувати, що терористи можуть дізнатися про розраховані ймовірності атаки того чи іншого об'єкта, і, відповідно, змінити свої пріоритети при виборі цілі.

Те саме можна сказати і про оцінювання ймовірнісних розподілів і очікувань випадкових величин, як, наприклад, кількість терористичних атак, або рівень загрози терористичної атаки. Також основна модель може складатися з причинно-наслідкових моделей і/або моделей впливу, в яких використовуються психологічні, психологічно-соціальні та культурні фактори. Але складність виконання таких обчислень зростає пропорційно задіяним ресурсам.

Оскільки ймовірність таких складних подій як терористичний акт є важкою для безпосереднього оцінювання, часто вона розкладається та аналізується по частинах, і лише потім обчислюється повна ймовірність. Для розкладу складних подій використовуються різні методи, які включають логічні дерева (дерева подій, дерева відмов, дерева рішень та ін.), діаграми впливу, Баєсовські мережі довіри та ін. Найпоширенішим є використання логічних дерев, за допомогою яких проводиться аналіз невизначених подій та визначення сценаріїв. Аналіз логічного дерева складається з визначення послідовності оцінок, і подальшого дослідження невизначеностей в кожній з цих оцінок. Наприклад, дерева подій представляють собою послідовність вершин з відгалуженнями, які індуктивно моделюють послідовності подій, що призводять до певних наслідків. Вони є корисним засобом у випадку, коли необхідно розділити великий всесвіт подій в структурований набір, і провести базову оцінку ризику тероризму, розглядаючи весь шлях від вибору зброї і цілі, до нападу і можливих наслідків. На Рис.1. наведене дерево подій, представлене у роботі [10], в якому змальовується шлях терористичної групи від придбання ядерного матеріалу до його доставки і вибуху.

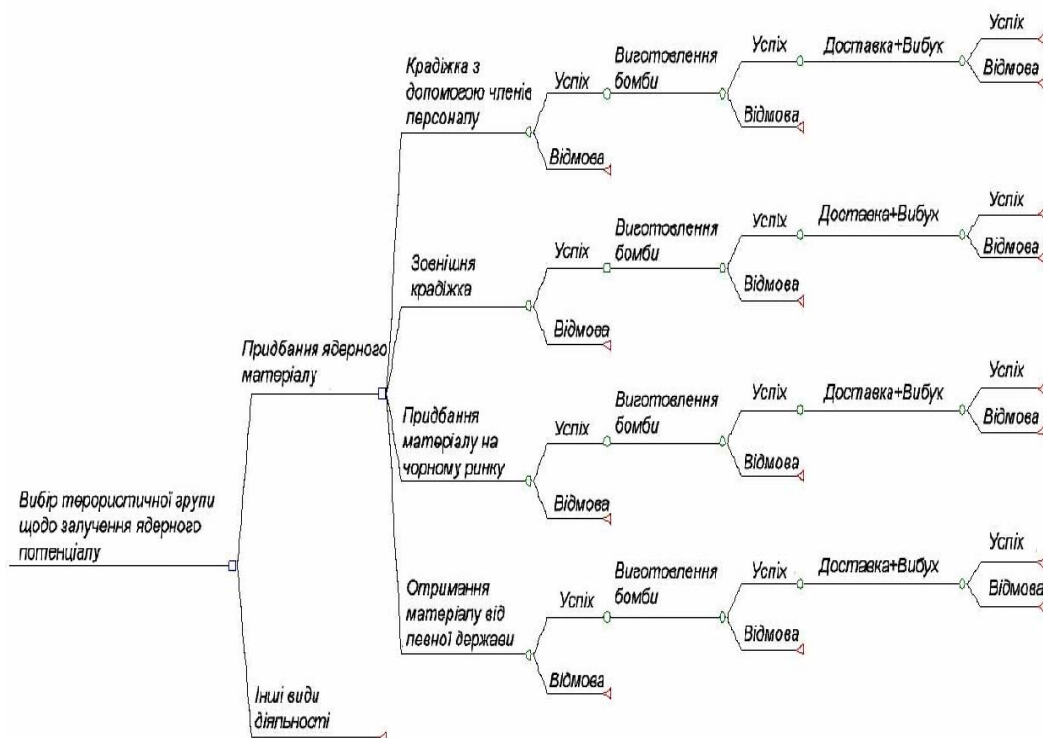


Рис.1. Дерево подій

До обмежень даного методу можна віднести те, що судження щодо розподілів ймовірностей є суб'єктивними, часто через обмеженість числових даних, а також вищезазначений факт, що вибір терористів не є випадковою подією, а залежить від поточної ситуації. Тому логічні дерева є лише статичним “знімком” загрози, вразливості і наслідків для конкретного періоду часу.

Якщо ціль дослідження полягає в обґрунтуванні прийняття терористами рішень, чи вибору тої чи іншої цілі для атаки, то найдоцільнішим є використання методів теорії ігор, згідно з якою проблема уявляється як стратегічна гра, в якій нападник намагається максимізувати, а захисник намагається мінімізувати наслідки нападу.

В якості прикладу такого підходу може слугувати стаття [9].

Автори даної роботи наводять наступну модель:

- є ряд цілей (проіндексованих літерою i , пронумерованих від 1 до N), кожна з яких має цінність V_i ;
- нападник, з повними ресурсами A_T , повинен вибрати ціль і кількість призначеного їй ресурсу A_i .
- захисник, з повними ресурсами D_T , має вирішити, як розподілити ресурси D_i серед цілей.
- повне знищення цілі i відбувається з ймовірністю, заданою функцією $p(V_i, A_i, D_i)$.
- нападник хоче максимізувати і захисник хоче мінімізувати очікувані втрати EL , котрі задаються формулою:

$$EL = \sum_i V_i \cdot p(V_i, A_i, D_i);$$

в свою чергу функція $p(V_i, A_i, D_i)$ обчислюється як

$$p(V_i, A_i, D_i) = \exp\left(-\frac{A_i \cdot D_i}{\sqrt{V_i}}\right) \cdot \left(\frac{A_i^2}{A_i^2 + V_i}\right);$$

де перший множник-ймовірність того, що запланована атака пройде невиявленою, і другий представляє ймовірність, що запланована, невиявлена атака буде успішною.

До беззаперечних переваг даного підходу можна віднести можливість наочного спостереження наслідків можливих рішень. Але в таких моделях робиться припущення, що і нападник, і захисник є досить обізнаними, і будуть діяти раціонально для досягнення своїх цілей. Дане припущення є обмежуючим, наприклад, одна із сторін може бути менш обізнаною, ніж передбачалося, і може через це недооцінити наслідки своїх дій, або вибрати хибний, з точки зору гри, шлях. Через це застосування теорії ігор можна назвати “нормативним” методом, тобто таким, що демонструє як ПОВИННА проходити гра, а не як вона ДІЙСНО буде відбуватися.

Були спроби вирішити проблему невизначеності та неточності, пов'язаної з ризиком за допомогою теорії нечітких множин [3]. Але до цього часу вона не застосовувалася для прогнозування терористичних актів.

Автор роботи [6] пропонує комплексний підхід для визначення ризику тероризму і визначає п'ять, на його погляд, ключових припущень, щодо оцінювання цього ризику:

1. Існує взаємозалежність між загрозою терористичного нападу і станом досліджуваної системи, який представлений вразливістю, стійкістю і критичним впливом.

2. Конкретна загроза, її ймовірність, її строки, стан досліджуваної системи і ймовірність наслідків можуть бути взаємозалежними.

3. Два питання, що виникають в процесі оцінювання ризику: “Яка ймовірність”, і “Які наслідки”, можуть бути взаємозалежними.

4. За допомогою стратегічних варіантів управління ризиками можна зменшити як ймовірність загрози певній системі так і пов’язану ймовірність наслідків, змінюючи стани системи (включаючи вразливість і стійкість).

5. Визначення ризику для вразливої системи від певної загрози повинне базуватися на системному та повторюваному процесі моделювання, з визнанням того факту, що стани системи являють собою важливий момент для визначення кількісних значень наслідків, заснованих на зборі інформації, дослідних доказах та іншій якісній інформації. Факт, що стани всіх систем є функціями часу (серед інших змінних) робить період часу основним на кожному етапі процесу оцінки ступеня ризику. Таким чином, ризик системи, викликаний ініціюючою подією (наприклад, погрозою), є багатовимірною функцією певної загрози, її ймовірності і періоду часу, станів системи (що представляють уразливість і стійкість), і ймовірнісних багатовимірних наслідків.

Велика кількість дослідників визнає колосальну невизначеність при ідентифікації та обчисленні ризику тероризму і тому надає перевагу менш точним аналітичним методам, що відносяться до якісних [11].

З їх точки зору точні, строгі та статичні методи моделювання є неефективним використанням ресурсів, а невідомі події пов’язані з тероризмом, наприклад, наявність терористичних груп з намірами атаки, або здатність таких груп змінювати стратегію в залежності від надходження інформації, являють собою серйозний виклик для методів моделювання, заснованих на кількісному підході. Набагато важливішим є розгляд питань, що стоять за формуванням картини ризику тероризму, до яких відносяться:

- потенційні терористичні загрози
- засоби перешкодження терористичним актам та їх ефективність
- можливі антизаходи на всіх етапах підготовки терористичного акту
- вразливість критичних систем
- наслідки терористичних актів
- включені вірогідності намірів терористичних груп, їх можливостей та ефектів антитерористичних заходів.

Висновки можуть бути зроблені шляхом зведення результатів аналізу в матрицю, що представляє картину ризику з інтервалами вірогідності та наслідків. Але навіть отримавши ці результати, важко знайти правильне розуміння того, що дійсно ці інтервали означають, і які оцінки характеризують терористичну загрозу як помірну, а які як значну.

Висновки

З огляду на вищезазначене, можна зробити висновок, що дослідження ризиків ядерного тероризму є порівняно новим напрямом, актуальність якого з точки зору підвищення національної безпеки держави є високою. Розробка надійної методики оцінювання ризиків ядерного тероризму для попередження нападів та спроб крадіжки ядерних матеріалів є пріоритетним, але досить важким завданням, через велику кількість невизначеностей при оцінюванні відповідних параметрів. Актуальним питанням є створення такої методики, моделі якої мінімізували б кількість параметрів, що привносять невизначеність в результат, але які водночас враховували б максимальну кількість параметрів, що впливають на ризик.

1. Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л., Хміль Г.А.. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління – К.: Наук. думка. – 2008. – 543 с.
2. Ліпкан В.А., Нікіфорчук Д.Й., Руденко М.М. Боротьба з тероризмом – Знання України. – 2002. – 254 с.
3. Akgun I., Kandakoglu A., Ozok A. F. Fuzzy integrated vulnerability assessment model for critical facilities in combating the terrorism // Expert Syst Appl. – 2010. – V. 37, №5. – P. 3561-3573.
4. Cox L.A. Some limitations of “risk = threat x vulnerability x consequence” for risk analysis of terrorist attacks // Risk Analysis. – 2008. – V. 28, № 6. – P. 1749-1761.
5. Ezell, Barry C., Bennet S., Detlof von Winterfeldt, Sokolowski J., Collins A., Probabilistic Risk Analysis and Terrorism Risk // Risk Analysis. – 2010. – V. 30, № 4. – P. 575-589.
6. Haime Y.Y. On the Complex Quantification of Risk: Systems-Based Perspective on Terrorism // Risk Analysis. – 2011. – V. 31, №8. – P. 1175-1186.
7. Hausken K. Probabilistic risk analysis and game theory // Risk Analysis. – 2002. – V.22, №1. – P. 17-27.
8. Kaplan S., Garrick BJ. On the quantitative definition of risk // Risk Analysis. – 1981. – V. 1, №1. – P. 11-27.
9. Major J., Advanced techniques for modeling terrorism risk // Journal of Risk Finance. – 2002. – V.4, №1. – P.15-24.
10. Matthew Bunn. Guardians at the Gates of Hell: Estimating the Risk of Nuclear Theft and Terrorism - and Identifying the Highest-Priority Risks of Nuclear Theft. PhD dissertation, (Massachusetts Institute of Technology, 2007). – 466 p.
11. Sissel H. Jore, Ove Njå. Risk of Terrorism: A Scientifically Valid Phenomenon or a Wild Guess? The Impact of Different Approaches to Risk Assesment // Critical Approaches to Discourse Analysis across Disciplines. – 2010. – V. 4, № 2. – P. 197-216.
12. Willis H., Morral A., Kelly T., Medby J., Estimating terrorism risk // RAND Center for Terrorism Risk Management Policy. – 2005. – 94 p.

Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, В.М. Буртняк, Ю.О. Медведєв

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ РИСКОВ

В статье рассматриваются современные подходы к оценке рисков терроризма. Описаны сложности оценки рисков терроризма и связанные с этим неопределенности. Раскрыта необходимость в надежной методологии оценивания рисков.

G. Lysychenko, Y. Zabulonov, V. Burtnyak, Y. Medvedev

MODERN APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE TERRORISM RISK

The article considers modern approaches to the modeling of terrorism risk. Are described the complexities of the terrorism risk assessment and related uncertainties. The need in reliable assessment methodology is revealed.

М.А. БУГЕРА

Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», м. Київ

ВПРОВАДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ УРАНОВОЇ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ

У статті розглянуто основні елементи та структуру бази даних “Система – уранова паспортизація - 01”, що була створена для уранових родовищ та рудопроявів України. Представлені основні елементи інтерфейсу цієї бази даних.

Україна має потужну мінерально-сировинну базу й відноситься до найбільших мінерально-ресурсних держав світу. На її території, що становить всього 0,7% світової, виявлено до 5% запасів мінерально-сировинних ресурсів світу, які включають понад 20 тис. родовищ і рудопроявів, що представлені 97 видами корисних копалин. Розвідано близько 8 тис. родовищ, майже половина з яких розробляється. Найбільше значення мають: залізні, марганцеві руди, вугілля, газ, нафта і конденсат, титан, циркон, каолін, графіт, нерудна сировина для металургії, і також уранові руди [1]. За сумарними запасами урану Україна входить у першу десятку країн світу, до того ж, переважна їхня частина розвідана до високих категорій вивченості, що визначає високий рівень їх підготовленості до промислового освоєння. Прогнозні ресурси урану в Україні оцінюються досить високо, зокрема, значний їх обсяг міститься в уранових родовищах традиційного типу — уранових рудах в альбітах Українського щита [2].

Світовий досвід показує, що альтернативи переходу на комп'ютерні технології у геологічній галузі України немає. При загальному зменшенні витрат на функціонування державних геологічних служб відносна доля їх витрат на збір, зберігання, обробку інформації та підтримку інформаційної інфраструктури постійно зростає і складає в розвинених країнах від 40 до 75% . Так, інформаційними послугами геологічної служби США(USGS) через комп'ютерні мережі користуються біля 1 млн абонентів, розповсюджується 30 тис. цифрових карт на місяць, більше 75% карт у світі створюється та розповсюджується у комп'ютерному вигляді. В глобальній мережі Internet існує кілька тисяч сайтів, на яких розміщується інформація, що пов'язана з геологією [3]. З розвитком інформаційних технологій провідна роль в системі інформаційної підтримки належить спеціалізованим базам даних. В них є можливість накопичувати відомості щодо розміщення, кількості та якості запасів корисних копалин і наявних у них супутніх компонентів, геологічних, гідрогеологічних, гірничотехнічних, геолого-економічних та інших характеристик облікових об'єктів мінерально-сировинної бази країни.

Співробітниками Державної установи “Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України” була створена „Система – уранова паспортизація - 01” (“Система УП-01”). Структурно вище зазначена база даних містить у собі три підсистеми: облік рудопроявів урану та торію України (в фундаменті Українського щита, де є рудні пересічення з вмістом урану, що дорівнює чи перевищує 0.1%), паспортизація родовищ урану та торію України, паспортизації діючих рудовидобувних компаній України. Ці підсистеми об'єднані в програмний комплекс за рахунок використання єдиної бази даних і загального інтерфейсу користувача.

“Система УП-01” включає в себе такі структурні підсистеми:

- підсистема архівної науково-технічної інформації та виробничо-технічної документації ;
- картографічно-графічної підтримки інформації (Рис.1);

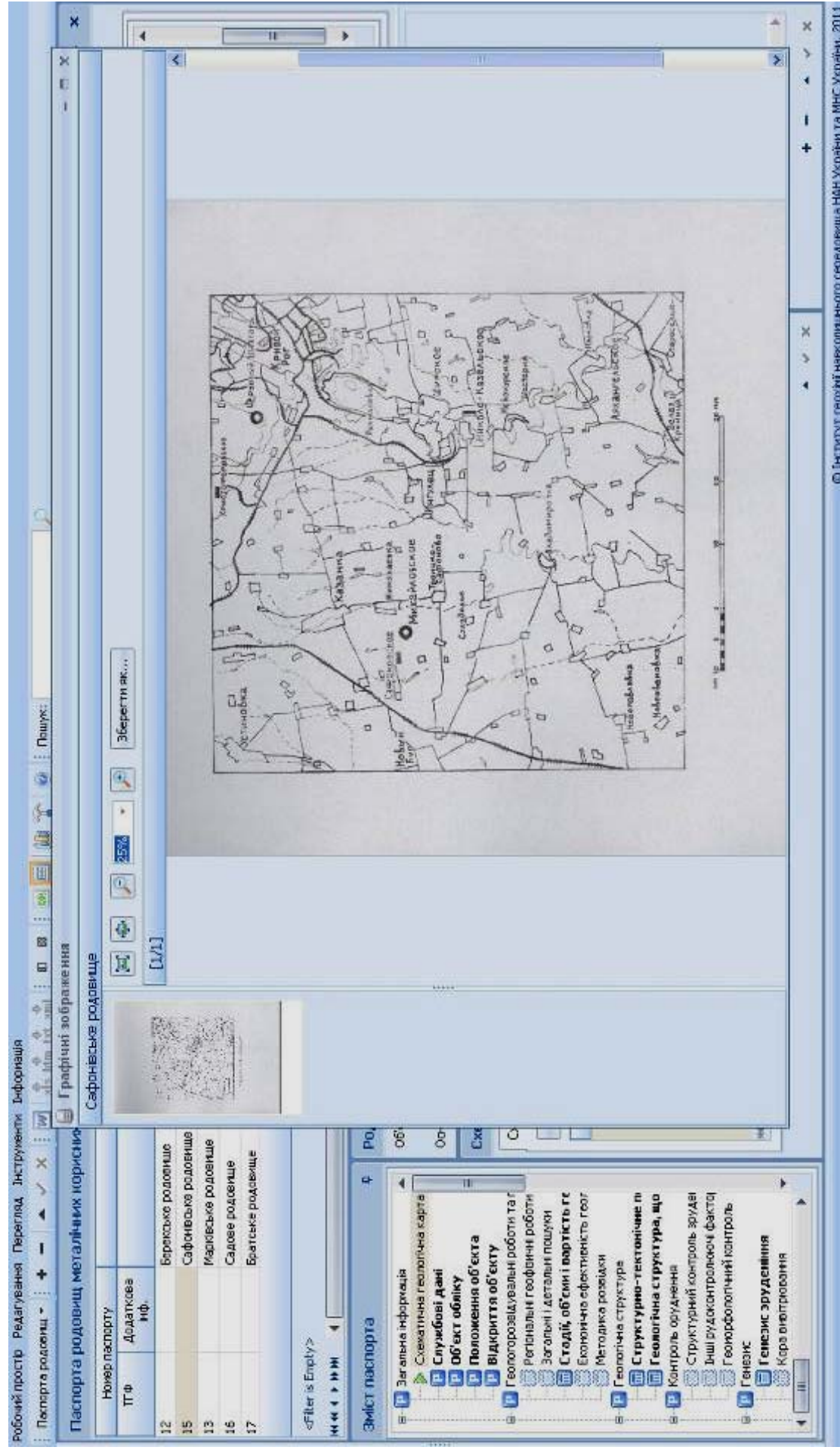


Рис. 1. Картографічна-графічна підтримка інформації (приклад)

- загальні дані про об'єкт;
- паспортно-ресурсна підсистема(для родовищ (Рис. 2) і рудопроявів (Рис.3)),
- експертно - аналітичних оцінок (технологічних рішень щодо видобування та переробки руд, економічних показників);
- аналізу стану техногенно-екологічної безпеки об'єктів експлуатації.

Ці підсистеми об'єднані в програмний комплекс за рахунок використання єдиної бази даних і загального інтерфейсу користувача.

Основні елементи інтерфейсу:

- горизонтальне ієрархічне навігаційне меню системи (для керування основними режимами роботи системи);
- дерево структури змісту паспорту (для здійснення переходу до потрібного розділу або його підрозділу);
- фрейм списку паспортів (для пошуку та вибору паспорта, для наступного перегляду/редагування);
- фрейм таблиці перегляду/редагування інформації (для перегляду, введення та редагування інформації в одній або декількох таблицях бази даних системи, а також для сортування, виводу статистичної інформації, швидкого пошуку та фільтрації).

У системі реалізоване:

- гнучке налаштування подання таблиць перегляду;
- створення фрейм-карт для перегляду картографічної інформації;
- створення фрейм-зображень для перегляду одного або групи зображень, що зберігаються в базі даних системи;
- роботу з навігаційною панеллю для навігації в наборі записів таблиці бази даних системи при табличному перегляді;
- створення фільтрів, що застосовується для завдання складних фільтрів графічною мовою запитів, збереження фільтрів і завантаження створених раніше фільтрів, застосування/скасування дії фільтрів;
- створення фрейм-груп, які застосовують для створення та відображення груп по стовпцях інформаційних таблиць;
- фрейм роботи з довідниками, що призначений для редагування довідників.

Підсистеми паспортно-ресурсна, експертно - аналітичних оцінок, аналізу стану техногенно-екологічної безпеки об'єктів експлуатації є унікальними з наукової точки зору. Так, наприклад, паспортно-ресурсна підсистема охоплює всі геологічні стадії оцінювання руд та поводження з ними: пошуково-розвідувальні роботи, оцінку запасів руди, дослідне видобування руд. Підсистема експертно - аналітичних оцінок включає фактичну та експертну інформацію про технології видобування уранових руд в корінних породах або з розсипних родовищ, їх первинне збагачення та виділення уранового концентрату руд; містить дані про поводження з відходами уранового і торієвого виробництва, а також економічну інформацію. Підсистема аналізу стану техногенно-екологічної безпеки містить необхідні дані щодо оцінок ризику виникнення надзвичайних ситуацій на виробничих об'єктах уранової галузі та прийняття обґрунтованих управлінських рішень для їх попередження.

Внесена інформація паспортів уранових родовищ автоматично генерується та передається в MS Word паспортних форм (стандартного зразка), для їх перегляду та друку твердих копій паспортів, що зберігаються в електронному вигляді в базі даних "Системи УП-01".

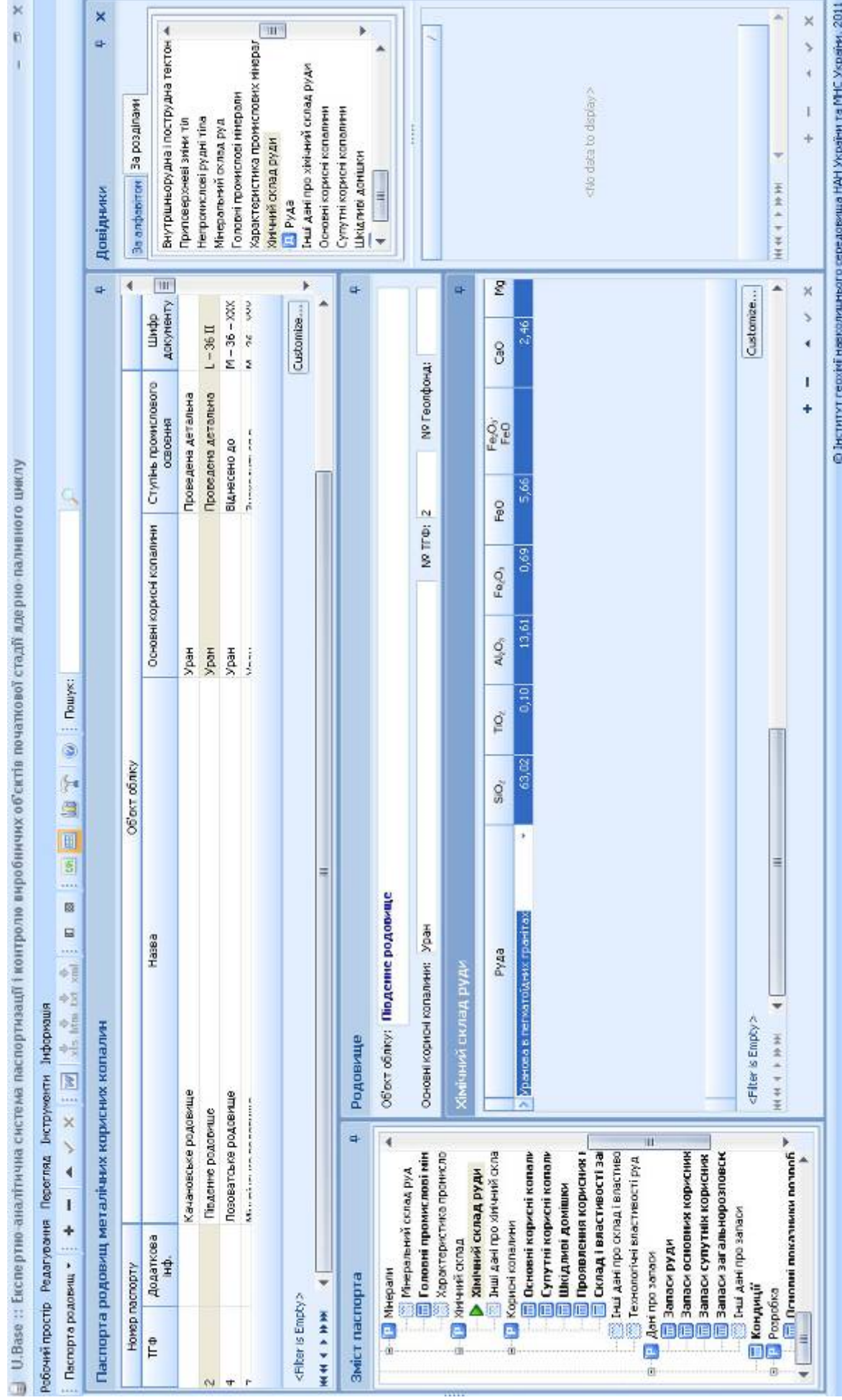


Рис. 2. Паспорт уранового родовища (приклад)



Висновок

Впровадження таких систем інформаційної підтримки сприятиме забезпеченню потреб користувачів геологічною інформацією щодо кількості, якості корисних копалин та наявних у них супутніх компонентів, геологічних, гірничотехнічних, геолого-економічних характеристик родовищ та проявів уранових копалин, які виявлені на території країни. Це зумовить підвищення оперативності отримання інформації, її аналізу та обробки.

1. Галецький Л.С. Зміна ролі мінерально-сировинного потенціалу України в сучасних умовах / Л.С. Галецький, Є.О. Яковлев, Н.М. Чернієнко // Національна безпека: Український вимір, 2009. – № 4(23) – с.32-37.
2. Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення / [С.О.Довгий, В.М.Шестопапов, М.М.Коржнев та ін.] – К.: Наук. думка, 2007. – 326 с.
3. Впровадження комп'ютерних технологій. "ГЕОІНФОРМ УКРАЇНИ", Електроний ресурс: <http://www.geoinf.kiev.ua/doc1.htm>.

М.А. Бугера

ВНЕДРЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УРАНОВОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УКРАИНЫ

В статье рассмотрены основные элементы и структуры базы данных "Система - урановая паспортизация - 01", которая была создана для урановых месторождений и рудопроявлений Украины. Представлены основные элементы интерфейса этой базы данных.

M.A. BUHERA

INTRODUCTION OF COMPUTER TECHNOLOGY FOR INFORMATIONAL SUPPORT OF URANIUM ORE BASE OF UKRAINE

It is considered in the article the main elements and structure of the "Systema – Uranova Paspotyzatsiia – 01" database, which was created for uranium deposits and occurrences on the territory of Ukraine. Main interface elements of the database are shown.

В.В. ТУРБАЕВСКИЙ

ОП «Запорожская АЭС» ГП НАЭК «Энергоатом», г. Энергодар

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОВ В ДОЗИМЕТРИИ НА АЭС

Предложена система индивидуального дозиметрического контроля, разработанная с возможностью использования веб-интерфейса, который предполагает совместное удаленное использование системы. Система может использоваться в качестве основы для разработки национальной базы данных облучения персонала.

Введение

С развитием сети Интернет широкое распространение получили веб-интерфейсы, позволяющие взаимодействовать с различными программами через браузер (например, управление своим заказом в интернет-магазине или настройка сетевого принтера). Веб-интерфейсы (web-interfaces) удобны тем, что дают возможность вести совместную работу сотрудникам, не находящимся в одном офисе (например, веб-интерфейсы часто используются для заполнения различных баз данных или публикации материалов в интернет-СМИ) [1]. Указанные преимущества могут быть использованы и при построении промышленных систем, например, системы электронного документооборота, базы данных результатов контроля окружающей среды, базы данных источников ионизирующего излучения или системы контроля доз облучения персонала. Последняя из упомянутых систем освещена в предлагаемой работе.

Постановка задачи

Предпосылкой для создания на Запорожской АЭС обновленной системы контроля доз облучения персонала послужило приобретение предприятием новой системы контроля доз внешнего облучения с помощью термолуминесцентных дозиметров (ТЛД). Приобретенное оборудование (система ТЛ-дозиметрии на базе считывателей RE-2000 производства Mirion Technologies [2]) функционирует в автономном режиме с использованием локальной базы данных (БД) под управлением программы WinTLD. Указанный комплекс позволяет выполнять все необходимые операции по подготовке (калибровке) и измерению ТЛД (для гамма, нейтронного и бета-излучения), однако файл с результатами измерений представляет собой текст, содержащий, кроме результатов измерений и служебной информации, лишь номер дозиметра.

Изначально планировалось построение полнофункциональной системы оперативного и текущего контроля доз облучения персонала с использованием системы DosiServ и клиентов системы DosiView из состава автоматизированной системы управления и контроля доступа персонала (АСУКП), однако сложности, возникшие у подрядчика, не позволили последнему завершить начатую работу.

В результате ЗАЭС имеет систему текущей дозиметрии, описанную выше, и систему оперативного контроля доз с использованием электронных дозиметров, каждая из которых функционирует автономно.

На дозиметрическом контроле в ОП ЗАЭС состоит более пяти тысяч человек, и ввод результатов измерения всех таблеток ТЛД в ручном режиме, во-первых, является весьма трудоемкой операцией, во-вторых, не может гарантировать отсутствие ошибок при присвоении доз персоналу.

Кроме того, в настоящее время на ЗАЭС используется морально устаревшая БД текущего контроля доз облучения персонала, построенная на базе MS Access. Указанная БД неспособна автоматически принимать данные со считывателя, и не может функционировать в составе локальной сети.

Поэтому автором было принято решение разработать многофункциональную

систему текущего дозиметрического контроля с использованием веб-доступа, которая объединила бы в себе “старую” БД (для использования во время переходного периода системы ТЛ-дозиметрии на базе считывателей КДТ) и “новую” БД (на базе системы “Rados”, с описанными в [2] считывателями).

Решение проблемы

Для создания расширяемой, легко модифицируемой и поддерживаемой системы контроля доз и доступа персонала в ЗСР автор решил использовать web-ориентированное ПО, которое, по сравнению со специализированными решениями, обладает следующими преимуществами:

- ▣ открытый исходный код как самого ПО, так и используемых компонентов;
- ▣ простота поддержки;
- ▣ бесплатность компонентов и широчайший набор документации (web-сервер Apache [3], скриптовый язык PHP [4], система управления БД (СУБД) MySQL [5]);
- ▣ возможность разграничения доступа;
- ▣ отсутствие необходимости размещения специального ПО на рабочих местах пользователей (для доступа достаточно иметь любой web-браузер);
- ▣ безопасность, высокая стабильность и скорость функционирования.

Автор начал решение проблемы с создания (переноса) БД текущего индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) на новую платформу. Необходимость переноса была связана, во-первых, с тем, что в настоящий момент на ЗАЭС в качестве БД текущего ИДК используется БД MS Access, которая, в силу своей способности к поглощению ресурсов, уже не способна удовлетворительно функционировать на устаревшем оборудовании, а, во-вторых, новое оборудование текущего ИДК (считыватели термолюминисцентных дозиметров (ТЛД) RADOS) неспособно в автоматическом режиме вносить результаты измерений в БД ИДК.

Была разработана БД, в которую, с использованием специализированного ПО (MDB Viewer), были перенесены данные текущего ИДК и написаны скрипты для переноса данных с автоматических считывателей ТЛД. Для организации функционирования системы использовался стандартный набор компонентов, указанный выше (web-сервер Apache, скриптовый язык PHP, СУБД MySQL).

Основные функции системы

В системе реализованы следующие основные функции:

- аутентификация пользователей системы и защита страниц;
- ручной ввод данных результатов измерений системы на основе КДТ;
- автоматический ввод данных из системы Rados;
- ввод результатов измерений нейтронных прямопоказывающих дозиметров;
- ввод и редактирование данных персонала;
- режим отладки;
- формирование отчетов:
 - по отдельному лицу (в том числе с возможностью вывода всей истории измерений, так называемой “индивидуальной карты”, см. рис. 1);
 - по подразделению (см. рис. 2);
 - квартальные и годовые отчеты по всей АЭС;
 - с выборкой по определенному критерию (нарушители, женщины детородного возраста, критическая группа персонала и т. п.).

В результате главное окно программы, после входа в систему, принимает вид, показанный на рис. 3.

Аутентификация пользователей осуществляется с использованием механизма сессий. Механизм настроен таким образом, что каждый отдельный пользователь имеет доступ только к определенным, в соответствии с уровнем доступа, страницам системы. Пароли хранятся в БД в зашифрованном виде. Кроме того, система осуществляет запись всех действий пользователей.

Ручной ввод данных осуществляется в соответствующем окне. В процессе разработки будет реализован контроль правильности вводимых данных.

Автоматический ввод данных из системы Rados подразумевает выбор и считывание файлов с результатами измерений. Система способна контролировать правильность вводимых данных в части соответствия полей БД вводимым данным.

Ввод результатов измерений нейтронных прямопоказывающих дозиметров выполняется оперативным персоналом ЦРБ и позволяет анализировать дозы, полученные за счет нейтронного излучения.

Ввод и редактирование данных персонала позволяет реализовать электронный документооборот в части ИДК. Человек, поступающий на ИДК, проходит проверку на медицинскую возможность работы в полях ионизирующего излучения (медицинскую комиссию) и проверку знаний по радиационной безопасности. При поступлении на ИДК персонал, осуществляющий первичное обследование человека на спектрометре (счетчике) излучения человека (СИЧ), выполняет проверку наличия положительного заключения медицинской комиссии и заключения о проверки знаний, о чем выполняется соответствующая отметка в БД ИДК. После обследования на СИЧ основные данные заносятся в БД ИДК, а первичные данные хранятся в БД СИЧ (Reneisanse). После этого персоналом группы ИДК подготавливаются индивидуальные ТЛ дозиметры и данные вносятся в БД ИДК, и система готова к работе.

Режим отладки позволяет авторизованным пользователям (с уровнем доступа 1) удалять ошибочные записи, внесенные в БД ИДК в определенный момент времени.

Как было показано выше, система позволяет формировать различные виды отчетов. В настоящий момент, до полного перехода на обновленную систему текущего ИДК, отчеты формируются с возможностью предоставления данных как отдельно по существующим системам, так и с суммированием показаний обеих систем. Система позволяет формировать все, предписанные регулируемыми органами, виды отчетов: индивидуальный, ежемесячный, квартальный, ежегодный и т. д. Вывод итоговых отчетов возможен как в формате веб-страниц, так и в формате пакета MS Excel.

Особое внимание следует обратить на возможность формирования отчетов для системы ISOE (Information System of Occupational Exposure, информационной системы облучения персонала). Кроме того, в системе изначально предусмотрена идентификация пользователей с использованием индивидуальных номеров налогоплательщиков (ИНН), что предусмотрено требованиями действующих стандартов по безопасности [6].

Дальнейшее развитие системы

В настоящее время система находится в опытной эксплуатации и размещена на персональном компьютере в локальной вычислительной сети (ЛВС) ЗАЭС. По результатам опытной эксплуатации будет принято решение о размещении сервера БД ИДК либо на сервере общестанционной ЛВС, либо на сервере АСУКП, который размещен в локальной информационной подсети, не связанной с общестанционной ЛВС. Преимуществом размещения в общестанционной ЛВС является возможность предоставления доступа как авторизованным сотрудникам АЭС, так и представителям всех заинтересованных (в том числе регулирующих) органов, разумеется, после авторизации. Однако такое преимущество достигается за счет снижения уровня безопасности системы, который значительно выше в изолированной ЛВС.

Автором ведется непрерывная работа по совершенствованию системы (номер текущей версии системы — 13), увеличению ее функциональности и производительности.

Кроме указанной БД ИДК, автор разрабатывает БД измерений проб окружающей среды, которая используется в лаборатории внешнего радиационного контроля, и БД обращения с источниками ионизирующего облучения. По мере готовности разрабатываемых БД планируется подготовка соответствующих публикаций.

Выводы

Разработанная система ИДК с веб-интерфейсом обладает рядом преимуществ, таких, как возможности:

- вести совместную работу сотрудникам, не находящимся в одном офисе;
- предоставлять авторизованный доступ заинтересованным лицам, в том числе реализовывать доступ к отдельным страницам (отчетам);
- формирования всех необходимых видов отчетов, в том числе для системы ISOE;
- функционирования электронного документооборота в части ИДК;
- реализации высокой степени защищенности системы в целом и БД в частности, что соответствует требованиям действующей НТД в области обеспечения ИДК;
- оперативного внесения необходимых изменений и расширения функциональности без перерыва функционирования БД (за счет модульного многофайлового построения системы).

Использование подобной системы на АЭС Украины позволит оперативно обмениваться информацией как между АЭС, так и с регулирующими органами. Система может служить основой для реализации национальной (общегосударственной) базы данных облучения персонала.

Выбор

- [Просмотр БД ИДК](#)
- [Добавить запись](#)
- [Изменить данные ИДК](#)
- [Добавить результаты измерения RADOS \(из файла\)](#)
- [Добавить результаты измерения ТЛД \(вручную\)](#)
- [Добавить результаты оперативного ИДК \(вручную\)](#)
- [Отладка БД](#)
- [Выход](#)

Отчеты

Доза персонала за период времени

Табельный номер:

ИЛИ фамилия (часть фамилии):

Расчет дозы с [Select Date](#) до [Select Date](#)

Индивидуальная карта

Табельный номер:

Доза подразделения

Цех:

Расчет дозы с [Select Date](#) до [Select Date](#)

Расчет по КДТ ☐

Расчет по РАДОС ☐

Квартальный отчет:

Расчет дозы с [Select Date](#) до [Select Date](#)

'Приветствую!'

Рис. 1. Индивидуальная карта

Фамилия: ТУРБАЕВСКИЙ

Имя: ВЛАДИМИР

Отчество: ВАСИЛЬЕВИЧ

Таб.номер: 5923

Дата рождения: 1975-04-24

Пол: М

Дозиметрический контроль на ЗАЭС с (первая запись) 1997-03-11

С 1996-07-29 по 2007-11-28 - работа в ЭП в должности ОРО

С 2007-12-07 по настоящее время - работа в ЦРБ в должности ЗНЦРБ

Измерения дозиметров

№	Объект	Время фиксации дозы	Доза, мЗв	Признак дозы	Номер дозиметра
1	ЭП	1997-03-24	0.0000	КДТ	
2	ЭП	1997-03-25	0.4800	КДТ	
3	ЭП	1997-06-25	0.1000	КДТ	
4	ЭП	1997-09-25	0.0000	КДТ	
5	ЭП	1997-12-25	0.0000	КДТ	
6	ЭП	1998-03-25	0.3700	КДТ	
7	ЭП	1998-06-25	0.0700	КДТ	
8	ЭП	1998-09-25	0.0000	КДТ	
9	ЭП	1998-12-25	0.0000	КДТ	
10	ЭП	1999-03-25	0.1000	КДТ	
11	ЭП	1999-06-25	0.4000	КДТ	
12	ЭП	1999-09-25	0.0000	КДТ	
13	ЭП	1999-12-25	0.0000	КДТ	

Рис. 2: Главное окно программы

Дозы по системе RADOS

No	Таб. No	Фамилия	Имя	Отчество	Дозим. 1	Дозим. 2	Признак	Квартальная доза, мЗв	Доза с начала года, мЗв
1	158		ЮЛИЯ	АНАТОЛЬЕВНА	201	1020	wom	0.222	0.222
2	8913		НАТАЛЬЯ	НИКОЛАЕВНА	202	1021	wom	0.214	0.214
3	51459		НИКОЛАЙ	ВАЛЕНТИНОВИЧ	220	1934	krit_g	1.493	1.493
4	2864		СЕРГЕЙ	ВЛАДИМИРОВИЧ	221	1935	krit_g	0.5	0.5
5	5841		ВИКТОР	ВИКТОРОВИЧ	222	1936	krit_g	0.93	0.93
6	6405		СЕРГЕЙ	ВЛАДИМИРОВИЧ	223	1937	krit_g	2.915	2.915
7	30442		РОМАН	ВИКТОРОВИЧ	224	1938	krit_g	0.54	0.54
8	3321		АЛЕКСАНДР	СЕРГЕЕВИЧ	225	1939	krit_g	0.579	0.579
9	30776		НАДЕЖДА	АЛЕКСАНДРОВНА	203	1022	wom	0.216	0.216
10	1128		ВЛАДИМИР	НИКОЛАЕВИЧ	226	1940	krit_g	0.29	0.29
11	30254		ИВАН	НИКОЛАЕВИЧ	227	1941	krit_g	1.002	1.002
12	31162		АНТОН	НИКОЛАЕВИЧ	228	1942	krit_g	1.272	1.272
13	31535		ЕВГЕНИЙ	ВАСИЛЬЕВИЧ	229	1943	krit_g	1.571	1.571
14	35033		АЛЕКСАНДР	ВЛАДИМИРОВИЧ	230	1944	krit_g	1.776	1.776
15	7927		АЛЕКСАНДР	АЛЕКСАНДРОВИЧ	210	1029	krit_g	0.255	0.255
16	2106		МАРИНА	ВАСИЛЬЕВНА	218	1932	wom	0.207	0.207
17	1671		АНАТОЛИЙ	ВЛАДИМИРОВИЧ	231	1945	krit_g	0.303	0.303
18	4175		ИГОРЬ	АНАТОЛЬЕВИЧ	211	1030	krit_g	0.29	0.29
19	1433		АЛЕКСАНДР	ВАЛЕНТИНОВИЧ	232	1946	krit_g	0.249	0.249
20	35024		ОЛЬГА	НИКОЛАЕВНА	204	1023	wom	0.211	0.211
21	7135		НАДЕЖДА	МИТРОФАНОВНА	205	1024	wom	0.207	0.207
22	6420		НИКОЛАЙ	АЛЕКСАНДРОВИЧ	233	1947	krit_g	0.604	0.604
23	31998		АЛЕКСАНДР	ВАЛЕНТИНОВИЧ	234	1948	krit_g	0.681	0.681
24	5047		ЕВГЕНИЙ	ВАСИЛЬЕВИЧ	235	1949	krit_g	2.013	2.013
25	1491		ВИТАЛИЙ	ПЕТРОВИЧ	236	1950	krit_g	0.774	0.774
26	1465		ИГОРЬ	ЛЕОНИДОВИЧ	237	1951	krit_g	1.469	1.469
27	904		АНДРЕЙ	ПЕТРОВИЧ	238	1952	krit_g	1.059	1.059
28	1739		ПАВЕЛ	ИВАНОВИЧ	239	1953	krit_g	1.09	1.09
29	8102		ГЕННАДИЙ	НИКОЛАЕВИЧ	212	1031	krit_g	0.234	0.234

Рис. 3: Пример отчета по подразделению

1. Толковый словарь: Веб-интерфейс: <http://your-hosting.ru/terms/rv/wi/>
2. Home : Products : Product Search : Health Physics : Passive Dosimetry Readers : RE 2000 S: https://www.mirion.com/en/products/product_detail.php?id=70&ln=DS,PD
3. Веб-сервер Apache: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Apache>
4. Скриптовый язык PHP: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Php>
5. СУБД MySQL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Mysql>
6. СОУ-Н ЯЭК 1.029:2011 «Порядок организации и проведения индивидуального дозиметрического контроля на АЭС» - К.:2011

В.В. Турбаевський

ВИКОРИСТАННЯ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ В ДОЗИМЕТРІЇ НА АЕС

Запропоновано систему індивідуального дозиметричного контролю, яку було розроблено з урахуванням можливості використання веб-інтерфейсу. Система передбачає спільне віддалене використання. Система може використовуватися як основа для розробки національної бази даних опромінення персоналу.

V. Turbaevsky

THE WEB INTERFACE IN THE DOSIMETRY AT THE NUCLEAR POWER PLANTS

The system of individual monitoring with Web interface involves the joint use of the remote system. The system can be used as a basis for developing a national database of personnel exposure.

Н.П. ЧЕРНИКОВА

Чернобыльская атомная электростанция, г. Чернобыль

ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЕ - ЛОКАЛИЗУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ НА ОБЪЕКТЕ "УКРЫТИЕ"

Одной из главных задач на объекте «Укрытие» (ОУ) является обеспечение защиты персонала, населения, в том числе будущих поколений, и окружающей природной среды от радиологических опасностей, обусловленных наличием на ОУ ядерных и радиоактивных материалов. Функция удержания радиоактивных веществ и ионизирующих излучений в установленных границах и количествах - локализирующая функция, которая является одной из функций безопасности объекта "Укрытие". Для выполнения этой функции используется модернизированная система пылеподавления (МСПП) и специальные составы на полимерной основе - пылеподавляющие покрытия.

Введение

Объект "Укрытие" был возведен всего за семь месяцев и был сдан для эксплуатации в состав ЧАЭС 30 ноября 1986 г.

ОУ представляет собой разрушенный за проектной аварией блок № 4 Чернобыльской АЭС, который утратил все функциональные свойства энергоблока и на котором выполнены первоочередные мероприятия для уменьшения последствий аварии и продолжают работы по обеспечению его ядерной и радиационной безопасности.

Достаточно сложные условия строительства объекта "Укрытие" в 1986 году не позволили создать герметичную оболочку, которая бы надежно изолировала поверхности "развала" бывшего 4-го блока ЧАЭС от окружающей воздушной среды [1,2]. Так, площадь многочисленных щелей в верхней части кровельных конструкций объекта составляет около 100 м². Кроме того, в крыше предусмотрены технологические отверстия и люки, через которые в центральный зал в пространство над "развалом" реактора введена измерительная аппаратура. И, наконец, существует проектная вытяжная вентиляция через ВТ-2 - общую вентиляционную трубу второй очереди ЧАЭС (3 и 4 блоков).

Одной из основных функций безопасности объекта "Укрытие" является локализирующая функция - предотвращение и ограничение распространения радиоактивных веществ, которые находятся на ОУ, и ионизирующих излучений за установленные границы.

В настоящее время из объекта могут выноситься радиоактивные аэрозоли, образовавшиеся как в момент аварии и находящиеся в виде пыли внутри ОУ, так и новые, возникающие в процессе физико-химического разрушения топливосодержащих материалов (ТСМ), в том числе чистого топлива. Процессы разрушения ТСМ происходят под воздействием естественных (радиационные поля, влажность воздуха, колебание температуры и т.п.) и техногенных факторов (проведение любых работ на объекте). Среди таких процессов - механическое охрупчивание ТСМ, приводящее к пылеобразованию, выщелачивание радионуклидов из топливной матрицы и др.

С позиций радиационной безопасности персонала и воздействия объекта «Укрытие» на окружающую среду пылеобразование в его помещениях является быстроменяющимся и дестабилизирующим фактором.

После сдачи объекта «Укрытие» в эксплуатацию был начат комплекс работ по пылеподавлению путем нанесения на строительные конструкции и оборудование специальных составов на полимерной основе [3]. Сначала это делали с помощью опрыскивателей.

Эффективность локализирующего действия покрытий оценивалось путем взятия мазков с образцов-свидетелей до и после нанесения пленки. Снимаемая активность уменьшилась на два - три порядка.

Актуальность темы

Пылеподавление - это предотвращение распространения радиоактивных частиц в виде дисперсионных аэрозолей с твердой дисперсной фазой.

Существующая на ОУ модернизированная система пылеподавления при демонтаже ОУ будет демонтирована, т.к. она связана с нестабильными конструкциями, подлежащими демонтажу. Поэтому в настоящее время актуальной есть проблема создания мобильной передвижной установки для использования её в целях пылеподавления. Разработка установки и создание полимерного покрытия является насущной задачей для решения одной из главных целей при эксплуатации ОУ, а именно - «улучшение условий труда и экологической безопасности». В последующем полученный опыт по её применению может быть распространен на других АЭС при снятии их с эксплуатации.

Пыль в ОУ

В ОУ находится значительное количество мелкодиспергированного топлива, которое образовалось во время аварии и в последующие годы в результате физико-химического и биологического воздействия на ТСМ. Топливная пыль представляет опасность с точки зрения внутреннего облучения человека и распространения радиоактивных веществ за пределы дислокации с загрязнением окружающей среды. По аэрозольным диаметрам топливная пыль ОУ характеризуется диапазоном 1 - 250 мкм. Субмикронные фракции топливной пыли в ОУ по разным оценкам составляют в среднем не более 4% активности. В качестве верхнего предела рассматривается аэродинамический аэрозольный диаметр 250 мкм. Скорость гравитационного оседания частиц пыли такого размера составляет 85 см/сек. Эти частицы не являются респираторными, однако могут переноситься воздушным потоком и формировать радиоактивное загрязнение.

Кроме топливной в ОУ также присутствует значительное количество нерадиоактивной пыли, образование которой связано с деградацией строительных конструкций и разрушением сухих пылеподавляющих покрытий.

Образование этой пыли продолжается вследствие повреждения конструктивных и строительных материалов под воздействием старения и климатических факторов. В процессе выполнения работ на ОУ образование пыли стимулируется проведением монтажных (демонтажных) работ, а также созданием монтажных проемов в стеновых перегородках и потолочных перекрытиях при их бурении.

Принципы пылеподавления на ОУ

С 1988 г. основным средством, позволяющим снизить концентрацию радиоактивных веществ в воздухе и предотвратить загрязнение окружающей среды за счет распространения аэрозольных образований, стало нанесение пылеподавляющих покрытий.

В конце 1989 г. была введена в эксплуатацию стационарная установка пылеподавления (СПИ). Нанесение осуществляется путем распыления пылеподавляющих составов из специальных форсунок, которые опущены через люки в легкой кровле и проходки в трубном накате в подкровельное пространство объекта. Установка содержала один коллектор с 14 форсунками и покрывала центральную часть подкровельного пространства. Пылеподавляющий состав готовится в емкостях-смесителях и подается по трубопроводам (сухотрубу) насосами.

Эффективность локализирующего действия покрытий оценивалось путем взятия мазков с образцов-свидетелей до и после нанесения пленки. Снимаемая активность уменьшилась на два - три порядка.

Управление системой пылеподавления осуществлялось из операторского помещения, расположенного на той же площадке.

Установка предназначалась для уменьшения концентрации радиоактивных аэрозолей в воздухе помещений объекта «Укрытие» и предотвращения их выноса в окружающую среду. В первые годы после ввода ее в действие средняя активность аэрозолей в воздухе локальной зоны снизилась на порядок [4]. В дальнейшем, влияние работы СПП на радиационную обстановку стало не так заметно, хотя прекращение ее работы в долгосрочной перспективе могло бы привести к увеличению выброса и ухудшению радиационной обстановки как внутри ОУ, так и на его площадке.

По результатам работы СПП было установлено, что система работает недостаточно эффективно, поскольку пылеподавление проводилось на ограниченной площади центрального зала (ЦЗ) (примерно 1/3 от общей площади), а используемые (с середины 90-х годов) пленкообразующие составы были с невысоким содержанием сухого остатка.

В 2003 г. была проведена модернизация СПП (рис.1), состоящая в расширении зоны действия системы на все подкровельное пространство ОУ, оптимизации применяемых составов и режимов их нанесения.

Зона действия МСПП ограничена осями 40-53, рядами Б-С и включает в себя подкровельное пространство разрушенного блока №4 (помещение ЦЗ, боксов барабан-сепараторов и т.д.) и межконтрфорсное пространство [6].

Одним из перспективных видов пылеподавляющих покрытий, применяемых на объекте, являются аккумулирующие защитные полимерные покрытия [7]. Они не только способны удерживать (локализовывать) радиоактивные загрязнения на обрабатываемой поверхности, но и активно поглощать их из окружающей воздушной среды. Применение покрытий этого типа особенно эффективно при проведении работ с интенсивным пылеобразованием (например, сварочные или буровые работы). Составы с аккумулирующим эффектом наносили на стены помещений 207/4, 207/5, 318/2, 427/2, 515/3 и др., где проводили основные технологические работы. Наиболее широкое распространение получили составы на основе виниловых сополимеров со специальными добавками, позволяющие значительно увеличить аккумулирующую способность покрытий. Составы наносили при помощи установки безвоздушного распыления "Вагнер" в два - три слоя. Сроки службы таких покрытий - 14-20 дней. Затем верхний слой покрытия необходимо было обновлять.

Согласно "Программе тестирования пылеподавляющих составов" [8] и выполненному обзору научно-технической литературы в качестве объекта тестирования были выбраны следующие пылеподавляющие составы:

- состав марки ВА-502 на основе поливинилового спирта;
- состав марки ВА-504 на основе поливинилового спирта и силаксан-акрилатного связующего марки КЭ-1336;
- состав марки АК-501 на основе силаксан-акрилатного связующего марки КЭ-1336;
- состав марки СКС-501 на основе бутадиенстирольного латекса.

Наибольшее количество баллов набрал состав марки АК-501, который применяется в настоящее время на объекте "Укрытие" в МСПП. По результатам тестирования состав оптимизирован с учетом требований, изложенных в технической спецификации SIP-P-TM- 10-215-TSN-005 редакция от 10.10. 02.

При нанесении пылеподавляющих составов на ранее необработанные поверхности величина снимаемой активности снизилась в среднем почти на два порядка. При повторном проведении пылеподавления величина снимаемой активности снизилась в среднем в 5-10 раз. Это позволяет сделать вывод, что защитное покрытие выполняет локализирующую функцию - ограничение распространения радиоактивных веществ, находящихся в подкровельном пространстве в виде пыли [5].

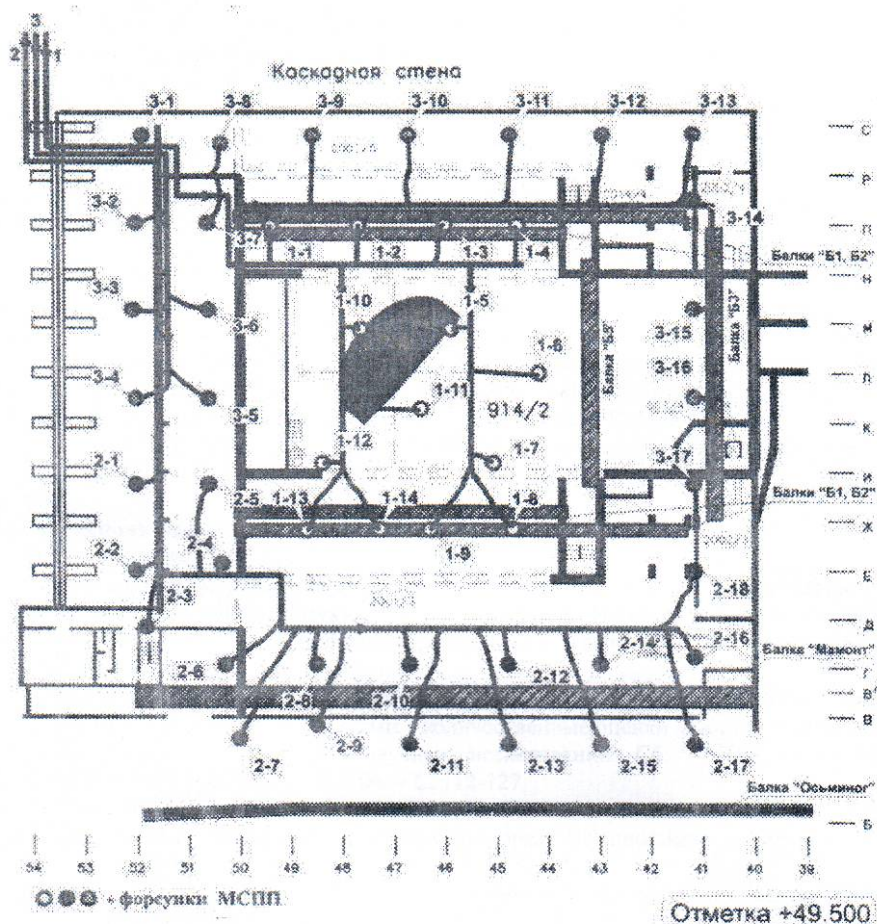


Рис. 1. Блочная схема МСПП

Повышение эффективности работы СПП, уменьшение количества радиоактивной пыли, способной к воздушному подъему, отвечает одной из главных целей ПОМ (План осуществления мероприятий), а именно - «улучшение условий труда и экологической безопасности».

Повышение эффективности СПП отвечает и другой важной цели - «уменьшение последствий аварийного обрушения строительных конструкций», поскольку нанесение пылеподавляющих покрытий в подкровельном пространстве на большую площадь с использованием улучшенного пылеподавляющего состава позволило бы сократить выброс РАУ при аварийных обрушениях.

Оценка эффективности работы МСПП по измерению радиоактивного загрязнения защищаемой поверхности методом мазка (локализирующая способность) показывает высокую эффективность действия МСПП.

Выводы

На основании вышеприведенного следует, что модернизация СПП повысила радиационную и ядерную безопасность ОУ при текущей эксплуатации и аварийных ситуациях, улучшила условия труда персонала, позволила создать защитное полимерное покрытие, которое является важной превентивной мерой безопасности в случае аварийного обрушения конструкций ОУ. А локализирующее полимерное покрытие (ЛПП) обеспечивает полную локализацию пылящих поверхностей в зонах действия установки МСПП. Однако, система пылеподавления эффективна лишь в зонах ее действия, ряд помещений и объектов не охватывается данной системой.

К сожалению, в дальнейшем, в существующем виде МСПП не может быть использована в НБК (Новый Безопасный Конфайнмент), поскольку она связана с нестабильными конструкциями, и она будет демонтирована при демонтаже этих

конструкций. Поэтому разработка мобильной установки пылеподавления является актуальной задачей для улучшения условий труда и экологической безопасности. Так же рассматривается вариант замены существующего ЛПП, потому что применяемые на данный момент покрытия, дорогостоящие и закупаются в России. Так как после ввода в эксплуатацию НБК объект «Укрытие» будет демонтироваться, то нет необходимости в применении ЛПП с большим сроком эксплуатации.

1. Богатое С. А. Взаимодействие аварийного топлива 4-го энергоблока ЧАЭС с конструкционными материалами - количественные оценки / С. А. Богатое // Объект "Укрытие" - 10 лет. Основные результаты научных исследований: Сб. - Чернобыль, МНТЦ "Укрытие" НАН Украины, 1996. – С. 112-127.

2. Боровой А.А. Современное состояние объекта "Укрытие" и его влияние на окружающую среду / Боровой А.А., Богатое С. А., Пазухин Э.М. // Радиохимия. – 1999. – Т. 41, №4. – С. 368-378.

3. Огородников Б.И. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986-2006 гг.: / Б.И. Огородников, Э.М. Пазухин, А.А. Ключников – Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС, 2008, – 456 с.

4. Выполнение работ по анализу неорганизованных выбросов из объекта "Укрытие" (Отчет) / МНТЦ "Укрытие" НАН Украины. - № ГР 0100U004161. - Чернобыль, 2000.

5. Оценка эффективности работы модернизированной системы пылеподавления и ее воздействия на радиационную обстановку внутри объекта «Укрытие» и окружающую среду на этапе пуско-наладочных работ // Отчет МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - Арх. № 3903, Чернобыль, 2003.

6. Программа ввода МСПП в эксплуатацию // Контракт № SIP05-4-011. Документ SIP AOS1 02 0 CP 01 05 от 30.08.04 г., Славутич, 2004.

7. ГОСТ 19465-90. Покрытия полимерные защитные для улучшения радиационной обстановки. Термины и определения. -М.: Изд-во стандартов, 1992. - С.9.

8. SIP UNI 02 10 TEP 03 000 «Программы тестирования пылеподавляющих составов»

Н.П. Чернікова

ПИЛОПРИГНІЧЕННЯ – ЛОКАЛІЗУЮЧА ФУНКЦІЯ НА ОБ'ЄКТІ «УКРИТТЯ»

Одним з головних завдань на об'єкті "Укриття" (ОУ) є забезпечення захисту персоналу, населення, в тому числі майбутніх поколінь і навколишнього природного середовища від радіологічних небезпек, обумовлених наявністю на ОУ ядерних і радіоактивних матеріалів. Функція утримання радіоактивних речовин та іонізуючих випромінювань у встановлених межах і кількостях - локалізуюча функція, яка є однією з функцій безпеки об'єкта "Укриття". Для виконання цієї функції використовується модернізована система пилопригнічення (МСПП).

N. P. Chernikova

DUST CONTROL - LOCALIZING FUNCTION ON THE OBJECT "SHELTER".

One of main tasks on the object "Shelter" is providing of defence of personnel, population, including future generations and the environment from radiological hazards due to the presence of nuclear and radioactive materials on the object "Shelter". Holding function for the radioactive substances and ionizing radiation within the established boundaries and quantities - is a localizing function, which is one of the security features of the "Shelter" object. To perform this function the upgraded dust suppression system is used.

**В.Г. ВЕРХОВЦЕВ¹, Г.В. ЛИСИЧЕНКО¹, Ю.Є. ТИЩЕНКО¹, В.Г. Швайко¹,
Г.Д. КОВАЛЕНКО²**

¹Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», м. Київ

²Український науково-дослідний інститут екологічних проблем Міністерства екології та природних ресурсів України, м. Харків

КОМПЛЕКСНІ РАДІОГЕОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ БІЛАНІВСЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО РОДОВИЩА

Державною установою «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» (ДУ "ІГНС") на замовлення Товариства з обмеженою відповідальністю «Біланівський гірничо-збагачувальний комбінат» (ТОВ «Біланівський ГЗК») у червні-жовтні 2012 р. проведені комплексні науково-дослідні роботи за темою «Натурні радіогеоелекологічні дослідження та оцінка ризиків, пов'язаних з радіаційною небезпекою при розробці Біланівського залізрудного родовища, Полтавська область». За результатами робіт відповідно до вимог технічного завдання договору з ТОВ "Біланівський ГЗК" замовнику переданий Заключний звіт. У статті висвітлюються основні наукові результати зазначених робіт.

Вступ. Рішення про проведення комплексних радіоекологічних досліджень та вивчення сучасних радіаційних параметрів Біланівського родовища залістистих кварцитів приймалося Замовником та Виконавцем на підставі листів Національної комісії з радіаційного захисту населення України від 18.06.2012 №2-4/65 та №2-4/66.

Мета роботи: дослідження та оцінювання потенційного радіаційно-екологічного впливу на навколишнє середовище від розробки та експлуатації Біланівського родовища.

Об'єкт досліджень: радіаційно-екологічні показники геологічного середовища Біланівського родовища.

Основні завдання:

- вивчення, узагальнення та аналіз фондових геологічних та геофізичних матеріалів;
- проведення натурних польових досліджень і відбір проб;
- проведення лабораторних та експериментальних радіоекологічних досліджень;
- обробка та систематизація отриманих даних щодо радіаційного стану родовища;
- визначення радіоекологічного ризику та картографування результатів досліджень;
- підготовка науково-експертних рекомендацій.

Біланівське залізрудне родовище розташоване на землях Дмитрівської і Бондарівської сільрад Кременчуцького району в південно-західній частині Полтавської області (рис. 1.).

Особливості геологічної будови. У геоструктурному відношенні район належить до північно-східного схилу Українського щита (УЩ), до зони його переходу в Дніпровсько-Донецьку западину (ДДЗ).

У будові цієї зони виділяється два структурні яруси – нижній, який представлений докембрійськими кристалічними породами, і верхній, складений відкладами кайнозою.

Докембрійські породи покриті чохлом осадових відкладів потужністю від 84 м в південній частині, до 115 м в північній частині родовища.

Нижній структурний ярус має складчасто-блокову будову.

В межах району виділяється ряд синклінальних і антиклінальних структур північ–північно-східного та північно-західного простягання, а також розривні порушення головним чином тих же напрямків.

Головними з них є Кременчуцька і Кобеляцька синкліналі, які розділені П'ятихатським валом – крупною антиклінальною структурою.

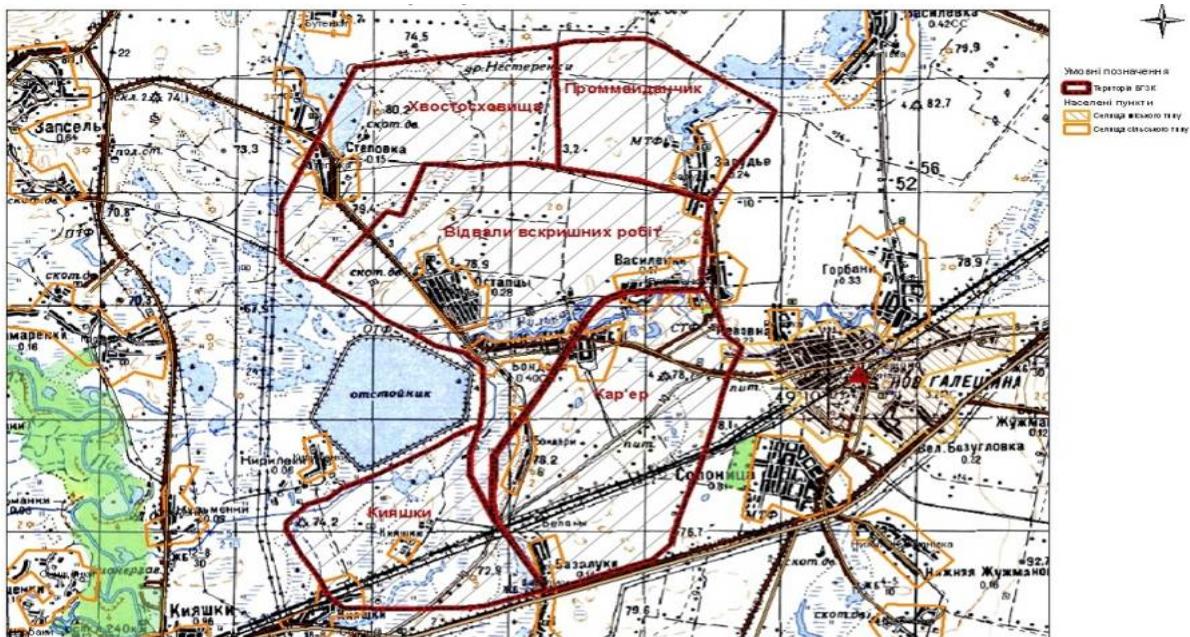


Рис. 1. Територія Біланівського ГЗК

Синклінальні структури складені метаморфічними породами криворізької і конксько-верховцевської серій. Антиклінальні представлені, насамперед, плагіогранітами і мігматитами дніпровського та кіровоградсько-житомирського гранітоїдних комплексів.

Кременчуцька синклінальна структура простягається на Пн-Сх $10-15^{\circ}$ на 45 км. Це вузька, шириною всього 0,2-3 км, структура, яка заглиблюється з півдня, де породи, що її складають, лежать близько до денної поверхні, на північ, на глибину до 4-5 км. Західне крило цієї синклінали зрізано Кременчуцько-Криворізьким (Головним) розломом.

У Кременчуцькій структурі виділяється декілька структур другого порядку. Головні з них Горишне-Плавнинська і Галещинська синклінали та Південно-Галещинська антикліналь. Біланівське родовище залістистих кварцитів розташовано в межах останньої, яка в свою чергу розділена Біланівською антиклінальною на дві синклінали більш високого порядку. Загальне падіння порід західне, під кутами $15-65^{\circ}$, місцями 75° .

Особливу роль на ділянці грає Кременчуцько-Криворізький (Головний) глибинний розлом. Простягання його Пн-Сх $10-15^{\circ}$, падіння – західне, вельми круте – $70-80^{\circ}$ поблизу поверхні фундаменту і за даними ГСЗ на глибині поступово виположується. Розлом є проблемним у сейсмотектонічному відношенні. У 2007 і 2011 роках в його межах, у районі м. Кривий Ріг, відбулися два землетруси з інтенсивністю у епіцентральної зоні 4-5 балів.

В межах Кременчуцької синклінальної структури простежені Єристівський, Галещинський, Біланівський, Рєвовський, Харченковський та інші розломи, які січуть товщу порід криворізької серії у північ–північно-східному напрямку. Так, Галещинський розлом простягається на Пн-Сх $20-25^{\circ}$ з падінням на північний захід під кутом $70-75^{\circ}$. Крім того, відомі ще й інші другорядні розривні порушення, головним чином, північно-східного простягання (наприклад, два – на II профілі в межах Біланівського родовища). Є також розриви північно-західного і, рідше, субширотного напрямку. Амплітуда зміщень по розломах змінюється від десятків, перших сотень метрів до 1 км і більше.

З давніх кристалічних порід в межах Біланівського родовища розвинені метаморфічні поклади конксько-верховцевської серії архею і криворізької серії протерозою, а також відповідні їм за віком комплекси гранітоїдів. Породи конксько-верховцевської серії зустрічаються у вигляді лінзовидних останців амфіболітів і кварцово-біотитових сланців серед гранітоїдів дніпровського і кіровоградсько-житомирського комплексів. Криворізька серія метаморфічних порід залягає на еродованій поверхні

конксько-верховцевських порід. На родовищі в складі серії виділяються середня і верхня світи, у східній частині родовища відомі породи нижньої світи криворізької серії. Нижня, або скелеватська світа (K_1) в основі має пачку кварцових пісковиків світло-сірого кольору, щільних. У верхній частині світа складена кварцово-слюдистими сланцями, що представляють собою темно-сірі породи, іноді з зеленуватим або буруватим відтінком. Середня або саксаганська світа (K_2) в межах родовища представлена вісьмома підсвітами $K_2^1, K_2^2, K_2^3, K_2^4, K_2^5, K_2^6, K_2^7, K_2^8$ (рис. 2).

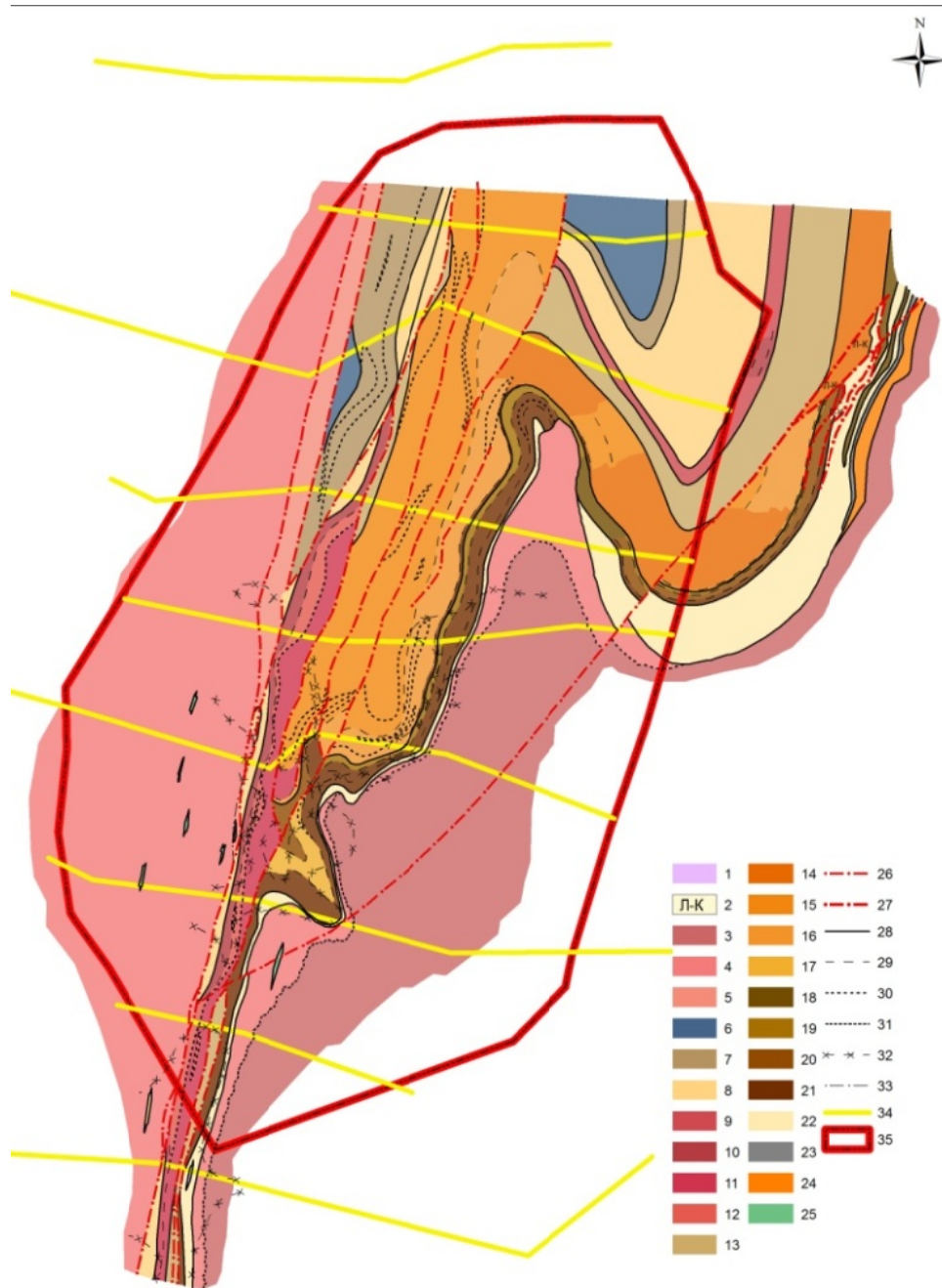


Рис. 2. Геологічна карта докембрію Біланівського залізрудного родовища та прилеглої території за даними Кременчуцької ГРЕ (з доповненнями та змінами О.О. Крамара). Комп'ютерна кольорова версія складена Красновим Є.Б.

Умовні позначення до рис. 2: 1 – $\beta_1 PR_1-PR_2$ – діабазити; 2 – зони прояву лужного і карбонатного метасоматозу; Кіровоградський гранітоїдний комплекс ($plum PR_k$): 3 – граніти плагіоклазові сірі різнозерністі; 4 – мігматити плагіоклазові сірі різнозерністі; 5 – катаклазити мігматитів; Саксаганська серія (нерозчленована): 6 – K_2^1 – сланці кварцово-біотитові, місцями хлоритизовані, з прошарками кварцових дрібнозернистих

метапісковиків; 7 – K_2^7 – кварцити магнетитові, кумінгтоніто-магнетитові та біотито-магнетитові (1) з лінзами кварцово-магнетито-біотитових сланців (2); 8 – K_2^8 – сланці кварцово-біотитові філітовидні та метапісковики кварцово-польовошпатові, часто карбонатизовані, іноді з прошарками кумінгтоніто-магнетитових кварцитів; конгломерати, седиментаційні брекчії; 9 – K_2^9 – кварцити магнетитові та кумінгтоніто-магнетитові з прошарками кварцово-кумінгтонітових та кварцово-біотитових сланців, хлоритизованих, місцями з гранатом; 10 – K_2^{10} – кварцити магнетитові червоносмужчасті з прошарками сіросмужчастих магнетитових та кумінгтоніто-магнетитових кварцитів; 11 – K_2^{11} – кварцити магнетитові, кумінгтоніто-магнетитові з лінзами кварцово-біотитових сланців; 12 – K_2^{12} – сланці кварцово-біотитові та кварцово-магнетито-кумінгтонітові з магнетитом, з прошарками магнетито-кумінгтонітових кварцитів; 13 – K_2^{13} – сланці кварцово-біотитові філітовидні, кварцово-гранато-біотитові, іноді з прошарками магнетито-кумінгтонітових кварцитів, в основі з пластоподібними тілами колчеданів; 14 – K_2^{14} – кварцити кумінгтоніто-магнетитові з підлеглими прошарками кварцово-магнетито-кумінгтонітових та кварцово-магнетито-біотитових сланців; 15 – K_2^{15} – кварцити кумінгтоніто-магнетитові та сланці кварцово-магнетито-кумінгтонітові з рідкими прошарками кварцово-кумінгтонітових з магнетитом сланців; 16 – K_2^{16} – кварцити кумінгтоніто-магнетитові та сланці кварцово-магнетито-кумінгтонітові та кварцово-магнетито-біотитові; 17 – K_2^{17} – кварцити кумінгтоніто-магнетитові та магнетитові з прошарками кварцово-магнетито-кумінгтонітових і кварцово-магнетито-біотитових сланців; 18 – K_2^{18} – кварцити магнетитові та кумінгтоніто-магнетитові червоно- та сіросмугасті; 19 – K_2^{19} – кварцити магнетитові, переважно червоносмугасті, тонкошаруваті; 20 – K_2^{20} – кварцити магнетитові, іноді з кумінгтонітом, сіросмугасті, тонко- та середньо шаруваті, місцями з прошарками кварцово-магнетито-кумінгтонітових сланців; 21 – K_2^{21} – кварцити магнетитові, переважно червоносмугасті, тонкошаруваті, в основі – кумінгтоніто-магнетитові з прошарками кварцово-магнетито-кумінгтонітових і кварцово-магнетито-біотитових сланців; 22 – K_2^{22} – сланці кварцово-біотитові та кварцово-кумінгтонітові, часто хлоритизовані, з гранатом, з тонкими прошарками кварцових метапісковиків; 23 – тальк; 24 – K_1 – аркозові пісковики, філіти; 25 – ARkv – амфіболіти. Сланці кварцово-біотито-амфіболові та кварцово-амфіболо-біотитові; 26 – тектонічні порушення; 27 – тектонічні порушення біля рудного тіла; геологічні границі: 28 – між комплексами, серіями, світами та підсвітами; 29 – між пачками; 30 – між кондиційними та некондиційними рудами по вмісту заліза магнетитового в межах пачки; 31 – між мігматитами та гранітами-плагіогранітами; 32 – зона вивітрених, окиснених порід; 33 – границя між катаклазованими та «свіжими» породами; 34 – профілі комплексного обстеження; 35 – територія Біланівського ГЗК.

Породи фундаменту перекриваються регіонально розповсюдженими кайнозойськими відкладами, в складі яких виділяються утворення палеогенової і четвертинної систем.

Палеогенова система представлена відкладами бучацької, київської та харківсько-обухівської світ. Вони залягають майже горизонтально на поверхні докембрійських відкладів.

Безпосередньо на кристалічних породах лежать відклади бучацької світи ($P_2b\delta$) потужністю 6-31,5 м, які представлені дрібнозернистими пісками, кварцово-глауконітовими глинистими, часто більше схожими на рихлі пісковики, зім'яті та перемішані з глинами та мергелистим матеріалом, вуглистими глинами, а також змішаними пісчано-глинистими вуглистими відкладами.

Вище залягають відклади київської світи (P_2kv , 25-40 м), складеної сірувато-білими, часто з голубим відтінком щільними мергелями, які в низах товщі вміщують гравелісті зерна кварцу та лінзи грубозернистого піску.

Відклади харківської світи – P_2hr (22-37 м) представлені алевролітами, глинами з прошарками пісковиків тонко-дрібнозернистих, кварцово-глауконітових, глинистих.

Відклади четвертинної системи (Q_{III-IV}) розвинуті повсюди і покривають суцільним чохлом всі нижчезалягаючі давні утворення. Загальна їх потужність коливається від 2-3 до 12-15 м. В літологічному відношенні вони представлені верхньочетвертинними еолово-делювіальними пісчанистими суглинками, жовтуватобурими, сірувато-жовтими, інколи зеленувато-сірими, та середньо-верхньочетвертинними алювіальними дрібнозернистими кварцовими пісками, інколи глинистими сірими, жовто-сірими [1-4].

Грунтово-рослинний шар потужністю до 0,5 м суцільним чохлом покриває всі утворення.

Відповідно з геологічною будовою та гідрогеологічними умовами в районі виділяються наступні водоносні горизонти, що містять прісні підземні води: – середньо-верхньочетвертинних алювіальних відкладів; – харківських відкладів; – бучацьких відкладів.

Основні результати радіоекологічних досліджень. Дослідження території виконані у дві стадії: – польові роботи; – камеральні роботи.

Комплексні профільні польові радіоекологічні дослідження виконувались у липні 2012 року з урахуванням відомих геолого-геофізичних матеріалів. Дев'ять субширотних профілів протяжністю від 1 600 до 8 900 м охоплюють всю територію Біланівського залізрудного родовища. Загальна кількість стаціонарних точок спостережень – 33.

Експедиційні дослідження включали: – натурні апаратурні вимірювання і попередню обробку результатів; – відбори проб ґрунту, керну, води та пилу повітря; – координатну супутникову прив'язку на місцевості точок спостережень.

Потужність радіоактивного випромінювання середовища (гамма-фон) вимірювалася приладами СРП зі шпуровим детектором на висоті 1 м від поверхні ґрунту, на поверхні ґрунту і каротажним детектором у ґрунті інтегровано від поверхні до глибини 1 м.

Точки інструментальних вимірювань, в тому числі приладом СРП-88Н, показані на рис. 2.



Рис. 2. Карта фактичного матеріалу обстеження території Біланівського ГЗК (інструментальні вимірювання)

Отримані виміряні значення наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати вимірювань потужності радіоактивного випромінювання приладом СРП-88Н

Показник потужності радіоактивного випромінювання	0- 1 м, у ґрунті, мкР/год.	1 м, у повітрі, мкР/год.	0 м, на поверхні ґрунту, мкР/год.
Мінімальний	9,9	9	13
Максимальний	30	15	25
Середній	17,2	13,7	21,3

Потужність ефективної дози (ПЕД) вимірювалась приладом СКМ «Вектор» інтегрально в повітрі і на поверхні ґрунту. Результати наведені в таблиці 2, а просторове розміщення отриманих показників – на рис. 3.

Таблиця 2. Результати вимірювань ПЕД приладом СКМ «Вектор»

Показник ПЕД	ПЕД, мкЗв/год.	ПЕД, мЗв/рік	ПЕД, мЗв/ 10 років
Мінімальний	0,0715	0,626	43,84
Максимальний	0,222	1,945	136,13
Середній	0,096	0,8445	59,12

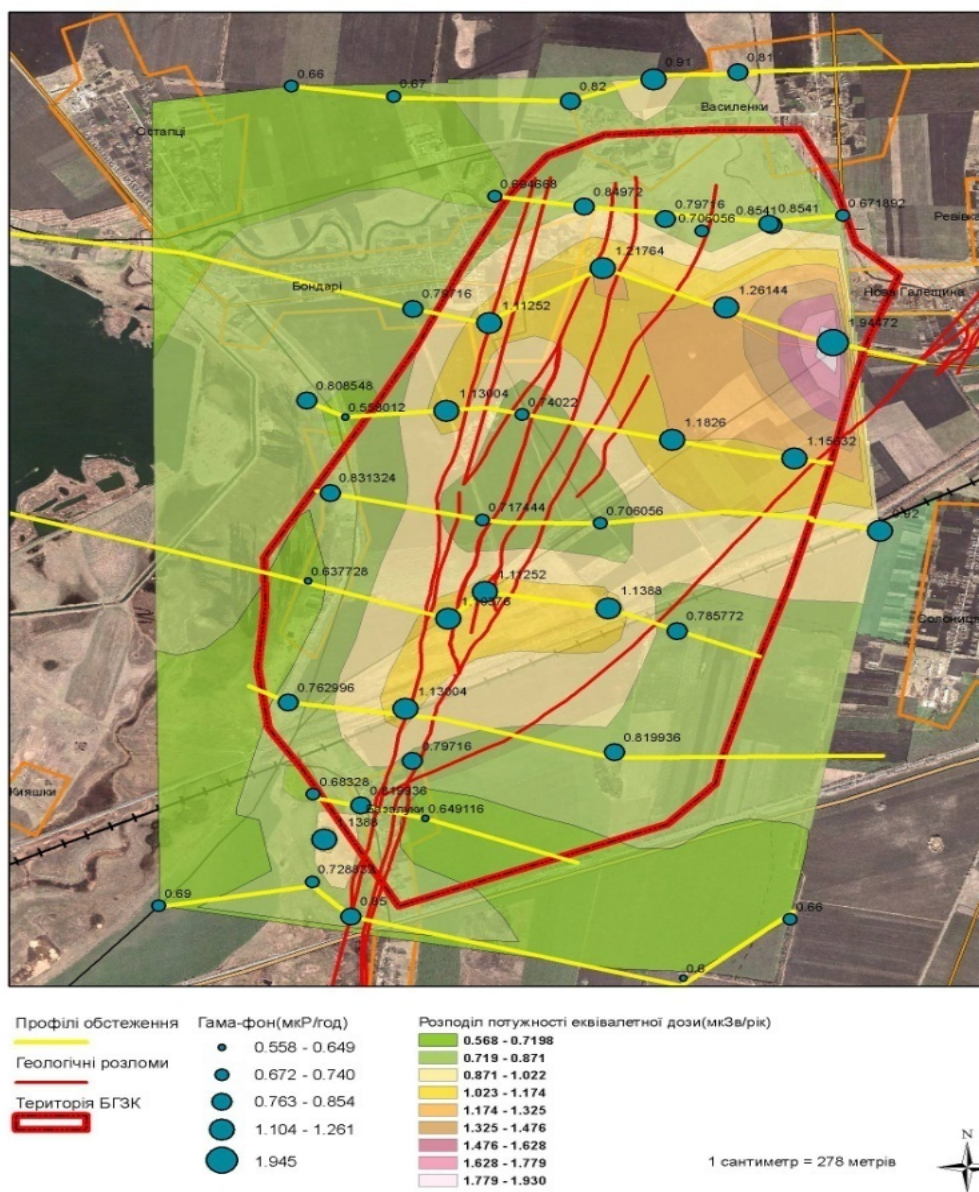


Рис. 3. Результати інструментальних вимірювань ПЕД на території Біланівського ГЗК

Радіоактивність ґрунту на території коливається у межах 48...74 Бк/м², при середньому значенні 66 Бк/м². Похибка виміру фону 5,2...6,2%. Похибка виміру активності поверхні 45...69%.

Активність еманції радону вимірювалась еманометром РРА-01М-01 «Альфарад» у ґрунті, в атмосферному повітрі та на поверхні ґрунту. Отримані результати у 53 точках вимірювань еманції з ґрунту, з них 18 результатів не перевищують порогової чутливості приладу, перевищення фонових значень еманції радону виявлене у 36 точках спостережень, зафіксовані показники складають 23...180 Бк/м³ при середньому значенні 59,3 Бк/м³. Особливості просторового розміщення показників еманції радону у ґрунті показані на рис. 4.

Для **лабораторних досліджень** відібрано kern з восьми свердловин, 31 пробу ґрунту і 34 проби води: 27 – з свердловин, 4 – з колодязів, 3 – з поверхневих водних об'єктів (рис. 5, 6).



Рис. 4. Активність еманції радону з ґрунту на території Біланівського ГЗК



Рис. 5. Карта фактичного матеріалу обстеження території Біланівського ГЗК (проби ґрунтів, пилові планшети, керн)



Рис. 6. Карта фактичного матеріалу обстеження території Біланівського ГЗК (проби води)

Вимірювання *питомої сумарної активності (ПСА)* гамма-випромінюючих радіонуклідів у пробах ґрунтів, відібраних на глибині 0...1,0 м, виконані на стаціонарному радіометрі "Food Lite", показують, що ґрунтовий покрив території характеризується невисоким рівнем радіоактивності (таблиця 3).

Таблиця 3. Результати вимірювань питомої сумарної активності ґрунтів приладом "Food Lite"

Показник	Питома сумарна активність ґрунтів, Бк/кг
Мінімальний	28±25
Максимальний	117±39
Середній	72

Просторовий розподіл отриманих результатів показано на рис. 7.



Рис. 7. Питома сумарна активність гамма-випромінювання ґрунту

Гамма-спектрометричний аналіз проб ґрунту та керну гірських порід (залізисті кварцити родовища) дозволив виявити присутність радіонуклідів уран-торієвого ряду. Результати аналізів кількох проб наведені в таблиці 4. Вони свідчать про слабкий ймовірний вплив уранового зруденіння, що не впливає суттєво на формування радіоактивності ґрунтів порівняно з радіокалієм.

- Крім описаних лабораторних вимірювань у рамках робіт проведені:
- визначення альфа- та бета-активності у гірських породах і ґрунтах;
 - рентген-флуоресцентний аналіз на вміст важких металів у ґрунтах;
 - визначення масової концентрації урану у водному розчині;
 - загальний хімічний аналіз природних вод;
 - аналіз елементарного складу речовини у водному розчині (атомно-абсорбційне визначення);
 - атомно-емісійний спектральний аналіз;
 - визначення активності радону у водному розчині.

Таблиця 4. Результати гамма-спектрометричного аналізу

Точка	Радіонуклід	Бк/кг	Відносна похибка (%)	Вклад(%)
WP0188	²²⁸ Ac	47,7	34,5	4,5
	⁴⁰ K	478	16,8	45,1
	²¹² Pb	50	13,3	4,7
	²¹⁴ Pb	95,2	22	9,0
	²²³ Ra	174	33,7	16,5
	²²⁶ Ra	74,5	37,2	7,0
	²³⁴ Th	134	90,4	12,7
	²³⁵ U	4,63	37,2	0,4
WP0200	²²⁸ Ac	34,2	40,6	3,3
	²¹⁴ Bi	145	23,1	13,9
	⁴⁰ K	577	15,6	55,2
	²¹² Pb	36,4	15,5	3,5
	²¹⁴ Pb	57,5	28,5	5,5
	²²³ Ra	126	40,4	12,1
	²²⁶ Ra	42,8	51,5	4,1
	²³⁴ Th	23,6	38,9	2,3
WP0254	²²⁸ Ac	55,9	31,7	5,6
	²¹⁴ Bi	117	26,1	11,6
	⁴⁰ K	546	16	54,3
	²¹² Pb	39,5	15	3,9
	²¹⁴ Pb	57,5	28,5	5,5
	²²³ Ra	145	37,6	14,4
	²³⁴ Th	10,3	48,1	1,0
WP213	²²⁸ Ac	28,1	35	3,1
	²¹⁴ Bi	66	27,1	7,3
	⁴⁰ K	468	14,1	51,5
	²¹² Pb	35,2	12,2	3,9
	²¹⁴ Pb	39,7	26,8	4,4
	²²³ Ra	214	23,1	23,5
	²²⁶ Ra	54,5	33,4	6,0
	²³⁵ U	3,39	33,4	0,4

Кольором виділені радіонукліди:



природні
родини ²³⁸U
родини ²³²Th

За результатами досліджень виконаний **статистичний аналіз**, який, зокрема, показує наявність надійних корелятивних зв'язків результатів, отриманих у повітряному середовищі, і їх відсутність у різних середовищах (повітря і ґрунт).

Відсутність кореляції між радіоактивністю 1-метрового шару ґрунту і фону поверхні (повітря) показує, що вплив на радіоактивність середовища зовнішніх факторів (стан атмосфери, сонячна активність) значно перевищує вплив внутрішніх факторів – власної питомої радіоактивності біоїкосної системи ґрунту.

Отримані результати можуть свідчити про існування певного впливу інтегральної питомої радіоактивності верхнього шару ґрунту і потужності гамма-випромінювання у

навколишньому середовищі (повітря). Для формування певних наукових висновків щодо цієї ймовірності необхідно продовження накопичення результатів фактичних вимірів (поповнення ряду даних).

Результати статистичного аналізу показують відсутність корелятивних зв'язків вимірюваних значень еманції радону з жодним із інших вимірюваних показників радіоактивності середовища.

Такі результати засвідчують, що радіоактивні еманції не впливають на формування радіоактивного фону досліджуваної території.

Таким чином, проведені польові та камеральні роботи показали, що:

1. Територія Біланівського родовища залізистих кварцитів характеризується низькою радіоактивністю. Усереднене значення ефективної дози (0,85 мЗв/рік) більш ніж вдвічі нижче від середнього для УЩ.

2. Радіоактивність середовища формується головним чином верхнім (до 1 м) шаром родючого ґрунту.

3. Розподіл активності в ґрунті з глибиною рівномірно стабільний (наслідок переорювання сільгоспугідь).

4. Усереднена радіоактивність шару ґрунту 0,0...1,0 м складає 70,1 Бк/кг. Запаси радіоактивності для території Біланівського ГЗК – 1,6 млн. кБк, або 0,043 Кі; щільність забруднення – 128 Бк/м², або 3,44 Е-3 Кі/км². Ці показники значно нижчі середніх для УЩ.

5. Утворення пилу під час земляних робіт на території Біланівського ГЗК не спричинить радіаційної загрози для здоров'я населення міст Кременчук та Комсомольськ, відстань до яких складає відповідно 15 та 13 км. Необхідне оцінювання ризику для населення сіл Нова Галещина і Солониця і персоналу.

6. Природна радіоактивність (еманція радону) може спричиняти вплив лише на персонал. Необхідне оцінювання ризику.

Отримані результати робіт дозволили сформулювати такі висновки та рекомендації.

Висновки

1. Навколишнє середовище досліджуваної території характеризується низьким в цілому рівнем радіоактивності у поверхневому шарі. Зафіксовані активності радіонуклідів як у польових умовах, так і при лабораторних вимірюваннях зразків усіх проб є нижчими, ніж відповідні середні показники для України. Водночас існують певні прояви впливу уранового зруденіння, що простежується присутністю радіонуклідів уранового і торієвого рядів у значній кількості проб ґрунту і керну. Ця обставина обумовлює необхідність впровадження комплексу контрольних і попереджувальних заходів.

2. На території зони впливу Біланівського ГЗК виявлено незначні радіаційні аномалії локального характеру – в північно-східній частині і, дещо меншу – в південній частині. Перша аномалія очевидно обумовлена впливом розташованого неподалік невеликого Кременчуцького уранового родовища. Походження другої не встановлене, імовірно вона пов'язана з ще не відомим на сьогодні уранопроямом.

3. Досліджені природні води як поверхневі, так і підземні не є джерелом радіаційної загрози, не містять радіоактивних елементів у концентраціях, які відрізняються від фонових.

4. Існуючі рівні еманції радону не створюють радіаційної небезпеки для населення, водночас можуть бути фактором певного впливу на персонал, що потребує контролю під час проведення земляних робіт.

5. Умови для фізико-хімічної трансформації радіонуклідів та зміни їх геохімічних міграційних властивостей під впливом кар'єрних робіт відсутні з огляду на характер планованої діяльності, яка хоча й пов'язана з втручанням у існуючі умови масопереносу, але на першому етапі земляних робіт у кар'єрі не призведе до значної зміни сучасних процесів термодинаміки гіпергенезу.

6. Оцінені потенційні радіоекологічні ризики прийнятні, розробка першої черги родовища не призведе до суттєвого збільшення існуючого на даний час радіаційного навантаження на населення і утворення нових додаткових загроз для екологічної безпеки середовища та санітарного благополуччя населення за умови постійного радіоекологічного контролю, своєчасного вжиття попереджувальних та, у разі необхідності, – захисних заходів.

Рекомендації

1. Щодо можливих подальших радіоекологічних досліджень:

а. Провести більш детальні обстеження виявлених локальних радіаційних аномалій (рис. 8) у північно-східній частині родовища (західніше с. Нова Галещина) та у південній його частині (північніше с. Базулуки).

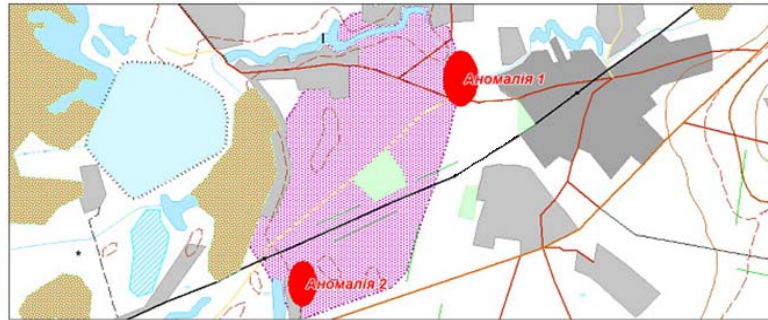


Рис. 8. Виявлені локальні зони радіаційних аномалій

б. Провести комплексне радіаційне обстеження під час і по завершенні першого етапу вскришних робіт.

2. Щодо передпроектного радіоекологічного моніторингу:

а. Рекомендувати щомісячні обстеження за показниками:

і. Потужність гамма-випромінювання середовища.

ii. Потужність гамма-випромінювання ґрунту до глибини 1,0 у шпурх.

iii. Еманация радону у ґрунті.

iv. Відбори проб ґрунту з наступним лабораторним вимірюванням радіоактивності.

б. Рекомендується така схема розміщення точок комплексних вимірювань та опробування (рис. 9):

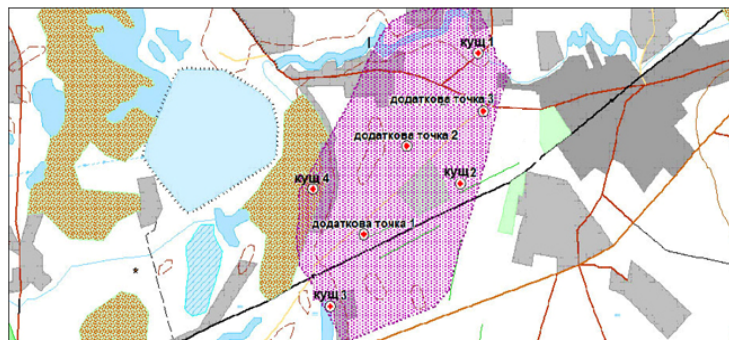


Рис. 9. Рекомендована схема розміщення точок комплексних вимірювань та опробування

с. Рекомендуються щомісячні відбори проб підземних вод з трьох підземних горизонтів існуючих свердловин по куцах 1-4 з наступним лабораторним вимірюванням об'ємної радіоактивності.

3. Щодо комплексного передпроектного екологічного моніторингу:

а. Рекомендуються щомісячні відбори проб підземних вод з трьох підземних

горизонтів існуючих свердловин по кущах 1-4 з наступним лабораторним вимірюванням загальної жорсткості та основних іонів.

б. Рекомендуються цюквартальні відбори проб води з поверхневих джерел з наступним лабораторним вимірюванням загальної жорсткості, основних іонів та нафтопродуктів.

4. Щодо моніторингу земляних робіт:

– виконувати радіологічний контроль у щоденному режимі під час ведення робіт.

При суттєвому підвищенні радіаційного фону середовища – призупинка робіт та оперативне радіаційне обстеження до з'ясування причин підвищення радіоактивності.

5. Рішення щодо екологічного моніторингу під час розробки кар'єру доцільно приймати за наявності даних всіх вище перелічених контрольних заходів.

6. Рекомендації щодо комплексу захисних, відновлювальних, компенсаційних та інших природоохоронних заходів слід приймати за результатами подальших досліджень.

7. У стратегічній перспективі доцільно розглянути питання щодо уточнення меж розробки кар'єру, а саме – коригування граничного розташування північно-східного борту.

1. Закономерности образования и размещения урановых месторождений Украины / [под ред. Я.Н. Белевцева и др.] – Киев, 1968. – 763 с.

2. Железисто-кремнистые формации Украинского щита. Т. 2. Докембрий / [под ред. Н.П. Семененко]. – Киев: «Наукова думка», 1978. – 367 с.

3. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том 1. Металлические полезные ископаемые / [Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И. и др.]. – Киев-Львов: Изд-во «Центр Европы», 2005. – 785 с.

4. Економічна геологія родовищ залізистих кварцитів / [Рудько Г.І., Плотніков О.В., Курило М.М., Радованов С.В.]. – К.: «Академпрес», 2010. – 272 с.

В.Г. Верховцев, Г.В. Лисиченко, Ю.Е. Тищенко, Г.Д. Коваленко

КОМПЛЕКСНЫЕ РАДИОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАНОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Государственным учреждением «Институт геохимии окружающей среды Национальной академии наук Украины» (ГУ "ИГОС") по заказу Общества с ограниченной ответственностью «Белановский горно-обогатительный комбинат» (ООО «Белановский ГОК») в июне-октябре 2012 г. проведены комплексные научно-исследовательские работы по теме «Натурные радиогеоэкологические исследования и оценка рисков, связанных с радиационной опасностью при разработке Белановского железорудного месторождения, Полтавская область». По результатам работ в соответствии с требованиями технического задания договора с ООО "Белановский ГОК" заказчику передан Заключительный отчет. В этой статье освещаются основные научные результаты указанных работ.

V.G. Verkhovtsev, G.V. Lysychenko, U. E. Tishchenko, G.D. Kovalenko

THE COMPLEX GEOECOLOGICAL RESEARCHES OF BELANOV MINING

State Institution "Institute of Environmental Geochemistry National Academy of Sciences of Ukraine" (SI "IEG") at the request of the limited liability company "Bilanivskiy Mining Plant" (LLC "Bilanivskiy Mining Plant") in June and October 2012 was conducted comprehensive research engineering on "Full-scale radiological, geoecological research and risk assessment which associated with radiation hazards in developing Bilanivskiy iron ore deposits, Poltava region." As a result of the work according to the requirements specification of the contract with "Bilanivskiy Mining Plant" was given Final Report to the customer. This article covers the main scientific results of these works.

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.064.3: 349.6

Є.М. ВАРЛАМОВ, О.А. ПАЛАГУТА

Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, м. Харків

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ІНДИКАТОРНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗМІСТ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ

Розглянуто проблему, що пов'язана з розвитком в соціальній та економічній сфері через що збільшується тиск на навколишнє природне середовище (НПС) і, як наслідок, цей тиск сприяє змінам в довкіллі. Розглянуто структуру призначення: Рушійні сили – Тиск – Стан – Вплив – Реагування, а також виділено основні еколого-соціальні та еколого-економічні індикаторні показники в Системі екологічних індикаторних показників для оцінки стану навколишнього природного середовища України. З урахуванням розглянутого, розроблюється Система екологічних індикаторних показників для оцінки стану НПС України.

На сьогодні найбільшої популярності та розповсюдженості набуває підхід, за яким можливо поєднати та узгодити вимоги і умови сталого розвитку, які запропоновані у рамках інших підходів – політичного, соціального, економічного, екологічного. «Комплексна сталість» розглядається як складний процес, що включає в себе екологічну, економічну та соціальну складові у їх взаємозв'язку. Тому оцінювання стану навколишнього природного середовища (НПС) є на даний час процедурою, необхідною з політичної, соціальної, економічної та природоохоронної точки зору [1].

Для того, щоб відповідати інформаційним потребам, екологічні показники повинні відображати усі елементи причинного ланцюга, який пов'язує людську діяльність з кінцевим впливом на НПС і соціальні відповіді на цей вплив.

Постановка проблеми. Проблема полягає в тому, що соціальний і економічний розвиток збільшує тиск на довкілля і, як наслідок, спричиняє зміни в НПС, тому необхідно серед екологічних індикаторних показників виділити такі показники, за допомогою яких можна було б визначити, що навантаження на НПС відповідає змінам в соціальній або економічній сфері.

Авторами виконуються дослідження даного питання при розробці Системи екологічних індикаторних показників (далі – Система ЕІП) для оцінки стану навколишнього природного середовища України, результатом дослідження має стати розроблення Системи ЕІП для оцінки стану НПС України.

Відповіді на питання «що діється з довкіллям» не достатньо. Для управління в галузі охорони НПС важливою є інформація щодо ефективності заходів, здійснених в процесі управління з точок зору впливу рішень на екологію, економіку, соціальні аспекти. Така інформація також необхідна для управління в галузях економіки, досліджень в галузі технологій, що дозволять радикально зменшити рівень витрат економічних ресурсів і ресурсів довкілля, необхідних для функцій суспільства. Тому до Системи ЕІП для оцінки стану НПС України, що розробляється авторами, включені наряду із вже звичними показниками, що характеризують стан НПС, та показниками, що характеризують вплив на нього, також і показники співвідношення соціальних факторів з екологічними та

показники співвідношення економічних факторів з екологічними.

Екологічні показники в країнах Євросоюзу розглядаються за відомою структурою призначення (рис. 1) Рушійні сили – Тиск – Стан – Вплив – Реагування (РС – Т – С – В – Р) [1, 2].

Структура РС – Т – С – В – Р корисна при характеристиці взаємин між причинами і наслідками екологічних проблем, тому у Системі ЕІП має враховуватись також і місце показника в структурі РС – Т – С – В – Р.

РС – Рушійні сили (Driving force) – соціально-економічні фактори та види діяльності, що посилюють або зменшують навантаження на довкілля.

Т – Тиск (Pressure) – пряме антропогенне навантаження на довкілля, що здійснюється через викиди та скиди забруднюючих речовин, використання природних ресурсів.

С – Стан (State) – відносяться до поточного стану та тенденцій змін НПС, що включають також параметри якості основних складових довкілля.

В – Вплив (Impact) – наслідки зміни довкілля для здоров'я населення, наслідки для природи та біорізноманіття.

Р – Реагування (Respons) – конкретні дії, що спрямовані на вирішення екологічних проблем.

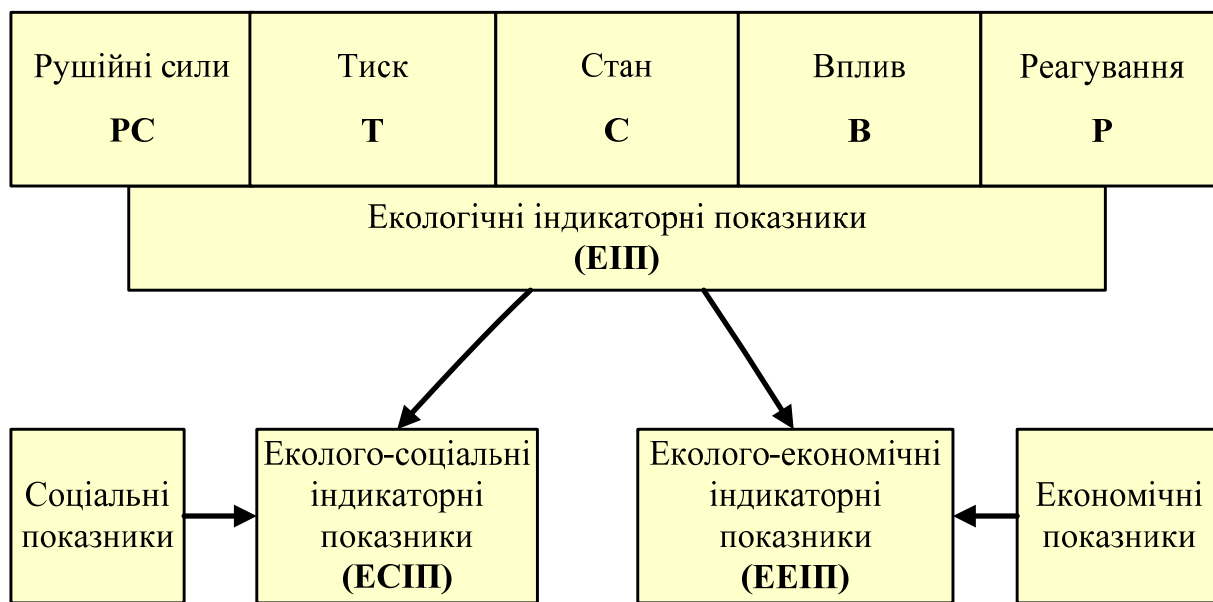


Рис. 1. Схема включення соціальних та економічних факторів до Системи ЕІП для оцінки стану НПС України

Очевидно, що реальна інформація за результатами моніторингу НПС більш складна, ніж може бути виражена в складі Системи ЕІП для оцінки стану НПС України, яка базується на аналізі простих, найбільш очевидних причинних стосунків між розвитком суспільства та станом НПС. Але подальше ускладнення Системи ЕІП для оцінки стану НПС України може привести до зайвих і невиправданих складностей у її застосуванні.

Показники екологічної спрямованості визначають стан об'єктів НПС або факторів тиску на них, надають уявлення про зміни в екології та навантаженні на НПС.

Еколого-соціальні індикаторні показники (ЕСІП) надають уявлення про те, наскільки зміни в екології та навантаженні на НПС відповідають змінам в соціальній сфері, допомагають знайти відповіді на запитання «чи спостерігається прогрес, пов'язаний з екологією в соціальній сфері?». Розраховуються ЕСІП із застосуванням, в основному,

таких соціальних показників, як чисельність населення країни (адмінтериторії), площа країни (адмінтериторії). До ЕСІП віднесено також показники, що вказують безпосередньо на такий важливий соціальний фактор, як стан здоров'я населення. Це, наприклад, показники, що вказують на кількість і/або тенденції змін у кількості випадків перевищення нормативів (ГДК), вмісту забруднюючих речовин у питній воді, атмосферному повітрі населених міст [1,3].

Еколого-економічні індикаторні показники (ЕЕІП) надають уявлення про те, як зміни в екології та навантаження на НПС відповідають змінам в економічній сфері, допомагають знайти відповіді на запитання «чи спостерігається прогрес?». Розраховуються ЕЕІП із застосуванням в основному таких економічних показників, як валовий внутрішній продукт (ВВП), валовий регіональний продукт (ВРП), обсяг промислового виробництва в окремих галузях економіки та інші економічні показники, що суттєво впливають на стан та управління в екології [1,3].

З економічної точки зору екологічне оцінювання є необхідним інструментом раціонального планування та реалізації природоохоронних заходів. Оцінка якості окремих компонентів НПС необхідна для організації ресурсного забезпечення потреб населення та господарства країни.

ЕСІП та ЕЕІП можуть бути застосовані, як для розкриття інформативного змісту певних екологічних індикаторних показників, так і окремо для аналізу еколого-соціальних та еколого-економічних змін, є інструментом формування громадської думки щодо дієвості екологічної політики.

Різниця між ЕСІП і ЕЕІП тільки в знаменниках – перші діляться на кількість населення, що проживає на даній адмінтериторії, другі – на відповідний ВВП (ВРП). Чисельники однакові.

Авторами розробляється структура Системи ЕІП для оцінки стану НПС України, до складу якої мають увійти основні ЕСІП та ЕЕІП по 9 напрямках моніторингу, як приклад, нижче представлені структури по напрямках моніторингу: забруднення атмосферного повітря та зміна клімату.

За напрямом моніторингу *Забруднення атмосферного повітря* ЕІП «Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря» складається з:

ЕСІП – Щільність викидів в атмосферне повітря по відношенню до території України (адмінтериторії);

ЕСІП – Кількість викидів в атмосферне повітря на одну особу, що проживає в Україні (адмінтериторії);

ЕЕІП – Відношення обсягу промислових викидів в атмосферне повітря до ВВП (ВРП).

ЕІП «Якість атмосферного повітря в міських населених пунктах» складається з:

ЕСІП – Частка проб атмосферного повітря, в яких виявлено перевищення ГДК_{сер.доб.} для вмісту забруднюючих речовин.

За напрямом моніторингу *Зміна клімату* ЕІП «Викиди парникових газів» складається з:

ЕСІП – Щільність викидів ПГ в атмосферне повітря по відношенню до території України (адмінтериторії);

ЕЕІП – Відношення обсягу викидів ПГ в атмосферне повітря до ВВП (ВРП).

На прикладі розглянуто та представлено у вигляді діаграми визначення ЕЕІП «Частка забруднених зворотних вод від загального об'єму скидання у поверхневі водні об'єкти» (рис. 2) [4, 5] та ЕЕІП «Частка об'єму прісної води, що втрачається при транспортуванні від загального обсягу водоспоживання прісної води» (рис. 3) [4, 5].

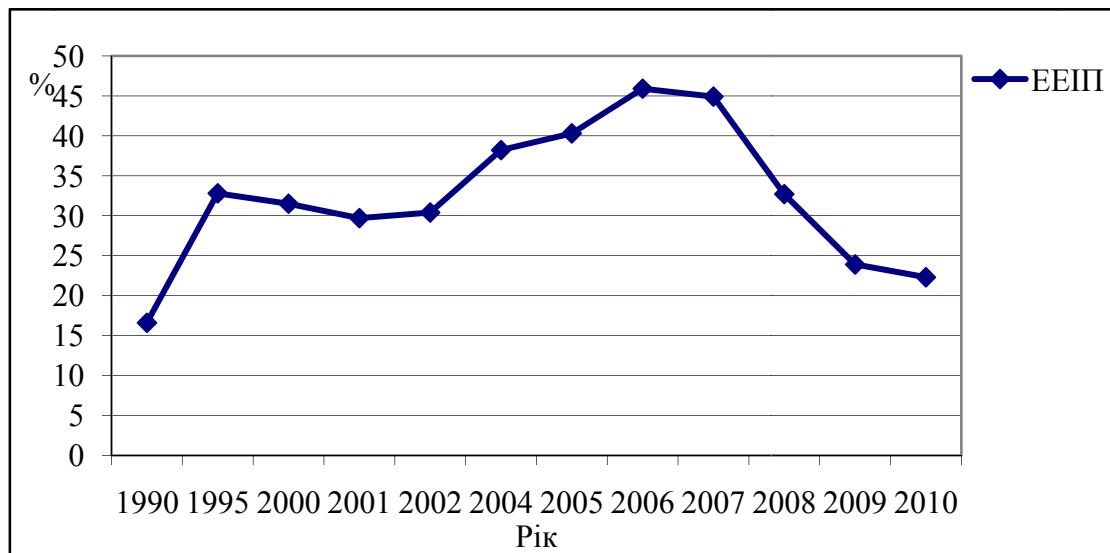


Рис. 2. Динаміка зміни частки (%) забруднених зворотних вод від загального об'єму скидання у поверхневі водні об'єкти

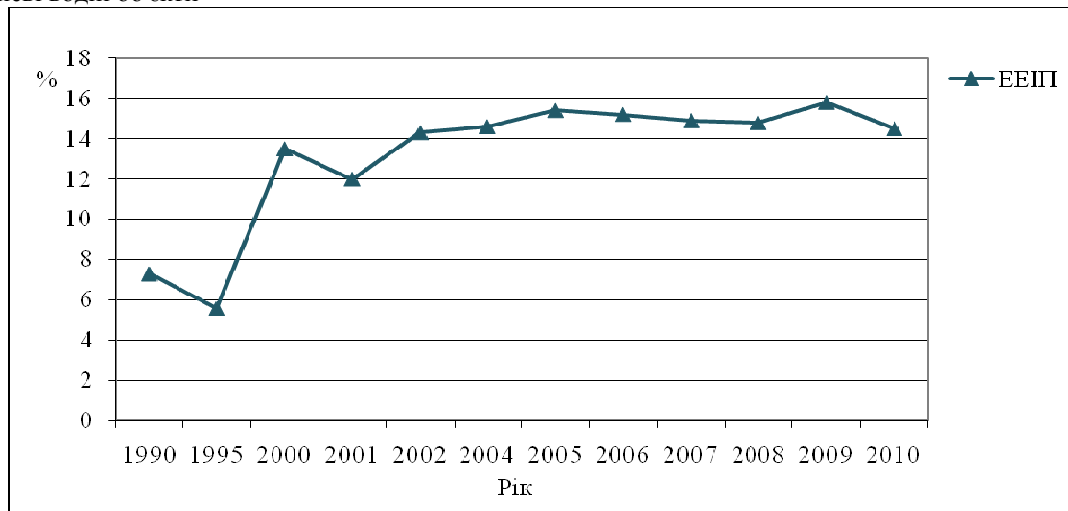


Рис. 3. Динаміка зміни частки (%) об'єму прісної води, що втрачається при транспортуванні від загального обсягу водоспоживання прісної води

Такі ЕЕП традиційно використовуються в національних і регіональних доповідях, але ніде не порівнюються з основними економічними показниками, такими як ВВП або ВРП. На рис. 4 наведено приклад такого порівняння.

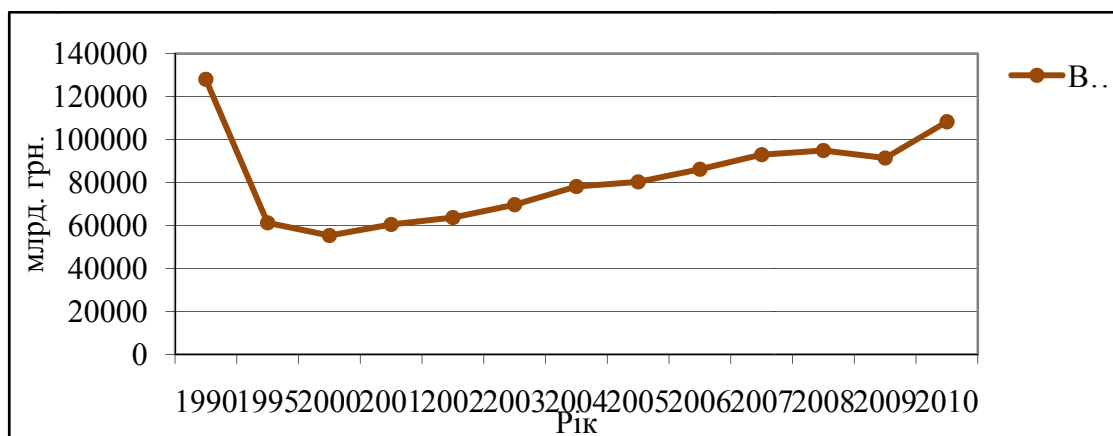


Рис. 4. Динаміка зміни ВВП

Так, в Україні при виразному рості ВВП з 2000 по 2010 роки (рис.4), одночасно, починаючи з 2002 по 2007 роки, частка (%) забруднених зворотних вод від загального об'єму скидання у поверхневі водні об'єкти тільки зростала, причому істотно (рис. 2). Аналогічна негативна динаміка присутня й у визначенні частки (%) об'єму прісної води, що втрачається при транспортуванні від загального обсягу водоспоживання прісної води (рис. 3).

Такий аналіз чітко показує недостатність фінансування в екологічній сфері, зокрема по розглянутим прикладам, в будівництві та підтримці роботи споруджень по очищенню зворотних вод і системи водопостачання [6].

Об'єктивне визначення ЕЕП та ЕСП допомагає визначенню тенденцій змін екологічного стану, виявляє причини та наслідки екологічної ситуації, що склалася в країні (адміністративні або іншій територіальній одиниці) внаслідок певної економічної політики [7, 8].

З політичної точки зору така оцінка стану НПС необхідна, виходячи з транскордонного характеру екологічних проблем та необхідності виконання міжнародних домовленостей.

Висновок. З огляду на прагнення України вступити в Євросоюз необхідно переглянути питання формування оціночних показників якості НПС з урахуванням вимог, які використовуються в країнах Європи. Тому необхідно розробити національну нормативну базу для впровадження в діяльність системи моніторингу й підготовки звітності, як на державному, так і на регіональному рівнях Системи ЕП для оцінки стану НПС України.

1. Є.М.Варламов, Л.Л. Юрченко Застосування окремих соціальних, економічних та екологічних показників для підготовки індикаторних показників оцінки стану навколишнього природного середовища України за результатами моніторингу // V Міжнар. наук. практ. конф. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення». Зб. наук. ст. /УкрНДІЕП. – Х.: Райдер, 2009. – Т.2. – С.98 – 107.

2. Мониторинг окружающей среды: Руководство по применению экологических показателей в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии, Европейская экономическая комиссия, Комитет по экологической политике, Четырнадцатая сессия, Женева, май 2007.

3. Є.М. Варламов, Л.Л. Юрченко, О. Ільїнський, О.А. Палагута Звіт про науково-дослідну роботу «Наукове обґрунтування та розроблення системи екологічних індикаторів на основі рекомендацій ЄЕК ООН для застосування органами державної влади, органами місцевого самоврядування та інформування громадськості», УкрНДІЕП, 2009.

4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році.– К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011.–383 с.

5. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році.– К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011.–254 с.

6. Е.Н. Варламов, Л.Л. Юрченко, О.А. Палагута Использование эколого-экономических индикаторных показателей для оценки эффективности природоохранной

деятельности // Экология и промышленность. Х.: УкрГНТЦ «Энергосталь», 2010 – № 1 (22), – С. 73 – 77.

7. Е.Н. Варламов, Л.Л. Юрченко, О.А. Палагута Использование экологических индикаторных показателей для оценки влияния на окружающую природную среду // Проблемы охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Зб.наук.пр. УкрНДІЕП. – Х.: Вид. дім «Райдер», 2010. – Вип. 32. – С. 63 – 75.

8. Є.М. Варламов, Я.О. Толстих Аналіз формування та використання еколого-економічних показників та індикаторів для оцінки сталого розвитку регіону Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: Вид. Харківського університету повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2011. – №3 (33), – С. 165 – 168.

Е.Н. Варламов, О.А. Палагута

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИХ ИНФОРМАЦИОННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ УКРАИНЫ

Рассмотрена проблема, которая связана с развитием в социальной и экономической сфере из-за чего увеличивается давление на окружающую природную среду и, как следствие, это давление оказывает содействие изменениям в окружающей среде. Рассмотрена структура назначения: Движущие силы – Давление – Состояние – Влияние – Реагирование, а также выделены основные эколого-социальные и эколого-экономические индикаторные показатели в Системе экологических индикаторных показателей для оценки состояния окружающей природной среды Украины. С учетом рассмотренного, разрабатывается Система экологических индикаторных показателей для оценки состояния окружающей природной среды Украины.

E.N. Varlamov, O.A. Palaguta

APPLICATION OF ENVIRONMENTAL INDICATORS INDICATOR AND INFORMATIONAL CONTENT FOR ASSESSMENT ENVIRONMENTAL PROTECTION OF UKRAINE

The problem of that is associated with the development of the social and economic sphere, causing increased pressure on the environment and, consequently, the pressure is helping to change the environment. The structure of the destination: Driving force - Pressure - State - Impact - Response, and identified the main environmental and social environmental and economic performance indicator in the environmental performance indicator for the assessment of Environmental Protection of Ukraine. Given consideration, developed system of environmental performance indicator for the assessment of Environmental Protection of Ukraine.

О.С. ШТИКА

Національний авіаційний університет, м.Київ

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМЕДІАЦІЇ ГРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

У статті розглянуто сучасні технології ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами, зокрема: іммобілізацію, електромеліорацію та фіторемедіацію. Визначено переваги та недоліки їх застосування на основі закордонного досвіду.

Вступ

Одним із проявів техногенного навантаження на навколишнє середовище є забруднення ґрунтового покриву, оскільки він відіграє роль буфера для різних забруднюючих речовин антропогенного походження [1, 2]. Традиційні методи очищення ґрунтів передбачають видалення забрудненого шару із подальшим його захороненням на полігонах, нанесення на забруднений ґрунт родючого шару чи їх змішування [2]. Головними недоліками є порушення природної структури ґрунту, висока собівартість, складність запровадження на великих територіях та проблема утилізації зрізаного шару [2, 3, 4]. Площі територій з понаднормовими концентраціями важких металів у ґрунтах збільшуються, отже, проблема набуває загрозливого характеру і потребує запровадження сучасних і ефективних заходів ремедіації забрудненого середовища. При розробці технології очищення необхідно враховувати комплексність і масштаби забруднення ґрунтів, найменші ризики повторного забруднення середовища, а також максимально забезпечити відновлення ґрунту до природного стану [4].

Мета

Метою роботи є оцінити ефективність сучасних технологій ремедіації забруднених важкими металами ґрунтів, визначити переваги і обмеження у процесі їх застосування на основі закордонного досвіду.

Загальна класифікація методів ремедіації забруднених ґрунтів

В залежності від технології очищення методи ремедіації забруднених ґрунтів розділяють на три групи. Перша група включає заходи, що передбачають вилучення забруднюючих речовин із середовища (деконтамінація) [2]. Методи детоксикації ґрунтів являються найбільш поширеними ремедіаційними технологіями і складають другу групу. Механізм детоксикації передбачає локалізацію забруднюючих речовин у ґрунті шляхом їх стабілізації чи іммобілізації, без екстракції. До третьої групи належать методи, що спрямовані на деструкцію забруднювачів безпосередньо у середовищі [2].

На відміну від органічних забруднюючих речовин, важкі метали не є біодеградуєчими, тому для очищення забруднених ґрунтів використовують ремедіаційні технології, що входять до першої або другої групи.

В залежності від способу застосування методи поділяються на: *in situ* (у середовищі) та *ex situ* (поза середовищем) [5]. Методи *ex situ* (*in vivo*) передбачають вилучення забрудненого ґрунту за допомогою механічних засобів і перенесення його на полігон для ремедіації. Очищений ґрунт повертають у середовище.

Ремедіація *in situ* ґрунтується на деструкції чи трансформації забруднювачів, їх іммобілізації, зменшенні біодоступності або екстракції із ґрунтового об'єму без попереднього вилучення (екскавації) ґрунту із середовища [5, 6]. Методи *in situ* мають ряд переваг: низька ціна у порівнянні із *ex situ*, а також являються більш екологічно безпечними для середовища [5].

У наукових роботах з фіторемедіації *Marmiroli Nelson* та ін. (2006) і *Willey Neil* та ін. (2007) виділяють третій вид – *in vitro*. Даний метод передбачає використання компонентів

рослин (наприклад, екстрагованих ферментів) як на місці забруднення, так і для вилучених із природного середовища ґрунтах [7, 8].

Сучасні методи ремедіації забруднених ґрунтів

Одним із сучасних методів очистки ґрунтів є хімічна іммобілізація забруднюючих речовин, принцип дії якої полягає у зменшенні їх розчинності та переведенні у менш біологічно доступні форми.

Встановлено, що хімічна іммобілізація не є ефективною при умові, що у ґрунті важкі метали знаходяться у певних формах (наприклад, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, AsO_3^-), поллютанти не утворюють малорозчинні гідроксиди (Hg) або у ґрунтового середовищі присутні органічні забруднюючі речовини, особливо леткі вуглеводні [9]. Іншими факторами, що можуть обмежувати застосування методу іммобілізації важких металів, є: наявність інших речовин у ґрунтовій матриці, кількість вологи, а також зовнішні умови середовища [9, 10].

Для іммобілізації металів у середовищі можуть використовувати неорганічні меліоранти: глину, бентоніт, каолінит, цемент, карбонат кальцію, Fe/Mn сполуки, цеоліти [11, 12, 13, 14] і органічні стабілізатори (компост, послід, органічні добрива) [6, 15, 16] або комбінувати органічні меліоранти з неорганічними (див. табл. 1) [10, 17, 18].

Таблиця 1. Органічні та неорганічні іммобілізатори важких металів [10]

Органічні меліоранти	Іммобілізовані важкі метали	Неорганічні меліоранти	Іммобілізовані важкі метали
Подрібнена тирса	Cd, Pb, Hg, Cu	Вапно	Cd, Cu, Ni, Pb, Zn
Жом (цукрової тростини)	Pb	Фосфати	Pb, Zn, Cu, Cd
Лігнін (із стічних вод паперової промисловості)	Zn, Pb, Hg	Зола (відходи теплових електростанцій)	Cd, Pb, Cu, Zn, Cr
Хитозан (відходи харчової промисловості)	Cd, Cr, Hg	Гідроксилапатит	Zn, Pb, Cu, Cd
Пташиний послід (відходи птахівництва)	Cu, Pb, Zn, Cd	Шлак (відходи теплових електростанцій)	Cd, Pb, Zn, Cr
Листя	Cr, Cd	Са-монтморилоніт (мінерал)	Zn, Pb
Послід великої рогатої худоби (відходи тваринництва)	Cd	Цементний пил (відходи цементної промисловості)	Cr, Cu, Zn, Pb
Солома	Cd, Cr, Pb	Бентоніт	Pb

При внесенні мінерального фосфориту у суглинок з рН 6,4 (штучно забруднений важкими металами) у пропорції 1:10 біологічна доступність Pb зменшується на 31%, Cd – 53,7%, а Zn – 32% у порівнянні із контрольними зразками. При підкисленні ґрунту збільшується доступність Cd і Zn, але Pb, іммобілізований мінеральним фосфоритом, проявляє стійкість до підкислення ґрунту [12].

Шведськими вченими встановлено [13], що результатом додавання вугільного пилу і торфу у забруднений ґрунт є зменшення кількості акумульованих важких металів (Cu до 98,2% і Pb до 99,9%). Іммобілізація забруднювачів у ґрунтового середовищі сприяла покращенню розвитку рослин і зниженню рівня токсичного впливу металів на бактерії [14]. Ефективними меліорантами, що застосовують для зменшення біодоступності Zn і Cu, вважають також CaCO_3 , цеоліт та оксид заліза.

Новим напрямком досліджень вчених є використання альтернативних іммобілізаторів та оцінка їх ефективності у порівнянні із традиційними засобами [6, 16, 18].

Для зменшення біодоступності Cr шляхом формування органічних комплексів у ґрунт додавали подрібнену зовнішню оболонку кокосових горіхів і пташиний послід. Меліоранти є найбільш ефективними у кількості 12,5 т/га (волокна кокосу) та 5 т/га

(послід) та здатні знижувати концентрації рухомих форм Cr у суглинку відповідно на 61 – 75% та 62,3 – 68% [16].

У роботі *Adejumo Sifau* та ін. (2011) досліджено вплив неорганічного добрива (NPK, 100 кгN/га), компостів із каваї (*Manihot utilissima Pohl.*) і титонії (*Tithonia diversifolia*) у концентраціях 20 і 40 т/га на процес іммобілізації Pb у ґрунті, в якому вирощували кукурудзу (*Zea mays L.*). Встановлено, що концентрація рухомого свинцю у ґрунтовому середовищі при застосуванні компосту із титонії і каваї у кількості 40 т/га, знизилась на 71,6% і 67,33% а при 20 т/га – відповідно на 66,06% і 49,47%. Додавання компосту сприяло збільшенню висоти рослини на 89 – 94%, а також площі листків та їх кількості (особливо при внесенні у ґрунт компосту із титонії у концентрації 40 т/га) [6].

У експериментальній роботі англійські вчені у якості іммобілізатора використовували компост, який отримували при переробці осаду стічних вод і «зелених відходів» та збагачували його мінералами (клинцитом і бентонітом). Ґрунти із різними ступенями забруднення змішували з компостом у різних співвідношеннях. Критерієм оцінки слугували: кількість продукрованої біомаси і акумульованих металів райграсом (*Lolium perenne L.*). Результати досліджень показали, що використання компосту (із зелених відходів) зменшує вилучування Cd і Zn до 48%, тоді як внесення компосту із осаду стічних вод сприяє акумуляції Zn рослиною (удвічі більша кількість металу в тканинах), проте концентрація у райграсі Cd, Cu, Pb, навпаки, зменшується у середньому на 80% [18].

Англійськими науковцями досліджена ефективність застосування компосту, який збагачували цеолітом і/або оксидом заліза, для ремедіації ґрунту, забрудненого As. Біодоступність металу визначали шляхом оцінки кількості вилученого поллютанта райграсом (*Lolium perenne L.*). За результатами досліджень концентрація As у райграсі зменшилась до 2 мг/кг при використанні компосту із 5% вмістом оксиду заліза або цеоліту (співвідношення кількості меліоранту до кількості ґрунту – 1:7). Таким чином, після застосування іммобілізатора райграс екстрагував із ґрунту менше ніж 0,01% загальної кількості металу [17]. Застосування обох видів меліорантів було ефективним та забезпечувало значний ріст рослин на забрудненому ґрунті. Кількість рухомих форм важких металів у ґрунті зменшилась у середньому на 10 – 37% [17].

У публікації *Hussein M. E. Selim* та *Donald L. Sparks* (2001) [19] узагальнено дані моделювання рухомості і міграції As, зпрогнозовано поведінку Cd, Zn, і Cu у забруднених ґрунтах, а також процес їх хімічної іммобілізації *in situ* [19].

Застосування технології іммобілізації знижує потенційний ризик негативного впливу важких металів на рослини, але головним недоліком є те, що у процес очищення передбачається лише зменшення біодоступності забруднювачів, але не відбувається їх вилучення із середовища [2, 4, 5, 11].

Застосування електрокінетичного методу для ремедіації ґрунтів являється перспективною альтернативою для стабілізації та іммобілізації [4, 20, 21]. Електромеліорація належить до методів деконтамінації, що передбачає рух іонів у середовищі у напрямку електродів і ґрунтується на таких механізмах: електроміграція іонів, електроосмос та електрофорез [4, 21, 22]. Мобілізація осаджених на катоді іонів важких металів проводять шляхом використання комплексоутворюючих реагентів [4, 20, 22].

Узагальнені результати досліджень застосування електрохімічної ремедіації для очищення ґрунтів від важких металів, обмеження, переваги та перспективи використання даної технології представлено у роботі *Reddy Krishna* та *Cameselle Claudio* (2009), а також надано економічні розрахунки її ефективності [21].

Видалення Cr, Cu, Mn, Ni, Zn і Pb із різних типів ґрунтів (важкого і піщаного суглинка, а також піску) за допомогою електроремедіації досліджено у роботах литовських вчених [22]. Електрокінетичний метод очистки придатний для вилучення важких металів, за виключенням Ni і Pb, із піску (ефективність складає 60 – 90%) і

піщаного суглинку (70 – 80%). У ґрунтовому середовищі виявлено найнижчі залишкові концентрації Mn і Cr. Кількість вилучених важких металів однакова при напрузі 29 і 24 В, але при меншому значенні процес ремедіації займає удвічі більше часу [22].

У роботі [23] досліджено застосування електроремедіації для видалення Cd і Cu із глинистих ґрунтів, які є гарними провідниками електричного струму [22], проте у такому ґрунтовому середовищі важкі метали є більш зв'язаними [3, 4]. Процес видалення поллютантів електрокінетичним методом (при постійному струмі і напрузі 35 В) підсилювали додаванням хелатної сполуки (цитрату амонію – $(\text{NH}_4)_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7$) і сурфактанту (Polysorbate 20). Встановлено, що внесення у забруднений ґрунт цитрату амонію є більш ефективним і підвищує вилучення Cd на 48,8 %, а Cu – на 30% у порівнянні із сурфактантом [23]. Сербськими вченими [24] проведено модельний експеримент, у ході якого досліджено видалення Cu із каоліну методом електроремедіації.

Оцінено вплив різних розчинів електролітів на процес очищення ґрунтів забруднених Cr, Ni і Cd. У якості електролітів використовували [20]: 0,1 М ЕДТА (етилєндіамінтетраоцтова кислота); 1,0 М CH_3COOH ; 1,0 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$; 0,1 М NaCl / 0,1 М ЕДТА та 0,05 М H_2SO_4 / 0,5М H_2SO_4 . При використанні NaCl із ЕДТА кількість вилученого із ґрунтового середовища Cr становила 79 %. Дослід із застосуванням CH_3COOH показав гірший результат – видалено лише 57 % Cr, проте вилучення Ni і Cd було найбільш ефективним – відповідно 48% і 26%. Встановлено, що використання оцтової кислоти у процесі електроремедіації є доцільним для комплексного очищення ґрунтів від важких металів. Найбільша кількість Cr (82%) видалена із середовища при додаванні $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, але оскільки вилучення Ni і Cd є незначним – даний електроліт не рекомендовано для ремедіації ґрунтів при умові комплексного забруднення важкими металами.

Підвищення ефективності електроремедіації досягали шляхом підкислення ґрунту. У забруднене Cu ґрунтового середовища інтродукують бактерії (які здатні окислювати сполуки сірки до сульфатної кислоти), що сприяло збільшенню кількості рухомих форм металу [25]. Комбіноване використання електроремедіації із фітотехнологіями очищення ґрунтів, забруднених Cu, Cd та As, досліджено англійськими вченими [26].

Електрокінетичні методи ремедіації можуть спричиняти зміни мінерального складу ґрунту, для оцінки таких змін застосовують рентгенодифракційний або рентгенофлуоресцентний аналізи [19, 23].

Найбільш перспективним і екологічно безпечним методом деконтамінації забруднених ґрунтів вважається фіторемедіація. Механізм очищення ґрунтується переважно на використанні рослин-гіперакумуляторів, які здатні вилучати токсиканти із середовища у високих концентраціях і проявляти толерантність до їх дії [5, 7, 27, 28]. Головна перевага фітотехнологій – процес видалення забруднюючих речовин відбувається без руйнування структури ґрунту і зменшення його родючості [29].

Існують різні види фіторемедіації: фітоекстракція, фітостабілізація, фітодеградація, фітостимуляція, ризофільтрація, ризодеградація, фітовипаровування тощо [7, 27, 29]. Для очищення ґрунтів від важких металів використовують фітоекстракцію (поглинання та накопичення забруднювачів в організмі рослини), фітостабілізацію (зменшення мобільності поллютантів і/чи накопичення у кореневій системі рослини-акумулянта або у ризосфері) чи ризофільтрацію (метали абсорбуються і зв'язуються у кореневих системах фіторемедіантів) [27, 28, 29].

Поглинання забруднюючих речовин та їх розподіл у рослинах залежить від їх біодоступності, яка складається із доступності поллютантів (їх фізико-хімічних властивостей: розчинність у воді, молекулярна маса тощо), характеристик навколишнього середовища (кислотність, гранулометричний склад ґрунту, рівень гумусу, вологість та ін.) і фізіологічних та морфологічних особливостей рослин (рівень стійкості до дії забруднювачів, рівень розвиненості кореневища тощо) [30].

Незважаючи на велику кількість переваг фітореMediaція має ряд недоліків: високі концентрації поллютантів у середовищі можуть бути токсичними для рослин і мікроорганізмів; забруднюючі речовини повинні бути біологічно доступними для рослин; процес очищення може займати великий проміжок часу; фітореMediaцію *in situ* використовують для очищення переважно неглибоких шарів ґрунту, окрім того токсичність і біологічна активність деградованих сполук мало досліджена [27, 28].

При плануванні і підборі рослин для фітореMediaції, слід враховувати, що трав'янисті рослини швидше набирають біомасу і краще адаптуються до екзогенного стресу у порівнянні із кущовими рослинами і деревами [28, 29, 31, 32].

Приблизно 400 видів рослин із 45 родин належать до гіперакумулянтів металів, серед яких: *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asterraceae*, *Lamiaceae* і *Scrophulariaceae* [33]. Відомими ремедіантами ґрунтового середовища є сільськогосподарські рослини: кукурудза (*Zea mays* L.), гірчиця салатна (*Brassica juncea*), рапс (*Brassica napus*), тютюн справжній (*Nicotiana tabacum* L.), редис (*Raphanus sativus*) та соняшник звичайний (*Helianthus annuus*), які здатні продукувати достатню кількість біомаси у забрудненому ґрунті і акумулювати важкі метали [5, 28, 34, 35, 36, 37]. Високий потенціал біоаккумуляції Cd/Zn, Cu, Se проявляють також деякі не сільськогосподарські рослини: відповідно альпійська ярутка (*Thlaspi caerulescens*), іпомея альпійська (*Ipomea alpine*), астрагал китицевий (*Astragalus racemosus*), а *Sebertia acuminata* і *Haumaniastrum robertii* здатні вилучати з ґрунту Co і Ni [29, 34, 38, 39].

У роботі англійських вчених (Nicholas M. Dickson та ін., 2009) наведено два фітореMediaційні підходи. Перший ґрунтується на використанні трав'янистих рослин-гіперакумулянтів, таких, як альпійська ярутка, *Thlaspi caerulescens* (Pb, Zn, Cd, Ni), бурачок, *Alyssum* spp. (Ni, Co), птерис, *Pteris vittata* L. (As), а другий – на застосуванні багаторічних рослин: верби (*Salix* spp.) і тополі (*Populus* spp.), які здатні акумулювати підвищені концентрації лише деяких важких металів (Cd, Zn, В) [39]. Рослини *Alyssum bertolonii* і *Thlaspi caerulescens* відносять до природних гіперакумулянтів, які швидко продукують біомасу [34, 40, 41]. Встановлено, що *T. caerulescens* може щорічно вилучати 60 кг Zn і 8,4 кг Cd з гектару при біомасі врожаю 2,6 т/га [40]. *Alyssum* spp. відносять до гіперакумулянтів Ni, який рослина накопичує у листках [41].

Останнім часом досліджується ефективність використання маслянистих рослин для фітореMediaції ґрунтів. Гірчиця салатна (*Brassica juncea*) і рапс (*Brassica napus*) виявили здатність акумулювати високі концентрації Cd, Cu, Pb, Ni і Zn [35, 37, 42].

Рослини, що проявляють толерантність до впливу важких металів та мають високий показник коефіцієнта біологічного накопичення (співвідношення кількості поллютанту у ґрунті до його кількості у рослині), але низькі значення коефіцієнту транслокації (КТ), можуть застосовуватися для фітостабілізації забруднюючих речовин у ґрунтовому середовищі. Встановлено, що європейський чорний паслін (*Solanum nigrum* L.), ветвянка повзуча (*Brachiaria reptans* (L.) Gard. & Hubb.), портулак городній (*Portulaca oleracea* L.) і нетреба звичайна (*Xanthium strumarium* L.) мають високі коефіцієнти біологічного накопичення – відповідно 18,5 для Pb, 14,8; 25,4; 14,2 для Cu, але акумулюють важкі метали переважно у своїй кореневій системі, обмежуючи їх перенос до надземної частини. Таким чином, ці види рослин рекомендують використовувати для фітостабілізації Cu і Pb [29]. Згідно із результатами досліджень Archer M. J. G. та Robert A. Caldwell (2004) проявляють толерантність і здатні накопичувати Pb, Cu і Cd, а отже, можуть використовуватись для фітостабілізації, наступні рослини: бермудська трава (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), ситник (*Juncus usitatus*) і ломандра довголисту (*Lomandra longifolia*) [31].

Ґрунтуючись на високому значенні коефіцієнту транслокації, *Parthenium hysterophorus* L. і амарант зелений (*Amaranthus viridis* L.) можуть бути рекомендовані для застосування у процесі фітоекстракції відповідно Pb (КТ 23,0) і Ni (КТ 20,7) [29]. Такі рослини, як гусяча трава (*Eleusine indica* L. Gaerth.) і ветвянка повзуча (*Brachiaria reptans*

(L.) Gard. & Hubb.), найбільш ефективно накопичують Pb, Co, Zn, проте іпомея плющеподібна (*Ipomoea hederacea* Jacq.), портулак городній (*Portulaca oleracea* L.) та нетреба звичайна (*Xanthium strumarium* L.) вважаються акумулянтами Pb і Cu. У якості фіторемедіантів ґрунтів із високим вмістом Pb і Co використовували сить круглу (*Cyprus rotundus* L.), амарант зелений (*Amaranthus viridis* L.) та ценхрус (*Cenchrus pennisetiformis*), а піретрум (*Parthenium hysterophorus* L.) – найбільш ефективний вид рослин для видалення Pb, Cu, Ni, Zn, Cr і Co із середовища [29].

У ряді наукових робіт вивчається здатність пасліну чорного (*Solanum nigrum* L.) акумулювати важкі метали і проявляти стійкість до токсичної дії поллютантів [1, 29, 43]. За даними досліджень, *Solanum nigrum* L. віднесено до гіперакумулянтів Cu [29], проте у роботі інших вчених (Weia Shuhe та ін., 2006) рослина виступає природним акумулянтом Cd. Встановлено, що концентрація Cd у стеблах і листках *Solanum nigrum* L., зібраних під час цвітіння, відповідно на 83,1% і 85,5% більша, а ніж на інших стадіях росту [43].

У дослідженнях китайські вчені (Puhui Ji та ін., 2011) у якості фіторемедіанта забруднених кадмієм ґрунтів (1,91 мг/кг) також використовували *Solanum nigrum* L., але для покращення росту рослини у ґрунт також додавали добрива [1]. Згідно із отриманими результатами, для збільшення вилучення металу на 75% рекомендовано саджати рослину двічі на рік у забруднений ґрунт [1, 43]. Додавання добрив (NH_4NO_3 у концентрації 400 кг/га, NH_4NO_3 і $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ – 600:300 кг/га і 300:600кг/га, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ – 600 кг/га) не сприяло збільшенню біомаси рослини і скороченню терміну фіторемедіації.

Таким чином, *Solanum nigrum* L. є найбільш ефективним у процесі очищення за умови помірного рівня забруднення ґрунтів, а також має відносно велику біомасу врожаю у порівнянні з іншими відомими фіторемедіантами – альпійською яруткою (*Thlaspi caerulescens*) і кардаминописом Галлера (*Arabidopsis halleri*) [1, 43].

Thlaspi caerulescens виявляє здатність вилучати із ґрунту 22% Cd і 4% Zn. *Arabidopsis halleri* акумулює таку саму кількість Zn, як ярутка, але кадмій накопичує у більш низьких концентраціях [44]. За результатами досліджень англійських вчених *Thlaspi caerulescens* вилучає 43% Cd і 7% Zn із ґрунтів, що знаходяться на території індустріальних районів (початковий вміст важких металів у середовищі становив: Cd – 19 мг/кг, Zn – 2920 мг/кг) [45].

Альпійську ярутку (*Thlaspi caerulescens*) використовують для ремедіації ґрунтів, забруднених Cd/Zn, проте за наявності у середовищі Cu рослина виявляє чутливість до токсичності дії металу, що лімітує застосування даного фіторемедіанта [45, 46].

Досліджено ефективність використання багаторічних рослин для очищення ґрунтів, забруднених Pb (75 мг/кг). Згідно із одержаними даними альтернантера (*Alternanthera philaxeroides*) здатна вилучати у 1,3 – 1,8 раз більшу кількість важкого металу, ніж портулак великоквітковий (*Portulaca grandiflora*) і санвіталія (*Sanvitalia procumbens*). Вміст Pb зменшився на 31 – 83%, а залишкова концентрація у середовищі становила 62,61 – 23,18 мг/кг. Найвищий рівень акумуляції поллютанта рослинами-фіторемедіантами спостерігається на 45 день експерименту [47].

При моделюванні процесу ремедіації встановлено, що збільшення концентрації Pb у ґрунті призводить до збільшення кількості вилученого металу суріпицею звичайною (*Barbarea verna*) і шпинатом (*Spinacia Oleracea* L.), але при збільшенні вмісту Cd кількість акумульованого рослинами металу залишається сталою [48]. Китайські вчені рекомендують для очищення забруднених Cd ґрунтів використовувати злинку канадську (*Conyza canadensis*) і жерушник шаровидний (*Rorippa globosa* (Turcz.) Hayek) [32].

У роботі Nosheen Mirza та ін. (2010) досліджується ремедіаційний потенціал арундо (*Arundo donax*), що застосовували на ґрунтах, забруднених As і Hg (концентрації As – 1, 2 і 3 мг/кг, а Hg – 20, 25 і 30 мг/кг). Рослина здатна акумулювати 11,18 % As, проте на 12 тиждень експерименту кількість металу зменшилась до 0,97 %. На 5 тиждень досліду було вилучено приблизно 1% Hg, а на 12 – лише 0,17 %. Хоча *Arundo donax* проявляє стійкість до дії поллютантів, проте ефективним є при використанні для очищення мулистих ґрунтів

[49]. Для фітореMediaції забруднених As ґрунтів використовують також папоротевиді рослини, наприклад, *Pityrogramma calomelanos* [50].

Рекультивування і вилучення важких металів із забрудненого ґрунтового середовища шляхом застосування дерев'янистої і кущистої рослинності вважається перспективним і активно досліджується [16, 39, 51].

Деякі рослини із роду *Jasminum* проявляють високий рівень толерантності до ґрунтів, що мають підвищений вміст Cr, тому досліджено їх фітореMediaційних потенціал. Найбільшу кількість акумульованого Cr виявлено у кореневій системі туберози (*Polianthus tuberosus*) – 14,0 мг/кг, жасмину каталонського (*Jasminum grandiflorum*) – 7,89 мг/кг, самбаку (*Jasminum sambac*) – 7,82 мг/кг і олеандру (*Nerium oleander*) – 7,32 мг/кг. *Jasminum grandiflorum* здатний накопичувати відносно високі концентрації металу у листі. Всі рослини, окрім *Nerium oleander*, проявляють толерантність до забруднення кадмієм ґрунтів [16].

У роботі грецьких вчених (Kadukova J. та ін., 2008) досліджено видалення із засолених ґрунтів, акумуляцію і екскрецію Pb і Cd тамариксом (*Tamarix smyrnensis Bunge*). Засоленість ґрунтів не впливає на ефективність накопичення Pb, але вміст Cd у рослині підвищувався із збільшенням ступеня засоленості. Свинець акумулювався переважно у кореневищі тамариксу, а кадмій – у його надземній частині. За результатами дослідження встановлено, що важкі метали екскретуються на поверхні листків, таким чином, *Tamarix smyrnensis Bunge* можна застосовувати для нової технології фітореMediaції – фітоекскреції [51].

Ефективність використання фітотехнології визначається рівнем фітодоступності важких металів у ґрунтовому середовищі [45]. Для підсилення ремедіації застосовують ефектори, які представлені переважно хелатними сполуками [34, 42, 52, 53], проте іноді застосовують мікроорганізми [34, 54].

Поширеними ефекторами є: ЕДТА (етилендіамінтетраоцтова кислота), лимона кислота, ДТРА (диетилентриамінпентаоцтова кислота), ЕГТА (етиленгліколь тетраоцтова кислота) та інші [5, 42, 53, 55]. Синтетичні хелатні сполуки вважаються більш ефективними, але мають серйозний недолік при застосуванні – утворюється велика кількість розчинних і рухомих форм металів [53, 56].

У роботі бразильських вчених порівняно застосування синтетичних ефекторів і природно отриманих органічних кислот із низкою молекулярною масою (LMWOA), а також оцінено їх здатність збільшувати фітоекстракцію важких металів гірчицею сарептською (*Brassica juncea (L.) Czern.*) за умови комплексного забруднення ґрунтового середовища. Встановлено, що галова і лимонна кислоти стимулюють видалення Cd, Zn, Cu і Ni із ґрунту без збільшення ризику вилуговування важких металів [56]. Головною перевагою застосування органічних кислот є низький рівень їх фітотоксичності у порівнянні із синтетичними хелатними сполуками [53, 56].

Про перспективу використання фітореMediaції для очищення ґрунтів від важких металів свідчать результати дослідження здатності гірчиці сарептської (*Brassica juncea (L.) Czern.*) вилучати Cu і Ni із ґрунтового середовища. Для підвищення накопичення важких металів використовували ефектор фітоекстракції – ЕДТА у вигляді водного розчину його динатрієвої солі у концентраціях від 1 до 10 ммоль/кг. Найбільш ефективним є використання ЕДТА у кількості 10 ммоль/кг – коефіцієнти накопичення важких металів гірчицею становлять: для Cu – 3,92 (контроль 0,09) та Ni – 5,32 (при контролі 0,21). Додавання ефектора скорочує термін ремедіації ґрунтового середовища удвічі [42].

У роботі Freitas E. V. та do Nascimento C.W. (2009) для збільшення у ґрунті кількості розчинних форм Pb застосовували також синтетичні азотовмісні полікарбоксильні кислоти. Хелатні сполуки (нитрилтриоцтова кислота ($C_6H_9NO_6$) і ЕДТА) вносили у ґрунтове середовище, в якому культивували кукурудзу (*Zea mays L.*), у кількостях 2, 5, 10 та 20 ммоль/кг. За результатами дослідження рекомендовано нитрилтриоцтову кислоту у концентрації 5 ммоль/кг для підсилення процесу вилучення Pb [52].

Вивчено вплив ЕДТА та лимонної кислоти на акумуляцію Zn, Cu, Pb і Cd чорнобривцями (*Tagetes erecta*). Внесення у ґрунт ЕДТА у кількості 30 мг/л спричиняє пригнічення росту та розвитку рослин, що проявляється переважно у зменшенні кількості хлорофілу, вмісту білків, а також біомаси. При внесенні однакових концентрацій ефекторів, ЕДТА є більш ефективним засобом для збільшення акумуляції поллютантів. При внесенні ЕДТА у концентрації 30 мг/л із всіх металів Zn накопичується у найбільшій кількості (526,34 мг/кг), потім Cu (443,14 мг/кг), Pb (393,16 мг/кг) і Cd (333,62 мг/кг) [55]. У іншій роботі вчені (*Dawood Muhammad* та ін., 2009) досліджували вплив ЕДТА і лимонної кислоти на процес вилучення Cd, Cu, Pb і Cr із штучно забрудненого ґрунту, у якому культивували рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.). За результатами дослідження найбільш ефективним для комплексного вилучення Cd, Pb і Cr є додавання ЕДТА у концентрації 5 ммоль/кг, проте відмічено значне зменшення біомаси і затримання росту рослини. Вміст Cd у паростках підвищувався на 36,9% при додаванні лимонної кислоти та ЕДТА у кількості 10 ммоль/кг. Найбільша концентрація Pb у корінні відмічена при обробці ґрунту розчином лимонної кислоти (2,5 ммоль/кг), проте ЕДТА, навпаки, збільшує акумуляцію свинцю у паростках. Максимальне накопичення Cd, Cu, Pb у корінні і Cr у надземній частині *Typha angustifolia* L. спостерігалось при додаванні лимонної кислоти у концентраціях 5 і 10 ммоль/кг [53].

Використання ЕДТА (0,5 і 1,0 г/кг ґрунту) для підсилення ремедіації ґрунтів журушником шаровидним (*Rorippa globosa*) на стадіях розвитку рослини перед цвітінням пригнічує її ріст та вилучення Cd з ґрунтового середовища. У порівнянні із контролем кількість сухої біомаси, концентрація Cd і загальний показник акумуляції металу у надземній частині знизилась відповідно на 39,6%, 3,1 і 41,0% при внесенні ефектора у кількості 1,0 г/кг. Додавання ЕДТА у період цвітіння і дозрівання плодів рослини сприяло її розвитку і абсорбції Cd, особливо у концентрації 1,0 г/кг. Таким чином, застосування помірної концентрації ЕДТА на оптимальній стадії розвитку *Rorippa globosa* є ефективним для збільшення кількості вилученого Cd із ґрунту [57].

Відносно новим напрямом досліджень у сфері фіторемердіації є вивчення ефективності застосування ґрунтової мікробіоти у процесі очищення. Ґрунтові мікроорганізми мають здатність впливати на біологічну доступність і процес поглинання важких металів [58], а також можуть сприяти росту та зменшувати токсичну дію поллютантів на рослини [59].

Приблизно 80% надземних рослин мають симбіотичні асоціації мікроорганізмів. Здатність існувати у забрудненому важкими металами середовищі характерна для багатьох видів, що живуть у ризосфері, причиною стійкості ґрунтової мікробіоти може бути, як вроджені механізми адаптації, так і набуті [54].

У забруднений ґрунт можуть вносити характерні для нього мікроорганізми (внутрішня біоремердіація) або виділені із певного середовища, а потім інтродуційовані у забруднене (біоаугментація) [60, 61].

Встановлено, що *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Mesorhizobium* sp., *Microbacterium* spp., *Rhizobium* spp., *Variovorax* sp., *Rhodococcus* sp., *Psychrobacter* spp., *Flavobacterium* sp., *Sinorhizobium* sp. і *Achromobacter* sp. можуть сприяти фітоекстракції Ni, Pb і Zn із ґрунту рослинами [62].

Ізольовано та досліджено стійкі до забруднення Ni бактерії, що живуть у ризосфері бурачка серполистого (*Alyssum serpyllifolium*) і тимофіївки степової (*Phleum phleoides* (L.) Karsten). Вилучені мікроорганізми сприяють росту і вилученню Ni рослинами роду *Brassica* (*Brassica juncea* і *Brassica oxyrrhina*) із ґрунтового середовища [63].

Російськими науковцями вивчено вплив *Variovorax paradoxus*, *Rhodococcus* sp., *Flavobacterium* sp. на розвиток фіторемердіанта – гірчиці сарептської (*Brassica juncea*), що культивується у ґрунті із підвищеним вмістом Cd. Ґрунтові бактерії стимулювали видовження коренів у рослин, а також проявили стійкість до забруднення Zn, Cu, Ni і Co [59].

У наукових роботах (So-Yeon Koo та ін., 2009; Ying Ma та ін., 2009; Armelle Braud та ін., 2009, He Chi Quan та ін., 2010) встановлено збільшення вмісту важких металів у тканинах рослин-фіторемедіантів при інтродукції мікроорганізмів у ризосферу [62, 63, 64, 65] проте Sangram Sinha та ін. (2008) і Dary M. та ін. (2010) відмічають навпаки погіршення [66, 67].

Використання *Bradyrhizobium sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Ochrobactrum sp.* зменшує акумуляцію Pb, Cu і Cd люпином жовтим (*Lupinus luteus*), але призводить до збільшення біомаси рослини [67]. При внесенні мікроорганізмів *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Flavobacterium sp.*, *Pseudomonas aeruginosa* спостерігається збільшення біомаси надземної частини фіторемедіанта і кількості акумульованого Zn *Orychophragmus violaceus* [65].

Французькими вченими встановлено, що *Ralstonia metallidurans* підсилює ефективність фіторемедіації шляхом збільшення накопичення Cr у надземній частині кукурудзи (*Zea mays L.*), а *Pseudomonas aeruginosa* – сприяє вилученню Cr та Pb [64]. За результатами досліджень Abou-Shanab R. A. та ін. (2008) на акумуляцію Cr *Zea mays L.* впливає сумісна інтродукція мікроорганізмів: *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Brevibacterium halotolerans*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* [60].

Додавання *Pseudomonas aeruginosa* покращує ріст і збільшує розгалуженість кореневої системи *Cucurbita moschata* та *Brassica juncea*, проте зменшує вилучення із ґрунтового середовища та накопичення Cd на 59,22% у кореневій системі і на 47,40% у надземній частині фіторемедіанта *Cucurbita moschata*. Знижується кількість поглинутого Cd гірчицею на 52,44% та 36,89%, відповідно, корінням і надземною частиною рослини [66].

При внесенні *Burkholderia cepacia* у ризосферу *Sedum alfredii* спостерігається збільшення росту фіторемедіанта на 119%, а також сприяє вилученню Cd та Zn відповідно на 243% і 96,3% [68]. Китайськими вченими доведено, що інтродукція *Bacillus sp. RJ16* підвищує ефективність фітоекстракції Cd рапсом (*Brassica napus*), збільшуючи, таким чином, вміст металу у кореневій системі із 11% до 136%, а надземній частині – на 20% – 27% у порівнянні із контрольними зразками [69].

Azotobacter chroococcum HKN-5, *Bacillus megaterium* HKP-1 і *Bacillus mucilaginosus* HKK-1 проявляють здатність підвищувати вилучення Pb, Zn, Cu відповідно до 92%, 38% і 36% фіторемедіантом *Brassica juncea* [70].

Грецькими науковцями досліджено ефективність застосування *Desulfuromonas palmitatis* разом із ЕДТА. За результатами дослідів встановлено, що вилучення Pb збільшується на 10%, проте сумісне використання ефектора і бактерій зменшує екстракцію Zn на 30% [71].

У роботі Ogbo E. M. та ін. (2011) досліджено вплив *Pleurotus tuber-regium* Fr. Singer на біологічну доступність поллютантів у ґрунтах, що забруднені важкими металами та нафтовими продуктами [72].

Внесення у ґрунтове середовище *Sinorhizobium sp. Pb002* і нейногенного сурфактанта TritonX-100 збільшує ефективність фітоекстракції Pb фіторемедіантом *Brassica juncea* на 56% [73].

Важливим питання є утилізація рослин-фіторемедіантів після процесу вилучення важких металів із ґрунтового середовища. Запропоновано переробляти біомасу рослин у біоенергію шляхом використання різних технологій (анаеробне перегнивання, спалювання, перетворення на газ, вироблення біодизеля) [34].

Таким чином, фіторемедіація є перспективним методом очищення та відновлення забруднених середовищ і використовується як самостійно при низьких і помірних рівнях забруднення ґрунтів, так і у комплексі з іншими ремедіаційними технологіями, переважно, як остання стадія деконтамінації територій з високим вмістом забруднюючих речовин [5, 39].

Висновки

Найбільш поширеними традиційними методами очищення ґрунтів є видалення забрудненого шару і його захоронення, а також нанесення на забруднений ґрунт родючого шару або їх змішування. Більшість традиційних технологій ремедіації є занадто дорогими, викликають погіршення родючості ґрунту та можуть негативно впливати на екосистему в цілому.

Останнім часом проведено велику кількість досліджень, спрямованих на розвиток альтернативних методів деконтамінації та реабілітації забруднених територій. Запропоновано цілий ряд сучасних технологій ремедіації ґрунтів: екстракційні методи, що передбачають застосування хімічних реагентів, внесення у ґрунт сорбентів, проте найбільш поширеними є іммобілізації поллютантів, різні варіанти електрокінетичних методів очищення ґрунтів та фітореабілітація. Незважаючи на те, що альтернативні методи рекультивації ґрунтового середовища мають недоліки, проте вважаються більш ефективними з екологічної та рентабельними з економічної точки зору.

1. Puhui J. Strategies for enhancing the phytoremediation of cadmium-contaminated agricultural soils by *Solanum nigrum* L. / J. Puhui, S. Tieheng, Yu. Song, M. Leigh Ackland, Y. Liu // *Environmental Pollution*. – 2011. – № 159. – P. 762 – 768.

2. Королёв В. А. Очистка ґрунтов от загрязнений / В. А. Королёв. – М.: Интерпериодика, 2001. – 365 с.

3. Adriano D. C. Trace elements in terrestrial environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metal / D. C. Adriano. – NY: Springer, 2003. – 879 p.

4. Dermont G. Metal-contaminated soils: remediation practices and treatment technologies / G. Dermont, M. Bergeron, G. Mercier, M. Richer-Laflèche // *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*. – 2008. – Vol. 12, № 3. – P. 188 – 209.

5. Ghosh M. Review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products / M. Ghosh, S. Singh // *Asian Journal on Energy and Environment*. – 2005. – №6(04). – P. 214 – 231.

6. Adejumo S. A. In situ remediation of heavy metal contaminated soil using Mexian Sunflower (*Tithonia diversifolia*) and Cassava waste composts / S. A. Adejumo, A. O. Togun, J. A. Adediran, M. B. Ogundiran // *World Journal of Agricultural Sciences*. – 2011. – № 7(2) – P. 224 – 233.

7. Marmiroli N. Phytoremediation and phytotechnologies: a review for the present and the future / N. Marmiroli, M. Marmiroli, E. Maestri // *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*. – 2006. – № 3(23) – P. 403 – 416.

8. Willey N. Phytoremediation: methods and reviews / N. Willey. – New Jersey: Humana Press Inc., 2007. – 478 p.

9. Guo G. Availability and assessment of fixing additives for the in situ remediation of heavy metal contaminated soils: a review / G. Guo, Q. Zhou, L. Q. Ma // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2006. – Vol. 116, № 1–3. – P. 513–528.

10. Smith L. A. Remedial options for metals-contaminated sites / L. A. Smith, J. L. Means, A. Chen. – USA: Lewis Publishers, 1995. – 240 p.

11. Ling W. Use of bentonite to control the release of copper from contaminated soils / W. Ling, Q. Shen, Y. Gao, X. Gu, Z. Yang // *Australian Journal of Soil Research*. – 2007. – Vol. 45, № 8. – P. 618–623.

12. Basta N. T. Remediation of Heavy Metal-Contaminated Soil Using Rock Phosphate / N. T. Basta, R. Gradwohl // *Better Crops with Plant Food*. – 1998. – Vol. 82. – No. 4. – P. 29 – 31.

13. Fawzy E. M. Soil remediation using in situ immobilization techniques / E. M. Fawzy // *Chemistry and Ecology*. – 2008. – Vol. 24, № 2. – P. 147–156.

14. Kumpiene J. Stabilization of Pb- and Cu-contaminated soil using coal fly ash and peat / J. Kumpiene, A. Lagerkvist, Ch. Maurice // *Environmental Pollution*. – 2007. – Vol. 145, № 1. – P. 365–373.

15. Farrell M. Migration of heavy metals in soil as influenced by compost amendments / M. Farrell, W. T. Perkins, P. J. Hobbs, G. W. Griffith, D. L. Jones // *Environmental Pollution*. – 2010. – Vol. 158, № 1. – P. 55 – 64.
16. Santiago M. Remediation of chromium contaminated soils: Potential for phyto and bioremediation / M. Santiago S. Santhama: Materials of 19th World Congress of Soil Science [“Soil Solutions for a Changing World”]. (Brisbane, Australia, 1 – 6 August 2010), 2010. – P. 211-214.
17. Gadepalle V. P. Effects of amended compost on mobility and uptake of arsenic by rye grass in contaminated soil / V. P. Gadepalle, S. K. Oukia, R. Van Herwijnen, T. Hutchings // *Chemosphere*. – 2008. – Vol. 72, № 7. – P. 1056–1061.
18. Van Herwijnen R. Remediation of metal contaminated soil with mineral-amended composts / R. van Herwijnen, T. R. Hutchings, A. Al-Tabbaa, A. J. Moffat, M. L. Johnsd, S. K. Oukia // *Environmental Pollution*. – 2007. – Vol. 150, № 3. – P. 347 – 354.
19. Selim H. M. E. Heavy metals release in soils / H. M. E. Selim, D. L. Sparks. – London: Lewis Publishers, 2001. – P. 249.
20. Reddy K. R. Enhanced electrokinetic remediation of heavy metals in glacial till soils using different electrolyte solutions / K. R. Reddy, S. Chinthamreddy // *Journal of Environmental Engineering*. – 2004. – Vol. 130, № 4. – P. 442 – 455.
21. Reddy K. R. Electrochemical remediation technologies for polluted soils, sediments and groundwater / K. R. Reddy, C. Cameselle. – New Jersey: John Wiley & Sons Inc. Hoboken, 2009. – 732 p.
22. Greičiūtė K. Decontamination of heavy-metal polluted by using electrokinetic remediation / K. Greičiūtė, S. Vasarevičius // *Geologija*. – 2007. – № 57. – P. 55 – 62.
23. Paramkusam B. R. Enhanced electrokinetic remediation of soil contaminated with heavy metals / B. R. Paramkusam, R. P. Tiwari, R. K. Srivastava // *GeoCongress 2008: Geotechnics of Waste Management and Remediation*. – 2008. – P. 439 – 446.
24. Rajić L. Electrokinetic treatment of Cu contaminated kaolin: using an Fe/Cu galvanic cell / L. Rajić, B. Dalmacija, S. Ugarčina Perović, M. Bokorov // *International Journal of Electrochemical Science*. – 2012. – № 7. – P. 58 – 67.
25. Maini G. An integrated method incorporating sulfur-oxidising bacteria and electrokinetics to enhance removal of copper from contaminated soil / G. Maini, A. K. Sharman, G. Sunderland, C. J. Knowles, S. Jackman // *Environmental Science & Technology*. – 2000. – № 34(6). – P. 1081–1087.
26. O'Connor C. S. The combined use of electrokinetic remediation and phytoremediation to decontaminate metal polluted soils: A laboratory-scale feasibility study / C. S. O'Connor, N. W. Lepp, R. Edwards, G. Sunderland // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2003. – № 84 (1–2). – P. 141–158.
27. Galiulin R. F. Airbone soil contamination by heavy metals in Russia and Poland, and its remediation / R. F. Galiulin, V. N. Bashkin, R. A. Galiulin // *Land Contamination and Reclamation*. – 2002. – № 10 (3). – P. 179 –187.
28. Sarma H. Metal hyperaccumulation in plants: a review focusing on phytoremediation technology / H. Sarma // *Journal of Environmental Science and Technology*. – 2011. – № 4. – P. 118–138.
29. Naseem Malik R. Heavy metal contamination and accumulation in soil and wild plant species from industrial area of Islamabad, Pakistan / R. Naseem Malik, S. Z. Husain, I. Nazir // *Pakistan Journal of Botany*. – 2010. – № 42(1). – P. 291–301.
30. Bilyk T. I. Bioavailability of pollutants in water and soil environments/ T. I. Bilyk, O. S. Shtyka, A. O. Avdeyeva, A. O. Padalka // *Proceedings of the National Aviation University*. – 2008. – № 2(35). – P. 78–80.
31. Archer M. J. G. Response of six Australian plant species to heavy metal contamination at an abandoned mine site / M. J. G. Archer, R. A. Caldwell // *Water Air and Soil Pollution*. – 2004. – № 157. – P. 257–267.

32. Wei S. Hyperaccumulative property comparison of 24 weed species to heavy metals using a pot culture experiment / S. Wei, Q. Zhou, H. Xiao, Ch. Yang et al. // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2009. – № 152. – P. 299–307.
33. Dushenkov S. Trends in phytoremediation of radionuclides / S. Dushenkov // *Plant and Soil*. – 2003. – Vol. 249, № 1. – P. 167–175.
34. Ginneken L. V. Phytoremediation for heavy metal-contaminated soils combined with bioenergy production / L. V. Ginneken, E. Meers, R. Guisson, A. Ruttens and others // *Journal of Environment Engineering and Landscape management*. – 2007. – Vol. XV, No 4. – P. 227–236.
35. Meers E. Potential of *Brassica rapa*, *Cannabis sativa*, *Helianthus annuus* and *Zea mays* for phytoextraction of heavy metals from calcareous dredged sediment derived soils / E. Meers, A. Ruttens, M. Hopgood, E. Lesage, F. M. G. Tack // *Chemosphere*. – 2005. – № 61 – P. 561–572.
36. Schmidt U. Enhancing phytoextraction: the effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation and leaching of heavy metals / U. Schmidt // *Journal of Environmental Quality*. – 2003. – Vol. 32, № 6. – P. 1939–1954.
37. Marchiol L. Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil / L. Marchiol, S. Assolari, P. Sacco, G. Zebri // *Environmental Pollution*. – 2004. – № 132. – P. 21–27.
38. Gupta S. Assessment of heavy metal accumulation in macrophyte, agricultural soil and crop plants adjacent to discharge zone of sponge iron factory / S. Gupta, S. Nayek, R. N. Saha, S. Satpati // *Environmental Geology*. – 2008. – Vol. 55, № 4. – P. 731–739.
39. Dickinson N. M. Phytoremediation of inorganics: realism and synergies / N. M. Dickinson, A. J. M. Baker, A. Doronila, S. Laidlaw, R. Reeves // *International Journal of Phytoremediation*. – 2009. – № 11. – P. 97–114.
40. Robinson B. H. The potential of *Thlaspi caerulescens* for phytoremediation of contaminated soils / B. H. Robinson, M. Leblanc, D. Petit, R. R. Brooks, J. H. Kirkman, P. E. H. Gregg // *Plant and Soil*. – 1998. – № 203. – P. 47–56.
41. Chaney R. L. Improved understanding of hyperaccumulation yields commercial phytoextraction and phytomining technologies / R. L. Chaney, J. S. Angle, C. L. Broadhurst, C. A. Peters et al. // *Journal of Environmental Quality*. – 2007. – № 36 (5). – P. 1429–1423.
42. Галиулин Р. В. Очистка почв от тяжелых металлов с помощью растений / Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина // *Вестник Российской академии наук*. – 2008. – Т. 78, № 3. – С. 247–249.
43. Wei S. Flowering stage characteristics of cadmium hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. and their significance to phytoremediation / S. Wei, Q. Zhou, P. V. Koval // *Science of the Total Environment*. – 2006. – № 369. – P. 441–446.
44. McGrath S. P. Field evaluation of Cd and Zn phytoextraction potential by the hyperaccumulators *Thlaspi caerulescens* and *Arabidopsis halleri* / S. P. McGrath, E. Lombi, C. W. Gray, N. Caille et al. // *Environmental Pollution*. – 2006. – Vol. 141, № 1. – P. 115–125.
45. Lombi E. Phytoremediation of heavy metal-contaminated soils: natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction / E. Lombi, F. J. Zhao, S. J. Dunham, S. P. McGrath // *Journal of Environmental Quality*. – 2001. – Vol. 30, № 6. – P. 1919–1926.
46. Mijovilovich A. Complexation and toxicity of copper in higher plants. II. Different mechanisms for copper versus cadmium detoxication in copper-sensitive cadmium/zinc hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* / A. Mijovilovich, B. Leitenmaier, W. Meyer-Klaucker, P. M. Kroneck et al. // *Plant Physiology*. – 2009. – № 151. – P. 715–731.
47. Cho-Ruk K. Perennial plants in the phytoremediation of lead contaminated soils / K. Cho-Ruk, J. Kurukote, P. Supprung, S. Vctayasuporn // *Biotechnology*. – 2006. – № 5 (1). – P. 1–4.
48. Khodaverdi H. Investigated modeling of phytoremediation of soil contaminated with cadmium and lead / H. Khodaverdi, M. Homai // *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. – 2008. – № 42. – P. 417–426.

49. Nosheen M. Phytoremediation of arsenic (As) and mercury (Hg) contaminated soil / M. Nosheen, P. Arshid, M. Qaisar, S. A. Sheikh // World Applied Sciences Journal. – 2010. – №8 (1). – P. 113–118.
50. Jankong P. Enhanced phytoremediation of arsenic contaminated land / P. Jankong, P. Visoottiviseth, S. Khokiattiwong // Chemosphere. – 2007. – № 68. – P. 1906–1912.
51. Kadukova J. Pb and Cd accumulation and phyto-excretion by salt cedar (*Tamarix smyrnensis Bunge*) / J. Kadukova, E. Manousaki, N. Kalogerakis // Journal of Phytoremediation. – 2008. – №10(1). – P. 31–46.
52. Freitas E. V. The use of NTA for lead phytoextraction from soil from a battery recycling site / E. V. Freitas, C. W. do Nascimento // Journal of Hazardous Materials. – 2009. – № 171(1-3). – P. 833–837.
53. Dawood M. Comparison of EDTA and citric acid enhanced phytoextraction of heavy metals in artificially metal contaminated soil by *Typha angustifolia* / M. Dawood, Ch. Fei, Z. Jing, Z. Guoping // International Journal of Phytoremediation. – 2009. – № 11. – P. 558–574.
54. Karami A. Phytoremediation of heavy metals with several efficiency enhancer methods / A. Karami, Sh. Karami, H. Zulkifli // African Journal of Biotechnology. – 2010. – Vol. 9, № 25. – P. 3689–3698.
55. Sinhal V. K. EDTA and citric acid mediated phytoextraction of Zn, Cu, Pb and Cd through marigold (*Tagetes erecta*) / V. K. Sinhal, A. Srivastava, V. P. Singh // Journal of Environmental Biology. – 2010. – № 31. – P. 255–259.
56. Do Nascimento C. W. Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal contaminated soil / C. W. Do Nascimento, D. Amarasiriwardena, B. Xing // Environmental Pollution. – 2006. – №140(1). – P. 114–123.
57. Sun Yu. The role of EDTA on cadmium phytoextraction in a cadmium-hyperaccumulator *Rorippa globosa* / Yu. Sun, Q. Zhou, Y. Xu, L. Wang, X. Liang // Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology. – 2011. – Vol. 3, № 3. – P. 45–51.
58. Cardon D. L. Growth response and heavy metals tolerance of *Axonopus affinis*, inoculated with plant growth-promoting rhizobacteria / D. L. Cardon, S. M. Villafan, A. R. Tovar, S. P. Jimenez et al. // African Journal of Biotechnology. – 2010. – Vol. 9, № 51. – P. 8772–8782.
59. Belimov A. A. Employment of rhizobacteria for the inoculation of barley plants cultivated soil contaminated with lead and cadmium / A. A. Belimov, A. M. Kunakova, V. I. Safronova, V. V. Stepanok et al. // Microbiology. – 2004. – № 73. – P. 99–106.
60. Abou-Shanab R. The role of bacteria on heavy-metal extraction and uptake by plants growing on multi-metal-contaminated soils / R. Abou-Shanab, K. Ghanem, N. Ghanem, A. Al-Kolaibe // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2008. – Vol. 24, №2. – P. 253–262.
61. Dinu L. D. Isolation of heavy metal resistant bacterial strains from the battery manufactured polluted environment / L. D. Dinu, L. Anghel, S. Jurcoane // Romanian Biotechnological Letters. – 2011. – Vol. 16, № 6. – P. 102–106.
62. Koo S. Y. Isolation and characterization of a plant growth-promoting rhizobacterium *Serratia sp. SY5* / S. Y. Koo, K. S. Cho // Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2009. – № 19. – P. 1431–1438.
63. Ma Y. Improvrmnt of plant growth and nickel uptake by nickel resistant-plant-growthpromoting bacteria / Y. Ma, M. Rajkumar, H. Freitas // Journal of Hazardous Materials. – 2009. – № 166. – P. 1154–1161.
64. Braud A. Enhanced phytoextraction of an agricultural Cr- and Pb-contaminated soil by bioaugmentation with siderophore-producing bacteria / A. Braud, K. Jezequel, S. Bazot, T. Lebeau // Chemosphere. – 2009. – № 74. – P. 280–286.

65. He C. Q. Effect of Zn-tolerant bacterial strains on growth and Zn accumulation in *Orychophragmus violaceus* / C. Q. He, G. E. Tan, X. Liang, W. Du et al. // *Applied Soil Ecology*. – 2010. – № 44. – P. 1–5.
66. Sinha S. Cadmium-induced siderophore production by a high Cd-resistant bacterial strain relieved Cd toxicity in plants through root colonization / S. Sinha, S. K. Mukherjee // *Current Opinion in Microbiology*. – 2008. – № 56. – P. 55–60.
67. Dary M. In situ phytostabilisation of heavy metal polluted soils using *Lupinus luteus* inoculated with metal resistant plant-growth promoting rhizobacteria / M. Dary, M. A. Chamber-Perez, A. J. Palomares, E. Pajuelo // *Journal of Hazardous Materials*. – 2010. – № 177. – P. 323–330.
68. Li W. C. Effects of bacteria on enhanced metal uptake of the Cd/Zn-hyperaccumulating plant, *Sedum alfredii* // W. C. Li, Z. H. Ye, M. H. Wong // *Journal of Experimental Botany*. – 2007. – № 58(15-16). – P. 4173–82.
69. Sheng X. Improvement of rape (*Brassica napus*) plant growth and cadmium uptake by cadmium-resistant bacteria / X. Sheng, J. Xia // *Chemosphere*. – 2006. – № 64. – P. 1036–1042.
70. Wu S. C. Effects of inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria on metal uptake by *Brassica juncea* / S. C. Wu, K. C. Cheung, Y. M. Luo, M. H. Wong // *Environmental Pollution*. – 2006. – № 140. – P. 124–35.
71. Vaxevanidou K. Removal of heavy metals and arsenic from contaminated soils using bioremediation and chelant extraction techniques / K. Vaxevanidou, N. Papassiopi, I. Paspaliaris // *Chemosphere*. – 2008. – № 70. – P. 1329–1337.
72. Ogbo E. M. Bioavailability of some heavy metals in crude oil contaminated soils remediation with *Pleurotus tuber-regium* Fr. Singer / E. M. Ogbo, J. A. Okhuoya // *Asian Journal of Biological Sciences*. – 2011. – № 4 (1). – P. 53–61.
73. Di Gregorio S. Combined application of Triton X-100 and *Sinorhizobium* sp. Pb002 inoculum for the improvement of lead phytoextraction by *Brassica juncea* in EDTA amended soil / S. Di Gregorio, M. Barbafieri, S. Lampis, A. M. Sanangelantoni et al. // *Chemosphere*. – 2006. – № 63. – P. 293–299.

О.С. Штыка

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

В статье рассматриваются современные технологии ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами, а именно: иммобилизация, электроремедиация и фиторемедиация. Установлены преимущества и недостатки технологий на основе международного опыта.

O.S. Shtyka

ASSESSMENT OF ALTERNATIVE REMEDIATION TECHNOLOGIES OF SOILS POLLUTED WITH HEAVY METALS

Alternative remediation technologies of soils polluted with heavy metals as immobilization, electroremediation and phytoremediation are currently the objects of considerable attention in present publication. Advantages and disadvantages of technologies were analyzed basing on the international experience.

Т.В. ДУДАР¹, Н.В. РУДЕНКО¹, А.В. ЯЦИШИН²

¹Національний авіаційний університет, м. Київ

²Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, м. Київ

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОКРАЩЕННЯ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Розглянуто основні засади побудови системи моніторингу атмосферного повітря міста Києва. Досліджено просторовий розподіл основних забруднюючих домішок, визначено закономірності та тенденції зміни індексу забруднення атмосфери у м. Києві протягом періоду 1990-2010 рр., створено комплект карт сучасного стану забруднення території міста на основі геоінформаційних технологій, що сприятиме вдосконаленню процесу управління та прийняттю ефективних рішень.

Постановка проблеми

Чистота атмосферного повітря є одним з факторів, що визначає якість навколишнього середовища та рівень здоров'я населення. Але з часів промислової революції якість повітря, яким ми дихаємо, помітно погіршилася, в основному, в результаті антропогенної діяльності людини. Розвиток інфраструктури міста, промисловості і збільшення виробництва електроенергії, інтенсивне зростання інженерно-будівельних робіт та кількості транспорту на дорогах - все це робить свій внесок у забруднення повітря і, в свою чергу призводить до серйозних проблем зі здоров'ям. Внаслідок цього окремі райони міста Києва як і раніше, відносяться до територій з підвищеним рівнем забруднення атмосфери, про що свідчать дані щорічних спостережень за забрудненням повітряного басейну, які проводяться Центральною Геофізичною Обсерваторією (ЦГО) [1].

Недопущення забруднення атмосферного повітря у мегаполісах є нагальним науково-технічним завданням, основу якого складають надійні методи контролю і прогнозування чистоти повітряного басейну. При вирішенні цих завдань актуальним стає необхідність розроблення моделей оперативного моніторингу атмосферного повітря, який визначає аналіз, контроль та прогноз стану і управління якісним складом атмосфери.

Аналіз досліджень і публікацій

Проблему забруднення повітря та моделі поширення забруднюючих речовин в атмосфері досліджено у багатьох роботах українських вчених, зокрема М.З. Згуровського, А.І. Петренка, В.О. Артемчука та інших [2, 3]. У роботах розвинені ідеї щодо створення регіональної моніторингової системи забруднення атмосферного повітря на базі геоінформаційних технологій (ГІС).

Як зазначено у концепції державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища [4], функціонування державної системи моніторингу довкілля України, у тому числі атмосферного повітря, на даний час є незадовільним. У науковій праці І. П. Каменева з співавторами [5] пояснює основну причину такого стану, а тим що з часу створення діючої мережі спостереження за атмосферним повітрям не проводилася робота по вдосконаленню її діяльності. На даний час переважна більшість наукових праць, в яких запропоновано певні підходи щодо модернізації існуючої системи моніторингу атмосфери України, носять або надто концептуальний характер, або стосуються інженерної складової даної проблеми, тобто розробки програмного та апаратного забезпечення вимірювального обладнання.

Вищезазначені умови вимагають принципово нового підходу до удосконалення системи інформаційних технологій та структур отримання, обробки і представлення даних про якість атмосферного повітря. Актуальним стає імплементація екологічних

інформаційних систем та програмних продуктів на основі сучасних геоінформаційних технологій для оперативного вирішення задач моніторингу атмосферного повітря.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження було проведено за методом просторового аналізу з використанням статистичних методів обробки даних. Для візуального відображення багатовимірної інформації даних моніторингу атмосферного повітря міста Києва використовувалася одна з геоінформаційних систем (ГІС) - QuantumGIS. Це ГІС з відкритим кодом, з підтримкою обробки растрової, топологічної векторної інформації та комп'ютерної графіки, яка діє на різних платформах через графічний інтерфейс користувача і командний процесор в системі X Window.

При побудові карт забруднення міста Києва засобами QuantumGIS послідовно проводяться наступні дії:

1. Підготовка вхідних даних (метеорологічних та даних моніторингу забруднення атмосферного повітря);
2. Імпорт табличних даних з координатною прив'язкою в shape-файл (QuantumGIS);
3. Класифікація забрудненості повітря по постах спостережень;
4. Визначення пріоритетних речовин викидів м. Києва у зазначених рецепторних точках, що перевищують значення референтних концентрацій;
5. Створення інтерполяційного ґриду забрудненості повітря.

Останій етап – це нанесення результатів аналізу на картографічну основу, в основі якого лежить інтерполяція за методом зважених відстаней Inverse Distance Weighting (IDW). Як випливає з назви, вага значення зменшується пропорційно збільшенню відстані від рецепторної точки. Це означає, що по мірі того, як ми віддаляємося від рецепторної точки, вплив опорних точок буде зменшуватися. Облік в обчисленнях точки, віддаленої на значну відстань від опорної, може бути помилковим, оскільки точка може знаходитися на ділянці місцевості, що кардинальним чином відрізняється від того, на якому розташована рецепторна точка.

Організаційна структура системи моніторингу атмосферного повітря м. Києва

Моніторинг забруднення атмосферного повітря в м. Києві проводиться ЦГО на 16-ти стаціонарних постах у 8-ми районах столиці. Регулярні спостереження проводяться кожного дня, шляхом безперервної реєстрації за допомогою автоматичного обладнання (на 4-х постах) чи дискретно через рівні проміжки часу не менше чотирьох разів при обов'язковому відборі о 1, 7, 13, 19 годині за місцевим часом (на 12 ти постах).

Після відбору проб на стаціонарних постах лабораторія спостережень за забрудненням атмосферного повітря (при ЦГО) проводить їх аналіз на визначення вмісту 21 шкідливої домішки та визначає хімічний склад атмосферних опадів і снігового покриву (нітратів, сульфатів, гідрокарбонатів, хлоридів, металів: калію, кальцію, натрію, магнію), рН (лужності та кислотності) атмосферних опадів. Результати вимірювань зводяться до Щомісячних бюлетенів забруднення атмосферного повітря міста Києва та міст Київської області у вигляді таблиць, в яких зазначаються середньомісячні концентрації (в кратності до середньодобових ГДК) та максимальні концентрації (в кратності до максимально разових ГДК)[6, 7].

Пункти спостереження забруднення (ПСЗ) розташовані, як правило, або в районах найбільш завантажених автомагістралей міста з інтенсивним рухом транспорту або в зоні викидів промислових підприємств [6]. Існуюча мережа не досконала, обладнання більшості пунктів спостереження застаріле. Розвиток інфраструктури міста призвів до того, що кількість стаціонарних постів контролю забруднення атмосферного повітря у кожному районі обмежена, а дані моніторингу не дозволяють відтворювати реальну картину забруднення.

В рамках “Київської міської програми охорони навколишнього природного середовища на період до 2007 року” було створено автоматизовану систему екологічного

моніторингу атмосфери (АСЕМА), метою якої є забезпечення в автоматизованому режимі адміністративних органів та відповідних служб даними про стан атмосферного повітря м. Києва для оперативного прийняття науково-обґрунтованих управлінських рішень у разі виникнення проблемної екологічної ситуації.

Основу АСЕМА складають проблемно-орієнтовані комплекси контролю забруднень (ПОКК). До складу ПОКК повинні входити автоматизовані аналітичні прилади для одержання первинної інформації про забруднення атмосферного повітря [8].

ПОКК-1 реалізований на базі системи моніторингу стану атмосферного повітря вздовж автомагістралей міста, яка дозволяє здійснювати безупинний автоматичний контроль у повітрі заданої зони оксиду вуглецю (CO), діоксиду азоту (NO₂) і сірки (SO₂).

Датчики хімічних забруднень (ДХЗ) стаціонарно встановлюються на контрольованих автомагістралях. Датчики пов'язані з комплектом апаратури детекторів хімічних забруднень (КДХЗ), до якого доходять апаратно-програмні засоби збору та передачі інформації. Кожен КДХЗ входить до складу уніфікованого дорожнього контролера (ДКУ) керування світлофором. Отримані дані надходять по лініях зв'язку з ДКУ в центральний пункт автоматизованої системи керування дорожнім рухом державної автоінспекції (ЦКП АСКД ДАІ) для прийняття рішень з управління рухом автотранспорту і до ЦОМ при Держуправлінні екології та природних ресурсів. У якості ДХЗ у системі встановлені стаціонарні малогабаритні газоаналізатори (ГА) безупинної дії на основі електрохімічних сенсорів, що дозволяють вимірювати одночасно концентрації NO₂, CO, SO₂ у повітрі. Кожний КДХЗ обслуговує до восьми ДХЗ і може взаємодіяти з ЦКП за допомогою місцевої кабельної інфраструктури зв'язку [8].

Перша черга системи складається з чотирьох пунктів спостереження, які установлені на автомагістралях м. Києва (перехрестя вулиць Прорізна і Хрещатик, площа Перемоги, Європейська площа, Бесарабська площа).

Інформація від КДХЗ надходить до ЦОМ за допомогою програмного забезпечення розробки Інституту кібернетики. Питання надходження інформації від ДКУ до ЦКП АСКД ДАІ і подальше керування дорожнім рухом автотранспорту досі не вирішені.

ПОКК-2 реалізований на базі існуючих стаціонарних постів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в мережі ЦГО. Три ПСЗ (пр-т Науки, 37, Гідропарк, пр-т Перемоги 98/2) оснащені стаціонарними автоматичними газоаналізаторами, що дозволяють контролювати в безперервному режимі концентрації оксидів азоту (NO, NO₂), оксиду вуглецю (CO) та діоксиду сірки (SO₂) в атмосферному повітрі. В зазначених постах встановлене мікропроцесорне приймально-передавальне устаткування (МППУ), яке забезпечує передачу контрольовано-вимірювальної інформації по міській телефонній мережі зв'язку на ПК в ЦГО, де формується база даних (ПО розробленого Інститутом кібернетики) про стан забруднення атмосферного повітря. Відповідно до програми, заплановано подальшу передачу даних в інформаційний центр Київської міської Державної адміністрації [9, 10].

ПОКК-3 орієнтований на контроль викидів в атмосферу шкідливих забрудників із стаціонарних джерел. Його перша черга реалізована на базі екологічного комплексу розробленого ЗАТ “Украналіт”, який встановлений на київському заводі “Енергія” з утилізації твердих побутових відходів [8]. Таким чином, на заводі реалізовано безперервний цілодобовий моніторинг, як за газовим середовищем у технологічних процесах, так і за екологічними викидами токсичних газів в атмосферу при спалюванні сміття.

В рамках ПОКК-4 планується розробити апаратний комплекс трьохрівневого контролю, оповіщення та попередження техногенних катастроф на хімічно-небезпечних підприємствах м. Києва [10]. Призначення комплексу - ідентифікація рівня аварії з можливим виходом токсичних газів за його межі; передача інформації про рівень аварії, а також метеоумови на момент аварії черговому в Управління з НС по м. Києву; оцінка та прогнозування обстановки при аварійному викиді токсичних газів; оповіщення персоналу

об'єкту та населення на території біля хімічно-небезпечного об'єкту; безперервнi вимірювання концентрації токсичних газів та метеорологічних параметрів у робочій зоні хімічно-небезпечних об'єктів; видача сигналів на вмикання аварійної вентиляції, апаратури управління відсічними клапанами та системами нейтралізації токсичних газів, зупинки роботи технологічних установок у разі аварії.

Комплекс буде мати три інформаційні рівні. Перший інформаційний рівень комплексу реалізується безпосередньо на небезпечному об'єкті. Другий інформаційний рівень комплексу реалізується в районних управліннях з НС.

Третій інформаційний рівень комплексу реалізується в Управлінні з НС по м. Києву, яке одночасно передає інформацію до ЦОМ і КМДА для прийняття управлінських рішень. Така система зможе забезпечити одразу після введення в експлуатацію прийняття правильних, оперативних рішень у кризових ситуаціях [9].

Порівняльний аналіз даних моніторингу забруднення атмосферного повітря у м. Києві

Для проведення порівняльного аналізу було використано офіційні статистичні дані[10]. Динаміка викидів шкідливих речовин і парникових газів в атмосферне повітря за останні 20 років (з 1990 року) наведена в табл. 1 та табл. 2

Таблиця 1. Загальна кількість джерел викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря в місті (одиниць)

Роки	1990	1995	2000	2005	2010
Джерела викидів	17650	25287	22622	23068	24758

Таблиця 2. Сумарна кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в цілому по місту, (тис. тонн)

Роки	1990	1995	2000	2005	2010
Обсяги викидів	273	96,1	174,1	210,1	265,3

Для того щоб визначити стан забруднення повітря декількома речовинами, що надходять одночасно, часто використовують комплексний показник — індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Цей індекс використовується для порівняння ступеня забруднення атмосфери у різних містах або районах міста[1]. Дані змін сумарного ІЗА, який розраховується як сума поділених на ГДК середніх концентрацій 5 найважливіших домішок, визначені на діаграмі. Як видно з діаграми (див. рис. 1.), протягом періоду 1990-2010 рр. індекс забруднення атмосфери значно зменшився.



Рис. 1. Динаміка зміни індексу забруднення атмосфери у м. Києві

Протягом 2010 року в атмосферу м. Києва надійшло 265,3 тис. т забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел, що на 20% більше ніж у 2005 році та у 2,7 рази більше порівняно з 1995 р. Але не дивлячись на це, з діаграми видно, що простежується тенденція зниження ІЗА.

Основний чинник зменшення забрудненості атмосферного повітря протягом 20 років – це зниження викидів промислових підприємств. Можна констатувати, що обсяги викидів в атмосферне повітря стаціонарними джерелами мають стійку тенденцію до зниження, що свідчить про позитивні результати природоохоронної діяльності в місті, про впровадження нових методів та засобів природоохорони, порівнюючи з недосконалими нормативно-правовими документами 90-тих років. У 1990 році дві третини (66%) сумарних забруднень повітря припадали на підприємства (стаціонарні джерела) та 34% на автомобільний, залізничний, авіаційний, водний транспорт та виробничу техніку (пересувні джерела). За останні 15 років ситуація докорінно змінилася.

Загальний викид забруднюючих речовин та щільність викидів від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на квадратний кілометр території міста зазначені у табл. 3. та 4. Відповідно до цих значень простежується тенденція зменшення забруднення приблизно у 2 рази.

Таблиця 3. Загальний викид забруднюючих атмосферне повітря речовин від стаціонарних джерел (тис.тонн)

Роки	1990	1995	2000	2005	2010
Обсяги викидів	54,7	53,3	32,6	30,5	28,6

Таблиця 4. Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на квадратний кілометр території міста (тонн)

Роки	1990	1995	2000	2005	2010
Всього по місту	65,6	63,9	39,1	36,7	34,5

Якщо аналізувати забрудненість атмосферного повітря міста протягом 20 років, то спостерігається стійка тенденція зменшення загальних викидів та поліпшення якості атмосферного повітря, але якщо розглядати ступінь забрудненості за попередні 10 років (рис. 2.), можна зазначити, що проблема охорони повітря в Києві ще далеко не вирішена.

Збільшення обсягів забруднюючих викидів в атмосферу за останні роки (див. рис. 2.) пояснюється недостатнім застосуванням еколого-орієнтованих технологій, застосуванням неефективних видів палива, підвищенням зношеності основних фондів, а також різким збільшенням кількості автотранспорту, підвищенням в ньому питомої ваги морально (технічно) застарілих автомобілів. Має місце також зниження вимогливості до екологічності транспортних засобів з боку автоінспекції.

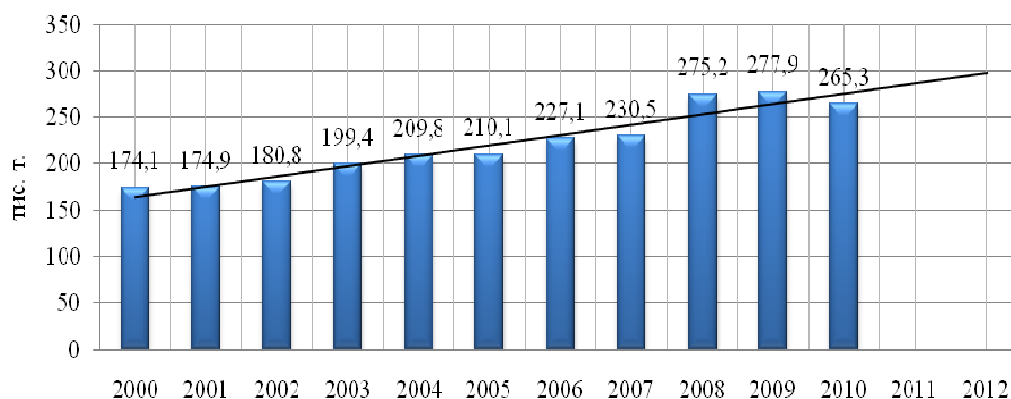


Рис. 2. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря у м. Києві в 2000-2010 рр.

Оскільки на діаграмі (див. рис. 2.) тренд відзначається у бік збільшення, то варто очікувати збільшення загальної кількості викидів у атмосферне повітря у 2012 році. Варто зазначити, що протягом січня–листопада 2011р. від стаціонарних джерел м. Києва у повітря надійшло 45,5 тис.т шкідливих речовин, що на 6,3% більше у порівнянні з відповідним періодом 2010 р. Для оцінки стану забруднення атмосферного повітря необхідним є аналіз середньорічних концентрацій забруднюючих речовин шляхом порівняння з відповідними ГДК речовин у повітрі населених міст. Порівняльна характеристика забруднення зображена на рис. 3.

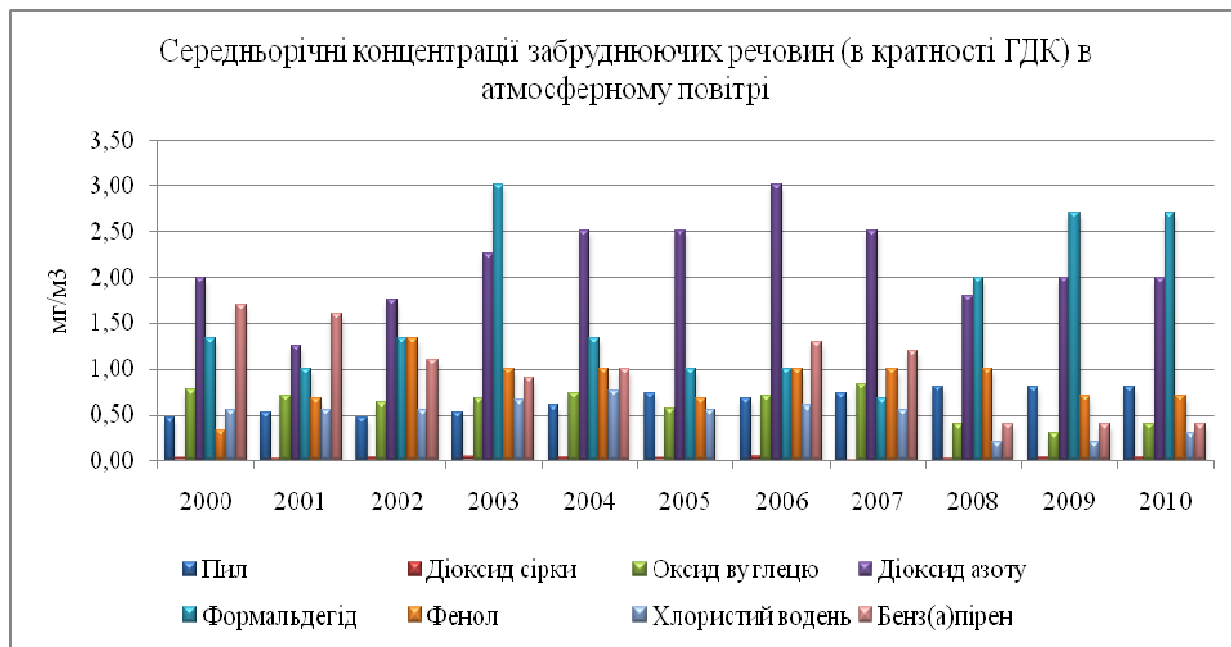


Рис. 3. Середньорічні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) в атмосферне повітря

Як видно з діаграми (див. рис. 3.), лімітуючими показниками забруднення атмосфери є формальдегід та діоксид азоту. Попередній аналіз даних моніторингу показав, що середньорічні концентрації діоксиду азоту (2-й клас небезпеки) за даними 2000 – 2010 рр. більш ніж у два рази перевищують гранично допустимі значення цих концентрацій. У цілому по місту повторення випадків перевищення максимально разової гранично допустимі концентрації для діоксиду азоту становить майже 60 відсотків від загального числа спостережень. Подібна ситуація повторюється в інших великих містах України, де діоксид азоту також фігурує серед найбільш критичних забруднювачів атмосфери [11].

Імплементація геоінформаційних технологій для вирішення задач управління якістю атмосферного повітря

Для побудови карт екологічного стану приземного шару атмосфери Києва використовувались дані 16 стаціонарних пунктів спостереження з періодичністю відбору проб 6 разів на тиждень[7]. Пріоритетними забруднюючими речовинами вважались ті, які вносили найбільший вклад в забруднення атмосфери міста. Сформований перелік забруднюючих речовин включив 19 речовин, які характеризували склад емісій відібраних для дослідження. Пріоритетними визначено 4 хімічні сполуки, як такі, що найбільш вагомі в загальному ряду забруднювачів.

За даними метеорологічних спостережень протягом 2011 р. у м. Києві штиль спостерігався протягом 9,44 % часу спостереження (або 827 год.), а середня швидкість вітру складала 3,3 м/с. Переважаючими напрямками вітру протягом 2011 року були східний [E] (361 год. або 4,10 %) та північно-східний [SE] (382 год. або 4,4 %), які характеризувалися швидкістю від 4-5 м/с до 1,5-3 м/с. Отже, допускалося, що

забруднюючі речовини від стаціонарних джерел викидів на досліджуваній території будуть поширюватися у відповідних Е та SE напрямках.

У ході дослідження проводився обрахунок усереднених річних концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря для заданих (рецепторних) точок. Загальна кількість рецепторних точок – 16. Дані забруднення атмосферного повітря м. Києва та метеорологічні дані були прив'язані до електронної карти району за допомогою інструментів QuantumGIS та пакету Microsoft Excel, що дозволило визначити рівень розсіювання викидів. Отримані дані імпортовано до відповідних модулів програми QuantumGIS. Оцінка забруднення атмосферного повітря проводилась з урахуванням кратності перевищень сумарного показника забруднення нормативних ГДК та включає характеристики рівня забруднення та ступеня безпеки.

Комп'ютерна карта в ГІС складається із шарів, розміщених один на одному, як прозорі плівки. Кожен шар являє собою спеціалізований інструмент для відображення й роботи з певним класом географічних даних (полігони, точки, лінії, тексти). Нижче зазначені структурні одиниці (шари), якими ми оперували при створенні карти забруднення атмосферного повітря міста Києва (див. рис.2).

Перший шар являє собою спеціалізований інструмент для відображення й роботи з певним класом географічних даних. Окреслення адміністративних меж міста робимо за допомогою імпорту табличних даних з координатною прив'язкою в shape-файл. Для накладання другого шару, до відповідних модулів програми QuantumGIS імпортовано табличний набір координатних даних — широта і довгота рецепторних точок (див. рис. 3).

Наступним етапом дослідження було нанесення на карту рівнів забруднення атмосферного повітря, які відображені як контури, зафарбовані відповідно до значень шкал (перевищень ГДК), що зазначені нижче. Відповідно, червоним кольором окреслені зони підвищеного ризику захворювання від забруднення атмосферного повітря, а синім – помірною ризику (рис.6,7).

Виявлено, що у центральній частині міста спостерігається декілька зон підвищеного забруднення, обумовлених особливостями рельєфу місцевості, який перешкоджає швидкому розсіюванню домішок.

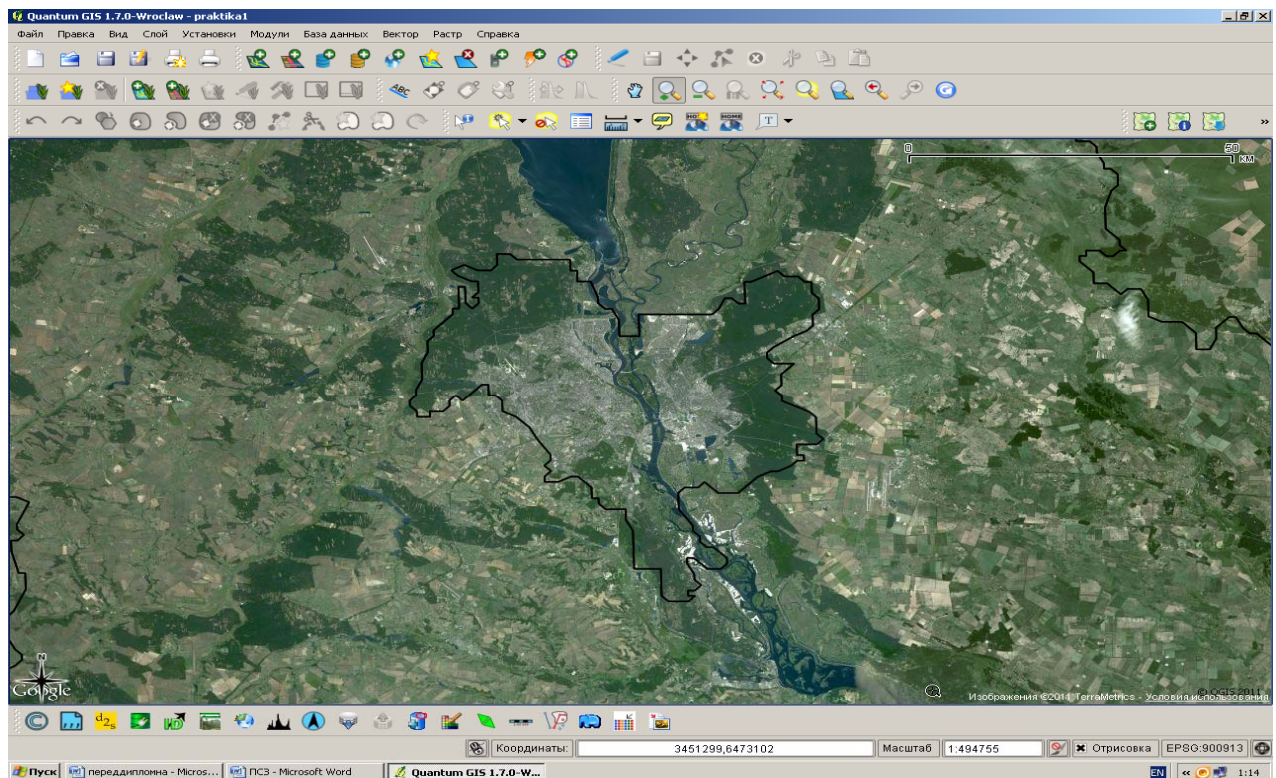


Рис. 4. Шар №1. Адміністративні межі міста Києва

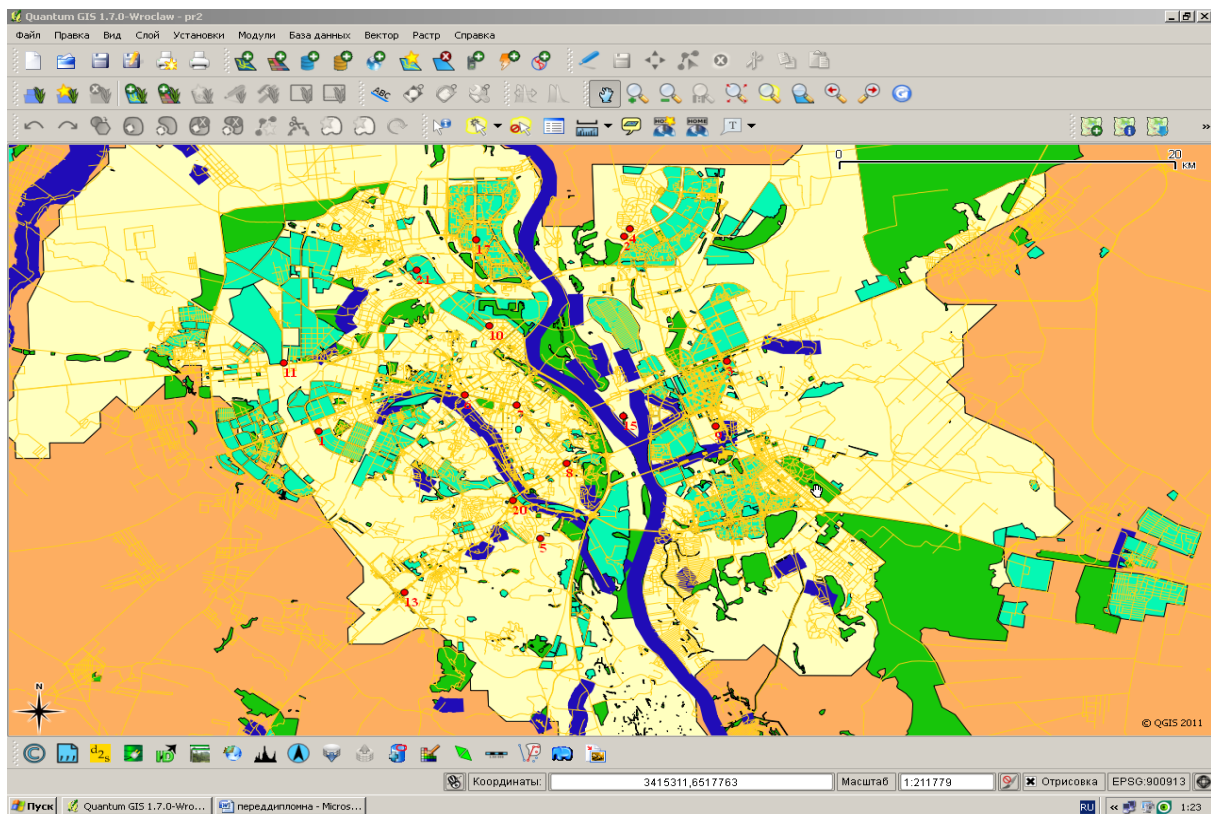


Рис.5. Шар №2. Нанесення на схематичну карту рецепторних точок

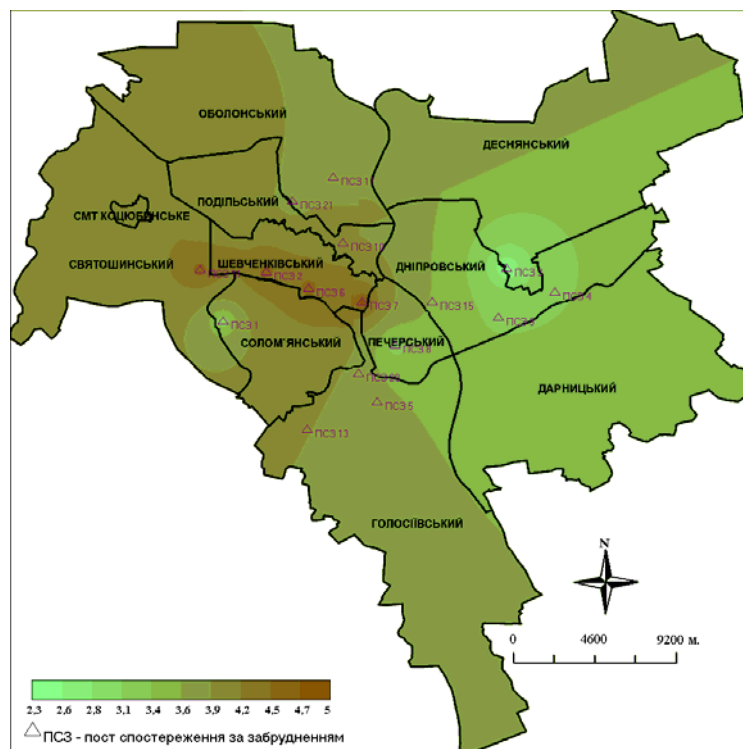


Рис. 6. Карта середньомісячних концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі Києва (в кратності середньодобових ГДК) за липень 2010 року

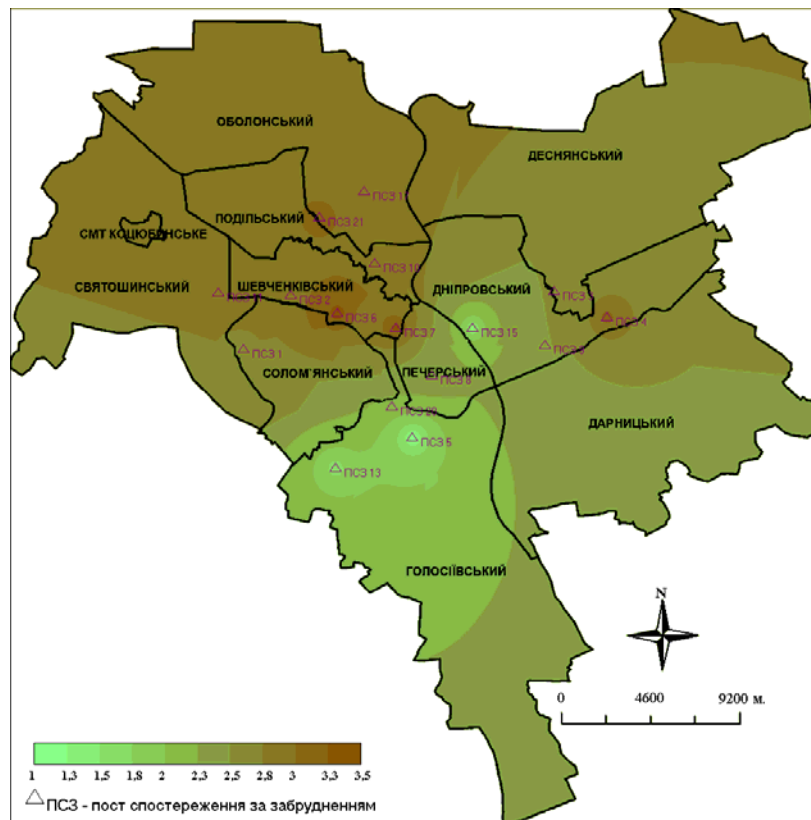


Рис. 7. Карта середньомісячних концентрацій діоксиду азоту в атмосферному повітрі Києва (в кратності середньодобових ГДК) за липень 2010 року.

На карті (рис.6) можна побачити, що вміст формальдегіду в атмосферному повітрі перевищує рівень ГДК майже на всіх постах. Найбільші середньорічні концентрації формальдегіду відмічені на площах Перемоги, Бесарабській, проспекті Перемоги, районі метро Святошин та Московській площі. Низьким забрудненням повітря характеризувались Гідропарк, територія Національного комплексу «Експоцентр України» та район Багрової гори (проспект Науки).

Відповідно, на карті (рис.7) рівень забруднення атмосферного повітря діоксином азоту системно відрізняється у Шевченківському, Голосіївському та Святошинському районах та оцінюється як дуже високий. Визначено, що найбільші середньорічні концентрації пилу відмічені у рецепторних точках №7 (Бесарабська пл.), №11 (пр. Перемоги, район метро Святошин), №17 (пр. Оболонський).

Висновки

На основі застосування методів просторової інтерполяції, геоінформаційної системи QuantumGIS було залучено ГІС технології, які дають можливість здійснювати більш розширений, об'єктивний та системний аналіз якості атмосферного повітря та ефективно впроваджувати заходи з охорони повітряного простору урбанізованих територій.

В результаті проведених досліджень розроблена методика з використанням геоінформаційної технології оцінки забруднення повітря на основі аналізу даних моніторингу атмосфери та ГІС-моделювання. У тому числі отримані наступні результати:

1. В результаті побудови численних графіків визначено закономірності та тенденції зміни індексу забруднення атмосфери у м. Києві протягом періоду 1990-2010 рр.

Звернувши увагу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря за останні 10 років, можна відзначити, що тренд змінюється у бік збільшення. Отже, варто очікувати збільшення загальної кількості викидів у атмосферне повітря у 2012 році.

2. Ранжування ідентифікованих викидів за величиною сумарної річної емісії дозволило виявити пріоритетні хімічні речовини, що забруднюють атмосферне повітря міста. У зазначених рецепторних точках забруднення значно перевищує значення референтних концентрацій, тим самим створюючи небезпеку для здоров'я населення. Наступні полютанти: пил, оксид вуглецю, азоту діоксид, формальдегід – виявились у найбільших концентраціях і найбільш небезпечними для здоров'я населення. Виявлено піки перевищення ГДК у рецепторних точках № 7 (район Бесарабської пл.), №6 (пл. Перемоги), №11 (пр. Перемоги), № 20 (Московська пл.).

3. Розроблено технологію візуалізації, картографування та аналізу багатовимірних даних за допомогою вкладених у простір даних моніторингу атмосферного повітря. Особливістю технології також є можливість безперервного проектування даних на карту, що істотно підвищує точність представлення даних.

4. Виявлено, що у центральній частині міста спостерігається декілька зон підвищеного забруднення, обумовлених особливостями рельєфу місцевості, який перешкоджає швидкому розсіюванню домішок. Відповідно на картах рівень забруднення атмосферного повітря системно відрізняється у Шевченківському, Голосіївському та Святошинському районі та оцінюється як дуже високий. Як видно з розроблених карт, низьким забрудненням повітря характеризувались Гідропарк, територія Національного комплексу «Експоцентр України» та район Багринової гори (проспект Науки).

5. Розроблено програмно-моделюючий комплекс, який дозволяє оцінювати та прогнозувати стан забруднення атмосферного повітря техногенно-навантажених регіонів. Здійснено апробацію програмно-моделюючого комплексу на прикладі об'єктів Київської міської агломерації і отримано відповідність між модельними та натурними даними.

1. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб. для вузів / В.С. Джигирей. – 3-тє вид., випр. і доп. — К.: Знання, 2004. — 310 с.

2. Згуровський М.З. Наука на шляху до систематичного Грід. Частина 1: Об'єднання Web- і Грід- технологій/ М.З. Згуровський, А.І. Петренко // Системні дослідження і інформаційні технології №1, 2010. – С. 26-38.

3. Артемчук В.О. Математичні та комп'ютерні засоби для вирішення задачі розміщення пунктів спостережень мережі моніторингу стану атмосферного повітря: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.05.02 / В.О. Артемчук// НАН України, Ін-т пробл. моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. - К., 2011. - 20 с.

4. Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища (Розпорядження КМУ від 31 грудня 2004 р. № 992-р) [Електронний ресурс] / Режим доступу : \www/ URL: <http://www.uazakon.com/document/fpart55/idx55572.htm> — 16.05.2011 р. — Загол. з екрану.

5. Каменева І.П. Комплексний аналіз екологічної безпеки міста на основі сучасних ГІС-технологій/ І.П. Каменева, Я.В. Яцишин, Д.О. Полішко, О.О. Попов// Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2008. —№5. — С. 41-46.

6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в м. Києві у 2008 р. – К. : М-во охорони навколишнього природного середовища України, 2010. — 223 с.
7. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 7 (169) — К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2010. —с.
8. Дашковський О.А. Автоматизована контрольно-вимірювальна система моніторингу атмосферного повітря м. Києва / О.А. Дашковський, І.Л. Міхєєва, М.О. Орлов // V Науково-технічна конференція «Приладобудування 2008: стан і перспективи»: збірник тез доповідей (м. Київ, 2008 р.) — 2008. — С. 212.
9. Ecosvit [Електронний ресурс] //Бібліотечний вісник — 2008. —№9. —12с. Режим доступу: <http://ekosvit.nepopsa.com/monitorung-kueva>.— Загол. з титул. екрану. — Мова: укр., англ. та ін. — Останнє оновлення: 01.12.2008.
10. Київська міська програма охорони навколишнього природного середовища на період 2003-2006 роки [Електронний ресурс] // За ред. Карабаєва Д.Т., Мовчана М.М., Невелєва О.М. — 2002. — 85с. —Режим доступу: <http://www.kmv.gov.ua/divinfo.asp?Id=21879>
11. Стратегія розвитку Києва до 2025 року[Електронний ресурс]// Проект із розробки Стратегії розвитку Києва до 2025— 2011. — 92с. —Режим доступу: <http://www.kmv.gov.ua/strategy.asp>. Загол. з титул. екрану. — Мова: укр., англ. та ін. — Останнє оновлення: 01.09.2011.

Т.В. Дудар, Н.В. Руденко, А.В. Яцишин

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Рассмотрены основные принципы построения системы мониторинга атмосферного воздуха города Киева. Исследовано пространственное распределение основных загрязняющих примесей, определены закономерности и тенденции изменения индекса загрязнения атмосферы в г. Киеве в течение периода 1990-2010 гг, создан комплект карт современного состояния загрязнения территории города на основе геоинформационных технологий, что будет способствовать совершенствованию процесса управления и принятию эффективных решений.

T. Dudar, N. Rudenko, A. Yastyshyn

ANALYSIS OF STATE AND IMPROVEMENT PROSPECTIVE OF ATMOSPHERIC AIR MONITORING

The basic principles of air monitoring system in Kyiv are considered. It is investigated the spatial distribution of major pollutants, it is identified patterns and trends of atmospheric air indices change in Kiev during the period 1990-2010, it is created a set of maps of the current state of pollution in the city based on GIS technologies that will improve the management and effective decision-making.

П.И. ДИДЕНКО¹, Е.В. АЛЕКСЕЕВА²

¹ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев

²Президиум НАН Украины, г. Киев

РАДОНОВАЯ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ УКРАИНЫ

Проведена оценка эффективных доз облучения населения Украины от источников природного происхождения. По уровню радоноопасности выделяются: Днепропетровская, Кировоградская, Винницкая, Черкасская, Херсонская и Одесская области. Оценка доз позволяет подчеркнуть важность понимания основной роли радона в облучении населения страны. По мере появления новых результатов радонового мониторинга в большем количестве регионов страны модель расчета коллективной дозы для населения Украины от радона может развиваться в сторону детализации и станет возможным дальнейшее уточнение оценок доз, что позволит помимо идентификации групп риска уточнить ущерб, связанный с коллективными дозами, и более осознанно распределять усилия и средства на снижение облучения населения.

Введение

Воздействие ионизирующих излучений на человека является одной из наиболее актуальных современных проблем экологии. В последние годы произошел переход к более широкому пониманию проблем радиационной безопасности населения как необходимость ограничения и снижения облучения от источников ионизирующего излучения. Природные источники излучений включают космическое излучение и земные источники излучения природного происхождения, присутствующие в зданиях, шахтах, минеральном сырье, воде и т.д. Техногенные источники излучения – источники излучения, созданные для применения этого излучения или являющиеся продуктом технической деятельности человека. Специфическими источниками радиационного воздействия являются аварии на АЭС (Три-Майл-Айленд, Чернобыль и Фукусима), ядерные испытания в атмосфере и на полигонах и т.д. Медицинские источники – приборы и аппараты, применяемые для диагностики или лечения заболеваний человека.

Природные источники ионизирующего излучения относятся к категории повсеместно и постоянно действующих физических факторов окружающей среды, оказывающих влияние на здоровье человека. Они вносят доминирующий вклад в коллективную эффективную дозу, на них приходится основная доля вреда здоровью населения (около 70 %), причиняемого всеми источниками ионизирующего излучения, включая негативные последствия медицинского облучения и облучения от всех техногенных источников, в том числе от деятельности объектов атомной энергетики и промышленности. Наблюдается устойчивая тенденция к возрастанию уровней облучения людей от природных источников в результате хозяйственной деятельности. Медицинские последствия облучения населения от природных радионуклидов, включая радон и его дочерние продукты, выражаются главным образом в приросте онкологических заболеваний, связанном с величиной коллективной дозы. Согласно данным Научного комитета ООН по действию атомной радиации около 20 % заболеваний раком легких обусловлено воздействием радона. Международное агентство по изучению раковых заболеваний (МАРЗ) отнесло радон к числу канцерогенов группы 1, а это означает, что имеется достаточно свидетельств того, что радон является канцерогеном для человека.

Основной причиной ущерба в результате воздействия радона до настоящего времени было принято считать смерть от рака легких, однако в настоящее время ущербом

называются случаи рака без летального исхода, наследственные эффекты, продолжительность потерянной или неполноценной жизни. Ущерб на единицу эффективной дозы составляет $7,3 \times 10^{-5}$ мЗв⁻¹ для населения, включая вклад: случаев рака с летальным исходом – $5,0 \times 10^{-5}$ мЗв⁻¹; случаев рака без летального исхода – $1,0 \times 10^{-5}$ мЗв⁻¹; тяжелых наследственных эффектов – $1,3 \times 10^{-5}$ мЗв⁻¹.

Неблагополучная радиоэкологическая ситуация, сложившаяся в некоторых регионах Украины, вызывает вполне обоснованное беспокойство среди населения. Вместе с тем, преувеличенные представления о радиационном риске, обусловленном техногенными источниками, при отсутствии объективной информации об уровнях облучения от природных радионуклидов, приводят к возрастанию социальной напряженности не только на загрязненных территориях, но и в благополучных регионах страны, особенно в местах расположения предприятий ядерно-энергетического комплекса. Таким образом, правильное понимание радоновой проблемы весьма значимо и в социальном аспекте.

В Украине все в большей мере осознается определяющий вклад природных источников излучения в облучение населения и производственного персонала. Это нашло отражение в документах: "Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97)", "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины (ОСПУ-05)" и т.д.

При выработке стратегии снижения уровней облучения населения в стране (регионе, районе и населенном пункте) необходимо руководствоваться принципами радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование), из которых, в частности, следует, что первоочередные мероприятия по коллективной защите населения должны проводиться в отношении тех источников излучения, для которых возможно снижение коллективной дозы облучения при минимальных затратах. Таковыми являются природные источники, главным образом радон.

Из этого следует, что защита от воздействия природных источников ионизирующего излучения является, по-существу, одной из приоритетных проблем в области обеспечения радиационной безопасности населения.

Нормирование содержания радона в зданиях

При обосновании нормативных критериев радиационного неблагополучия Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) предлагает следующие основные принципы [1]: любое ограничение облучения населения может распространяться на источники радиации, для которых возможно влияние человека на создаваемую ими дозу облучения (принцип контролируемости облучения); необходимость учета стоимости защитных мероприятий при обосновании их целесообразности; критерии необходимости защитных мероприятий для определения очередности мероприятий в зданиях различного типа; наилучшим выбором уровня вмешательства является такой уровень, который определяет значительное, но разумное число зданий, нуждающихся в улучшении.

В Украине утверждены "Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97)" [2], основанные на рекомендациях МКРЗ. Согласно этим нормам, для существующих зданий приняты нормативные значения среднегодовых эквивалентных равновесных объемных активностей (ЭРОА) радона и торона в помещениях, равные 100 и 6 Бк/м³, а для строящихся – 50 и 3 Бк/м³ соответственно. При больших значениях объемной активности радона должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений. Вопрос о переселении жильцов (с их согласия) и перепрофилировании помещений или сносе здания решается в тех случаях, когда невозможно снижение среднегодовой ЭРОА до значения менее 400 Бк/м³.

В Украине введены в действие документы [2, 3], устанавливающие нормативные уровни радиационно-опасных факторов и предписывающих процедуры, направленные на обеспечение строительства радиационно-безопасных зданий. В соответствии с ними на разных этапах строительства предусмотрено проведение мероприятий:

- на предпроектной или проектной стадии – радиационное обследование площадки под строительство (гамма-съемка территории; поиск локальных источников излучений с последующей их дезактивацией в случае необходимости; определение удельной активности природных и техногенных радионуклидов, на основании результатов которого принимается решение о возможности перемещения грунта; измерение объемной активности радона в грунте в периметре здания, в зависимости от значения которого принимается решение о необходимости внесения в проект элементов противорадоновой защиты);

- в процессе строительства – контроль перемещения грунта и соответствия радионуклидной активности применяемых материалов и комплектующих изделий установленным нормативам;

- на этапе ввода в эксплуатацию завершенных строительством (реконструкцией) объектов – радиационный контроль сдаваемого в эксплуатацию сооружения и прилегающей территории (измерение мощности дозы гамма-излучения по площади внутренних помещений и прилегающей территории, выборочный контроль помещений на содержание радона).

Методы защиты зданий от радона

В случае, когда концентрация радона в воздухе помещений зданий превышает установленные нормативы, требуются мероприятия по уменьшению содержания радона в помещениях. Способы защиты помещений зависят от того, что является источником поступления радона и какова его концентрация. При поступлении радона с водой и газом наиболее эффективным способом является вентиляция. В некоторых случаях при предельно высоких концентрациях радона в воде необходима замена источников водоснабжения. При других источниках поступления радона в помещение (строительный материал и грунтовый воздух из недр) вентиляция является наиболее простым и эффективным способом защиты.

Увеличение интенсивности вентиляции за счет использования нагревательных приборов и вентиляционных систем уменьшает концентрацию радона в помещениях. Использование кондиционеров и очистителей воздуха по одним данным снижает концентрацию радона, по другим – применение фильтрации воздуха увеличивает несвязанную фракцию дочерних продуктов распада радона в воздухе, что может привести к увеличению дозы на легкие.

Если учесть, что поступление и накопление радона имеет суточную вариацию, с максимальным выделением его в помещение в ночные и предутренние часы, то проветривание помещений во время сна (до утра), а затем периодически в течение дня может значительно снизить концентрацию радона во вдыхаемом воздухе. Однако в ряде случаев такой способ защиты от радона является недостаточным. Здесь требуется применение специальных средств защиты с использованием газо-изолирующих материалов (герметиков, лакокрасочных материалов, пленочных покрытий и т.д.). В качестве эффективного метода борьбы с проникновением радона из грунта является естественное и искусственное проветривание подпольных пространств, цокольных и подвальных помещений [4].

В составе мероприятий по уменьшению содержания радона в воздухе помещений важная роль принадлежит сбросу давления в подвальных помещениях, в снижении уровней поступления радона в здание.

В тех случаях, когда проницаемость почвы и засыпка стен, а также содержание радона в почве невысокое и фиксированное, уровень поступления радона может снизиться вдвое и более раз за счет уменьшения проницаемости засыпки стен, герметизации щелей или увеличения давления внутри стен. Эффективно использование комбинации непроницаемых стеновых стояков и малопроницаемых наполнителей.

Оценка доз облучения радоном населения Украины

Оценка средневзвешенных эффективных доз для различных ситуаций облучения служит одним из основных критериев при проведении процедур оправданности и оптимизации радиологической защиты населения [1]. Для техногенно-усиленных источников природного происхождения (радон в воздухе помещений, естественная радиоактивность строительных материалов и питьевой воде из подземных источников и др.) (управляемая компонента суммарной дозы) эти величины зависят от структуры жилищного фонда и демографической ситуации в стране [2]. Миграция населения, низкая рождаемость и высокая смертность привели к существенному изменению соотношения городского и сельского населения, их возрастной структуры и т.д. – тех параметров, которые в значительной мере влияют на оценку величины эффективной дозы.

Получена информация об уровнях облучения населения Украины природными источниками (радоном) в воздухе помещений зданий различного типа [5, 6, 7], о содержании природных радионуклидов в питьевой воде артезианских скважин, строительных материалах, продуктах питания [8, 9]; выполнены оценки эффективных доз населения для ситуации пролонгированного облучения и т.д.

Радон в воздухе помещений зданий

В Украине обследовано здания городского типа: квартиры и служебные помещения на первых этажах и выше и подвалы; здания сельского типа различных архитектурно-планировочных решений. Определено, что критическим по уровням радона типом зданий являются сельские дома. Основные закономерности формирования уровней радона в воздухе на территории страны, а также другие методические аспекты проведения измерений радона приведены в [10].

Анализ эффективных доз облучения населения страны от радона в воздухе жилых помещений зданий показывает, что среднегеометрическое значение эффективных доз от радона составляет $2,4 \text{ мЗв год}^{-1}$. Установлено, что для 5 % населения страны эффективная доза облучения превышает 10 мЗв год^{-1} . Для городского населения, проживающего в многоэтажных зданиях, средневзвешенные эффективные дозы на региональном уровне практически не отличаются и составляют $1,3\text{--}1,5 \text{ мЗв год}^{-1}$ для первых этажей, порядка 1 мЗв год^{-1} – для квартир, расположенных выше первого этажа. Для сельского населения диапазон средневзвешенных эффективных доз значителен: от $1,2$ до $8,2 \text{ мЗв год}^{-1}$ при среднегеометрическом значении $3,9 \text{ мЗв год}^{-1}$.

С точки зрения вариабельности эффективной дозы облучения населения сельских регионов наиболее показательна Киевская область. Средневзвешенные по районам области эффективные дозы лежат в диапазоне от $1,3$ до $8,6 \text{ мЗв год}^{-1}$. Максимальные значения зафиксированы в южных районах, которые находятся на Украинском щите в местах разломов с повышенной трещиноватостью. Для этих районов характерна застройка 1960–1970 гг. Средневзвешенная по районам величина эффективной дозы от радона в воздухе для населения Киевской области оценивается в $3,3 \text{ мЗв год}^{-1}$. Минимальные значения присущи северным регионам области, которые располагаются вне Украинского щита в низменной части Полесья.

Таким образом, по сравнению с более ранними оценками ($3,8 \text{ мЗв год}^{-1}$) [11] значение средневзвешенной эффективной дозы облучения от радона уменьшилось более чем на 30 %, что, по-видимому, связано с изменением демографической ситуации в стране и миграцией населения – существенным увеличением доли городского населения.

Радиоактивность строительных материалов

Для оценки эффективных доз облучения населения, обусловленных излучением естественных радионуклидов, обследовано около 30 карьеров щебня, песка и глины. Проанализирована информация об архитектурно-планировочных решениях сельских домов каждого региона, используемого в процессе оценки доз облучения. В основном необходимые сведения получены из баз данных, которые заполнялись по сертификатам измерений радона в воздухе. Указанные сертификаты содержат информацию о материале, из которого построено здание, типе покрытий стен, подсыпке под фундамент, типе вентиляции и т.д.

Оценки эффективных доз облучения городского населения рассчитаны для панельных и кирпичных домов, а затем полученные значения взвешены в соответствии со структурой жилищного фонда. Средневзвешенная эффективная доза облучения городского населения составляет $0,3 \text{ мЗв год}^{-1}$, а средневзвешенная эффективная доза облучения сельского населения на уровне отдельных регионов отличается от этой величины в 2–3 раза.

Средневзвешенная в соответствии со структурой жилищного фонда эффективная доза облучения составила $0,23 \text{ мЗв год}^{-1}$. Если сравнивать эту величину с более ранними оценками ($0,26 \text{ мЗв год}^{-1}$) [11], то ее уменьшение, прежде всего, связано с системой ограничений, которая была введена в конце 80-х годов прошлого столетия (норматив на содержание естественных радионуклидов в строительных материалах).

Естественные радионуклиды в питьевой воде

По результатам измерений радона в питьевой воде из артезианских скважин [9, 12] сделана оценка внутренних эффективных доз облучения населения страны. Установлено, что для населения, которое проживает на территории Украинского щита и потребляет воду из артезианских скважин, средневзвешенная эффективная доза от радия-226 составляет $0,08 \text{ мЗв год}^{-1}$, от урана – $0,09 \text{ мЗв год}^{-1}$, радона – $0,08 \text{ мЗв год}^{-1}$. Соответствующие величины, средневзвешенные по территории Украины, оценены для радия-226 в $0,03 \text{ мЗв год}^{-1}$, урана – $0,02 \text{ мЗв год}^{-1}$, радона – $0,07 \text{ мЗв год}^{-1}$. Суммарная эффективная доза облучения от естественных радионуклидов, которые содержатся в питьевой воде артезианских скважин, – $0,12 \text{ мЗв год}^{-1}$. Если эту воду употребляет около 10 % населения страны, вклад данной компоненты в суммарную дозу составляет порядка $0,1 \text{ мЗв год}^{-1}$. Однако индивидуальные дозы облучения могут превышать 5 мЗв год^{-1} .

Все перечисленные источники являются управляемыми и ограничиваются в соответствии с требованиями «Норм радиационной безопасности Украины» (НРБУ-97) [2]. Средневзвешенная величина этой компоненты для населения страны составляет $2,8 \text{ мЗв год}^{-1}$: на уровне отдельных регионов вариabельность управляемой компоненты суммарной дозы облучения, обусловленной техногенно-усиленными источниками природного происхождения, может быть двух-четырёхкратной.

Атомные электростанции

Эффективная доза газоаэрозольных выбросов (на примере Южно-Украинской АЭС) (для территорий радиусом 2,5 км. от АЭС) составляет: $(2...12) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк с^{-1} выбросов ^{137}Cs ; $(0,05...0,7) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк с^{-1} выбросов ^{131}I . Эффективная доза загрязнения территории в результате газоаэрозольных выбросов АЭС составляет $(0,07...1,05) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк м^{-2} ^{137}Cs на поверхности почвы. Эффективная доза поступления радионуклидов в сельскохозяйственные растения с оросительной воды через жидкие сбросы АЭС составляет $(90...195) \cdot 10^{-3} \text{ Зв год}^{-1}$ на $1 \text{ Бк/л} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$ ^{137}Cs . Доза загрязнения ^3H сельскохозяйственных растений через орошение составляет $(0,01...0,04) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк л^{-1} ^3H в оросительной воде. Доза ингаляционного поступления ^3H в человека во время оросительных работ – $(0,005...0,014) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк л^{-1} ^3H в оросительной воде [13].

Радиоэкологический риск от радионуклидов, которые попадают в окружающую среду с газоаэрозольными выбросами АЭС в условиях нормальной работы станции, составляет 0,5...12,0 мкЗв/(кБк м⁻²) ¹³⁷Cs. Радиоэкологический риск от радионуклидов, которые попадают в оросительную воду с жидкими сбросами АЭС, – 10...260 мкЗв/(кБк м⁻²) ¹³⁷Cs.

Радиоактивные отходы

В Украине находится значительное количество радиоактивных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов, сеть ПЗРО МСК “Радон”, куда поступают отходы от предприятий и организаций, использующих в своей деятельности радиоактивные вещества и оборудование на их основе; ПЗРО и пункты временной локализации радиоактивных отходов, образовавшихся в процессе работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС; хранилища отходов атомной энергетики и хвостов добычи и переработки урановых руд; отвалы, терриконы, шламо- и золохранилища отходов производства железорудной, угольной и нефтяной отраслей промышленности, теплоэнергетики и строительной индустрии; радиоактивные отходы производства фосфатов; объекты хранения радиоактивных отходов Минобороны. В результате долгоживущие радионуклиды распространяются в окружающей среде как естественным образом (выветриванием, вымыванием дождями и т.д.), так и при использовании населением отходов при индивидуальном строительстве (в качестве подсыпок под фундамент, в виде наполнителей и т.д.).

Неуправляемые источники облучения населения

К неуправляемым источникам относятся: космическое излучение, космогенные радионуклиды, естественная радиоактивность грунтов и продуктов питания. Облучение этими источниками почти не меняется во времени и не поддается управлению.

Для большинства жителей Украины среднегодовая эффективная доза от космического излучения составляет 227–232 мкЗв год⁻¹ и зависит от высоты территории проживания над уровнем моря. Если учитывать нейтронную составляющую, ее средневзвешенная величина может быть оценена в 0,3 мЗв год⁻¹.

Вторым по величине вклада в суммарную дозу источником является внутреннее бета-облучение, которое формируется за счет перорального поступления калия-40 с продуктами питания. Среднегодовая эффективная доза облучения населения от этого источника оценена в 0,2 мЗв год⁻¹ [14]. В этой работе приведена оценка терригенной составляющей средневзвешенной эффективной дозы облучения населения страны, которая обусловлена природным гамма-фоном и составляет 0,15 мЗв год⁻¹,

Проведена оценка эффективной дозы облучения населения страны от урана-238 и тория-232 в продуктах питания. Эффективная доза облучения от урана-238 составляет два порядка. Минимальные значения эффективных доз получает население Ровенской области – 0,08 мкЗв·год⁻¹, максимальные – 3,43 мкЗв год⁻¹ – зафиксированы в Хмельницкой обл. В среднем по стране эффективная доза облучения от урана в продуктах питания равна 0,71 мкЗв год⁻¹. Диапазон эффективных доз облучения от тория-232 имеет меньший тренд: минимальные значения – 0,11 мкЗв год⁻¹ (Сумская обл.), максимальные – 0,65 мкЗв год⁻¹ (Одесская обл.). Средневзвешенное значение эффективных доз от этого источника – 0,25 мкЗв год⁻¹ [15, 16]. Таким образом, средневзвешенная эффективная доза облучения, обусловленная пероральным поступлением урана-238 и тория-232, составляет около 0,1 мкЗв год⁻¹.

Аварийные источники облучения населения

Оценка доз облучения населения, которое проживает на территориях, пострадавших от Чернобыльской аварии, приведена в [17]. Максимальные эффективные

дозы в контексте пролонгированного облучения получают жители Житомирской области – около 5 мЗв год⁻¹ и Киевской области – 4,6 мЗв год⁻¹. Минимальные значения эффективных доз зафиксированы в Волынской области – порядка 2 мЗв год⁻¹. Для большинства загрязненных областей аварийные дозы составляют 3–5 % величины пролонгированной компоненты. Исключением является Ровенская область, для которой вклад аварийной компоненты оценивается в 36 % при средней суммарной эффективной дозе 2 мЗв год⁻¹. В первую очередь, это связано с благополучной ситуацией относительно облучения техногенно-усиленными источниками природного происхождения и существенными аварийными дозами внутреннего облучения (в основном за счет цезия-137 в продуктах питания).

Оценки структуры и величины вклада отдельных источников в суммарную дозу облучения являются обязательной составляющей процедур оправданности вмешательства и оптимизации контрмер, причем дозовый критерий может быть вторичным для некоторых сценариев облучения. Практика показала, что на поздней, восстановительной стадии аварии на принятие решения о вмешательстве больше влияют не дозовые, а социальные и политические аспекты проблемы реабилитации пострадавших территорий. Анализ доз облучения свидетельствует о том, что на загрязненных территориях преобладают в основном техногенно-усиленные источники природного происхождения и эта компонента должна учитываться при выборе защитных мероприятий по уменьшению существующих доз облучения.

Результаты радоновых исследований в регионах Украины носят ограниченный и фрагментарный характер. Возможно, это обстоятельство и отсутствие единой методологии приводит к тому, что оценки коллективной дозы населения Украины от природных источников излучения, проведенные различными специалистами, изменяются в широких пределах. Очевидно, что в связи с этим важнейшее значение для правильного определения приоритетных мер приобретает обоснованная и стандартизованная методология расчета коллективных доз облучения населения от разных видов облучения (природные источники, техногенные источники и медицинское облучение). Следует отметить, что такая методология необходима не только для определения приоритетных мер, но и для адекватной оценки эффективности планируемых или уже проведенных защитных мероприятий.

При отсутствии детальных результатов выборочных исследований помещений зданий по объемной активности радона во всех регионах Украины с учетом их геолого-геофизических, климатических, социальных и демографических особенностей оценка коллективной дозы облучения населения Украины может быть проведена лишь с большей или меньшей долей достоверности. Однако в любом случае она должна основываться на определенных обоснованных предположениях и допущениях, которые в последующем могут уточняться.

Оценки доз позволяют подчеркнуть важность адекватного понимания ведущей роли радона в облучении населения Украины. Численность населения страны, облучаемого в профессиональных дозах, превышает, или как минимум, сопоставима с количеством персонала, для которого ведется учет облучения. Очевидно, что по мере уточнения социо-демографических характеристик населения Украины и появления новых результатов радонового мониторинга в большем количестве регионов страны модель расчета коллективной дозы для населения Украины от радона может развиваться в сторону большей детализации и станет возможным дальнейшее уточнение оценок доз, что позволит, помимо более четкой идентификации групп риска, уточнить ущерб, связанный с

коллективными дозами, и более осознанно распределять усилия и средства на снижение облучения населения.

Выводы

Средневзвешенная суммарная эффективная доза облучения населения Украины, обусловленная природными источниками, составляет $3,5 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Вклад управляемой компоненты в суммарную дозу оценивается в $2,8 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$, причем существенная доля этой дозы формируется за счет радона в помещениях зданий – $2,4 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Для техногенно-усиленных источников природного происхождения средневзвешенная эффективная доза облучения составляет $3,9 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$, а эффективная доза от всех природных источников – $4,6 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Установлена значительная вариабельность эффективных доз облучения населения на региональном уровне. По уровню радоноопасности выделяются: Днепропетровская, Кировоградская, Винницкая, Черкасская, Херсонская и Одесская области.

Оценка доз позволяет подчеркнуть важность понимания ведущей роли радона в облучении населения страны. По мере появления новых результатов радонового мониторинга в большем количестве регионов страны модель расчета коллективной дозы для населения Украины от радона может развиваться в сторону детализации и станет возможным дальнейшее уточнение оценок доз, что позволит помимо более четкой идентификации групп риска уточнить ущерб, связанный с коллективными дозами, и более осознанно распределить усилия и средства на снижение облучения населения.

1. Публикация № 65 МКРЗ: М. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К.: МОЗ України, 1998. – 135 с.
3. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-05). Державні санітарні правила: ДСП 6.177-2005-09-02 // МОЗ України. – К., 2005. – 62 с.
4. Гулябянц Л.А. Рекомендации по проектированию противорадоновой защиты жилых и общественных зданий / Л.А. Гулябянц // АНРИ. – 1996/97. – №5 (11). – С. 58–67.
5. Павленко Т.О. Рівні радону в повітрі будинків України / Павленко Т.О. // Довкілля та здоров'я. – 2007. – № 2. – С. 22–25.
6. Комов И.Л. Основные проблемы радоновой безопасности. / [Комов И.Л., Фролов О.С., Диденко П.И. и др.]– К.: Логос. – 2005. – 352 с.
7. Павленко Т.А. Экологические аспекты воздействия ионизирующего излучения радона на население Украины / Т.А. Павленко, Е.К. Вовнянко, И.Л. Комов, П.И. Диденко // Агроекологічний журнал, – 2005, – № 2. – С. 64–73.
8. Павленко Т.О. Будівельні матеріали як джерело доз опромінення населення України / Т.О. Павленко, М.В. Аксьонов, М.А. Фризюк // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2007. – Т. II, № 1. – С. 94–96.
9. Бузинний М.Г. Природна радіоактивність питної води свердловин на території України / М.Г. Бузинний // Гігієнічна наука та практика на рубежі століть: Мат. 14 з'їзду гігієністів України. –Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2004. – Т. II. – С. 308–310.
10. Павленко Т.О. Контроль радона в воздухе жилых помещений Т.О. Павленко // СЕС: профілактична медицина. – 2007. – № 5. – С. 28–31.
11. Лось І.П. Дози опромінення населення України джерелами природної радіоактивності / І.П. Лось, Т.О. Павленко, М.Г. Бузинний та ін. // Радіаційна безпека в Україні: бюлетень НКРЗУ. – 1994. – № 1. – С. 26–29.

12. Костенецкий М.И. Радиоактивность питьевой воды подземных источников и дозы облучения населения: Мат. III Междунар. водного форума АКВА Украина 2005. М.И.Костенецкий, А.И.Севальнев – К., 2005. – С. 229–232.

13. Григор'єва Л.І. Радіоекологічний ризик винесення радіонуклідів у довкілля з викидами та скидами АЕС / Л.І. Григор'єва, Ю.А. Томілін, К.В. Григор'єв // Ядерна та радіаційна безпека. – 2012. – Т. 1, № 53. – С. 30–36.

14. Лось И.П. Гигиеническая оценка дозообразующих источников ионизирующих излучений природного и техногенного происхождения и доз облучения населения Украины: Дис. д-ра биол. наук. / И.П. Лось– К., 1993. – 402 с.

15. Shiraishi K. Dietary intakes of trace elements and health effects in Ukraine: report of research project, grant-in aid for scientific research, Japan Society for the Promotion of Science / National Institute of Radiological Sciences. Chiba, Japan. – Chiba, 2005. – P. 66–134.

16. Аксенов И.В. Дозы облучения населения Украины, обусловленные поступлением урана и тория с продуктами питания / И.В. Аксенов, Т.А. Павленко, М.А. Фризюк // Гігієна населених місць, 2008. – № 51. – С. 302–305.

17. Лось І.П. Оцінка існуючих доз опромінення населення джерелами «аварійного» та «неаварійного» походження / І.П. Лось, Т.О. Павленко // Журнал академії медичних наук України. – 2006. – Т. 12, № 1. – С. 168–173.

П.І. Діденко, О.В. Алексєєва

РАДОНОВА НЕБЕЗПЕКА ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ

Проведена оцінка ефективних доз опромінення населення України від джерел природного походження. По рівню радононебезпеки виділяються: Дніпропетровська, Кіровоградська, Вінницька, Черкаська, Херсонська і Одеська області. Оцінка доз дозволяє підкреслити важливість розуміння основної ролі радону в опроміненні населення країни. З появою нових результатів радонового моніторингу в більшій кількості регіонів країни модель розрахунку колективної дози для населення України від радону може розвиватися в бік деталізації і стане можливим подальше уточнення оцінок доз, що дозволить крім ідентифікації груп ризику уточнити збиток, пов'язаний з колективними дозами, і більш усвідомлено розподіляти зусилля і засоби на зниження опромінення населення.

P.I. Didenko, E.V. Alekseeva

RADON DANGER FOR POPULATION OF UKRAINE

Effective doses estimation of population of Ukraine from natural origin sources was done. Differ level of radioactive danger has the following oblasts: Dnipropetrovska, Kirovohradska, Cherkaska, Khersonska and Odessa. Doses assessment can emphasize the importance of understanding the basic role of radon exposure for population. New radon monitoring results in different regions of the country can improve calculating model of the collective dose to the population of Ukraine from radon and it will be possible to specify doses estimation. It helps to identify risk groups and specify damages, connected with collective doses, and more consciously allocate efforts and facilities to reduce public exposure.

Е.В. АЗАРЕНКО, Ю.Ю. ГОНЧАРЕНКО, М.М. ДИВИЗИНЮК

*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,
г. Севастополь*

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Предлагается обобщенная математическая модель движения водной среды с учетом региональных особенностей Черного моря, в соответствии с которыми вся Черноморская среда разделяется на приповерхностные и придонные слои, а также водную толщу, где отсутствует воздействие силы трения.

Введение

Прогнозирование движения водной среды представляет собой актуальную проблему, стоящую как перед фундаментальной, так и перед прикладной наукой [1]. В зависимости от прикладных аспектов это могут быть задачи тепло- и массообмена в водной среде, объясняющие морскую турбулентность и циркуляцию вод [2,3], вопросы прогнозирования распространения антропогенных загрязнений [4,5] и многие другие прикладные задачи [6,7]. Каждая из предлагаемых в этих источниках исследования моделей предназначена для решения вполне определенной задачи. Всех их объединяет универсальность, то есть применимость для любых акваторий Мирового океана, при этом не учитываются их региональные особенности, что является главным недостатком. Особенность региональных условий Черного моря, по мнению ряда ученых-океанологов, состоит в том, что оно является своеобразной естественной моделью Мирового океана, и большинство гидрологических закономерностей, характерных для океанов, проявляются и в Черноморской акватории.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью работы является разработка обобщенной модели движения водной среды с учетом особенностей Черноморского водного бассейна. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Во-первых, рассмотреть основные уравнения гидродинамики, применяемые для описания движения вод океана. Во-вторых, сформулировать условия, определяющие региональные особенности Черноморского водного бассейна. В-третьих, разработать обобщенную модель движения с учетом региональных особенностей Черного моря.

Особенности движения водной среды

Для описания течения потока воды используются основные уравнения термодинамики турбулентного океана. Обычно на практике используют не вектор скорости течения, а его проекции на оси сферической системы координат, а именно: φ - широта или $\theta = \frac{\pi}{2} - \varphi$ - дополнение к широте, λ - долгота, R - удаление от центра Земли.

Проекция на радиус R также может заменяться проекцией на ось z , которая направлена практически вдоль радиуса от невозмущенной поверхности вглубь океана, тогда уравнения движения будут иметь вид (1) и (2):

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_\theta}{\partial t} + \frac{v_\theta}{R} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_\lambda}{R \sin \theta} \frac{\partial v_\theta}{\partial \lambda} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} - \frac{v_\lambda^2}{R} \operatorname{ctg} \theta - 2\omega \cos \theta v_\lambda = \\ = -\frac{1}{\rho_0 R} \frac{\partial P}{\partial \theta} + \frac{\partial}{\partial z} K_v \frac{\partial v_\theta}{\partial z} + \frac{K_{VL}}{R^2} \nabla^2 v_\theta, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_\lambda}{\partial t} + \frac{v_\theta}{R} \frac{\partial v_\lambda}{\partial \theta} + \frac{v_\lambda}{R \sin \theta} \frac{\partial v_\lambda}{\partial \lambda} + v_z \frac{\partial v_\lambda}{\partial z} + \frac{v_\theta v_\lambda}{R} \operatorname{ctg} \theta + 2\omega \cos \theta v_\theta = \\ = -\frac{1}{\rho_0 R \sin \theta} \frac{\partial P}{\partial \lambda} + \frac{\partial}{\partial z} K_V \frac{\partial v_\lambda}{\partial z} + \frac{K_{VL}}{R^2} \nabla^2 v_\lambda. \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнение гидростатики

$$\frac{\partial P}{\partial z} = \rho g. \quad (3)$$

Уравнение неразрывности в приближении Буссинеска:

$$\frac{1}{R \sin \theta} \left(\frac{\partial}{\partial \theta} \sin \theta v_\theta + \frac{\partial v_\lambda}{\partial \lambda} \right) + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (4)$$

Ввиду относительной малости адиабатических изменений температуры и малости градиентов основных океанологических характеристик уравнение переноса для движущейся среды примет вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{v_\lambda}{R \sin \theta} \frac{\partial T}{\partial \lambda} + \frac{v_\theta}{R} \frac{\partial T}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} K_T \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{K_{TL}}{R^2} \nabla^2 T. \quad (5)$$

Аналогично, в связи с малыми изменениями плотности и градиента солёности уравнение диффузии солей запишется в виде:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{v_\lambda}{R \sin \theta} \frac{\partial S}{\partial \lambda} + \frac{v_\theta}{R} \frac{\partial S}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} K_S \frac{\partial S}{\partial z} + \frac{K_{SL}}{R^2} \nabla^2 S. \quad (6)$$

В уравнения (1)-(6) входит семь неизвестных величин: составляющие вектора скорости v_θ, v_λ, v_z , гидродинамическое давление P , плотность ρ , температура T и солёность S морской воды. Для замыкания системы уравнений необходимо ввести еще одно уравнение – уравнение состояния морской воды, которое в самой общей форме имеет вид

$$\rho(S, T, P) = \rho(35, 0, 0) + \delta \rho_S + \delta \rho_T + \delta \rho_P + \delta \rho_{ST} + \delta \rho_{SP} + \delta \rho_{TP} + \delta \rho_{STP}, \quad (7)$$

где $\delta \rho$ - поправки плотности на S, T, P .

В системе (1)-(7) обозначены: v_θ, v_λ, v_z - составляющие скорости течения по осям θ, λ, z сферической системы координат, $\nabla^2 = \frac{1}{\sin \theta} \left(\frac{\partial}{\partial \theta} \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial^2}{\partial \lambda^2} \right)$ - горизонтальная часть оператора Лапласа в сферических координатах.

Таким образом, полная система гидродинамической системы океана содержит семь уравнений и существенно усложняется неопределенностью коэффициентов турбулентности K_V, K_T, K_S и требует дополнительных уравнений, устанавливающих связь между этими коэффициентами и остальными неизвестными.

Условия, определяющие региональные особенности Черноморского бассейна

Первым допущением является условие однородности плотности морской среды по вертикали и горизонтали, при этом не учитываются процессы тепло- и влагообмена между

водной средой и атмосферой, водной средой и литосферой, а также изменение плотности воды с глубиной вследствие гидростатического давления.

Во-вторых, допустим, что для однородной Черноморской среды ветровая циркуляция устанавливается относительно быстро, то есть

$$\text{Sh} \cdot K_i = \frac{1}{t_x \cdot f_x} \ll 1, \quad (8)$$

где $\text{Sh} = \frac{L_x}{V_x \cdot t_x}$ - число Струхаля;

$K_i = \frac{V_x}{f_x \cdot L_x}$ - число Кибеля;

V_x, L_x, t_x, f_x - характерные масштабы горизонтальной скорости, горизонтальной координаты, времени и параметра Кориолиса ($t_x \geq 10^6 \text{ с}$, $f_x \approx 10^{-4} \text{ с}$).

Третий постулат состоит в том, что в однородном океане за счет дрейфового переноса появляются горизонтальные градиенты давления (9), (10):

$$\frac{\partial P}{R \partial \theta} = g \rho_0 \frac{\partial \zeta}{R \partial \theta}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial P}{R \sin \theta \partial \lambda} = g \rho_0 \frac{\partial \zeta}{R \sin \theta \partial \lambda}, \quad (10)$$

Вблизи берегов, у поверхности и дна возрастает роль трения, и вклад соответствующих составляющих достигает значений слагаемых геострофического течения. Тогда динамика внутренней области однородного моря в квадистационарном приближении будет описываться системой уравнений (11), (12), (13):

$$f v_\lambda = g \frac{\partial \zeta}{R \partial \theta} + K_v \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2}, \quad (11)$$

$$-f v_\theta = g \frac{\partial \zeta}{R \sin \theta \partial \lambda} + K_v \frac{\partial^2 v_\lambda}{\partial z^2}, \quad (12)$$

$$\frac{\partial v_\theta}{R \partial \theta} + \frac{\partial v_\lambda}{R \sin \theta \partial \lambda} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (13)$$

Влияние на эти динамические процессы атмосферы и дна задается граничными условиями:

при $z = 0$ - невозмущенная поверхность океана:

$$\rho_0 K_v \frac{\partial v_\theta}{\partial z} = -\tau_\theta, \quad \rho_0 K_v \frac{\partial v_\lambda}{\partial z} = -\tau_\lambda, \quad v_z = 0, \quad (14)$$

при $z = H$

$$v_\theta = 0, \quad v_\lambda = 0, \quad v_z = 0. \quad (15)$$

Вводя комплексные скорость V , градиент давления ξ и напряжение трения ветра на поверхности τ , уравнения движения (11), (12) и первые два из граничных условий (14) и (15) можно записать в виде

$$ifV = g\xi + K_v \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}, \quad (16)$$

$$\text{при } z = 0: \quad \rho_0 K_v \frac{\partial V}{\partial z} = -\tau, \quad (17)$$

$$\text{при } z = H: \quad V = 0. \quad (18)$$

В результате решения (16) – (18) с учетом того, что в приближении однородного океана ξ не зависит от глубины для северного полушария ($f > 0$), получается

$$V = \frac{\tau}{\mu K_v} \frac{sh \mu(H-z)}{ch \mu H} + \frac{g\xi}{if} \left(1 - \frac{ch \mu z}{ch \mu H} \right), \quad (19)$$

$$\text{где } \mu = \left(\frac{f}{2K_v} \right)^{\frac{1}{2}} (1+i).$$

Первое слагаемое в правой части (19) – дрейфовый компонент движения – является результатом непосредственного влекущего действия ветра. Второе слагаемое определяется наличием в океане горизонтального градиента давления и носит название градиентного компонента движения. Суперпозиция (19) чисто дрейфового и градиентного течений в однородном море образует так называемую экмановскую модель элементарной системы течений.

Вертикальная составляющая суммарного дрейфово-градиентного течения определяется из проинтегрированного по вертикали уравнения неразрывности (13) с учетом последнего из граничных условий (14):

$$v_z = -\int_0^z \text{div}_r V = -\text{div}_r \left\{ \frac{\tau}{if} \frac{ch \mu H - ch \mu(H-z)}{ch \mu + 1} + \frac{g\xi}{if} \left(z - \frac{1}{\mu} \frac{sh \mu z}{ch \mu H} \right) \right\}, \quad (20)$$

где div_r обозначает дивергенцию на горизонтальной плоскости.

Поскольку в соответствии с (9), (10) в величину ξ входят первые производные от уровня ζ , то подстановка в выражение (20) граничного условия для вертикальной составляющей скорости у дна $v_z(i, \lambda, H) = 0$ приводит к уравнению второго порядка относительно $\zeta(i, \lambda)$, для решения которого необходимо располагать не зависящим от вертикальной координаты граничным условием. В связи с этим обычно используемое условие непротекания на твердых границах выражается через равенство нулю не нормальной составляющей скорости на каждом горизонте, а через нулевое значение нормальной составляющей полного потока, что является четвертым условием:

$$(M_n)_L = 0. \quad (21)$$

Значение полного потока M находится интегрированием уравнения (19) по невозмущенной поверхности до дна:

$$M = \int_0^H V dz = \frac{\tau}{if} \frac{\operatorname{ch} \mu H - 1}{\operatorname{ch} \mu H} + \frac{g\xi}{if} \left(H - \frac{1}{\mu} \operatorname{th} \mu H \right). \quad (22)$$

Отделяя здесь действительную и мнимую части и составляя в зависимости от направления береговой черты выражение (21), получаем искомое граничное условие для определения уровня моря ζ , после чего на основании формул (19) и (20) находим вектор скорости течения на любом горизонте.

Таким образом, особенности Черноморского бассейна определяются четырьмя условиями, а именно: однородностью плотности морской среды, быстрым установлением ветровой циркуляции, возрастанием роли трения в приповерхностных, придонных и прибрежных слоях водной среды, а также непротеканием воды на твердых границах.

Обобщенная модель движения

В (19) входит множитель h , который зависит от соотношения глубины моря и величины μ ,

$$h = \left(\frac{f}{2K_v} \right)^{-\frac{1}{2}}. \quad (23)$$

Этот множитель имеет размерность длины, а его физический смысл состоит в том, что он определяет толщину слоев, в пределах которых заметно сказывается эффект трения ветра и эффект трения о дно.

Из классической океанографии известно, что глубина трения Экмана D связана с h соотношением $D = \pi \cdot h$. Когда $h \ll H$, море принято называть глубоким. В этом случае учитывая, что

$$\frac{\operatorname{sh} \mu(H-z)}{\operatorname{ch} \mu H} \approx e^{-\mu z}; \quad \frac{\operatorname{sh} \mu z i}{\operatorname{ch} \mu H} \approx e^{-\mu(H-z)}, \quad (24)$$

формулу (19) можно записать как

$$V = \frac{\tau}{\mu K_v} e^{-\mu z} + \frac{g\xi}{if} - \frac{g\xi}{if} e^{-\mu(H-z)}. \quad (25)$$

Из анализа (25) следует, что в толще моря ($H - D > z > D$) на значительных расстояниях от свободной поверхности и дна основной вклад в течение вносит второе слагаемое. С достаточной степенью точности можно записать:

$$V = \frac{g\xi}{if}. \quad (26)$$

Эта формула описывает геострофическое течение. Его направление и скорость не меняются с глубиной. Направлено геострофическое течение перпендикулярно направлению градиента давления, причем в северном полушарии оно отклоняется вправо от наблюдателя, смотрящего в направлении максимального понижения уровня.

В верхнем слое моря ($0 < z < D$), кроме геострофического, существенную роль играет чисто дрейфовое течение. Профиль скорости в этом слое, носящем название экмановского поверхностного слоя трения или верхнего пограничного слоя, описывается формулой

$$V = \frac{\tau}{\mu K_v} e^{-\mu z} + \frac{g\xi}{if}. \quad (27)$$

У дна океана в слое толщиной D ($H > z > H - D$), где дрейфовый перенос практически отсутствует, и существенное влияние оказывает придонное трение, вертикальная структура течения будет определяться зависимостью

$$V = \frac{g\xi}{if} [1 - e^{-\mu(H-z)}]. \quad (28)$$

По аналогии с поверхностным этот слой называется экмановским придонным пограничным слоем. Здесь с увеличением расстояния от дна вектор скорости течения возрастает по модулю и одновременно совершает поворот до направления геострофического течения.

В другом предельном случае – случае мелководья ($H \ll h$) – имеет место соотношение $\mu H \ll 1$, учет которого приводит формулу (19) к виду

$$V = \frac{\tau}{K_v}(H - z) + \frac{g\xi}{2K_v}(H^2 - z^2). \quad (29)$$

В (29) полностью отсутствует эффект вращения. Эта формула также может быть получена, если при решении задачи (16) – (18) пренебречь ускорением Кориолиса.

На рис. 1 приведены годографы суммарного дрейфово-градиентного течения (для северного полушария) для различных значений $\frac{H}{D}$ при наличии нагонного ветра, параллельного отвесному бесконечно протяженному прямолинейному берегу.

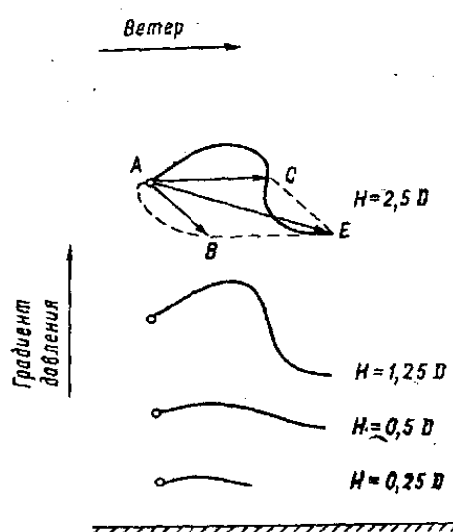


Рис. 1. Годографы скорости суммарного дрейфово-градиентного течения для различных значений H/D (северное полушарие):

AB – чисто дрейфовое течение на поверхности; AC – геострофическое течение;

AE – суммарное дрейфово-градиентное течение на поверхности.

Дрейфовое течение, формирующееся в поверхностном слое, создает интегральный перенос, направленный перпендикулярно к ветру, т.е. в данном случае нормально к береговой черте, вследствие чего у берега образуется нагон, а значит и градиент давления, направленный в сторону океана. Последний формирует градиентное течение, охватывающее всю толщу воды от поверхности до дна.

На том же рис. 1 помещена схема построения годографа для случая, когда $H = 2,5D$. В поверхностном пограничном слое имеется дрейфовое течение (годограф BA) и геострофическое течение AC. Их результирующая на каждом горизонте дает суммарное течение (годограф EC). Вне поверхностного и придонного пограничных слоев имеет место практически неизменное по глубине, направленное параллельно берегу геострофического течения (26). В придонном пограничном слое, как и в вышележащем промежуточном, дрейфовое течение практически отсутствует. Вследствие влияния дна градиентное течение имеет переменное направление и скорость (годограф CA).

По мере уменьшения глубины H , естественно, уменьшается толщина промежуточного слоя, и он исчезает при $H \leq 2D$. В связи с этим трансформируется и годограф суммарного дрейфово-градиентного течения. При $H = 0,25D$ он практически

становится отрезком прямой, параллельной береговой черте, что соответствует однонаправленному вдольбереговому переносу.

Что касается вертикальной составляющей скорости, то как следует из (20), существенное влияние на ее изменение с глубиной так же, как и на горизонтальные составляющие, оказывает наличие поверхностного и придонного пограничных слоев.

Таким образом, обобщенная модель движения Черноморской водной среды условно разделяет всю водную среду на три слоя, где учитывается трение ветра (приповерхностный слой), трение морского дна (придонный слой) и где отсутствует трение (основная водная толща). Вблизи берегов следует выделить отдельный прибрежный слой, где учитывается трение о берег и дно (береговой склон) одновременно.

Выводы

1. Полная система гидродинамической системы океана содержит семь уравнений и существенно усложняется неопределенностью коэффициентов турбулентности K_v, K_T, K_S и требует дополнительных уравнений, устанавливающих связь между этими коэффициентами и остальными неизвестными.

2. Особенности Черноморского бассейна определяются четырьмя постулатами, а именно: однородностью плотности морской среды, быстрым установлением ветровой циркуляции, возрастанием роли трения в приповерхностных, придонных и прибрежных слоях водной среды, а также непротеканием воды на твердых границах.

3. Обобщенная модель движения Черноморской водной среды условно разделяет всю водную среду на три слоя, где учитывается трение ветра (приповерхностный слой), трение морского дна (придонный слой) и где отсутствует трение (основная водная толща). Вблизи берегов следует выделить отдельный прибрежный слой, где учитывается трение о берег и дно (береговой склон) одновременно.

1 Гончаренко Ю.Ю. Модели распространения нефтяных загрязнений на водной поверхности / Ю.Ю. Гончаренко – Севастополь: Гос. океанариум, 2011. – 104 с.

2. Физика океана / Под ред. Ю.П. Доронина. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 296 с.

3. Динамика океана. / Под ред. Ю.П. Доронина. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 304 с.

4. Ісаєнко В.М. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар та інші – К.: Вид-во НАУ-друк, 2009. – 312 с.

5. Лисиченко Г.В. Методологія оцінювання екологічних ризиків / Г.В. Лисиченко., Г.А. Хміль, С.Б. Барбашев – Одеса: Астропринт, 2011. – 368 с.

6. Дивизинюк М.М. Акустические поля Черного моря / Дивизинюк М.М. – Севастополь: Гос. Океанариум, 1998. – 352 с.

Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ РУХУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Пропонується узагальнена математична модель руху водного середовища з урахуванням регіональних особливостей Чорного моря, у відповідності з якими все Чорноморське середовище розділяється на приповерхневі і придонні шари, а також водну товщу, де відсутній вплив сили тертя.

E. Azarenko, Y. Honcharenko, M. Diviznuk

GENERALIZED MODEL OF WATER MEDIUM MOTION

It is proposed generalized mathematical model of water medium motion, with respect to regional specialties the Black Sea. According to the model, all medium of the Black Sea is divided into near bottom layers, near surface layers, and water layer with no friction forces.

**М.І. БАЗАЛЄСВ¹, Б.Б. БАНДУРЯН¹, В.Ф. КЛЕПІКОВ¹, О.Г. ЛИСИЧЕНКО²,
В.В. ЛИТВИНЕНКО¹, І.Б. ВОРОБІЙОВ¹**

¹ Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України, м. Харків

² ДУ Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України, м. Київ

ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЗСУВОНЕБЕЗПЕКИ В ЗОНІ РОЗТАШУВАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Охарактеризовано тепловізорний метод оцінки стану безпеки зсуву ґрунтових масивів гідротехнічних споруд, доведено його ефективність, а також визначений порядок виявлення зсувонебезпечних зон за даними тепловізійного обстеження.

Вступ

Інтеграція української енергетичної системи до європейської енергетичної мережі висуває вимогу до підвищеного рівня безпеки експлуатації, надійності та безпечності впливу на довкілля. Гідротехнічні споруди (ГТС), як важлива ланка в генерації, розподіленні та маневруванні енергетичними потоками, є складним об'єктом, у якому взаємопов'язані технологічні, геологічні, кліматичні та метеорологічні чинники, кожен з яких здатен бути визначальним у забезпеченні безпеки експлуатації. Наявний доробок у сфері стандартів, що регулюють різні аспекти експлуатації гідротехнічних споруд [1], свідчить про те, що застосовуваний перелік методик та контрольно-вимірювальної апаратури не є вичерпним, а до кожного гідротехнічного об'єкту складається програма спостережень, якою визначається перелік і схема розміщення контрольно-вимірювальних приладів, методики обробки здобутих результатів. Виконання робіт з оцінки стану гідротехнічних споруд в нестандартних ситуаціях, наприклад, на стадії пускових робіт, надлишкового повеневого навантаження, інтенсивних опадів, різких перепадів температури тощо передбачає залучення науково-дослідних установ. Слід зазначити, що проведення робіт зі спостереження за станом устаткування та капітальних споруд в таких умовах передбачає необхідність високої експресності та оперативності проведення вимірювальних робіт і обробки здобутих результатів. Важливою умовою є узгодженість та доповнюваність застосовуваних методик з вимогами до проведення обов'язкових спостережень.

На теперішній час одним з напрямків проведення діагностики та контролю за станом технологічного обладнання, довкілля, геофізичних та геологічних процесів є інфрачервона (ІЧ) радіометрія. Інтенсивний розвиток цієї методики зумовлений високою інформативністю діапазону (3-5 мкм та/або 8-14 мкм), що реєструється, і безконтактністю вимірів, можливістю вибору масштабу спостережень (регулюється зміною просторового розрізнення від десятків мікрометрів до сотень метрів), а також створенням в останні роки чутливих неохолоджуваних детекторів ІЧ – діапазону з високою температурною чутливістю (близько 0, 025 К) та наявністю стандартних пакетів програм для аналізу одержаних вимірювань. Застосування технологій контролю на основі ІЧ-радіометрії в тій чи іншій галузі стримується відсутністю напрацьованої науково-методологічної бази, яка ґрунтується на знаннях теплофізичних процесів, що відбуваються в об'єкті контролю під впливом техногенних та природних чинників, а також чітко сформульованих рекомендацій і алгоритмів проведення моніторингу в умовах експлуатації об'єктів.

Технологія тепловізійної ІЧ-радіометрії набула найбільшого поширення в галузі

діагностики електротехнічного обладнання, разом з тим перелік її використання для контролю об'єктів гідроенергетики є значно ширшим. Так, можливість використання тепловізійної техніки для оцінки стану земляних гребель (плотин) вказується в роботах [2,3], зокрема, для виявлення в них місць напірної фільтрації. Для ідентифікації місць напірної фільтрації в залізобетонних конструкціях нами було запропоновано метод [4], в якому описана процедура проведення зйомок, запису та збереження інформації і її подальшого аналізу. Істотним залишається конкретизація та деталізація особливостей проведення тепловізійного моніторингу стосовно виявлення місць потенційних зсувів ґрунтів, ділянок ерозії ґрунтів, дефектних зон в залізобетонних конструкціях, усунення фільтрації тощо. Суттєво інформативним вимірювання розподілу температурного поля стає в режимі встановлення кореляційних залежностей між процесами, що спостерігаються, наприклад, розкриттям деформаційних швів в залізобетонних конструкціях, інтенсивності фільтраційного потоку, розподілу температури в потоці води, рівня води тощо.

Невід'ємною частиною тепловізійного моніторингу є глибокий системний аналіз впливу різних техногенних і геологічних процесів на стан ГТС і умов виникнення екологічної погрози, факторів зміни ІЧ-випромінювання в області зон підвищеної фізико-хімічної активності, обводненості, аномалій сполучень ґрунтів, матеріалів споруд та ін., які повинні ґрунтуватися на тісному зв'язку і взаємозумовленості випромінюючих і відбивних характеристик поверхні об'єкта контролю з його поверхневою та внутрішньою будовою і станом.

Методологія застосування тепловізійного моніторингу доповнює наявні стандартні підходи до спостереження за станом гідротехнічних споруджень енергетичного комплексу, узгоджується з ними та забезпечує в комплексі з ними істотно більшу безпечність споруди, експлуатація якої відбувається в умовах процесів зниження міцності та стійкості елементів конструкції. Контроль температурного режиму ГТС спрямований на вирішення таких задач, як визначення температурної складової (температурного градієнту) в розкритті міжсекційних будівельних швів (деформаційних швів) і тріщин, переміщень і напруг в основі і тілі споруджень, процесів консолідації ґрунту і напруг у кістяку ґрунту, укосах і гребні греблі, виявлення виходів фільтраційних вод на низовому укосі греблі і у нижньому б'єфі з підстави греблі, у примиканні до бетонних споруджень і в берегових примиканнях, стану ущільнення між плитами кріплення, а також вимиву ґрунту з-під плит, їхнє осідання і т.п.

Окрім вибору оптимальних умов для тепловізійної зйомки і формування пошукових критеріїв, необхідно на момент обстеження визначити конструкційні температурні неоднорідності споруди і її "еталонне" теплове зображення, яке відповідає проектним даним тепловізійного обстеження. Опорні теплотехнічні виміри і тестування в декількох аномальних і нормальних зонах підсилюють достовірність і інформативність результатів тепловізійного обстеження.

Тепловізійний метод оцінки стану безпеки зсуву ґрунтових масивів гідротехнічних споруд

Однією з причин та ознак виникнення аварійної ситуації на ГТС є можливі обвали та зсуви схилів у водосховище з утворенням високих хвиль, виникнення надмірної фільтрації в районі розташування гідровузла, фундаментів та з'єднань гідротехнічних споруд.

Перспективність застосування тепловізійного контролю для оцінки міцнісних властивостей ґрунтів та одержання інформації про їх стан на основі спостереження рослинного покриву зумовлена засадами, викладеними в роботах [5,6]. Вимірювання

розподілу температури на поверхні ґрунтового масиву може виявитись вельми інформативним параметром, який дасть змогу, наприклад, оцінити водомісткість ґрунтового масиву або спрогнозувати координати локалізації внутрішніх механічних напружень і в подальшому оцінити їх тиск на розташовані всередині масиву конструкції. Застосування тепловізійного спостереження необхідно проводити в узгодженості з візуальними спостереженнями, які є невід'ємною складовою експлуатаційного контролю. Ділянки схилів, які містять ознаки ерозійних процесів фіксуються фотоапаратурою із застосуванням геодезичної апаратури (дальноміри, теодоліти тощо), яка дозволяє створювати карту потенційно небезпечних ділянок. На рис. 1 наведено фотографію схилу над технологічним тунелем при будівництві Новодністровської гідроакумуючої станції. Візуально достатньо добре простежуються ознаки оголеного від рослинного покриву ґрунту.



Рис. 1. Відеозображення схилу ґрунтового масиву, всередині якого розташовані водоводи гідроакумуючої електростанції

Так, особливу увагу викликає ділянка над склепінням технологічного тунелю, оскільки вона підпадає під дію стискаючих напружень, та може бути місцем локалізації вологи, яка витискається з об'єму розташованої вище ґрунтової маси. Оскільки теплофізичні характеристики більш зволоженого ґрунту будуть відрізнятися від сухої породи, це буде проявлятися на теплових картах при проведенні тепловізійної зйомки в періоди зміни температури довкілля, наприклад, у ранішній або у вечірній час, якщо досліджується схил, орієнтований на схід або на північ. Одержувана послідовність термограм дає можливість аналізу динаміки температурного поля із застосуванням стандартних програмних пакетів, якими комплектуються тепловізори. Так, на рис. 2 наведено дві термограми, що були одержані в різний час протягом однієї доби, причому в проміжку часу між їх одержанням не спостерігалось зміни швидкості вітру та випадання осадів. На термограмах видно, що вже згадувана ділянка над склепінням технологічного тунелю містить зони з відмінними значеннями температури. Так, ділянка з більш низькою температурою виділена контуром 1, тоді як решта площі на ділянці 2 має більш високу температуру. При цьому слід зазначити, що рослинний покрів однаково відсутній в обох зонах, тобто коефіцієнт випромінювання і альbedo є однаковими на досліджуваних ділянках. Разом з тим методологія застосування тепловізійної техніки має передбачати співставлення проявів рослинності при візуальному та тепловому спостереженні, оскільки наявність або відсутність рослинності є ознаками ерозійних процесів.

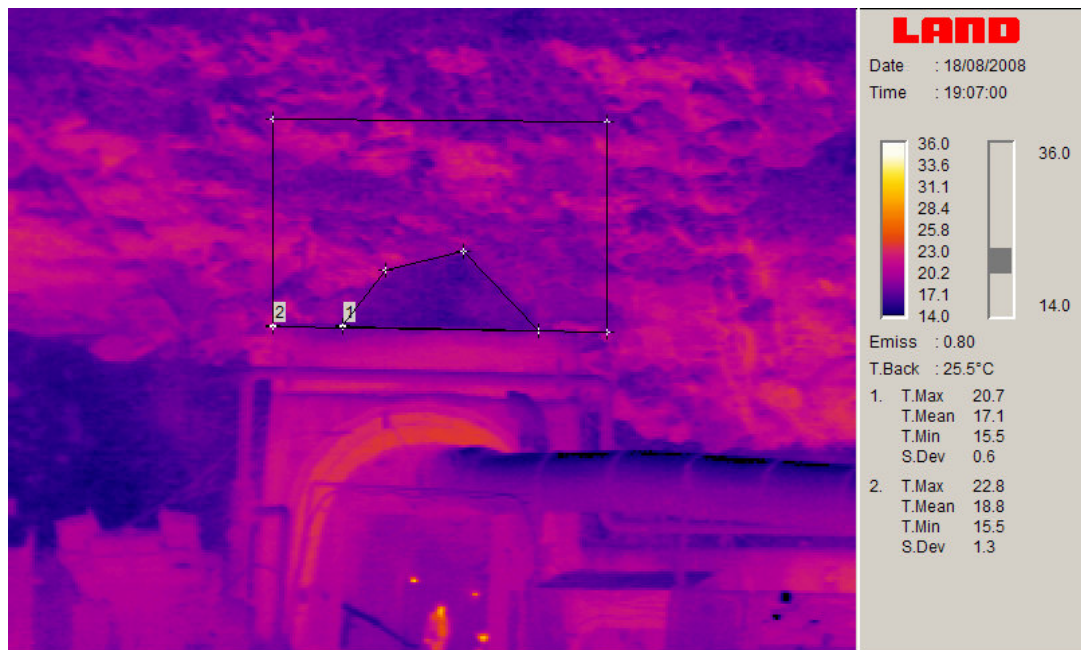


Рис. 2. а) Термограма схилу, одержана за київським часом в 19-07

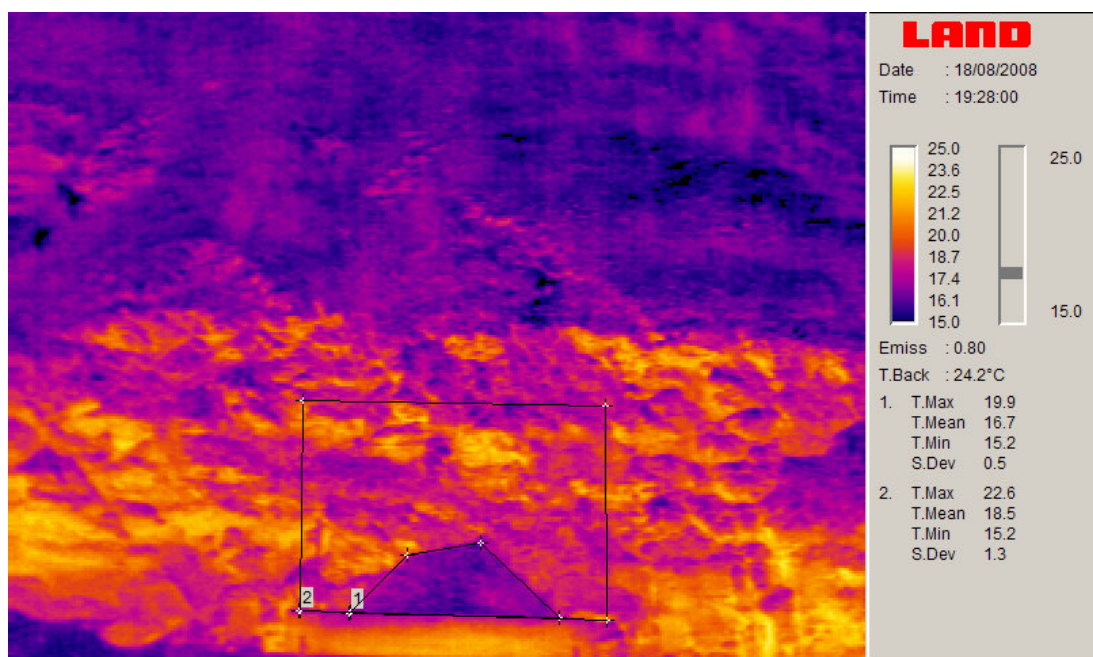


Рис. 2. б) Термограма схилу, одержана за київським часом в 19-28

Відомо, що ерозійні процеси та порушення рівноваги внаслідок збільшення діючих навантажень та зменшенні внутрішнього опору є причинами порушення стійкості ґрунтів [7]. Для ерозійних процесів властива повільність протікання та залежність від геофізичних та метеорологічних факторів. В умовах експлуатації суттєву роль мають також техногенні фактори. Не зважаючи на те, що місця переважного протікання ерозійних процесів є достатньо очевидними при візуальному огляді, карти розподілу температурного поля на поверхні та, зокрема, гістограми розподілу температур на ділянках, що аналізуються, можуть дати додаткову інформацію при проведенні оціночних розрахунків. Місця впливу механічних навантажень на схили, зумовлені надлишковим вмістом накопичуваної вологи візуально не ідентифікуються, але їх можна виявити шляхом аналізу термограм. Для прикладу розглянемо гістограми розподілу температури (рис. 3.) на ділянці 1 рисунку 2.

Як видно зі значень мінімальної, максимальної та переважаючої температури, за проміжок часу в 21 хвилину відбулось охолодження ділянки приблизно на 0,4 °С, що є цілком природнім, оскільки знижувалась температура довкілля (зміни напрямку вітру або випадання осадів за цей проміжок часу не відбувалось). Дати висновок про відмінність процесів теплообміну на ділянці 1, а отже про ймовірну перенасиченість вологою і схильністю до зсуву можна на підставі порівняння з гістограмами розподілу температури на ділянці 2. В першу чергу необхідно співставити значення переважаючих температур на досліджуваних ділянках. Наступним кроком є оцінка рівномірності розподілу температур по поверхні, що видно по величині питомої ваги переважаючої температури у гістограмі. Більш високе значення питомої ваги переважаючої температури може свідчити про перевагу механізмів охолодження шляхом випаровування надлишкової вологи на зсувонебезпечній ділянці.

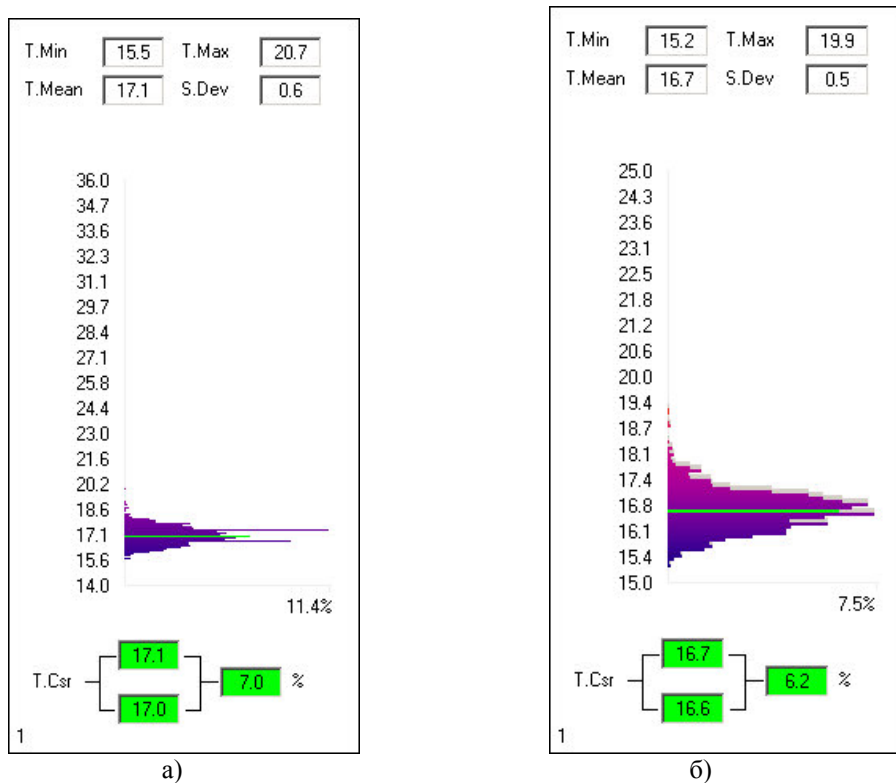


Рис. 3. Гістограма розподілу температури на ділянці 1 поверхні схилу: а) значення для часу 19-07; б) значення для часу 19-28

Порівнюючи гістограми ділянки 2 (рис. 4.), бачимо, що значення переважаючої температури змінилось на меншу величину, ніж на ділянці 1. Тоді як питома вага переважаючої температури є на ділянці 2 значно меншою, до того ж для неї властивий більш широкий діапазон розкиду значень температури, що говорить про нерівномірність процесу охолодження, зумовленою неоднаковими режимами природного теплообміну поверхневих шарів з основним масивом ґрунту. Порівняння значень гістограм ділянки 2 на рис. 4.(а) та 4 (б) показує, що мінімальна, максимальна та переважаюча температури змінились майже на одну й ту саму величину, тобто динаміка зміни температури на ділянці 1 виявилась дещо знівельованою помітнішими швидкостями охолодження при її включенні до площі ділянки 2.

З'ясовані шляхом аналізу термограм контури ділянок схилу з відмінними режимами теплообміну дають підставу розглядати їх такими, де більш ймовірно очікувати зсуву. В разі доступності згаданої ділянки, доцільно також провести безпосереднє вимірювання вологості, оскільки її величина дасть змогу оцінити навантаження на небезпечній ділянці схилу.

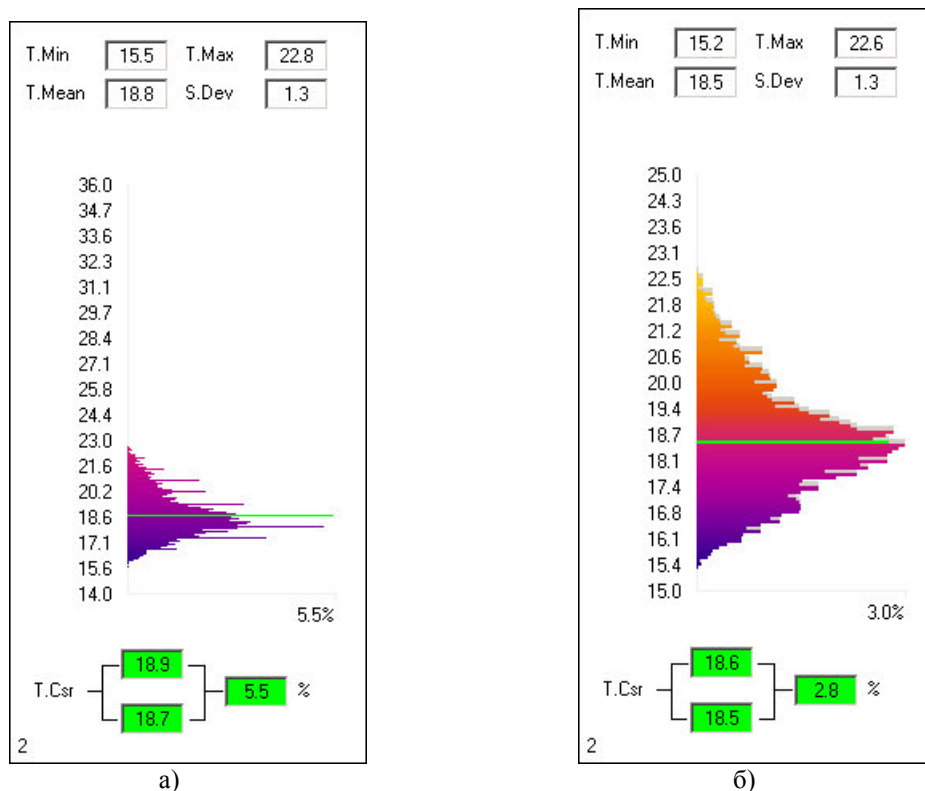


Рис. 4. Гістограма розподілу температури на ділянці 2 поверхні схилу: а) значення для часу 19-07; б) значення для часу 19-28

За даними роботи [7] рівняння рівноваги ґрунту записується як умова рівності нулю моменту утримуючих сил $F_k = P \sin \alpha_k$ та зсовуючих сил $N_k = P \cos \alpha_k$, P - значення ваги умовного вертикального k -го відсіку ґрунту, α_k - кут між напрямком P та нормаллю до радіуса дуги ковзання.

$$\sum F_k R - \sum N_k \operatorname{tg} \varphi R - cLR = 0,$$

де R - радіус дуги ковзання, φ - кут внутрішнього тертя, c - питоме зчеплення ґрунту, L - довжина дуги ковзання.

Так, при застосуванні до визначення стійкості ґрунту методу круглоциліндричних поверхонь ковзання [7], необхідно передбачити координати дуги ковзання. Оскільки зсув, що спричиняється опадами, відбувається по межі поділу зволжених і не зволжених ґрунтів, саме аналіз гістограм в часі може допомогти встановити межі площини ковзання та інші розрахункові параметри, адже теплофізичні характеристики водонасичених шарів будуть відмінні від «сухого» ґрунту. Тобто ми можемо розглядати динаміку температурного поля на поверхні, яка буде відображати особливості структури ґрунтів вглибині масиву.

Обрахунки поширення теплових хвиль всередині неоднорідних ґрунтових масивів здійснено в роботі [8], а внесок у виникнення температурних градієнтів в при перетині тепловою хвилею поверхні поділу двох шарів визначається коефіцієнтом відбиття теплової хвилі, який залежить від значень теплоємності та теплопровідності суміжних шарів. На рис. 1 а, б видно, що місця вздовж проміїни на схилі відрізняються більш високою температурою, таким чином даним ділянкам будуть властиві інші режими вологонасичення та випаровування а, отже, ці ділянки можна віднести до таких, що становлять потенційну загрозу локальних зсувів.

Порядок виявлення зсувонебезпечних зон за даними тепловізійного обстеження

- 1) Виділити на досліджуваній поверхні ділянки з ознаками ерозії, зокрема,

відсутнім рослинним покривом.

2) Провести в нічний або вечірній час спостереження за динамікою температурного поля на ділянках, зазначених у п.1.

3) Виділити на зазначених у п.1. ділянках зони з відмінними значеннями температури.

4) Провести на потенційно зсувонебезпечних ділянках вимірювання значень вологості.

5) З використанням лазерного дальноміру визначити кут нахилу та обчислити об'єм ґрунту, що становить небезпеку зсуву.

6) Обчислити величину збільшення зсовуючих сил внаслідок перезволоження зсувонебезпечної ділянки

1. Стандарт ОАО РАО "ЕЭС России" СТО 17330282.27.140.003-2008 "Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования".

2. Канарчук В.Е. Бесконтактная диагностика машин. /В.Е. Канарчук, А.Д. Чигринец / М: Машиностроение. – 1987. – 160 с.

3. Жуков А.Г. Тепловизионные приборы и их применение / А.Г. Жуков, А.Н. Горюнов, А.А. Кальфа: под. ред. Н.Д. Девятова – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с.

4. Пат. на корисну модель №40608, Україна Спосіб діагностики стану бетонних гідротехнічних споруджень, які знаходяться під впливом напірної фільтрації / Базалєєв М.І., Клепиков В.Ф., Литвиненко В.В., Лисиченко О.Г. та ін. – опубл. 2009. Бюл 8.

5. Базалєєв Н.И. Дистанционное ИК-радиометрическое исследование открытых кимберлитовых тел. / Н.И. Базалєєв, Г.Д. Балакшин, Б.И. Веркин и др. – (Препринт ФТИНТ АН УССР). – 1980. – 12 с

6. Базалєєв Н.И. / Применение дистанционной ИК-съёмки для геологического картирования, поисков нефтегазоносных структур, кимберлитовых тел и экономическая оценка перспектив ее применения / Н.И. Базалєєв, Б.И. Веркин, А.Г. Андреев и др // Сборник «Тепловое поле Земли».-Махачкала. – 1979. – 234 с.

7. Цытович Н.А. Механика ґрунтов.-М. «Высшая школа». – 1979. – 272 с.

8. Karam M.A.A Thermal wave approach for heat transfer in a nonuniform soil// Soil.Sci.Soc.Am.J. 64:1219-1225 (2000)

М.И. Базалєєв, Б.Б. Бандурян, В.Ф. Клепиков, А.Г. Лисиченко, В.В. Литвиненко, И.Б. Воробьев

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ В ЗОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Охарактеризован тепловизорный метод оценки состояния безопасности смещения ґрунтовых массивов гидротехнических сооружений, доказана его эффективность, а также определен порядок выявления оползневых зон по данным тепловизионного обследования.

M. Bazalieiev, B. Bandurian, V. Klepikov, O. Lysychenko, V. Lytvunenko, I. Vorobiov

THERMAL OBSERVATION METHOD FOR ESTIMATION OF LANDSLIDE DANGER IN THE AREA OF HYDROTECHNICAL CONSTRUCTIONS OF ENERGY COMPLEX

It is characterized thermal observation method for estimation danger state of hydrotechnical constructions ground masses landslide and its effectiveness is shown. It is also determined the order of zones with potential landslide danger evidentiatio

Ю.Ю. ГОНЧАРЕНКО

*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,
г. Севастополь*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИФФУЗИИ АНТРОПОГЕННОЙ ПРИМЕСИ

Предлагается математическая модель диффузии антропогенной примеси в локальном объеме морской водной среды.

Введение

Проблема сохранения окружающей природной среды, обеспечения ее первозданного состояния при оптимальном использовании полезных ископаемых, воздушного и водного бассейнов является глобальной задачей человечества, которую подтвердили своими подписями руководители более двухсот государств в 1992 году в Рио-де-Жанейро [1]. В Украине имеются все правовые основы для решения этой глобальной задачи. Более того, экологическая безопасность рассматривается как одна из составляющих национальной безопасности [2]. По мнению ряда ведущих отечественных ученых-экологов [3-5], сохранение водных ресурсов обеспечивается реализацией двух научно-практических направлений. Первое – это мониторинг морской водной среды всеми возможными средствами: от стационарных морских систем до космических сканеров, обеспечивающих обнаружение различных видов антропогенных загрязнений. Второе – это модельный прогноз распространения антропогенных примесей как на водной поверхности, так и в водной толще. Безусловно, существует множество моделей переноса антропогенных примесей, но каждая из них учитывает специфические региональные условия, обусловленные физико-географическими особенностями рассматриваемой акватории.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью данной работы является разработка математической модели диффузии антропогенной примеси в Черноморской водной среде. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научные задачи. Во-первых, сформулировать условия существования модели в воде в виде определенных начальных условий. Во-вторых, на их основе разработать математическую модель переноса антропогенной примеси.

Начальные условия математической модели диффузии антропогенной примеси

Выделим внутри жидкости некоторый объем v , ограниченный поверхностью Π (рис. 1). Пусть через элементарную площадку $d\Pi$ протекает вода со скоростью V , тогда через площадь $d\Pi$ в направлении внешней нормали n в единицу времени протечет $cV_n d\Pi$, а через всю поверхность Π :

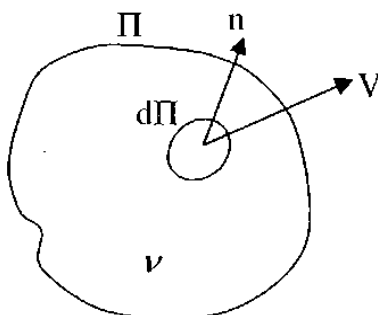


Рис. 1. Схема, поясняющая начальные условия

$$\int_{\Pi} \rho \mathbf{V}_n d\Pi = \int_{\Pi} \rho (\mathbf{V}_x \mathbf{n}_x + \mathbf{V}_y \mathbf{n}_y + \mathbf{V}_z \mathbf{n}_z) d\Pi. \quad (1)$$

Пусть в результате вытекания или притока воды в выделенном объеме происходит изменение плотности $\int_H \frac{dc}{dt} dH$. Если внутри объема не происходит образование или исчезновение какой-либо массы воды, то интеграл по поверхности компенсируется интегралом по объему и их общая сумма равна нулю:

$$\int_V \frac{d\rho}{dt} dH + \int_{\Pi} \rho (\mathbf{V}_x \mathbf{n}_x + \mathbf{V}_y \mathbf{n}_y + \mathbf{V}_z \mathbf{n}_z) d\Pi = 0. \quad (2)$$

Перейдя по теореме Гаусса-Остроградского от интеграла по поверхности к интегралу по объему, получим

$$\int_H \frac{dc}{dt} dH + \int_V \rho \operatorname{div} \mathbf{V} dH = 0. \quad (3)$$

В силу произвольности выбора области интегрирования можно от интегральной формы перейти к дифференциальной:

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{V} = 0. \quad (4)$$

Полученное выражение принято называть *уравнением неразрывности*.

Часто применяется иная форма записи этого уравнения, связанная с определением локального изменения плотности:

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla \rho. \quad (5)$$

Объединив в выражениях (4) и (5) члены, определяющие дивергенцию скорости и адвекцию плотности, получим другую форму записи уравнения неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{V}) = 0. \quad (6)$$

Пусть основные гидрологические элементы: соленость, температура и гидростатическое давление в рассматриваемом объеме водной среды остаются постоянными, а изменение плотности происходит исключительно за счет попадания в этот объем антропогенной примеси, которое является одномоментным и однофазовым, то есть в выделенном объеме не существует источников этой антропогенной субстанции.

Математическая модель диффузии антропогенной примеси

Будем рассматривать не поток массы воды через элементарную площадку $d\Pi$, а поток антропогенной примеси Φ_A , тогда уравнение (6), описывающие локальное изменение плотности за счет потока антропогенной примеси, примет вид:

$$\frac{\partial \rho_A}{\partial t} + \operatorname{div} \Phi_A = 0. \quad (7)$$

Поток антропогенной примеси обуславливается двумя основными механизмами. Это упорядоченный перенос движущейся водой – адвекцией, и хаотическим молекулярным перемешиванием – диффузией. Первая, как известно, пропорциональна скорости течения V и начальной концентрации антропогенной примеси A , вторая пропорциональна молекулярному коэффициенту диффузии χ_A и градиенту антропогенной примеси ∇A , то есть

$$\Phi_A = \rho(V \cdot A - \chi_A \cdot \nabla A). \quad (8)$$

Знак минус перед диффузионной частью потока указывает на то, что он направлен в сторону, противоположную градиенту антропогенной примеси.

Выражение (7) можно видоизменить, выделив из него члены, связанные с изменением плотности воды, а именно:

$$A \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial A}{\partial t} = -A \operatorname{div}(\rho V) - \rho V \cdot \nabla A + \operatorname{div}(\rho \chi_A \cdot \nabla A). \quad (9)$$

Первые члены левой и правой части выражения (9) в сумме равны нулю на основании выражения (6), а сумма вторых членов составляет индивидуальную производную антропогенной примеси. В результате получаем аналитическую зависимость, которая определяет математическую модель диффузии антропогенной примеси, то есть

$$\rho \frac{\partial A}{\partial t} = \operatorname{div}(\rho \chi_A \nabla A). \quad (10)$$

Вывод

Математическая модель диффузии антропогенной примеси представляет собой аналитическую зависимость изменения плотности локального объема морской воды за счет потока антропогенной примеси, которая определяется дивергенцией начальной плотности водной среды, молекулярным коэффициентом диффузии и градиентом антропогенной примеси.

1. Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. – Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993. – 82 с.

2. Закон України «Про основи національної безпеки України» от 19.06.03. №964-IV.

3. Ветрова Н.М. Экологическая безопасность рекреационного региона / Н.М. Ветрова. – Симферополь: НАПКС, 2006. – 297 с.

4. Ісаєнко В.М. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар та інші – К.: Вид-во НАУ-друк, 2009. – 312 с.

5. Лисиченко Г.В. Методологія оцінювання екологічних ризиків / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.Б. Барбашев. – Одеса: Астропринт, 2011. – 368 с.

Ю.Ю. Гончаренко

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИФУЗІЇ АНТРОПОГЕННИХ ДОМІШОК

Пропонується математична модель дифузії антропогенної домішки в локальному обсязі морської водного середовища.

Y. Honcharenko

MATHEMATICAL MODEL OF ANTHROPOGENIC ADMIXTURE DIFFUSION

It is proposed the mathematical model of anthropogenic admixture diffusion in the local volume of sea water medium.

В.В. ЯКОВЛЄВ

Харківська національна академія міського господарства, м. Харків

ІНЖЕНЕРНІ ЗАХОДИ ВПЛИВУ НА ГІДРОХІМІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТОВИХ ВОД

Розглядається проблема низької якості колодязних вод, якою для господарсько-питних цілей користується чверть населення України. Запропонована система екологічних і санітарно-технічних заходів для підвищення якості колодязних вод. Розглянуті методи водопідготовки, доступні у побутових умовах.

З традиційних джерел загально доступної води таких як ріки, атмосферні і ґрунтові води, останні використовуються найбільшою мірою у першу чергу завдяки своєму повсюдному існуванню і доступності.

Колодязями завжди розкривається перший від поверхні водоносний горизонт - ґрунтові води, які накопичуються на першому від поверхні водотривкому шарі головним чином за рахунок інфільтрації атмосферних вод. Ці води відносяться до зони активного водообміну. У регіонах надлишкового і достатнього зволоження (західні, північні і центральні регіони України) ґрунтові води, як правило, прісні з мінералізацією до 1 г/дм³, а у аридних зонах (південні і східні регіони України) вони здебільшого слабо і помірно солонуваті з мінералізацією від 1 до 5 г/дм³. При цьому мінералізація зростає за рахунок збільшення вмісту у першу чергу іонів сульфату, хлориду і натрію.

Використання води річок і напірних горизонтів дозволяє покривати високу територіальну концентрацію водоспоживання міст і селищ. Але недоліком водопостачання з обох згаданих джерел є дорожнеча будівництва свердловин і водопроводів, складність їхньої експлуатації. Тому чверть населення у сільській місцевості України постійно використовує криничні води для господарчих і питних цілей, а ще одна п'ята частина населення використовує їх періодично [1].

Якість ґрунтових вод залежить як від природних факторів - складу водовміщуючих порід, кількості й режиму випадіння атмосферних вод, глибини залягання дзеркала підземних вод, техногенного впливу і в останні десятиліття повсюдно деградує [2,3,4,5,6].

Неправильний вибір місця розташування колодязя, недотримання норм санітарної охорони, приплив забруднених вод з вигрібів, ферм, полів, доріг у купі з поганим санітарним і технічним доглядом за колодязем - це причини сучасної деградації якості криничних вод.

Метою даної роботи є перегляд можливих інженерних заходів для поліпшення споживчих якостей колодязних вод.

Враховуючи наявні дані про сучасний стан ґрунтових вод на території України постійними недоліками якості криничних вод є наступні:

- бактеріальне забруднення води;
- забруднення органічними речовинами - пестицидами, органічними добривами, нафтопродуктами, природними органічними сполуками - фульво- і гуміновими кислотами, фенолами;
- надлишковий вміст неорганічних речовин, здебільшого це надлишок солей, у тому числі за рахунок неорганічних добрив, підвищені жорсткість, вміст сульфатів, хлоридів;

- знижений відносно фізіологічно повноцінного вміст фтору (до 0,3-0,7 мг/дм³, при рекомендованому для питних вод - 0,7-1,2 мг/дм³ [7].

Зазвичай колодязні води, не дивлячись на повсюдну невідповідність питним кондиціям, використовуються без будь якої водопідготовки.

Але, розуміючи причини погіршення якості води, можна у значній мірі виправити стан справ інженерним шляхом. Частина запропонованих нижче заходів ґрунтується на відновленні втрачених у наш час методів догляду за колодязями, виробленими нашими предками, а частина є новими інженерними заходами для покращення якості криничної води.

Заходи, що пропонуються для покращення споживчої якості колодязних вод можна розділити на екологічні, санітарно-технічні заходи щодо колодязя і зони живлення і заходи кондиціювання вже видобутої з колодязя води.

До екологічних заходів відносяться наступні.

- Вибір місця для облаштування колодязя дозволяє уникнути подальших проблем з забрудненням води і має супроводжуватися гідрогеологічними розрахунками розмірів «зони живлення». Зона живлення у даному випадку визначається як така ділянка, що має площу, з якої надходження води до ґрунтових вод дорівнює середньому водовідбору з даного колодязя. Так, розрахункова площа поверхні, що забезпечує мінімальну добову потребу однієї людини у воді - водокористувача в сільській місцевості, у розрахунку на суто атмосферну воду - 50 л/добу, при середньобаторічній сумі опадів для території України від 300 до 650 мм/рік, не перевищує 61 м². До ґрунтових вод з цієї кількості вологи при звичайній величині коефіцієнта інфільтрації 0,05-0,25 [8] надходить відповідно 5-25% води з атмосферних опадів. Тому розрахункова площа зони захвату для отримання 50 л води на добу буде становити від 244 до 1220 м². Зазвичай, при відсутності помітного ухилу дзеркала ґрунтових вод, у першому наближенні, форма зони живлення буде відповідати колу, радіус якого можна вирахувати з відомої формули:

$$S = \pi R^2,$$

де: S - площа зони живлення, м²;

R- радіус зони живлення, м.

Таким чином, радіус зони живлення, що відповідає водовідбору 50 л/добу становить мінімально $R = \sqrt{244/3,14} = 8,8\text{м}$, а максимально $R = \sqrt{1220/3,14} = 19,7\text{ м}$. Відповідно, при водовідборі для декількох жителів оселі площа живлення буде кратно збільшуватися, а радіус зони живлення буде рости як величина площі під коренем.

Існуючі джерела забруднення, як то туалети, бункери стоків, кучі гною, склади різноманітних речовин повинні бути видалені на безпечну відстань - за межі зони живлення.

- Фітомеліорація у зоні живлення є допоміжним засобом для підвищення живлення атмосферними водами і додаткового очищення води, що фільтрується від азотних сполук і фосфору, а також додаткової сорбції органічних і неорганічних сполук. Враховуючи бактерицидну дію деяких рослин (див. нижче) їх рекомендується застосовувати для засадження ділянки навкруги колодязя.

До санітарно-технічних заходів слід віднести такі.

- Облаштування стінок колодязя необхідно проводити переважно монолітним залізобетонном, бетонними або залізобетонними кільцями, а за їх відсутності - керамікою, цеглою, каменем або деревом. Стінки колодязя повинні бути щільними, без шпарин. Каміння для влаштування стінок колодязя повинно бути з міцних стійких порід та укладатись на цементний розчин. У разі використання дерев'яних зрубів слід застосовувати колоди завтовшки не менше ніж 0,25 м, прямі, без глибоких шпарин і

червоточин, не уражені грибком, витримані (заготовлені не менше ніж за 5 - 6 місяців до їх використання). При цьому перевагу необхідно надавати таким породам дерева, як модрина, вільха, в'яз чи берест, але можна застосовувати також дуб і сосну (дуб та сосна з початку експлуатації можуть надавати воді присмак та запах) [7].

При будівництві колодязя слід робити захист від проникнення поверхневих забруднень: плануванням поверхні необхідно попередити попадання до колодязя поверхневої води, навкруги колодязних кілець облаштовувати глиняний замок, асфальтну, або цементну відмостку з нахилом від колодязя, стики кілець ущільнювати фільтруючим матеріалом, що не загниває, верх колодязя облаштовувати кришкою і навісом, для спуску людей у стінці колодязя мають бути влаштовані спеціальні сходи.

- Для зменшення бактеріального і нітратного забруднення води періодично необхідно видаляти осад на дні й чистити стінки колодязя від нальоту органічних субстанцій.

- Вибір раціонального водопідйомного устаткування і обмеження об'єму разового водовідбору дозволить уникнути підвищення каламутності води, підтягування піску-пивируна і руйнування стінок колодязя.

- У практиці користування колодязями піскування ґрунтів у зоні живлення, застосовувалося ще нашими пращурами. Сенс піскування полягає у підвищенні фільтраційних можливостей ґрунтів зони аерації, що прискорює проникнення атмосферної вологи на глибину, де процеси випаровування після проникнення дощових вод у меншій мірі повертають вологу у атмосферу. Тобто, підвищується живлення ґрунтових вод ультрапрісними атмосферними водами, що призводить до покращення ряду її показників: зниження солевмісту, жорсткості, зменшення вмісту у багатьох випадках критичних сульфатів, хлоридів, нітратів. Вода набуває суттєво гідрокарбонатного кальцієвого складу, що зазвичай є ознакою природних вод. Піскування ґрунтів зменшує площу зони живлення до вище наведених мінімальних значень, що є суттєвим при стиснених умовах сільських садіб.

- Схожий ефект розпріснення ґрунтових вод має застосування зелених насаджень у зоні живлення. Відомо, що підземний стік з лісних угідь суттєво більший аніж з степових ділянок за рахунок підтримання більшої вологості повітря у приземній зоні. Тобто, при висаджуванні деревної і кущової рослинності у зоні суворого режиму колодязні води також будуть розпріснюватися за рахунок додаткового живлення ультрапрісними атмосферними водами, що призведе до підвищення їх споживчої якості.

У побутових умовах можливе використання простих методів кондиціювання криничної води. До методів водопідготовки, доступних у побутових умовах, слід віднести наступні.

- Найбільш поширеними недоліками якості води з колодязів є підвищені жорсткість, загальний солевміст і її бактеріальне зараження. Кип'ятіння у значній мірі зменшить ці вади криничної води.

- Використання природних бактерицидів допомагає підтримувати гарний бактеріальний стан колодязної води. Відомий спосіб покращення органолептичних властивостей води полягає у закладенні у стінки колодязя уламків чорного кременю. Кількість уламків чорного кременю повинна бути не менша ніж з розрахунку 2-10 кг на 1 м води. Для ефективного проходження окислювально-відновлюваних реакцій кремій повинен знаходитися у помірно освітленому середовищі, але без прямих променів сонця, з доступом кисню повітря. Тому камені зі свіжосколотими поверхнями слід закладати на рівні на 0,3 - 1,0 м від поверхні води, а кришку колодязя слід робити прозорою. Періодично з поверхні кременю необхідно знімати наліт, який формується за рахунок осаду завислих речовин, відкладання гідроокислу заліза (лімоніту), солей жорсткості, або

утворення органічних субстанцій. Якщо кремій можна підняти з колодязя, то його можна промити за допомогою харчової соди. Тому для зручності цієї операції і для можливості регулювання глибини завантаження кременю пропонується опускати його на шнурі у спеціальному контейнері з отворами або у сітці.

Бактерицидні природні матеріали можуть додаватися у підняту з колодязя воду у виді шматочків породи, деревини, трави, або ж з деревини осики, вільхи і верби виготовляються посудини для зберігання води. Гілочка горобини робить кварту води з підозрілого колодязя бактерицидною через 2- 3 години. При цьому болотний запах і присмак зникне. Черемха надає такий самий ефект через 2-3 хвилини. Для стерилізації можна використовувати бересту молодій берези, кору верби, дуба і бука з настоюванням у воді не менше шести годин. В степах для цього придатна трава ковили, перекасти-поля, деревія, фіалки польової. В горах можна використати і інші підручні засоби: кам'яний мох (лишайник), кору лісового горіха (волоський горіх, ліщина, фундук) або грецького горіха, траву тміна, наберу, чебрецю, арніки.

- Фторування колодязної води природними мінералами у лабораторії [9] показало, що мінерал флюорит (CaF_2), який досить широко застосовується у промисловості (наприклад, як флюс у металургії), входить до складу широко вживаних у землеробстві фосфоритів - мало розчиняється у насичених розчинах, але дистильовану воду може збагачувати до 5 мг/дм^3 . За умови, що звичайно вміст фтору у ґрунтовій воді не перевищує $0,6 \text{ мг/дм}^3$, а фізіологічною нормою є $0,7-1,2 \text{ мг/дм}^3$ [7], то регульоване підвищення вмісту цього елементу є бажаним. Дощова і снігова вода є практично дистильованою водою і тому така меліорація води теоретично можлива у разі внесення подрібненого флюориту або фосфориту на ґрунт у зоні живлення колодязя. Практично такі польові дослідження не проводилися і можна рекомендувати впроваджувати такий спосіб підвищення вмісту фтору у ґрунтових водах під наглядом спеціалістів.

- Використання стандартних побутових фільтрів дозволяє видалити механічні домішки і завислі речовини (для цього використовується синтетичні дрібнопористі матеріали), органічні забруднюючі речовини (використовується активоване вугілля), важкі метали і радіонукліди (використовується ряд мінеральних сорбентів).

Контроль якості колодязної води, яка може зазнавати забруднення дуже широким спектром речовин, рекомендується починати з біотестування [7]. Це дозволить виявляти забруднення, яке не може бути виявлене стандартним переліком лабораторних визначень і попередить вживання токсичної води.

Наведений перелік заходів доцільно використовувати, як систему і рішення про застосування тих або інших з рекомендованих заходів приймається після спеціального (гідрогеологічного, екологічного і санітарного) обстеження колодязя й ділянки його розташування.

Висновки

1. Техногенез негативно впливає на якість ґрунтових вод і водокористування води з колодязів для значної частини населення України пов'язане з ризиком негативного впливу на здоров'я.

2. На сучасному етапі вирішення питання поліпшення якості колодязних вод можливе шляхом виконання системи екологічних, санітарно-технічних заходів і заходів водопідготовки, доступної у побутових умовах.

1. Экологическая геология Украины: Справ, пособие / Шнюков Е.Ф., Шестопалов В.М., Яковлев Е.А. и др. - К.: Наук. думка, 1993. - 407 с.

2. Свіренко Л.П. Підземні води урбанізованих територій та пов'язані з ними проблеми / Свіренко Л.П., Спірін О.І, Яковлев В.В. // Коммунал. Хоз-во городов: Науч.-техн. Сб. - К.: Техніка. – 2001. – Вип. 36.-С. 186-189.
3. Groundwater of the World: resources, use, prognoses/ed. by I.S.Zektser; Water Problem Institute of RAS.- Moscow: Nauka, 2007. – 438 p.
4. Nitrogen and Phosphorus in Groundwater: Project / Abstracts of the Danish NPO Research Programme. - Copenhagen: Miljøstyrelsen, 1991. – 296 p.
5. Schmoll O., Howard G., Chil J., Chorus I. Protecting Groundwater for Health and Managing the Quality of Drinking-water Sources. – World Health Organization, London: IWA Publishing.-2006. - 697 p.
6. Sierikova E., Yakovlev V.V. Quality Indexes of Ground Water at Zmiev District of Kharkov Region //6th International Conference on Technologies Waste and Wastewater Treatment Energy from Waste Remediation of Contaminated Sites emissions Related to Climate. Proceedings,– 2007 Kalmar. Sweden. ECO-TECH, Part I., P. 449-455.
7. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною» – 2010.
8. Шараевская Л.А. О возможности совместного использования атмосферных и грунтовых вод для хозяйственно-питьевых целей / Шараевская Л.А., Яковлев В.В.// Коммунал. Хоз-во городов: Науч.-техн. сб. - К.: Техніка. – 2001, – Вып. 27.-С. 154-157.
9. Мацюк С. А. Улучшение питьевых качеств артезианских вод с помощью природных минералов / Мацюк С. А., Яковлев В. В., Хрестина Т.В. // Коммунальное Хозяйство городов: Науч.-техн. Сб. - К.: Технические науки и архитектура. - 2009. - Вып. 88, – С. 99-105.

В.В. Яковлев

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ВЛИЯНИЯ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРУНТОВЫХ ВОД

Рассматривается проблема низкого качества грунтовой воды, которой для хозяйственно-питьевых целей пользуется четверть населения Украины. Предложена система экологических и санитарно-технических мероприятий для повышения качества колодезных вод. Рассмотрены методы водоподготовки, доступные в бытовых условиях.

V. Yakovlev

ENGINEERING MEASURES FOR GROUNDWATER HYDROCHEMICAL CONTENT EFFECTING

Paper treats the issue of poor quality of ground water. Quarter of the Ukraine population is using well water for drinking purposes. The system of ecological and sanitary measures for improving the well water quality has been proposed in the paper. Technics of water conditioning available in a residential have been considered in the paper.

В.Г. ВЕРХОВЦЕВ, Ю.В. ЮСЬКІВ, В.Г. ШВАЙКО

Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

АКТИВНІ НА НОВІТНЬОМУ ЕТАПІ РОЗВИТКУ КІЛЬЦЕВІ ГЕОСТРУКТУРИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА ТА ЙОГО СХИЛІВ

Всебічно охарактеризовано активні на новітньому етапі розвитку кільцеві структури Українського щита та його схилів, які виявлені на основі структурно-геоморфологічних і аерокосмічних методів дослідження. Наведено їх назви, розміри (діаметри), відображення в сумарних амплітудах вертикальних новітніх (пізньопліоцен-четвертинних) рухів земної кори, розрахункові глибини закладення (проникнення), взаємовідношення з лінеаментами, передбачувана структурно-геологічна інтерпретація та пошукова перспективність.

В останні десятиріччя геологічна наука розвивається особливо інтенсивно. Геологічні концепції можуть докорінно змінитися при житті одного покоління геологів. Одним з нових об'єктів, що надовго прикували увагу багатьох з них, є так звані кільцеві структури (КС).

Основні наукові досягнення з вивчення КС світу (за літературними даними та матеріалами власних досліджень по території України). Космічне зондування поверхні Землі і наземні геолого-геоморфологічні дослідження дозволили вченим у порівняно короткий термін виявити численні КС, які розрізняються за генезисом, віком і розміром, що коливається від сотень метрів до 2-4 тис. км. Приблизно три чверті встановлених КС виникли в результаті геологічного розвитку Землі в останні 3 млрд років, а інші утворилися внаслідок падіння великих метеоритів [3, 6-8, 11, 14, 16-18, 21, 23, 29].

З нагромадженням фактичного матеріалу виникла природна необхідність систематизації КС.

КС мають різний генезис: тектонічний, магматичний (у тому числі вулканічний), метаморфічний, метеоритний, складний (комбінований). При цьому основні елементи будови Землі – платформи, щити, складчасті пояси володіють характерними генетичними типами КС.

Важко переоцінити значення вивчення КС також з погляду прикладної геології, тому що практично всі дослідники вказують на зв'язок з ними різних корисних копалин, а аналіз зв'язків, що є між КС, з одного боку, і сучасними катастрофічними явищами, насамперед, – вулканізмом і землетрусами – з іншого, важлива складова частина вирішення проблеми прогнозу «стихійних» геологічних процесів.

Таким чином, жваве обговорення проблеми КС обумовлено насамперед функціональною роллю цих структур у будові літосфери не тільки Землі, але й інших планет Сонячної системи.

Окремі округлі форми рельєфу, наприклад, Аризонський метеоритний кратер, були відомі людині ще в далекій давнині (20-25 тис. років тому).

Наукове пізнання кільцевих утворень почалося в 1603 році, коли Галілей відкрив на Місяці кільцеподібні гори – цирки.

Безсумнівно, геологи минулих сторіч спостерігали округлі утворення, виявлені в рельєфі Землі, однак протягом тривалого часу вивчали в основному кільцеві гори Місяця.

Термін "кільцева структура" вперше був застосований до систем дайок на початку 20-го сторіччя. Автором цього терміна є А. Харкер, який ще в 1904 р. описав вулканічні породи Шотландії й Ірландії, де є вулкани неогенового віку, що супроводжуються серіями кільцевих дайок.

У 40-і роки 20 століття увагу вчених привернули округлі утворення щитів, складених древніми метаморфічними й інтрузивними породами. Першим їх почав вивчати на Балтійському щиті П. Ескола (1949 р.). Надалі такі структури, пов'язані з процесами гранітизації, були виявлені на всіх щитах [17, 18].

Китайський геолог Лі-Си-Гуан у 40-і роки привернув увагу до так званих вихрових структур [22]. На його думку, подібні структури виникають між здвигами в земній корі за рахунок повороту окремих блоків. При цьому вони отримали кільцеву форму. Так був покладений початок ще одному з напрямків у вивченні КС, що пізніше одержали назву ротаційні.

Таким чином, до середини 20 ст. були закладені уявлення про істотну роль КС у земній корі, були виявлені різні типи концентричних утворень і відзначена їхня роль у розміщенні родовищ корисних копалин.

Однак справжній стрибок у вивченні кільцевих утворень відбувся в зв'язку з початком космічної ери. Перші знімки земної поверхні були отримані космонавтом-2 Г.М. Титовим у серпні 1961 р.

На жаль, у виданому в 1978 р. двотомному "Геологічному словнику" місця для терміна "кільцева структура" не знайшлося, хоча вже в той час таке поняття зустрічається у численних публікаціях.

Дотепер у геологічній літературі відсутня єдність у визначенні терміна КС. Однак, незважаючи на існуючий термінологічний різнобій, термін "кільцева структура" найбільш узвичаївся.

Більшість дослідників розуміють цей укорінений у літературі термін як узагальнюючий, введений для позначення як всіляких об'ємно-площових неоднорідностей літосфери, що утворюють ізометричний, близький до округлого або овального контур при перетинанні з денною поверхнею, так і різних поверхневих ізометричних утворень екзогенного, рідко будь-якого іншого «не глибинного» походження. Слід зазначити, що поряд з ним у літературі часто зустрічаються й інші: центричні, багатокутні з центром симетрії, центрального типу, ізометричні, площові, осередкові структури (або морфоструктури), астроблеми, концентри тощо. Очевидно, це пов'язано з деякою розпливчатістю і певною неточністю змісту поняття "кільцева структура". Крім того, далеко не завжди ізометричні об'єкти, що відносяться до кільцевих, мають правильну кільцеву форму. Ще рідше мають кільцевий вигляд різні структурні форми літосфери, що їм відповідають.

І все-таки, не бажаючи вносити додаткової плутанини введенням нового терміна, ми використовуємо поняття «кільцева структура», однак при цьому чітко розрізняючи між собою кільцеві аномалії і КС. Під першими ми розуміємо ізометричні об'єкти неглибинного, а також неясного або нез'ясованого генезису, під другими – тільки різні за генезисом, розмірами, формами прояву на денній поверхні структурно-геологічні об'єкти, що мають центральну симетрію в перетині з землею поверхнею (розрізняючи серед них достовірні і передбачувані). Для позначення ж приповерхневих і поверхневих ізометричних утворень, які виділяються за допомогою дистанційних досліджень, існує досить могутній термінологічний апарат у геоморфології і ландшафтознавстві, об'єктами дослідження яких ці утворення і є.

КС на аерокосмічних матеріалах (АКМ) виражені круглими або овальними, цілком або фрагментарно замкнутими аномаліями, що звичайно формуються концентричним або радіально-концентричним розташуванням малюнка зображення. Цей малюнок обумовлений відповідним розташуванням орогідрографічних, ґрунтових, рослинних і інших елементів ландшафту, а також речовинним складом геологічного субстрату.

КС складаються з ядра і зовнішнього контуру. Границею КС прийнято вважати найбільш віддалений від ядра концентричний елемент або зовнішній контур, що обмежує аномалію. Дуже часто КС ускладнюються системами розломів: концентричними, сегментарними, радіальними.

Виразність КС на АКМ різна. Вона залежить від багатьох факторів: розміру, тектонічної активності, ступеня збереження тощо. Однак загальним правилом є більш чітке й упевнене дешифрування КС малих діаметрів у порівнянні з виявленням аналогічних об'єктів великих діаметрів.

Установлюються різні співвідношення КС із рельєфом: пряме, коли КС виражена у відповідній формі рельєфу, і зворотне, якщо рельєф і КС мають зворотні співвідношення.

При вивченні кільцевих форм значна увага приділяється їх класифікації, оскільки недоробка систематичних підрозділів кільцевих утворень істотно затримує їхнє подальше пізнання.

КС можуть класифікуватися за багатьма ознаками: розмірами, генезисом, розходженням у складності будови, зв'язкам з рельєфом, виразністю на АКМ, структурно-речовинними і геометричними особливостями тощо. Цими питаннями займалися багато дослідників колишнього СРСР. Це, у першу чергу, В.А. Буш, В.М. Брюханов, Б.В. Єжов, А.А. Іщенко і Г.І. Худяков, Я.Г. Кац, В.С. Кутейников і Н.С. Кутейникова, С.І. Стрельников, В.А. Ян-Жин-Шин та інші.

Як справедливо відзначав В.В. Соловйов, існуючі класифікаційні лінії, не дублюючи одна одну, певним чином взаємозалежні і у сукупності забезпечують різнобічну характеристику структурних об'єктів [29]. У той же час досвід вивчення КС показав, що для створення досить чіткої і науково обґрунтованої класифікації з численної розмаїтості ознак достатніми є дві основних: розміри і генезис.

Латеральні розміри КС є важливим параметром. За величиною діаметру вони можуть варіювати в дуже широких межах: від перших метрів до декількох тисяч кілометрів, при цьому, як буде показано нижче, встановлюється їх взаємозв'язок із глибиною закладення (проникнення) кільцевих утворень. Ці дані дозволяють установити наявність (відсутність) упорядкування в просторовому розміщенні відповідних структур, а також оцінити їхній ранг як об'ємних таксонів.

На думку більшості дослідників (В.В. Соловйов, І.Н. Томсон, Н.Т. Кочнева, М.А. Фаворська, О.І. Борисов, Н.І. Філатова, В.В. Агентов, В.В. Єжов, Г.І. Худяков, І.І. Башилова, Д.М. Трофимов, С.В. Порошин та ін.) існує чітка дискретність у латеральній розмірності КС. Однак думки різних авторів розходяться як щодо кількості природних груп різного діаметра, так і конкретного обсягу останніх.

Так, С.В. Порошин підрозділяє КС на планетарні, гігантські, великі, дрібні – діаметром, відповідно, 3000, 2000-400, 400-60 і до 60 км [23].

І.І. Башилова зі співавтором виділяють: 1) мегаструктури – від 300 до 500 км у поперечнику, 2) макроструктури – від 50-70 до 200 км, 3) мезоструктури – від 20 до 50-70 км, 4) мікроструктури – менш за 10 км [20].

В.Ю. Зайченко з колегами описали в межах Руської платформи КС діаметром 1000-1200, 350-450, 100-50, 20-35, 5-10 км [14].

На думку В.В. Соловйова можна виділити сім груп, що поєднують форми з поперечниками, які вимірюються: 1) одиницями кілометрів, і 2) багатьма одиницями кілометрів, 3) першими десятками кілометрів, 4) багатьма десятками кілометрів, 5) першими сотнями кілометрів, 7) першими тисячами кілометрів [29].

У той же час ряд дослідників вважає, що природне угруповання КС за діаметрами відсутнє. Зокрема, це стверджують автори космогеологічної карти масштабу 1:2 500 000 (Н.С. Афанасьєва, В.І. Башилов, В.М. Брюханов і ін.). Цими дослідниками виділена накладена на загальний логнормальний тренд високочастотна варіація з періодом 12,5 км, однаковою для всіх геологічних груп і для всіх інтервалів діаметром. Однак, на їх думку, ця високочастотна варіація є артефактом, викликаним поки невідомими особливостями процесів зняття інформації з АКМ і переносу її на карту [16, 19]. У всякому разі, зв'язок цієї варіації як з генезисом структур, так і з їх діаметром ними не встановлений.

Більшість дослідників не заперечує наявності взаємозв'язку між латеральними розмірами і глибиною закладення КС, однак детальним вивченням цього питання

займалися тільки деякі з них.

Найбільш повно наявність такого взаємозв'язку обґрунтовано в роботах В.В. Соловйова, Ю.Ф. Чемякова, Г.І. Худякова [16, 24,]. Ними зроблено порівняння глибин залягання геолого-геофізичних розділів (ГГР) і радіусів КС як для окремих регіонів, так і для Землі в цілому, що дозволяє виявити дві наступні обставини.

По-перше, кількість розділів, як правило, дорівнює кількості груп КС, по-друге, спостерігається рівність або близькість значень глибин і радіусів [16]. Іншими словами, виявляється дискретний характер і тотожність числових рядів, що відображають кількісні характеристики розглянутих об'єктів. Це дозволило авторам припускати просторово-генетичні зв'язки між КС і ГГР, а саме: розглядати останні як місця закладення КС певних розмірів (радіус структури дорівнює глибині залягання відповідного розділу).

По даній ознаці КС підрозділяються на корові (радіуси до 25-30 км), літосферні (30-100 км), астеносферні (100-250 км), верхньомантіїні (250-900 км), нижньомантіїні (900-2900 км), верхньоядерні (2900-5200 км), нижньоядерні (5200-6400 км) [16, 18, 29]. Можливе і більш дрібне розчленування структурних форм з урахуванням їх зв'язку з проміжними розділами усередині відзначених земних шарів.

Таким чином, на думку більшості дослідників, щільність розподілу радіусів (діаметрів) КС, розташованих у порядку їх збільшення, нерівномірна і виявляє певну упорядкованість. Вони утворюють групи, у яких виділяються піки розмірів, що найчастіше зустрічаються. Особливості розподілу латеральних розмірів КС у багатьох випадках ідентичні розподіленню ГГР по глибині: середні радіуси КС приблизно дорівнюють глибині залягання різних ГГР, тобто ініціюючі осередки ("корені") КС локалізуються поблизу ГГР або на них самих.

Нами проведені структурно-геоморфологічні й аерокосмічні дослідження в межах України, у ході яких була здійснена статистична обробка даних про латеральні розміри виявлених КС [7]. Вони були розділені на кілька груп з такими радіусами: 3-5, 7-8, 10-12, 20-22, 30-35, 45-50, 60-65, 90-95 км. Знаючи про можливе існування вищеописаного взаємозв'язку між радіусами КС і глибиною залягання ГГР, ми шляхом кореляційного аналізу даних ГСЗ, гравіметрії, магнітометрії і буріння визначили приблизні (через досить істотну розбіжність наявних матеріалів) глибини залягання різноманітних ГГР у межах досліджуваної території. Вони встановлені на таких глибинах: 5, 7-8, 11-12, 20-25, 35-40, 50, 60, 95-100 км, тобто отримані числові ряди цілком порівнянні. Таким чином, ці дані підтверджують на регіональному рівні основні положення, на яких базується найбільш повно розроблена і перспективна в науково-практичному відношенні класифікація КС за латеральними розмірами і глибиною закладення.

Не менш важливим параметром є їх генетичні особливості, обумовлені різноманітними геологічними факторами – екзогенними, ендегенними і космогенними.

Відзначається чітка і пряма залежність між розмірами КС і часом їхнього формування.

КС може бути породжена одним геологічним фактором, і тоді вона є моногенною, або виникає в результаті взаємодії декількох геологічних процесів, і в цьому випадку є полігенною.

Так, наприклад, малі КС, як правило, моногенні і є результатом одноактного геологічного процесу. КС великих діаметрів можуть бути утворені в результаті накладення декількох геологічних процесів (магматизму, метаморфізму, тектогенезу), що протікають тривалий час – іноді мільйони років.

КС, утворені в результаті інтенсивних і глибоких процесів *метаморфізму*, представлені, як правило, макро- і мезоструктурами. Вони найбільш повно описані Й.І. Салопом (і розглядаються як гнейсові складчасті овали і гранітогнейсові і мігматитові куполи, розташовані винятково в межах древньої граніто-метаморфічної кори). У багатьох випадках їх вдається знайти на плитах древніх платформ під осадовим чохлам.

Магматогенні КС поділяються на вулканічні і плутонічні. Ймовірно, вони є самим

розповсюдженим генетичним класом. Їх поперечник не перевищує 300-500 км, але переважними є мініструктури. Магматогенні КС зв'язані як з підкоровим, так і коровим магматизмом.

Тектоногенні КС відносяться до всіх класів розмірів і поділяються на позитивні і негативні. Позитивні збігаються з антиклізами, склепіннями, виступами фундаменту; негативні – із синеклізами, мульдами, прогинами. До цього ж генетичного класу відносяться і діапірові КС. Тектонічні КС є похідними процесів платформного тектогенезу.

Космогенні КС утворені в результаті метеоритного бомбардування і встановлені майже на всіх континентах. Звичайно за розмірами це міні- або мікро- КС.

Екзогенні КС у літосфері утворюються в результаті впливу зовнішніх факторів – вивітрювання, вилугування тощо. До їхнього числа відносяться карстові воронки, провали та інші подібні мініоб'єкти.

У цій роботі два останніх генетичних класи КС не розглядаються.

Приблизно в 10-20% випадків виявити генетичну приналежність КС неможливо. У цьому варіанті їх варто віднести до самостійного класу структур невиявленого генезису.

Найбільш великі КС відбивають деформації найбільш глибоких горизонтів земної кори і верхньої мантії.

Самі великі з відомих кільцевих утворень, так звані нуклеари на дрібномасштабних знімках виглядають як складне сполучення концентричних утворень великого радіуса (майже до 2-х тисяч км), ускладнених радіальними лінеаментами. Вони часто супроводжуються більш дрібними КС (100-300 км у діаметрі), розташованими у вигляді своєрідних сателітів на зовнішньому контурі головної структури. Ці структури виділяються тільки в межах древніх платформ, тобто найбільш стабільних ділянок літосфери Землі, їх існування надійно підтверджується геолого-структурними і геофізичними матеріалами. Вони досить чітко виражені в аномаліях магнітних і гравіметричних полів, а деякі з них раніше були встановлені О.Б. Гінтовим [12] і В.В. Соловйовим [29] методами морфологічного аналізу в границях, близьких до тих, що були виявлені, а потім уточнені дешифруванням АКМ.

Кожний з виділених нуклеарів має індивідуальні особливості будови, однак для них властиві і загальні риси становлення і розвитку.

Усім стратифікованим, палінгенно-метасоматичним і магматичним комплексам докембрію притаманна центральна симетрія, і вони відповідають великим овоїдним структурам первинної подільності земної кори.

Загальним є і те, що нуклеари зародилися в стадії виплавлення первинної базитової оболонки Землі і, ймовірно, стимульовані, як вважає М.З. Глуховський, автономним розігрівом первинно неоднорідної мантії, або спровоковані ударами великих метеоритів, або обидва фактори діяли спільно.

Нуклеари, закладені на початкових етапах становлення земної кори і всієї континентальної стадії (1600-1900 млн років), являють собою гетерогенні сіалічні ядра, розділені симатичними областями з незрілою континентальною корою – інтернуклеарними просторами. Нуклеари в порівнянні з інтернуклеарними просторами характеризуються більшою потужністю консолідованої кори і літосфери й утворюють сочевицеподібні геоблоки [17].

Нуклеари і інтернуклеарні області – найбільш консервативні елементи літосферних плит, що визначили комірчасто-петельчастий стиль фундаменту древніх платформ. Вони виражені в докембрійських породах під платформним чохлам, а часто й у породах чохла. Нуклеари відповідають великим антиклізам і виступам фундаменту; інтернуклеарні простори – синеклізам, великим прогинам або траповим полям. Як правило, всі відомі нуклеари з зовнішніх, найбільш проникних сторін обрамлені докембрійськими зеленокам'яними поясами.

Більшість дослідників виділяє в межах України один нуклеар – Скіфський (або

Дніпровський) діаметром у 1000 км, виявлений за геолого-геофізичними і геолого-морфологічними даними.

Серед древніх КС виділяються гнейсові складчасті овали і гранітогнейсові куполи.

Гнейсові складчасті овали зустрічаються, головним чином, у межах докембрійської граніто-метаморфічної кори. Часто вони лежать всередині нуклеарів, у вигляді сателітів, уздовж їхніх зовнішніх контурів. Центральні частини гнейсових овалів звичайно складені архей-ранньопротерозойськими товщами, що мають концентричну будову, підкреслені простяганнями метаморфічних комплексів, а також кристалізаційною сланцюватістю порід. У багатьох випадках встановлене омоложення (за радіологічними визначеннями) метаморфічних товщ від центрів до периферії овалів, що дозволяє трактувати їх як древні центри акумуляції кислого гранітного матеріалу в літосфері та іменувати структурами – тектоно-концентрами, чим підкреслюється роль тектоніки в їх формуванні. Деякі з овалів («сателіти») могли виникнути на «місячній» стадії розвитку.

Гнейсові куполи є речовинним вираженням дозрівання граніто-метаморфічного шару сучасної континентальної кори. Вони часто розташовуються у вигляді сателітів навколо гнейсових складчастих овалів або нуклеарів, але іноді формують і хаотичні групи. Будова гранітогнейсових куполів характеризується перевагою в їх контурі гнейсогранітів, гранітів, гранодіоритів і мігматитів як палінгенного, так і власне магматичного походження. Розміри їх звичайно від 3-4 до 30-40 км у діаметрі. Ядра куполів складені гранітогнейсами архею, іноді катархею. Оточені ці куполи нижньопротерозойськими товщами кристалічних сланців, рідше слюдистими сланцями.

Як гнейсові складчасті овали, так і гранітогнейсові куполи, у багатьох випадках виявляються і під платформним чохлам на плитах древніх платформ, особливо на ділянках обмеженої потужності чохла. КС у першому випадку супроводжуються диференційованими гравітаційними і магнітними полями з яскраво вираженими рисами концентричного плану; в другому – із КС зв'язані переважно негативні гравітаційні і магнітні аномалії, контури яких конформні КС.

На ділянках древньої континентальної кори, особливо переробленої у фанерозої, як гнейсові складчасті овали, так і гранітогнейсові куполи в багатьох випадках збігаються, особливо в межах серединних масивів і великих антикліноріїв, і перетерплюють поступний розвиток як магматогенні і тектоногенні КС. Звичайно такі структури в істотній мірі обумовлюють тектонічний план і характер структур палеозойських і мезокайнозойських утворень.

Магматичні КС зв'язані як з підкоровим (мантіїним), так і з коровим магматизмом. За формою прояву магматизму вони підрозділяються на вулканічні (або вулканоплутонічні) і власне плутонічні.

Мантіїні вулканічні (вулканоплутонічні) КС найчастіше фіксуються серед трапових полів древніх платформ, до них часто приурочені щитові вулкани і центри виливів, кореневі зони великих трапових силів. Звичайно це порівняно невеликі – діаметром максимум 100-150 км структури, іноді розташовані в зонах глибинних розломів.

Корові вулканічні КС зв'язані, по-перше, з вулканічними структурами вапняно-лужних континентальних вулканічних поясів, а по-друге – з островодужними вулканічними поясами.

Найбільш великі плутонічні мезо- і мініструктури на Східно-Європейській платформі зв'язані з впровадженням габро-анортозитових і лужно-ультраосновних магм. Головним чином, це плутони, так званого, центрального типу.

З впровадженням лужних підкорових магм, карбонатитів, а також кімберлітів зв'язані мікроструктури розміром від перших до 15-20 км у поперечнику. Серед інтрузій, що обумовили їх формування, поряд з невеликими штоками і діатремами присутні кільцеві і конічні інтрузії.

Плутонічні КС, пов'язані з коровим магматизмом, представлені мезо- і

мініструктурами і породжуються проявами корового гранітоїдного магматизму, як безпосередньо на поверхні, так і схованими в приповерхніх частинах літосфери. Вони супроводжують дуже широкий спектр інтрузій корових магм – від габро-діоритових і діоритових через плагіогранітові, гранодіоритові і гранітні-нормально-гранітні аж до інтрузій аляскитового і лужно-гранітного складу [17, 18].

Вивчення детальних геолого-геофізичних даних по будові плутонічних КС показало, що зовнішні центри часто обумовлені розсіяними зонами тріщин сколювання, по яких внутрішня частина структури вертикально здіймається. Причиною останнього може бути ізостатичне «спливання» відносно легких гранітних мас серед порід, що їх вміщують. Непрямим підтвердженням цього є характерні в багатьох випадках для гранітних масивів відзначені нами активні неотектонічні підняття над ділянками вміщуючих порід.

Однак, у цілому, на докембрійській континентальній корі відносна роль плутонічних структур іншого генезису істотно менша. Можливо, це пов'язано з накладенням процесів метаморфізму, що ліквідують контури плутонічних структур на древніх щитах.

Вивчення плутонічних КС дозволяє одержати багато нових геологічних даних. Дуже цікаву інформацію дає дешифрування ендоплутонічних структур у межах контурів великих гранітних полів, що виглядають на геологічних картах безструктурними плямами, дозволяючи розкрити ендотектоніку таких масивів.

Практичну цінність має дослідження екзоплутонічних структур, з якими можуть бути пов'язані не розкриті на сучасному зрізі масиви гранітоїдів і рудні родовища.

Формування тектоногенних КС супроводжують переважно процеси орогенезу, що протікають як при становленні земної кори континентального типу («епігеосинклінальний» орогенез), так і при розвитку континентальної кори («епіплатформний» орогенез, плитна або платформна тектоніка).

Тектонічні КС формуються переважно під впливом вертикальних тектонічних рухів, але відомі і КС, пов'язані з горизонтальними тектонічними рухами (ротаційні й ін.).

За способом прояву тектонічних рухів тектоногенні КС можуть бути пов'язані з дислокаціями вигину (плікативні), з розривними дислокаціями (диз'юнктивні) або ж з явищами діапіризму (ін'єкційні).

По морфології тектоногенні КС можуть бути позитивними, що супроводжуються підняттям ядра або всієї КС над рамою; негативними, що супроводжуються зануреннями; складними, коли і підняття, і депресії в межах КС мають відповідну форму [3, 6-8, 11, 14, 16-18, 21, 23, 29].

Невеликі КС діаметром до 20-30 км на платформах відповідають локальним підняттям і брахіантиклінальним складкам платформного чохла. Негативних структур серед цього різновиду дуже мало.

Творцем ротаційної гіпотези утворення тектоногенних КС, як ми уже відзначали, є китайський геолог Лі-Си-Гуан. У результаті багаторічних польових спостережень і лабораторних досліджень на експериментальній установці в 40-х роках 20 ст. він не тільки показав, але і теоретично обґрунтував наявність вихрових структур і зв'язав їхнє виникнення з ротаційним режимом Землі [22]. Обов'язковими факторами, що контролюють утворення описуваних структур, є рухи блоків основи і так звані крайові умови, тобто наявність масивів твердих порід, розломів глибокого закладення, впровадження інтрузій у вже напружене середовище тощо, що визначає різку неоднорідність фізико-механічних властивостей середовища і створює умови для перерозподілу напруги. Наявність описаних факторів визначає виникнення в середовищі гірських порід (за рахунок обертання будь-якого блоку) не просто обертального руху, а обертального здвигу.

Необхідно відзначити досліди відомого київського геолога О.І. Слензака, що вказав на широке, практично повсюдне поширення вихрових структур по всій земній кулі,

включаючи і континентальні простори, і океанічні акваторії [26-28]. Показавши глобальну систему вихрів усієї літосфери, де гілки і дуги різних вихрів переплітаються і взаємно переходять одна у одну, О.І. Слензак пов'язав їх утворення з напругами, що виникають у тілі Землі в результаті нерівномірного обертання і періодичної дії приливних хвиль. Тут же слід зазначити, що на думку С.С. Шульца структури, що мають вихровий малюнок, можуть відбивати застигли рухи струменів магматичних розплавів [32].

Утворення частини КС Землі пов'язано із сейсмічною активністю надр планети протягом її геологічного розвитку. Мінялися масштаби і контури кілець, глибина, інтенсивність і спрямованість міграції осередків землетрусів у часі і просторі, але кільцевий стиль «подиху» Землі зберігався, успадковуючи кільцеві утворення попередніх етапів розвитку планети і приводячи до зародження нових кільцевих елементів [17,18,21].

Таким чином, підсумовуючи все вище сказане необхідно акцентувати увагу на такому:

– Теоретичним стрижнем у вивченні КС є принцип геолого-геоморфологічної конформності: геоморфологічна поверхня конформна організуючому їй однорідному й однопорядковому геологічному просторові. Геолого-геоморфологічна конформна система – це нерозривна сукупність геологічного тіла, його будови, складу і зовнішньої форми [2]. Процес формування таких систем названий В.Г. Бондарчуком тектоорогенією. Це «єдність походження структури і рельєфу (змісту і форми) літосфери, що склалася протягом тривалого геолого-історичного розвитку Земної кулі як єдиної матеріальної системи» [1].

– Основне значення при вивченні КС мають також наступні висновки, найбільш повно обґрунтовані в роботах В.В. Соловйова [29], Б.В. Єжова, Г.І. Худякова [16]:

- 1) кільцеві аномалії в більшості випадків фіксують виходи на поверхню Землі КС, що мають форму переверненого східчастого конуса;
- 2) уся безліч КС поділяється на сукупності, що характеризуються середніми радіусами, рівними глибині їхнього закладення;
- 3) ініціюючі осередки КС локалізуються поблизу ГГР або на них самих, що підтверджується тотожністю дискретних числових рядів, що відображають глибини залягання границь розділів, з одного боку, середні радіуси груп розмірностей КС, з іншого.

Питання розвитку КС і механізму їх утворення залишаються ще слабо дослідженими і нерідко дискусійними, хоча з цього приводу і висловлювалися неодноразово різні думки.

Допускалася протоструктурна природа КС і їх утворення зв'язувалося з «місячною» стадією розвитку літосфери; пропонувалися динамічні гіпотези, що враховують механічний вплив на земну кору магматичних розплавів або вже затверділих інтрузій; розглядалося виникнення їх за рахунок імпульсно-хвильової розрядки геодинамічних напруг або поширення висхідних мантийних потоків і хвиль. Жодна з цих гіпотез, однак, не може розглядатися як універсальна – кожна з них пояснює специфіку формування тільки окремих типів КС.

У той же час більшість дослідників вважають, що найбільш загальною причиною виникнення КС є спрямована розрядка енергії з окремих глибинних енергогенеруючих центрів [3, 11, 16-18, 21, 23, 29].

Основні результати картування у масштабі 1:500 000 кільцевих структур Українського щита (УЩ) та його схилів. Усе вищевикладене було використано нами при інтерпретації активних на новітньому етапі розвитку КС УЩ та його схилів, що дешифруються на АКМ у виді площових аномалій фототону і структури малюнка зображення. На сучасній поверхні вони виражені в особливостях розподілу абсолютних висот і ступеня розчленування рельєфу, а також закономірним розташуванням (у вигляді дугових і кільцевих контурів) форм рельєфу різного генезису й інших компонентів ландшафту.

Залучення геолого-геофізичних матеріалів, у тому числі отриманих у результаті

перевірки виділених об'єктів, дозволило визначити геологічну природу кільцевих аномалій, класифікуючи їх як склепінчасті підняття, гнейсові овали, гранітогнейсові і мігматитові куполи, гранітоїдні масиви, осередкові структури, ізометричні блоки фундаменту, накладені западини тощо.

Крім того, у залежності від характеру відображення виявлених активних на новітньому етапі розвитку КС у морфометричних показниках відповідно до методики, розробленої В.П. Філософовим [33] і доповненої В.Г. Верховцевим [9, 15, 22, 24, 25, 30], вони розділені на декілька морфогенетичних типів: 1) успадковані, 2) неуспадковані, 3) поховані (даний тип структур у межах досліджуваної території встановлюється дуже рідко, що є однією зі специфічних рис), 4) проміжні (виділення цього типу структур уперше зроблено В.Г. Верховцевим [13]), 5) безкореневі.

Успадковані КС мають фіксоване в плані положення центральної частини протягом, як мінімум, пізньопліоцен-четвертинного часу, відображаються на всіх статичних морфометричних картах і характеризуються сумісністю контурів, виділених на всіх побудованих базисних і вершинних поверхнях (розбіжність не повинна перевищувати 1/3 розміру узагальненого контуру), в більшості випадків вони чітко виділяються за морфографічними даними і в сумарних амплітудах новітніх вертикальних рухів земної кори, а також підтверджуються апріорними геолого-геофізичними матеріалами.

Неуспадковані КС (з мігруючим в плані центром) також знаходять відображення на всіх статичних морфометричних картах (обов'язково на всіх базисних і вершинних поверхнях), але при цьому величина зсуву контурів відносно один одного перевищує 1/3 розміру узагальненого контуру. Це свідчить про зміну напрямку розвитку структури в часі (швидкий підйом, повільний підйом, опускання тощо) або ж просторову міграцію, як мінімум, склепінчастої (центральної) її частини.

Проміжні КС займають проміжне положення між успадкованими і безкореневими об'ємно-площовими утвореннями (що власне і відображено в їх назві): вони фіксуються по обох статичних морфометричних картах молодших порядків і однієї з таких поверхонь старшого порядку (в більшості випадків це вершинна поверхня 4-го порядку), часто знаходять відображення в сумарних амплітудах пізньопліоцен-четвертинних рухів земної поверхні і практично завжди – у морфографічних показниках. Ці структури характеризуються успадкованим розвитком у простеженому часовому інтервалі, але мають менші розміри і менш глибоке, чим успадковані КС, проникнення (закладення).

Безкореневі КС обов'язково простежуються по статичним морфометричним картам молодших порядків і не знаходять відображення на старших, досить чітко фіксуються по морфографічним даним і в сумарних амплітудах новітніх рухів земної кори.

Основні принципи складання карти новітньої тектоніки УЩ та його схилів масштабу 1:500 000 за морфографічними, морфометричними і аерокосмічними даними: термінологія, методи та методичні прийоми, класифікаційні та інші аспекти дослідження детально викладені нами в роботі [4].

Усього в межах УЩ та його схилів виділено (на рівні досліджень масштабу 1:500 000) 87 активних на новітньому етапі КС, з них 48 успадкованого, 20 неуспадкованого, 10 проміжного та чотири безкореневого морфогенетичних типів. Розміри їх змінюються від 20x18 до 300x250 км, а передбачувана (розрахункова) глибина закладення (проникнення) – від 9 до 150 км (рис. 1, цей же рисунок, але в кольоровому варіанті та більший за розмірами наведений нами в роботі [5]).

Виявлені 48 активних на новітньому етапі КС успадкованого типу за генетичними ознаками віднесені до метаморфогенних, магматогенних і тектоногенних і інтерпретовані в структурно-геологічному відношенні як склепінчасто-брилові підняття, гранітогнейсові (гранітомігматитові) куполи, структури осередкового типу, відносно підняті (рідше опущені) ізометричні блоки фундаменту, гранітоїдні масиви.

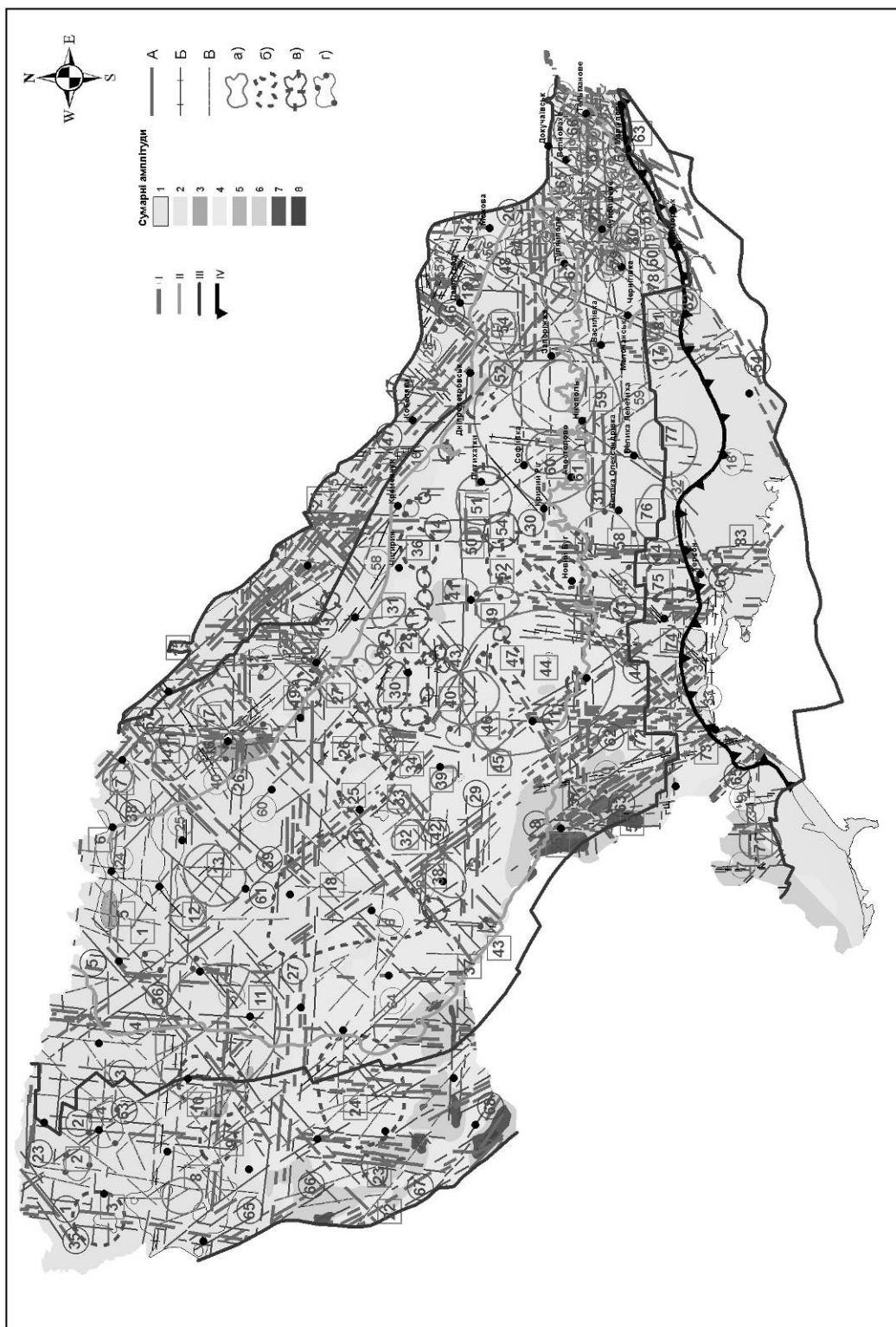


Рис. 1. Карта новітньої тектоніки Українського щита та його схилів масштабу 1:500 000 (зменшено). I – держаний кордон України; II – нульова ізогіса поверхні кристалічного фундаменту; III – тектонічні межі за [31]; IV – межа, південніше якої при більш детальних дослідженнях можливе знаходження невеликих за розміром локальних контурів з від'ємними значеннями сумарних амплітуд пізньопліоцен-четвертинних вертикальних рухів земної кори; сумарні амплітуди пізньопліоцен-четвертинних вертикальних рухів земної кори (за морфометричними даними), мм: 1 – 0-25; 2 – 25-50; 3 – 50-75; 4 – 50-100; 5 – 75-100; 6 – 100-150; 7 – 150-200; 8 – >200; лінійні зони: А – трансрегіональні і регіональні 1-го порядку; Б – регіональні 2-го порядку; В – проміжні; Г – безкореневого морфогенетичного типу. а) – успадкованого; б) – неуспадкованого; б') – проміжного; г) – безкореневого морфогенетичного типу.

На жаль, наявного апріорного геолого-геофізичного матеріалу недостатньо для однозначного визначення геологічної природи об'ємно-площових утворень регіону. Реальна оцінка результатів досліджень затримується через істотні тимчасові розриви між дешифруванням топоматеріалів і АКМ і перевіркою вірогідності виявлених об'єктів наземними геолого-геофізичними методами. Тому в значній мірі губляться основні переваги їхнього застосування – економія часу й витрат.

За латеральними розмірами вони розподіляються у такий спосіб: макроструктури – 9, мезоструктури – 21, мініструктури – 18 (мікроструктури в даній роботі не розглядаються). Розміри їх змінюються від 20х18 до 300х250 км, а передбачувана (розрахункова) глибина закладення (проникнення) – від 9 до 150 км.

Неуспадкованих КС виділено 20. У генетичному відношенні – це метаморфогенні, тектоногенні і рідше магматогенні структури, у структурно-геологічному – склепінчато-брилові підняття й опущені ізометричні блоки фундаменту, осередкові структури, гранітоїдні масиви.

За латеральними розмірами три з них відносяться до макроструктур (регіональні), 13 – до мезоструктур (регіональні) і чотири – до мініструктур (локальні). Розміри їх змінюються від 25х22 до 140х90 км, а розрахункова глибина закладення (проникнення) відповідно – від 11 до 70 км.

КС проміжного типу віднесені до тектоногенного і рідше магматогенного генетичних типів і в структурно-геологічному відношенні являють собою підняті (рідше опущені) ізометричні блоки фундаменту, гранітоїдні інтрузії і плікативні структури осадового чохла. Усього таких структур виявлено 10.

За своїми латеральними розмірами вони є мезо- (п'ять об'єктів – всі регіональні) і стільки ж – мініструктурами – локальні. Розміри їх змінюються від 28х20 до 58х54 км, а глибина закладення (проникнення) – від 10 до 29 км.

Безкореневі активні на новітньому етапі розвитку КС представлені чотирма утвореннями. За латеральними розмірами усі вони є локальними і відносяться до мезоструктур (три) і мініструктур (дві структурні форми). Розміри їх змінюються від 34х22 до 47х42 км, а розрахункова глибина закладення (проникнення) від 11 до 23,5 км. У генетичному відношенні – це тектоногенні кільцеві утворення, у структурно-геологічному – ізометричні блоки фундаменту і плікативні структури осадового чохла.

Всі виявлені в межах УЩ та його схилів активні на новітньому етапі розвитку КС похованого морфогенетичного типу мають діаметр менш 15 км і відносяться до мікроструктур, тому при даному дослідженні не розглядаються.

Основні відомості про більшість виявлених, активних на новітньому етапі розвитку КС УЩ в стислому вигляді приведені в таблиці 1 (включаючи номер структури на рис. 1, її назву, розміри, морфогенетичний тип, особливості відображення в сумарних амплітудах пізньопліоцен-четвертинних вертикальних рухів земної кори, розрахункову глибину закладення (проникнення), характер взаємин з лінеаментами, передбачувану структурно-геологічну інтерпретацію і пошукову перспективність).

Таблиця Основні відомості про активні на новітньому етапі розвитку кільцеві геоструктури Українського щита та його схилів

№ на карті	Назва, ранг	Азиму т	Д / Ш, км	К / Д ₁ -Д ₂ , км	К _{ер} / К _{вод}	Співпадання зони з відомим розломом	Морфо-тип	Пошукова перспективність
<i>Лінеаментні зони домінуючої ортогональної системи $0 \pm 90^\circ (\pm 5^\circ)$</i>								
1	Ковельсько-Івано-франківська, 1	0-2	435 ^{x2} /10-20	35/5-35	27/12	+ Рогатинський	С	Cu, Pb, Zn, BB, Rm, ПВ, S
2	Любашівсько-Чернівецька, 1	0-1	435 ^{x2} /10-25	43/8-60	30/15	+	С	Cu, Pb, Zn, Rm, mu, Mo, P, TR, gr, ПВ
3	Сарнинсько-Хмельницька, 1	0-1	400 ^{x1} /10-15	39/7-50	25/16	+ Рівненський	С	Cu, Zn, Pb, P

№ на карті	Назва, ранг	Азиму т	Д / Ш, км	К / Д ₁ -Д ₂ , км	К _{ер} / К _{вод}	Співпадання зони з відомим розломом	Морфотип	Пошукова перспективність
4	Сарнинсько-Окницька, 1	0-2	440 ^{x2} /12-25	56/7-60	35/23	++ Корецько-Шепетівський	С	Fe, Ti, Ni, Cu, Zn, Pb, P, mu, gp, U
5	Олевсько-Могильовська, 1	359-0	405 ^{x1} /10-20	37/9-75	25/14	++	С	Rm, Mo, P, mu, gp, TR, gr, ПБ, U
6	Вінницько-Ялпугська, 2	359-1	490/3-9	21/7-20	14/7	+	С	Rm, TR, Ni, BB
7	Китайська, 2	0-1	120 ^{x1} /4-5	14/6-25	12/4	+ границя Р ₃ -N ₁	С	BB
8	Гайворонсько-Сасикська, 1	0-1	380 ^{x1} /7-10	35/3-30	24/12	++ Саратський (Арцизький)	С	Fe, BB
9	Котовсько-Тузлівська, 2	356-358	200/5-12	23/2-40	16/10	++ Придністровський	С	Fe, BB
10	Ананівсько-Одеська, 2	351-356	200 ^{x1} /8-12	35/7-25	14/23	++ Тальнівський	С-П	Fe, Rm, U
11	Брагинсько-Одеська, Т	355-0	490 ^{x2} /15-20	112/5-45	70/45	+++Першотравнев о-Трактемирівський	С	Ni, W, U
12	Чернігівсько-Гнилоєланецька, 2	359-2	450 ^{x2} /7-10	42/5-30	28/15	—	С	Au, Ag, U
13	Нежінсько-Миколаївська, 1	359-1	450 ^{x2} /16-25	92/5-60	40/55	++ Кіровоградський, Миколаївський	С-П	BB, gp, U
14	Шосткінсько-Скадовська, 1	359-1	410 ^{x2} /12-25	88/5-45	58/32	++ Херсонський, Західно-Інгулецький,	С	Mo, BB, U
15	Миргородсько-Кременчуцька, 2	0-1	170 ^{x1} /5-9	18/3-35	12/7	+ Криворізько-Кременчуцький	С	BB, U
16	Решитилівсько-Чаплинська, 2	0-3	390 ^{x1} /11-15	42/7-30	18/12	+	С	BB, U
17	Карлівсько-Малоутлюкська, 1	358-3	370 ^{x1} /13-25	56/6-45	26/18	+Мелітопольський	С	BB, U
18	Лозовсько-Обиточна, 1	355-0	250/16-20	55/4-28	34/23	+	С	BB, U
19	Гуляйпольсько-Приморська, 2	359-0	160/6-9	20/5-25	14/8	++ Центрально-Приазовський	С	Fe, Rm, ПБ, BB, U
20	Барвенковсько-Бердянська, 1	358-0	240 ^{x1} /14-18	40/5-30	27/14	+	С	ПБ
21	Волновахсько-Білосарайська, 2	4-6	75/5-7	8/7-20	5/3	+	С	ПБ
22	Кутейніковсько-Новоазовська, 2	3-5	100/3-4	16/5-10	11/5	++ Грузько-Сланчикський	С	Ni, Cu, ПБ
23	Поліська, 1	90-92	430 ^{x2} /30-40	30/8-65	12/18	++ Південно-Ратновський	С-П	V, Ti, Fe, Rm, Ni, Sn, Cu, F, ku, Pb, Au, Ag, Mo
24	Ковельсько-Вільчанська, 2	89-90	405 ^{x1} /8-15	21/7-45	8/14	+Поліський	П	Ti, P, Rm, Fe, Ag, Au, Pb, Zn, Mo
25	Локачинсько-Коростенська, 2	89-90	410 ^{x1} /12-20	35/8-45	12/25	+ Володимир-Волинський	П	TR, Rm, W, Mo, BB
26	Червоноградсько-Пирятинська, 1	90-91	215/8-13	14/7-35	5/10	+	П	Fe, Ti, P, U
27	Львівсько-Миргородська, 1	90-91	680 ^{x2} /20-35	72/6-70	30/45	++ Андрушівський	П	Cu, Pb, Zn, P, Mo, gp, Pb, Sn, Fe, BB, ПБ, U
28	Тульчинсько-Славянська, 2	89-90	200/4-6	35/5-30	12/25	+	П	TR, Ni. ПБ, BB, U
29	Хотинсько-	89-90	720 ^{x1} /7-	48/10-	18/32	+ Суботсько-	П	Fe, Ti, gp, Rm, Au,

№ на карті	Назва, ранг	Азиму т	Д / Ш, км	К / Д ₁ -Д ₂ , км	К _{ер} / К _{вод}	Співпадання зони з відомим розломом	Морфотип	Пошукова перспективність
	Дніпропетровська, 1		14	50		Мошоринський		Cu, Pb, Sn, go, Ti, Fe, Ni, BB, U
30	Криворізько-Амвросієвська, 1	90-91	480 ^{x1} /25-27	94/8-20	42/56	++ Девладівський, Бобринецький	П-3	Mo, TR, F, Rm, Fe, Mn, U
31	Котовсько-Тельманівська, 1	88-90	725 ^{x2} /8-30	122/5-40	70/55	+ Конкський	П-С	Fe, Mo, Ni, gp, gp, cor, TR, F, Rm, Mn, U
32	Роздільненсько-Херсонська, 2	89-91	325 ^{x1} /6-12	42/5-30	17/30	+ Північно-Таврійський	П	ПВ, BB
33	Одесько-Цюрупинська, 2	89-90	150/6-8	12/7-16	3/12	+ границя К ₂	П	ПВ, BB
34	Березинсько-Іллічівська, 2	89-90	120 ^{x1} /7-10	16/4-20	8/14	+	П	ПВ, BB
Лінеamentні зони домінуючої діагональної системи 40-50⁰ ± 310-320⁰								
35	Вижевська, 1	48-53	110 ^{x2} /8-12	5/20-70	3/2	++ Вижевський	3-С	Fe, Ti, Cu
36	Івано-франківсько-Лельчицька, 1	40-50	540 ^{x2} /15-25	38/9-100	23/16	++ Пержансько-Кременецький	3-С	Rm, Sn, W, TR, F, Ti, P
37	Шепетівсько-Коростенська, 2	40-50	190/9-15	8/10-70	6/4	+	3-С	Rm, mu, Ti, P, Ni, Mo, W, Cu, Ag
38	Залещико-Вільчанська, 1	45-50	260 ^{x1} /5-10	15/6-55	10/7	++ Тетерівський	3-С	Ti, F, Mo, Cu, gp, U
39	Окиницько-Чорнобильська, 1	40-50	400 ^{x1} /10-16	36/7-50	22/16	+ Троянівський	С-3	TR, Rm, Ni, Au, Fe, Ti, BB, U
40	Макарівсько-Козелецька, 2	49-52	140 ^{x1} /7-10	24/5-30	14/12	+	3	ПВ, BB
41	Могилівсько-Ніжинська, 1	48-52	390 ^{x1} /5-15	56/9-50	35/24	++ Немирівський	3-С	Fe, TR, W, U
42	Крижопільсько-Варшавська, 1	45-50	420 ^{x2} /18-25	55/6-40	27/29	+ Володарський	3	Rm, Ni
43	Фрунзовсько-Миргородська, Т	45-52	400 ^{x2} /10-20	52/8-30	26/28	++	3	Mo, BB, ПВ, U
44	Вілковсько-Полтавська, 1	42-46	600 ^{x1} /8-25	72/8-50	31/42	++ Алібейський, Чорноморський	3-П	Au, Ag, BB, U
46	Цюрупинсько-Орельська, 1	40-45	300 ^{x1} /10-12	34/5-30	17/19	+ Дерезуватський	3	BB, ПВ, U
47	Новотавричинсько-Близнюківська, 2	40-45	120 ^{x1} /7-10	17/10-35	9/9	+	3	BB, ПВ
49	Гирсовсько-Великоновоселківська, 2	40-45	190/6-9	21/4-30	12/11	+	3	Fe, Rm
53	Східно-Маріупольсько-Катеринівська, 2	40-50	120 ^{x1} /4-5	15/4-15	9/6	+	3-С	Rm
58	Вільчансько-Вишгородська, 2	310-315	80 ^{x1} /10-11	4/10-60	3/2	+	3-С	Ti, P, Rm, Sn, W
60	Олевсько-Фастівська, 1	310-315	150/16-25	9/6-25	6/4	++ Центральний	3-С	Ti, P, Rm, W, Mo, Au, U
61	Сарнинсько-Тетіївська, 1	315-325	425 ^{x2} /12-18	49/6-47	30/21	++ Сарнинсько-Варварівський, Ємільчинський	3-С	Fe, Ti, Ni, Rm, W, Cu, Au, U
62	Шепитівсько-Очаківська, 1	315-325	570 ^{x2} /5-15	57/7-50	36/24	++ Хмільницький, Бузький, Гвоздівський	3-С	Fe, Ni, W, TR, Rm, U
63	Маневичсько-Одеська, 1	310-325	570 ^{x2} /5-15	57/7-50	35/23	++ Хмільницький,	3-С	Fe, Ni, W, TR, Rm, U

№ на карті	Назва, ранг	Азиму т	Д / Ш, км	К / Д ₁ -Д ₂ , км	К _{ер} / К _{вод}	Співпадання зони з відомим розломом	Морфотип	Пошукова перспективність
						Бузький, Придністровський		
64	Луцько-Копайпольська, 2	315-320	260/3-10	18/6-75	11/7	++ Подільський	3-С	TR, Fe, Cu, Pb, Zn
65	Червоноградсько-Окницька, 2	315-325	375 ^{x1} /8-20	22/6-70	14/8	++ Сокальський	3-С	TR, Zn, Pb, P, BB
Лінеamentні зони пригніченої діагональної системи 30-35° ± 300-305°								
48	Молочансько-Барвенковська, 1	30-35	270 ^{x1} /6-8	27/10-35	12/18	+	3-Н	BB, ПВ
50	Донецько-Гурзуфська, Т	30-35	1000 ^{x2} /15-20	80/6-100	46/36	++ Донецько-Гурзуфський, Обиточенський, Волновасько-Чорнухинський, Катерининський	С-3	Ta, Nb, TR, Be, W, Cu, Pb, Hg
51	Приморсько-Ларинська, 1	30-35	230 ^{x1} /8-12	22/5-40	12/11	+	3	Rm, TR, Sn, Au, gp
52	Маріупольсько-Кутейніківська, 1	30-35	350 ^{x1} /7-8	40/5-60	24/18	++ Кальміуський	С-3	La, Mo, Cu, Zn, V, Co, Hg
55	Кустоловсько-Макіївська, 2	300-305	280 ^{x2} /15-18	52/5-45	30/22	++	3-С	BB, U
57	Чорнобильсько-Маріупольська, Т	300-305	850 ^{x2} /11-30	350/5-50	205/170	++ Сорочинський, Куйбишевський, Дніпродзержинський	С-3	Rm, TR, F, gp, Al, Cu, Sn, Fe, BB, U
68	Калушсько-Вашковська, 1	295-305	250 ^{x2} /20-35	26/9-55	10/17	+	Н-С	Ag, Pb, Zn, cs, BB, Au
Лінеamentні зони пригніченої діагональної системи 60-70° ± 330-340°								
45	Ягорлицько-Херсонська, 2	60-62	150/7-8	8/12-30	6/4	–	3-С	ПВ
54	Сивашсько-Каркінітська, Т	65-70	300 ^{x2} /15-20	38/10-70	23/16	+ Бердянсько-Маріупольський	С-3	TR, Ti, Zr, Mo, BB
56	Першотравенсько-Білосарайська, 2	330-335	180/7-10	22/6-25	12/11	+ Малоянісольський	3	Fe, Rm, gp
59	Жовтоводсько-Кирилівська, 2	326-330	150 ^{x2} /10-14	28/4-35	16/14	+	3	Fe, Cu, Au, U
66	Червоноградсько-Хотинська, 1	330-335	350 ^{x2} /10-18	27/7-60	12/17	++ Белз-Балучинський	Н-С	TR, Rm, BB
67	Львівсько-Чернівецька, 1	330-335	300 ^{x2} /15-25	44/8-40	20/25	++ Хлевчани-Перемишлянський, Чернівецький	Н-С	Cu, S, cs, BB, Au

П р и м і т к а: ++ – повне, + – фрагментарне відображення КС у проаналізованих показниках, – – КС не відбивається у відповідних показниках; ↑ – співпадання контуру КС з областю підвищених значень ізобаз, ↓ – те ж відносно знижених, ⤴ – складне сполучення в межах КС відносно підвищених та знижених значень ізобаз; А – співпадання КС з замкненою аномалією сумарних амплітуд або з згущенням ізобаз найбільш високих значень, які підкреслюють своїм розміщенням контур КС, Р – КС виражається в рисовці розріджених ізобаз (як правило, одна ізолінія); цифри біля стрілок (20-40 тощо) – значення ізобаз (в м), в просторовому розміщенні яких виділяється КС; 0 – КС оконтурена лінеаментами, В – КС знаходиться в вузлі перетину лінеamentів; 3 – КС розташована в області безпосереднього впливу лінеamentної зони, л – одиночний лінеament; СБП – склепінчасто-брилове підняття, СОТ – структура осередкового типу, ГМК – граніто-мігматитовий (граніто-гнейсовий) купол, ГМ – гранітоїдний масив, ППБ – відносно припіднятий ізометричний блок (підняття), ОІБ – відносно опущений ізометричний блок (западина), СОЧ – структура осадового чохла; ВВ – вуглеводні (нафта, газ), ПВ – підземні води тріщинного типу.

1. Бондарчук В.Г. Основные вопросы тектоорогении. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 382 с.
2. Бондарчук В.Г. Движение и структура тектоносферы. – К.: Наук. думка, 1970. – 190с.
3. Буш В.А. Проблемы кольцевых структур Земли // Итоги науки и техники. Общая геология. – М.: ВИНТИ, 1986.– Т.2. – 116 с.
4. Верховцев В.Г. Основні принципи складання карти новітньої тектоніки Українського щита та його схилів масштабу 1:500 000 за морфографічними, морфометричними і аерокосмічними даними: термінологія, методи та методичні прийоми, класифікаційні та інші аспекти дослідження / Верховцев В.Г., Юськів Ю.В. // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2011. – Вип. 3. – С. 63-76.
5. Верховцев В.Г. Активні на новітньому етапі розвитку лінійні геоструктури Українського щита та його схилів / Верховцев В.Г., Юськів Ю.В., Швайко В.Г. // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2011. – Вип. 4. – С. 49-59.
6. Верховцев В.Г. Кольцевые структуры Приазовского блока Украинского щита по данным дешифрирования космических снимков / Верховцев В.Г., Веремьев П.С., Шаталов Н.Н. // Исслед. Земли из космоса.–1989.–№6. – С. 15-22.
7. Верховцев В.Г. О классификации кольцевых структур по латеральным размерам и глубине заложения / Верховцев В.Г // Тектоника и стратиграфия.–1992.–Вып. 32. – С. 3-5.
8. Верховцев В.Г. Активные на новейшем этапе развития кольцевые макро-, мезо- и министруктуры Украины (результаты исследований масштабов 1:500 000-1:1 000 000) / Верховцев В.Г. // Геол. журн.–2004.–№4. – С. 78-85.
9. Верховцев В.Г. Прикладные (поисковые и инженерно-геологические) аспекты изучения платформенных геоструктур Украины / Верховцев В.Г. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності.–2005.–№3. – С. 80-92.
10. Верховцев В.Г. Новітні платформні геоструктури України та динаміка їх розвитку: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук: спец. 04.00.01 «Загальна та регіональна геологія» / Верховцев В.Г. – К.: Друк-ня «Ц-СІ», 2008. – 36 с.
11. Генетические типы кольцевых структур континентов / [Буш В.А., Брюханов В.Н., Кац Я.Г. и др] – Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1985. – С. 12-23.
12. Гинтов О.Б. Структуры континентальной земной коры на ранних этапах ее развития. – К.: Наук. думка, 1978. – 164 с.
13. Динаміка геоструктур України та загальні закономірності розміщення корисних копалин / [О.І. Слензак, В.Я. Радзівіл, В.Г. Верховцев та ін.] – Звіт про НДР / Ін-т геол. наук НАНУ; №ДР 0198U003815. – К., 1999. – 218 с.
14. Зайченко В.Ю. О природе кольцевых аномалий, фиксируемых дистанционными методами / Зайченко В.Ю., Кузнецов О.Л., Попсуй-Шапка Г.П. // Сов. геол. – 1981. – №1. – С. 98-105.
15. Зони тектонічної активізації геоструктур України в зв'язку з передбаченням екологонебезпечних процесів і прогнозуванням деяких видів корисних копалин / [В.Я. Радзівіл, В.Г. Верховцев, І.С. Потапчук та ін.] – Звіт про НДР / Ін-т геол. наук НАНУ; №ДР 0204U006917. – К., 2004. – 346 с.
16. Ежов Б.В., Худяков Г.И. Морфотектоника геодинамических систем центрального типа (новая глобальная концепция). – Владивосток: Узд-во ДВНЦ АН СССР, 1984. – 129с.
17. Кольцевые структуры Земли: миф или реальность / [Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И. и др.] – М.: Наука, 1989. – 188 с.
18. Кольцевые структуры континентов Земли. – М.: Недра, 1987. – 184 с.
19. Космическая карта СССР м-ба 1:2 500 000 / под. ред. Е.А. Козловського – М.: Мингео СССР, 1984.
20. Космогеология СССР / [Афанасьева Н.С., Башилов В.И., Брюханов В.И.] ; под ред. В.И. Брюханова, Н.В. Межеловского. – М.: Недра, 1987. – 240 с.
21. Кутейников Е.С. Что же такое кольцевые структуры? / Кутейников Е.С., Кутейникова Н.С. // Природа. –1981. – №6. – С. 48-57.

22. Ли-Сы-Гуан. Вихревые структуры Северо-Западного Китая. – М: Гос. науч.-техн. изд-во лит-ры по геол. и охране недр, 1968. – 129 с.
23. Порошин С.В. Кольцевые структуры по данным дешифрирования космических снимков / Порошин С.В. // Изв. высш. учебн. завед., геол. и разв. – 1980. – №9. – С. 18-25.
24. Розломна тектоніка України і локалізація корисних копалин (Український щит та Азово-Чорноморський регіон) / [І.І. Чебаненко, О.І. Слензак, В.Я. Радзівіл та ін.] – Звіт про НДР: Ін-т геол. наук НАНУ; № ДР 01.9.1002.4949.–К., 1995. – 202 с.
25. Розломні геоструктури Українського щита та його схилів, їх просторово-часові співвідношення і новітня активізація / [В.Г. Верховцев, І.С. Потапчук, М.М. Шаталов та ін.] – Звіт про НДР / Ін-т геол. наук НАНУ; №ДР 0105U001004. – К., 2009. – 250 с.
26. Слензак О.И. Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. – К.: Наук. думка, 1972. – 184 с.
27. Слензак О.И. Структуры пересечения парных метаморфических поясов докембрия. – К.: Наук. думка, 1978. – 112 с.
28. Слензак О.И. Локальные структуры зон напряжений докембрия. – К.: Наук. думка, 1984. – 104 с.
29. Соловьев В.В. Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-геоморфологического анализа: (Объяснит. зап. к карте морфоструктур центр. типа террит. СССР м-ба 1:10 000 000): Изд-во ВСЕГЕИ, 1978. – 110 с.
30. Тектоника Северного Причерноморья / [Чебаненко И.И., Довгаль Ю.М., Знаменская Т.А. и др.] ; под ред. И.И. Чебаненко. – К.: Наук. думка, 1988. – 164 с.
31. Тектоническая карта нефтегазоносных областей юго-запада СССР (с использованием материалов космической съемки). – 1:500 000 / Гл. ред. Н.А. Крылов. – К.: ГКП ЦТЭ, 1987.
32. Шульц С.С. Тектоника земной коры. – Л.: Недра, 1979. – 265 с.
33. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. – Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1975. – 232 с.

В.Г. Верховцев, Ю.В. Юськів, В.Г. Швайко

АКТИВНЫЕ НА НОВЕЙШЕМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ КОЛЬЦЕВЫЕ ГЕОСТРУКТУРЫ УКРАИНСКОГО ЩИТА И ЕГО СКЛОНОВ

Всесторонне охарактеризованы активные на новейшем этапе развития кольцевые структуры Украинского щита и его склонов, выявленные на основе структурно-геоморфологических и аэрокосмических методов исследования. Приведены их размеры (диаметры), отображение в суммарных амплитудах вертикальных новейших (позднеплиоцен-четвертичных) движений земной коры, расчетные глубины заложения (проникновения), взаимоотношения с линеаментами, предполагаемая структурно-геологическая интерпретация и поисковая перспективность.

V.G. Verkhovtsev, Iu. V. Iuskiv, V.G. Shvaiko

ACTIVE IN THE NEWEST DEVELOPMENT STAGE THE ANNULAR GEOSTRUCTURES (LINEAMENTS) OF UKRAINIAN SHIELD AND ITS SLOPES

The authors far and wide characterizes the annular macro-, meso- and ministructures of the Ukrainian shield and its slopes active in the newest development stage, which have been recognized from structural geomorphologic and remote sensing data. Their names, diameters, manifestation in overall amplitudes of vertical newest (Late Pliocene-Quaternary) movements of the earth crust, calculated occurrence (intrusion) depths, relationships with lineaments, supposed structural geological interpretation and search outlooks given in article.

ПРОБЛЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

УДК 504.06

В.С. ШТЕЦЬ

ДУ “Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України”, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ РЕГУЛЯТОРНОЇ ПОЛІТИКИ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ В СФЕРІ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ТА ТОРГІВЛІ ВИКИДАМИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА УКРАЇНСЬКИХ ОПЕРАТОРІВ АВІАЛІНІЙ

Проаналізовано стан регуляторної політики Європейського Союзу в сфері торгівлі викидами парникових газів, а саме, основних елементів Директиви Європейського Союзу 2008/101/ЕС, та її вплив на впровадження економічних інструментів обмеження викидів парникових газів в секторі міжнародної цивільної авіації, зокрема України.

Проблематика зміни клімату залишається невід’ємною складовою інтеграційних економічних та політичних процесів на глобальному рівні. Зусилля, спрямовані на протидію зміні клімату та подолання її небажаних наслідків, створюють, у свою чергу, об’єктивні умови для розробки та здійснення національних політик практично в усіх сферах. Відтак, не лише впровадження певних інструментів на національному рівні, але й активна участь у регіональних ініціативах є необхідними умовами ефективності політики держави в умовах сучасної глобалізації.

Особливістю регіональних ініціатив та інструментів, пов’язаних з обмеженням антропогенного впливу на кліматичну систему, є те, що на відміну від Кіотського протоколу, вони не обмежуються лише зобов’язаннями щодо обмежень викидів парникових газів (ПГ). Один із основних засобів впливу на викиди ПГ полягає у перерозподілі та спрямуванні фінансових ресурсів на потреби інвестування у підвищення екологічної ефективності/зменшення викидів ПГ у тих сферах господарської діяльності, де ефективність використання економічних механізмів залишається сумнівною. Зволікання держави у створенні внутрішніх інструментів призводить до нав’язування зовнішніх обмежень і, перш за все, у сфері міжнародної торгівлі. Прикладом саме таких обмежень є включення сектору цивільних авіаційних перевезень України у Європейську систему торгівлі викидами (ЄСТВ).

Рішення про залучення цивільної авіації у ЄСТВ було прийнято на основі досліджень, проведених Міжурядовою групою експертів по зміні клімату (МГЕЗК). Для прикладу, у 2000 році частка авіації у глобальних викидах CO₂ становила 2% [5]. Зважаючи на постійний приріст викидів від авіації, очікуваний рівень викидів CO₂ досягає 46% у 2020 році порівняно зі середніми верифікованими значеннями 2004-2006 рр. [8]. Саме потенційно велика частка викидів від цивільної авіації і стала першопричиною включення даного сектору у ЄСТВ, метою якої є обмеження викидів CO₂ відносно об’ємів середніх об’ємів 2004-2006 рр. від внутрішніх рейсів Європейського Союзу, а також міжнародних рейсів, що прилітають та відлітають з ЄС.

Отже, основним очікуваним наслідком залучення авіаційного сектору до ЄСТВ є відшкодування у грошовому еквіваленті викидів парникових газів, здійснених за весь час польоту на маршрутах в та з аеропортів Європейського Союзу, а також Ісландії, Ліхтенштейну та Норвегії, а починаючи з 1 січня 2014 р. і Хорватії.

В грудні 2008 року законодавство ЄС в сфері торгівлі викидами було доповнено Директивою 2008/101/ЕС. Згідно з нею, починаючи з 01 січня 2012 року, сектор авіаперевезень також буде доданий до європейської СТВ [1, 2]. Усі авіаоператори, що виконують рейси в аеропорти Європейського Союзу, будуть включені в СТВ.

Авіакомпанії контролюватимуться тими країнами-членами ЄС, що видали ліцензію на польоти, а компанії, зареєстровані за межами ЄС, - тими країнами, на території яких в 2006 році відбулось найбільше викидів [3]. Наприклад, авіалінії США American Express будуть під контролем Великобританії, Міжнародні Авіалінії України – Австрії, компанія Аеросвіт – Греції [6]. Загалом 43 авіаоператори України [8] (в тому числі компанії з перевезення вантажів) підпадають під дію Директиви 2008/101/ЄС.

Кожну тону викидів CO₂ авіакомпанії зобов'язані компенсувати одним сертифікатом на викиди, який дорівнює одній тонні еквіваленту CO₂. Директивою 2008/101/ЄС передбачено створення спеціальних Європейських дозволів на викиди в авіаційному секторі (EUAA). Хоча вищезгадані дозволи є похідними стандартних Європейських дозволів на викиди (EUA), інші сектори ЄСТВ не зможуть використовувати EUAA на рівні з EUA для виконання зобов'язань в рамках Європейської СТВ. Авіакомпаніям, в свою чергу, дозволено використовувати EUA в рамках ЄСТВ. Щодо обмежень на використання одиниць скорочень викидів (ОСВ – одиниці, що генеруються в результаті функціонування проєктів Спільного Впровадження (СВ) згідно Кіотського протоколу) та сертифікованих скорочень викидів (ССВ - одиниці, що генеруються в результаті функціонування проєктів Механізму Чистого Розвитку (МЧР) згідно Кіотського протоколу), то в 2012 році авіалініям дозволено використовувати до 15% ОСВ/ССВ від загального обсягу, необхідного для виконання зобов'язань (подібно до компаній інших секторів, що входять до складу ЄСТВ). З 2013 року лише 1,5% ОСВ/ССВ може бути використано авіалініями для виконання зобов'язань. [2, 4].

85% EUAA на 2012 рік буде надано компаніям на безоплатній основі, 15% з виділених на сектор дозволів планується продати на аукціоні. На 2012 рік ціллю є зменшення викидів від авіаційних цивільних перевезень на 3 % від встановленої базової лінії (2004-2006 рр.), на період 2012 -2020 рр. – цілі сягають 5% скорочення викидів від середніх викидів за 2004-2006 роки.

Детальніша інформація щодо моніторингу, верифікації та встановлення базової лінії для операторів авіаліній подана у Таблиці 1 [2].

На період після 2013 року, структура видачі дозволів на викиди дещо змінюється: 82%, виділених на сектор дозволів, розподілятиметься на безоплатній основі, 15% - розподілятиметься через аукціонні торги, 3% дозволів залишаються у спеціальному резерві для нових перевізників або нових маршрутів існуючих авіакомпаній. Рішення щодо об'ємів дозволів на період з 2013 по 2020 рр. буде прийнято Європейською Комісією до 30 вересня 2011 р. Причому ключовим моментом у розподілу для кожної з авіакомпаній є саме питомі викиди у розрахунку на тонну-км у 2010 р. [7].

Протягом трьох місяців з часу прийняття рішення Європейською Комісією щодо об'ємів дозволів, які будуть розподілені на безоплатній основі, країни, відповідальні за ввізених їм операторів авіаліній, зобов'язані опублікувати кількість дозволів, що буде видана безоплатно. Розподіл буде проводитись згідно з формулою: Дозволи = викиди компанії (тонну-км)*КППВ, де викиди компанії (тонну-км) = відстань перельоту*корисне навантаження. Варто зазначити, що штраф за невиконання зобов'язань становить 100 €/тонна CO₂.

В Таблиці 2, наведено список таких авіакомпаній та порівняльний аналіз фінансових втрат за умови ігнорування правил ЄС щодо авіаперевезень та послідовне виконання таких правил [2,8].

Таким чином, стаття дає розуміння стану регуляторної політики Європейського Союзу в сфері торгівлі викидами парникових газів, а саме, основних елементів Директиви Європейського Союзу 2008/101/ЄС, та її впливу на впровадження економічних інструментів обмеження викидів парникових газів в секторі міжнародної цивільної авіації, зокрема України.

Таблиця 1. Процес моніторингу, верифікації та встановлення базової лінії для операторів авіаліній

	Дії	Відповідальний	Термін виконання
1	Подати план моніторингу викидів.	Оператор авіаліній	До 31 серпня 2009 року
2	Затвердження плану моніторингу викидів CO ₂ та питомих викидів (тонCO ₂ /км).	Національний уповноважений орган країни-члена ЄС, за яким закріплена відповідна авіакомпанія	До 31 грудня 2009 року
3	Моніторинг та реєстрація викидів CO ₂ та питомих викидів (тон CO ₂ /км) відповідно до розробленого та затвердженого плану моніторингу.	Оператор авіаліній	Кожного наступного календарного року (починаючи з 2010 р)
4	Підготувати звіт щодо історичних викидів.	Оператор авіаліній	Одразу після закінчення календарного року
5	Верифікаційний звіт (аудит, що підтверджує кількість викидів певними авіалініями).	Обраний оператором аудитор (верифікатор)	До 31 березня 2011 року та у наступні календарні роки до 31 березня
6	Надати звіт щодо верифікації викидів уповноваженому органу.	Оператор авіаліній	До 31 березня 2011 року та у календарні роки до 31 березня надалі
7	Звіт щодо верифікації викидів.	Національний уповноважений орган країни-члена ЄС, за яким закріплена відповідна авіакомпанія	Після подання звіту
8	Отримати від Уповноваженого органу квоти на 2012 рік, на наступні роки. За необхідності, прийняти участь в аукціоні.	Національний уповноважений орган країни-члена ЄС, за яким закріплена відповідна авіакомпанія	До 28 лютого 2012 року та до 28 лютого у подальшому
9	Покрити фактичні викиди в 2012 році наявними дозволами на викиди. У випадку недостатньої кількості дозволів для покриття фактичних дозволів, сплатити штраф у розмірі 100 євро за кожен тону CO ₂ , а також купити недостатню кількість дозволів на ринку.	Оператор авіаліній	До 30 квітня 2013 року та у до 30 квітня у подальшому

Таблиця 2. Щорічні потенційні витрати найбільших авіаперевізників України за умови неотримання дозволів на викиди CO₂ і невиконання вимог по моніторингу з 01.01.2010 року

Назва авіакомпанії	Штрафні санкції, млн €/рік	Витрати на купівлю непокритих дозволів, млн €/рік	Загальні витрати, млн €/рік
Міжнародні авіалінії України	18,7	2,6	21,3
Аеросвіт	6,6	0,9	7,5
Авіакомпанія «Аеро-Чартер»	1,5	0,2	1,7
Донбасаеро	1,2	0,2	1,4
Українсько-Середземноморські авіалінії	0,7	0,1	0,8

1. Директива 2003/87/ЕС Європейського Парламенту і Ради від 13 жовтня 2003 р. про створення схеми торгівлі квотами на викиди парникових газів у рамках Співтовариства і внесення поправок в Директиву Ради 96/61/ЕС.
2. Директива 2008/101/ЕС Європейського Парламенту і Ради від 19 листопада 2008 р. із внесенням поправок до Директиви 2003/87/ЕС таким чином, що до схеми торгівлі квотами на викиди парникових газів у рамках Співтовариства включається авіація.
3. Розпорядження Комісії (ЄС) № 82/2010 від 28 січня 2010, яке вносить зміни до Розпорядження (ЄК) No 748/2009 щодо списку експлуатантів повітряних суден, які виконують авіаційну діяльність, перелічених у Додатку I до Директиви 2003/87/ЕС до або після 1 січня 2006, вказуючи керуючі держави-члени для кожного повітряного судна.
4. Рішення Комісії від 7 березня 2011 року щодо історичних викидів від авіації відповідно до статті 3с(4) Директиви 2003/87/ЕС Європейського Парламенту та Ради про створення схеми торгівлі квотами на викиди парникових газів у рамках Співтовариства
5. <http://pointcarbon.com>
6. Презентація Клапатюк Т.Г. Требования Евросоюза для авиакомпаний Украины, осуществляющих полёты в Европу. Фонд Целевых (Экологических) Инвестиций. Киев 2009. – С.9-12
7. Логачова О.В. Механізми регулювання антропогенних викидів парникових газів. Автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. економ. наук. Донецьк – 2008. –С.3-12;
8. Grubb, Michael & Hope, Chris, "EC climate policy: where there's a will ..," Energy Policy, Elsevier, 1992. Vol. 20(11). – p. 1110-1114.

В.С. Штец

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯТОРНОЙ ПОЛИТИКИ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА В СФЕРЕ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ И ТОРГОВЛИ ВЫБРОСАМИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА УКРАИНСКОМ ОПЕРАТОРОВ АВИАЛИНИЙ

Проанализировано состояние регуляторной политики Европейского Союза в области торговли выбросами парниковых газов, а именно, основных элементов Директивы Европейского Союза 2008/101/ЕС, и ее влияние на внедрение экономических инструментов ограничения выбросов парниковых газов в секторе международной гражданской авиации, в частности Украины.

V. Stets

PECULIARITIES OF EUROPEAN UNION REGULATORY POLICY IN THE SPHERE OF CIVIL AVIATION AND GREENHOUSE GASES EXHAUSTS TRADE TOGETHER WITH ITS INFLUENCE ON UKRAINIAN AIRLINE OPERATORS.

It is analyzed the state of European Union regulatory policy in the sphere greenhouse gases exhausts trade, mainly – main elements of 2008/101/EC European Union Decree and its influence on economical elements introduction for greenhouse gases exhausts limitation in the sector of international civil aviation, particularly Ukraine.

С.М. ЧУМАЧЕНКО, С.В. ВАЛУЙСЬКИЙ

Інститут державного управління у сфері цивільного захисту МНС України, м. Київ

УДОСКОНАЛЕНИЙ АЛГОРИТМ ПОШУКУ КВАЗІОПТИМАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ АЕРОПЛАТФОРМ В РАМКАХ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Вирішена важлива науково-технічна задача, яка полягає у вдосконаленні алгоритму пошуку квазіоптимального положення телекомунікаційних аероплатформ в умовах швидкого та непередбачуваного переміщення мобільних абонентів пошуково-рятувальних груп при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Постановка проблеми. Враховуючи динаміку зростання кількості авіаційних рейсів над територією України (9% на рік), що збільшує ймовірність виникнення авіаційних подій та надзвичайних ситуацій різного характеру при падінні повітряного судна на населені пункти та потенційно небезпечні техногенні об'єкти, система авіаційного пошуку та рятування потребує наукового дослідження з метою підвищення її ефективності. Однією з ключових задач системи є оперативне забезпечення зв'язку в підрозділах наземних пошуково-рятувальних груп. Це можливо шляхом розгортання епізодичних радіомереж (ЕРМ) із використанням телекомунікаційних аероплатформ (ТА). Мобільні абоненти (МА) таких мереж можуть вільно переміщуватись в заданому районі пошуку та з'єднуватись між собою безпосередньо – у зоні радіо видимості, або із ретрансляцією пакетів через сусідні вузли (тобто виконуючи функції маршрутизації), утворюючи таким чином багатоланкові мережі довільної структури. Топологія таких мобільних радіомереж носить динамічний характер та постійно розвивається, а отже потребує ефективної системи управління (СУ), тобто розробки нових алгоритмів, які б дозволяли швидко реагувати на структурні та функціональні зміни, забезпечуючи ті чи інші цілі управління, зокрема підвищення пропускної здатності (ПЗ) мережі, зв'язності абонентів, надійності, живучості тощо.

Невирішені частини проблеми. Вивченням питання оптимального розміщення ТА на основі малих безпілотних літальних апаратів (БПЛА) за різноманітними критеріями займалися багато вітчизняних та іноземних науковців [1-3]. Однак не дивлячись на вагомий вклад цих вчених, недостатньо розв'язаною на сьогодні є проблема оперативного оптимального управління положенням множини ТА в умовах швидкого та непередбачуваного переміщення МА, що спричиняє швидку зміну структурно-функціональних параметрів мережі. Проф. Романюком В.А. [3] була запропонована функціональна модель системи оперативного управління мережею БПЛА, складовою якої є підсистема управління топологією. Вона визначає оптимальне положення множини ТА згідно обраного критерію та скеровує підсистему управління польотом для виконання заданої цілі. Більшість розроблених на сьогодні алгоритмів, що закладаються в підсистему управління топологією мережі ТА, мають велику обчислювальну складність та при обмеженому обчислювальному ресурсі, що мають бортові пристрої малих БПЛА, не дозволяють виконувати оптимальне управління положенням БПЛА у режимі реального часу, а отже підлягають вдосконаленню. В роботах проф. Лисенка О.І. та Валуйського С.В. [4,5] започатковано методологію оптимального оперативного управління топологією

оптимального положення $(x_{0k}, y_{0k}), k = \overline{1, K}$, де K – кількість БПЛА в мережі, утворюючи на земній поверхні стільники радіусом R . МА, що знаходяться в зоні радіопокриття ТА, можуть передавати через неї пакети іншим МА цього ж стільника на частотах f_2, f_3 або через міжплатформні лінії на частотах f_4, f_5 МА інших стільників мережі, скорочуючи таким чином кількість ретрансляцій в довгих маршрутах. Тобто бортова апаратура БПЛА також представляє собою складний багатофункціональний пристрій з окремими радіоінтерфейсами (для зв'язку з МА та між собою), що дозволяє виконувати маршрутизацію пакетів по їх адресній інформації, ретранслюючи їх в середині стільника або за його межі.

Таким чином можливі наступні варіанти маршрутів передачі даних між МА (наприклад, між МА1 та МА10), що позначені суцільними потовщеними стрілками на рис. 1: 1) через мережу МА (МА1–МА2–...–МА10); 2) через мережу ТА (МА1–ТА1–ТА3–МА10); 3) змішаним шляхом (МА1–ТА1–МА6–...–МА10). Зазвичай таким маршрутам висуваються вимоги до зв'язності та показників функціонування (ПЗ $s(m_{ab})$, затримки передачі $t_z(m_{ab})$ тощо), що детально розглядаються в роботі [5].

Для здійснення управління топологією (місцеположенням) ТА в мережі використовується центр управління (ЦУ), винесений за межі району r . Використовуючи окремий службовий канал (показано на рис. 1 пунктирною лінією), ЦУ через мережу БПЛА може легко зібрати вихідні дані про початкову топологію мережі в деякий момент часу t , а саме – координати та швидкість переміщення кожного МА $(x_i, y_i)_t, \vec{v}_i$ та попередньо виведених БПЛА $X_{0k} = [x_{0k}, y_{0k}, z_{0k}], \vec{V}_{0k}$, а також дані про функціонування мережі (наприклад, існуючі маршрути та їх якість), та на основі запропонованого нижче алгоритму здійснити відповідне управлінське рішення (наприклад, вивід нового БПЛА або переміщення одного з виведених в деяке нове положення простору X_{0k}) для досягнення заданої цілі управління (наприклад, підвищення ПЗ мережі).

Тоді загальну постановку задачі можна сформулювати наступним чином: визначити розміщення X (або відповідну матрицю зв'язності мережі C) групи ТА (БПЛА) для оптимізації деякої цільової функції, наприклад, пропускної здатності мережі S , тобто $S = f(X(C)) \rightarrow \max$, де Ω – ОДЗ, що визначається вимогами до зв'язності (Ω_1) та показників функціонування ЕРМ (Ω_2) [5]; $X = [X_{01}, \dots, X_{0k}]$, де $X_{01} = [x_{01}, y_{01}, z_{01}], \dots, X_{0k} = [x_{0k}, y_{0k}, z_{0k}], k = \overline{1, K}$.

Для вирішення цієї задачі запропоновано удосконалений *алгоритм* на основі бази знань попередньо розроблених правил, який розглядається нижче.

Алгоритм знаходження нового положення БПЛА у загальному випадку зводиться до перебору усіх можливих варіантів розміщення БПЛА. Однак ця задача відноситься до класу NP -повних, тому для скорочення повного перебору варіантів розміщення БПЛА пропонується використовувати попередньо розроблену *сукупність правил* відбору варіантів такої зміни зв'язності мережі, що підвищують її пропускну здатність, а також зменшують час обчислень. Це дозволяє отримати в режимі реального часу близькі до оптимальних рішення і використовувати алгоритм для оперативного управління положенням телекомунікаційних аероплатформ. Схема удосконаленого алгоритму пошуку квазіоптимального положення ТА із використанням сукупності правил (на випадок підвищення ПЗ) показана на рис. 2.

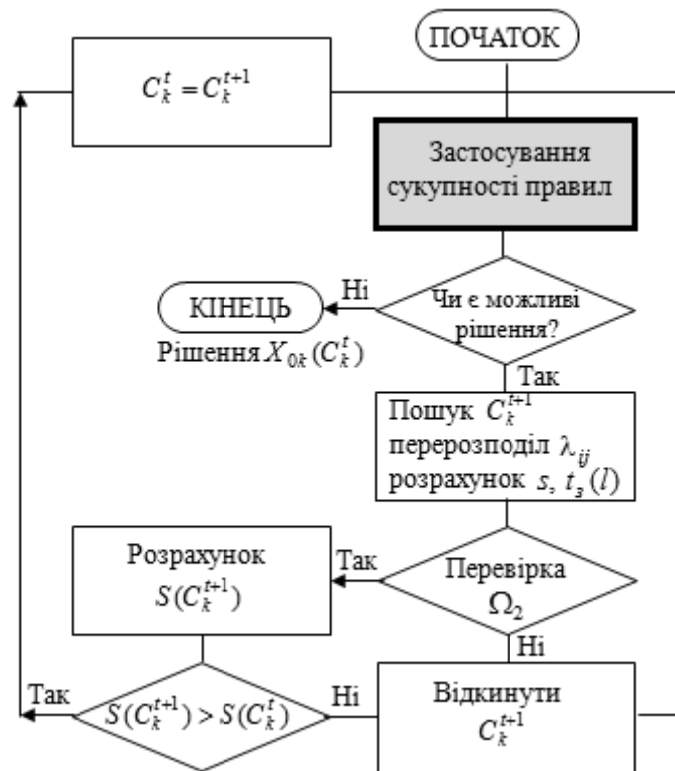


Рис. 2. Схема удосконаленого алгоритму пошуку квазіоптимального положення ТА із використанням сукупності правил.

Порядок застосування сукупності правил (на випадок підвищення ПЗ мережі), як показано на рис. 3, має наступні кроки:

Крок 1. Пошук нового рішення (топології із застосуванням поточного БПЛА) C_k^{t+1} за допомогою певних евристичних правил (та відповідних процедур їх реалізації), що забезпечують оптимум цільової функції (максимум ПЗ мережі S).

Крок 2. Побудова маршрутних таблиць $\Pi_i(C_k^{t+1})$, що визначаються матрицею тяжіння та прийнятим методом маршрутизації. Перерозподіл потоків λ_{ij} згідно $\Pi_i(C_k^{t+1})$. Розрахунок параметрів $s(m_{ab}), \bar{t}_3(l(m_{ab}))$ для існуючих пар відправник-адресат згідно аналітичних моделей [6].

Крок 3. Перевірка виконання умов Ω_2 для C_k^{t+1} . Якщо Ω_2 не виконуються або $S(C_k^{t+1}) < S(C_k^t)$, то відкинути C_k^{t+1} , інакше $C_k^t = C_k^{t+1}$.

Сукупність правил представляють собою правила продукційного типу, що складаються з двох компонент: умова та дія [7]. Умова визначає можливість застосування правила у кількісному виразі, а дія використовується для задоволення умови та описує зміну зв'язності мережі, що призводить до досягнення однієї з цілей управління: $\text{Пр}_i: \alpha_i \rightarrow \beta_i$, де Пр_i – i -е правило; α_i – умова; β_i – управлінська дія. Управлінська дія у даному випадку передбачає вивід (переміщення) БПЛА у певну точку простору.

Якщо декілька правил успішно зіставлені з фактами, то можливе застосування метаправил, що дозволить вибирати одне з правил. Метаправила визначають перевагу правил в залежності від p -ї цілі управління мережею (МПр _{i} : $\text{Пр}_i \rightarrow w_j^p$). Те правило, що в більшій степені покращує потрібні параметри, буде мати більшу вагу w_i^k .

В результаті експериментальних досліджень структури мережі та застосування теорії графів [8] було отримано досить багато структурних правил та опубліковано в роботі [9]. Ці правила були ретельно досліджені та на їх основі були розроблені нові

модифіковані правила та відповідні управлінські дії (щодо квазіоптимального розміщення БПЛА у просторі).

Усі правила класифіковано на три групи: 1) для забезпечення вимог до зв'язності мережі (Ω_1); 2) для забезпечення вимог до функціональних показників (Ω_2); 3) для підвищення ПЗ мережі.

Наведемо приклад декількох правил (метаправил) та процедур їх реалізації по одному для кожної групи.

Правило №1. Якщо кількість компонент зв'язності (незв'язних підграфів) графу мережі $k > 1$, тоді ТА необхідно розмістити так, щоб з'єднати якомога більшу кількість компонент зв'язності.

Мета-правило №1. Якщо є декілька варіантів розміщення ТА, що поєднує однакову кількість компонент зв'язності, то обрати той, що покриває більшу кількість вузлів цих компонент.

Для реалізації цього правила може бути використана процедура із використанням решітчастої ініціалізації (рис. 3а), що передбачає перебір варіантів розміщення БПЛА у кожному вузлі решітки та вибір такого, що задовольняє правилу або мета-правилу.

Правило №2. Якщо середня затримка передачі (кількість ретрансляцій) в деяких маршрутах більше необхідної, тоді ТА необхідно розмістити так, щоб зменшити середню затримку передачі (кількість ретрансляцій) в маршруті.

Мета-правило №2. Якщо є декілька варіантів розміщення ТА, що однаково зменшує затримку в маршрутах, то слід обрати той, що дозволяє максимізувати ПЗ маршрутів.

Для того, щоб зменшити середню затримку передачі (кількість ретрансляцій в маршруті), необхідно розмістити БПЛА так, щоб покрити пару заданих вузлів відправник-адресат у кращому випадку або ж пару найбільш віддалених (по кількості ретрансляцій) вузлів маршруту.

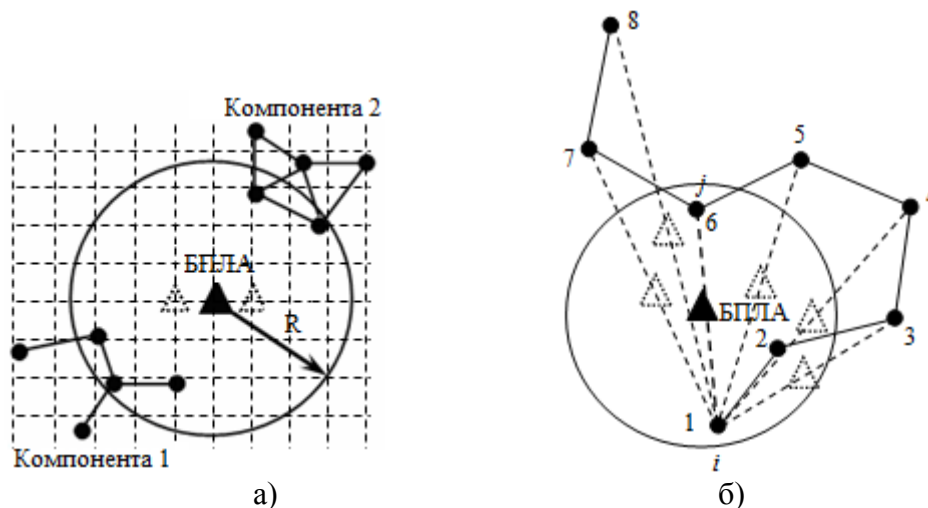


Рис. 3. Ілюстрація до процедури реалізації правила №1 із застосуванням решітчастої ініціалізації (а) та правила №2 із застосуванням центроїдної ініціалізації (б)

Для цього пропонується застосовувати таку просту процедуру, засновану на центроїдній ініціалізації (рис. 3б):

1. Визначити маршрут m_{ab} (маршрути) мережі, для якого не виконується умова $\overline{t_3} \leq t_3^0$ ($l(m_{ab}) \leq l^0$), та кількість ретрансляцій $l^0 = N - 1$, що входять до нього, де N – кількість вузлів в маршруті.

2. Побудувати прямі відрізки, що з'єднують заданий вузол i маршруту (наприклад, $i=1$, як показано на рис. 3б) зі всіма іншими вузлами j даного маршруту, $i, j = \overline{1, N}$.

3. Перевірити можливість покриття зоною обслуговування ТА радіусу R кожного відрізка ij (при розміщенні ТА в центрі кожного відрізка): $r_{ij} \leq 2R$.

4. Для всіх відрізків, для яких виконується попередня умова, розрахувати нову кількість ретрансляцій маршруту із використанням ТА по наступній формулі:

$$l_{ij}(m_{ab}) = \begin{cases} |N-j| + |1-i| + 2, & i < j \\ |N-i| + |1-j| + 2, & i > j \end{cases}, \quad a, b, i, j = \overline{1, N}.$$

5. Серед усіх можливих відрізків вибрати той, що при розміщенні у його центрі ТА дозволить максимально скоротити кількість ретрансляцій в маршруті.

Обчислювальна складність процедури складатиме $O(N^2)$.

При застосуванні наведеної вище процедури БПЛА буде розміщений у центрі відрізка 1-6, що дозволить утворити новий маршрут 1-БПЛА-6-7-8, що має 4 ретрансляції замість 7-ми при відсутності БПЛА (маршрут 1-2-...-7-8).

У випадку, коли є декілька рішень (щодо розміщення БПЛА), які дають однакову кількість ретрансляцій в маршруті, можна застосовувати певні мета правила, направлені, наприклад, на досягнення більшої пропускної здатності маршруту.

Правило №3. Якщо необхідно підвищити пропускну здатність мережі, то ТА необхідно розмістити таким чином, щоб покрити максимальну кількість перевантажених вузлів мережі.

Перевантаженими вузли можуть бути у випадку, коли черга буферу постійно зростає через надвисоку інтенсивність надходження пакетів на обслуговування, та/або у випадку, коли через велике скупчення вузлів зростає кількість колізій при організації МД. У будь-якому випадку будемо вважати вузли перевантаженими, якщо пропускна здатність інцидентних їм каналів не задовольняє вимозі $s(m_{ab}) \geq 0,5$. Розміщення ТА над таким скупченням перевантажених вузлів (рис. 4) дозволить організувати нові маршрути передачі даних між вузлами (при функціонуванні одного з відомих протоколів маршрутизації), що дозволить вирівняти баланс навантаження в мережі та підвищити її пропускну здатність.

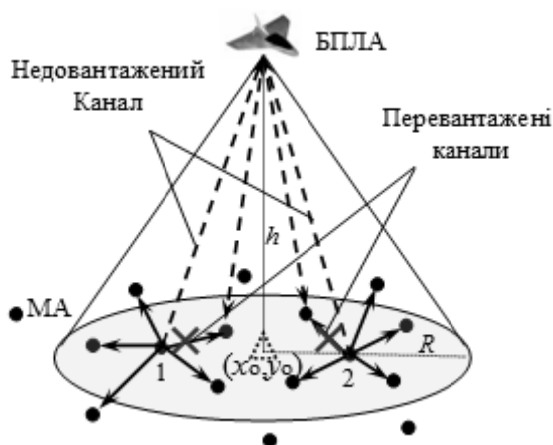


Рис. 4. Ілюстрація до процедури реалізації правила №2 із застосуванням центроїдної ініціалізації

Для реалізації цього правила може бути використана решітчаста ініціалізація у поєднанні з центроїдною:

1. Згідно решітчастої ініціалізації здійснюється пошук максимальної кількості перевантажених вузлів.

2. Згідно центроїдної ініціалізації здійснюється пошук квазіоптимального положення ТА в центрі мас перевантажених вузлів. Центр мас групи перевантажених вузлів можна визначити так:

$$x_{0k} = \sum_{i=1}^{N^{nep}} \alpha_i x_i, \quad y_{0k} = \sum_{i=1}^{N^{nep}} \alpha_i y_i,$$

де $\alpha_i = 1/N^{nep}$, N^{nep} - кількість вузлів групи перевантажених вузлів. Також зазначимо, що $\sum_{i=1}^{N^{nep}} \alpha_i = 1$.

Заключним етапом дослідження є оцінка ефективності удосконаленого алгоритму. Моделювання функціонування ЕРМ із ТА здійснювалося на базі комп'ютерного середовища Maple. Для цього застосовувалися наступні вихідні дані: $N = 140$; $K = 5$; $r = 10000 \times 10000 \text{ м}^2$; усі МА мають однаковий радіус передачі $d^0 = 600 \text{ м}$; усі ТА утворюють на землі однакові зони радіопокриття радіусу $R^0 = 1500 \text{ м}$; алгоритм пошуку найкоротших шляхів – Дейкстри; всі МА переміщуються з однаковою швидкістю $v_i = 2 \text{ м/с}$, $i = \overline{1, N}$; модель переміщення – випадкове блукання полем, що детально розглядається в [10]; швидкість передачі в кожному каналі – $V = 11 \text{ Мбіт/с}$; довжина пакетів однакова $L = 1024 \text{ біт}$; усі абоненти без пріоритету в обслуговуванні, тобто матриця розподілу трафіку Γ – однорідна; тип трафіку – однорідний пуасонівський (без пріоритету в обслуговуванні); тип обслуговування пакетів в вузлах мережі – з очікуванням без обмеження довжини черги.

Враховуючи ці вихідні дані, досліджувалися три варіанти системи управління положенням ТА:

СУ1 – система управління (на основі принципів побудови стільникових радіомереж, тобто розміщення ТА в районі найбільшого скупчення вузлів).

СУ2 – система управління на основі методу повного перебору (повний перебір усіх можливих варіантів розміщення ТА на основі решітчасної ініціалізації з кроком решітки $\Delta = 50 \text{ м}$).

СУ3 – система управління на основі запропонованого алгоритму (сукупності правил).

Порядок оцінки ефективності запропонованого алгоритму був наступний:

1) визначення початкової топології мережі МА в деякий момент часу t та розміщення ТА згідно СУ1, СУ2 та СУ3 (рис. 5а);

2) розрахунок ПЗ мережі $S(C)$ для розміщення ТА згідно кожної СУ. Визначення виграшу СУ2, СУ3 відносно СУ1 та достовірності результатів кожної відносно методу повного перебору (рис. 5б, 6а, б);

3) Розрахунок часу пошуку рішення для запропонованого алгоритму (СУ3) та методу повного перебору (СУ2) та порівняння значень із тривалістю зв'язності МА.

Аналізуючи графіки залежності ПЗ мережі від загального навантаження в мережі при різних системах управління можемо бачити, що в діапазоні трафіку 500...2000 пакетів протягом нормованого часу передачі пакету T запропонована система управління положенням ТА (СУ3) значно переважає базову систему (СУ1), а в інших діапазонах усі СУ майже однаково неефективні.

Отже, проведена оцінка ефективності запропонованого алгоритму дозволяє зробити наступні висновки:

1) виграш запропонованого алгоритму (СУ3 відносно СУ1) при випадковій генерації 100 варіантів початкової топології становить 15-20%;

2) відхилення значення ПЗ (при СУ3) відносно методу повного перебору (СУ2) становить 5-7%;

3) час отримання рішення згідно запропонованого алгоритму (СУ3) становить одиниці/десятки секунд на відміну від одиниць/десятих хвилин для СУ2, що при середній тривалості зв'язності між МА 348с згідно [10] дозволяє виконувати управління положенням ТА в режимі реального часу.

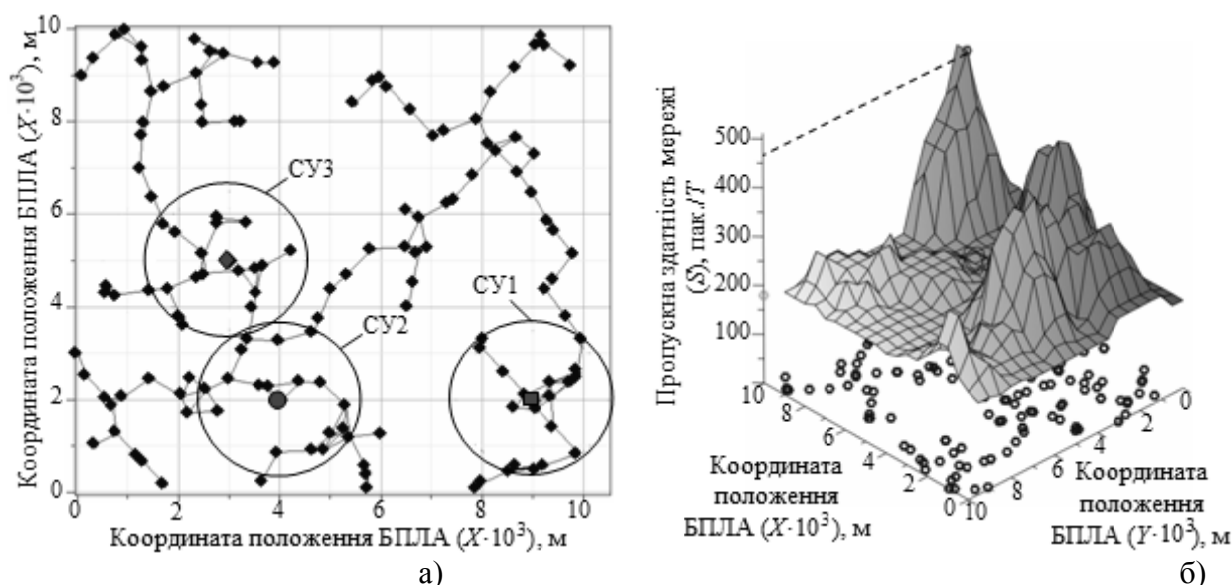


Рис. 5. Початкова топологія мережі із розміщенням БПЛА згідно CY1, CY2 та CY3 (а) та залежність ПЗ мережі від координат розміщення одного БПЛА (згідно CY3) (б)

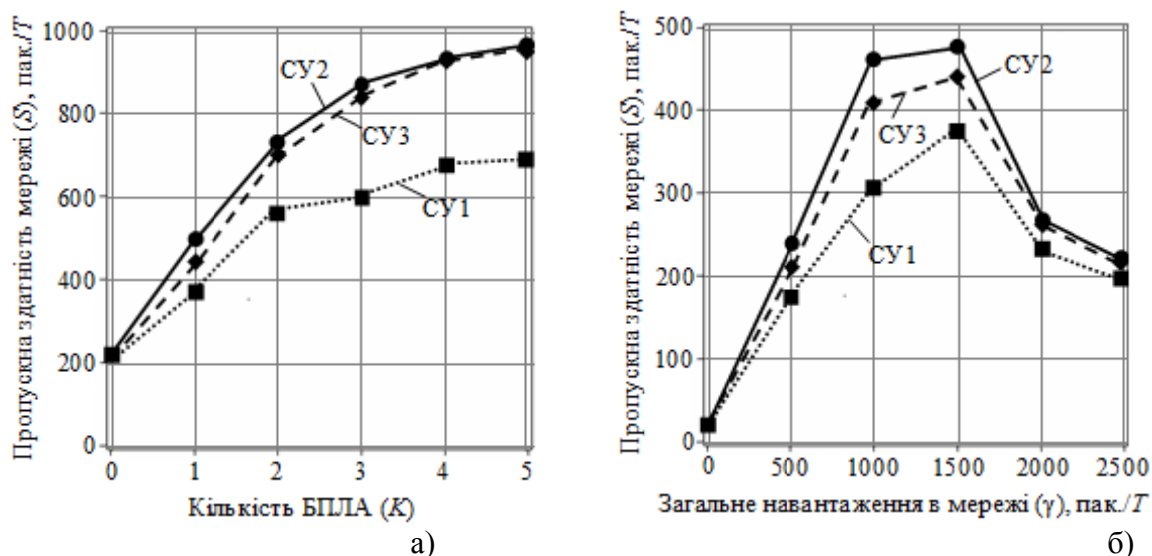


Рис. 6. Залежність ПЗ мережі від кількості виведених ТА (а) та від загального навантаження в мережі (б) при різних системах управління положенням ТА

Висновки. Вирішена важлива науково-технічна задача, яка полягає у вдосконаленні алгоритму пошуку квазіоптимального положення телекомунікаційних аероплатформ в умовах швидкого та непередбачуваного переміщення мобільних абонентів пошуково-рятувальних груп при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Суть удосконалення алгоритму полягає в тому, що вдалося уникнути повного перебору варіантів розміщення телекомунікаційних аероплатформ завдяки використанню попередньо розробленої сукупності правил відбору варіантів такої зміни зв'язності мережі, що підвищує її пропускну здатність, а також зменшує час обчислень. Результати моделювання свідчать, що середній час отримання рішення із застосуванням сукупності правил становить одиниці/десятки секунд на відміну від одиниць/десятих хвилин для методу повного перебору, що при середній тривалості зв'язності між МА 348с згідно [10] дозволяє виконувати управління положенням ТА в режимі реального часу. Відхилення квазіоптимальних рішень від оптимальних, отриманих методом повного перебору, не перевищує 5-7%.

1. Chandrashekar K. Providing full connectivity in large ad-hoc networks by dynamic placement of aerial platforms / K. Chandrashekar, M. R. Dekhordi, J. S. Baras // IEEE MILCOM'04 : Military Communications Conference, October 31 – November 3, 2004 : proceedings. – Monterey, 2004. – Vol. 3. – P. 1429–1436.
2. Han Z. Smart deployment/movement of unmanned air vehicle to improve connectivity in MANET / Z. Han, A. L. Swindlehurst, K. J. R. Liu // IEEE Wireless Communications and Networking : conference, April 3-6, 2006 : proceedings. – Las Vegas, 2006. – P. 252–257.
3. Міночкін А. І. Задачі управління топологією мережі безпілотних літальних апаратів мобільного компоненту мереж зв'язку військового призначення / А. І. Міночкін, В. А. Романюк // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2005. – № 2. – С. 83–90.
4. Лисенко О.І. Структурно-інформаційна надійність безпроводових епізодичних мереж / О. І. Лисенко, С. В. Валуйський // Telecommunication Sciences. – 2011. – vol. 2. – № 1. – P. 17 – 25.
5. Лисенко О. І. Метод управління топологією мережі повітряних ретрансляторів для підвищення структурно-інформаційної зв'язності безпроводових епізодичних мереж / О. І. Лисенко, С. В. Валуйський // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2011. – № 1. – С. 117–126.
6. Ильченко М. Е. Сотовые радиосети с коммутацией пакетов / М. Е. Ильченко, С. Г. Бунин, А. П. Войтер. – К.: Наук. думка, 2003. – 266 с.
7. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
8. Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М.: КомКнига, 2006. – 296 с.
9. Миночкин А. И. Управление топологией мобильной радиосети / А. И. Миночкин, В. А. Романюк // Зв'язок. – 2003. – №2. – С. 28–33.
10. Валуйський С. В. Оцінка тривалості зв'язності мобільних абонентів епізодичних радіомереж / С. В. Валуйський // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2011. – № 3. – С. 6–11.

С.Н. Чумаченко, С.В. Валуйський

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЙ АЛГОРИТМ ПОИСКА КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ АЭРОПЛАТФОРМ В РАМКАХ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РОБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Решена важная научно-техническая задача, которая состоит в усовершенствовании алгоритма поиска квазиоптимального размещения телекоммуникационных аэроплатформ в условиях быстрого и непредсказуемого перемещения мобильных абонентов поисково-спасательных групп при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

S. Chumachenko, S. Valuisky

IMPROVED ALGORITHM OF SEARCHING OF QUASI-OPTIMAL PLACEMENT OF TELECOMMUNICATION AERIAL PLATFORMS DURING SEARCH AND RESCUE OPERATIONS FOR EMERGENCY RESPONSE

The paper is devoted to the important scientific and technical task, which is to improve the algorithm of searching of quasi-optimal placement of telecommunication aerial platforms in view of the rapid and unpredictable movement of mobile subscribers of search and rescue groups.

А.В. ГУРНИК, В.О. КОЗЛОВСЬКИЙ, В.І. ШАБАЛА

Інститут державного управління у сфері цивільного захисту МНС України, м. Київ

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНИМИ РОБОТАМИ З ПОШУКУ ТА РЯТУВАННЯ

Окреслені важливі системотехнічні питання, загальносистемні основи та принципи утворення автоматизованої системи управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування.

Постановка проблеми. Загальна ситуація в області створення інформаційних систем та автоматизації для підвищення ефективності авіаційних робіт з пошуку та рятування в Україні на сьогодні не може бути визнана як така, що повною мірою задовольняє вимогам Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) [1] та потребам забезпечення результативності цих систем. Економічна криза та технологічне відставання створили несприятливі умови для діяльності фахівців Міністерства надзвичайних ситуацій України, які вирішують питання інформатизації, створення систем і засобів автоматизації, у тому числі й для пошуково-рятувального забезпечення польотів авіації.

Як свідчить зарубіжний досвід, останнім часом в телекомунікаційній галузі все більша увага приділяється побудові автоматизованих телекомунікаційних мереж різного призначення. Цьому сприяє підвищення продуктивності на основі застосування сучасної елементної бази та впровадження технічних засобів отримання, збору, обробки, своєчасної передачі повної та достовірної інформації, її реєстрації, що забезпечить постійний дієвий контроль за станом проведення пошуково-рятувальних операцій. Це надасть можливість планувати та вживати заходи вдосконалення єдиної системи проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування (ЄСПАРПР) [2].

На сучасному етапі розвитку технології авіаційного пошуку та рятування основу його автоматизації складає персональна обчислювальна техніка, яка значною частиною не інтегрована до локальних обчислювальних мереж і недостатньо забезпечена спеціальним програмним продуктом. Розрахункові й інформаційні задачі та розроблені моделі не складають єдиного інформаційно-розрахункового комплексу та, як наслідок, більшість з них не враховується при виконанні практичних завдань за призначенням. Тому нарощування обсягу обчислювальної техніки в єдиній системі проведення авіаційних робіт не приводить до пропорційного підвищення рівня ефективності проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування.

Удосконалення існуючих технологій, розроблення та впровадження багатоцільових систем комп'ютерних телекомунікаційних мереж і автоматизації, що уможливають використання економних режимів роботи зі збереженням структури оповіщень, високої швидкості оброблення та передавання даних, за умови їх розгортання на існуючій інфраструктурі, є пріоритетним при забезпеченні ефективності системи проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування в межах Єдиної державної системи цивільного захисту населення й територій [3], яка включає:

- чергування пошуково-рятувальних сил і засобів та органів управління польотами суб'єктів системи проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування;

- організацію приймання, передавання та реєстрації аварійного оповіщення, а також взаємодії з відповідними системами на глобальному (міжнародному), національному, територіальному та об'єктовому рівнях;
- координацію, забезпечення та проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування тощо.

Особлива актуальність впровадження автоматизованої системи управління полягає в повномасштабному забезпеченні виконання та координації завдань і функцій усіх суб'єктів системи проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування, а також мінімізації ресурсів при проведенні пошуково-рятувальних операцій.

Над дослідженням проблем запровадження систем комп'ютерних телекомунікаційних мереж і автоматизації працювали видатні вчені – П.І. Андон, В.М. Глушков, М.З. Згуровський, О.Г. Івахненко, І.М. Коваленко, В.М. Кунцевич, С.О. Лебедєв, А.О. Морозов, В.В. Скопецкий, В.І. Скурихін та інші. Проте, питання впровадження новітніх комп'ютерних технологій в системі проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування в Україні практично не досліджені. В галузі застосування автоматизованих інформаційних систем з підтримки прийняття рішень щодо авіаційних робіт з пошуку та рятування працюють такі українські вчені, як І.С. Руснак, О.І. Лисенко, В.В. Хижняк, С.М. Чумаченко.

Мета статті: запропонувати ідеологію застосування сучасних систем телекомунікаційних мереж і автоматизації в системі проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування в межах Єдиної державної системи цивільного захисту населення й територій.

Виклад основного матеріалу

На наш погляд, генеральним напрямом забезпечення ефективності існуючої системи проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування має стати застосування багатоцільових комп'ютерних телекомунікаційних мереж із засобами автоматизації, що забезпечують пріоритетність оповіщення та його реєстрацію.

Важливою характеристикою системи управління, відповідно до теорії інформатики, є середній фактичний час циклу управління ($T_{ф.ц.у}$, год.(хв.)), який складається з середніх витрат часу на збір і обробку інформації, прийняття рішення та його доведення, тобто:

$$T_{ф.ц.у} = T_{зб} + T_{обр} + T_{ріш} + T_{дов} \quad (1)$$

Для порівняння приросту показників оперативності виконання завдань структурами пошуку та рятування, з урахуванням впровадження засобів автоматизації, вказані у формулі (1) складові визначаються спочатку для “ручного”, а потім автоматизованого циклів управління.

Почасові витрати циклу управління в цілому мають випадковий характер. Крім цього, у складі циклу управління є багато складових заходів, на виконання яких витрачається певна кількість часу. Тому кожний з цих заходів підпорядковується відповідному закону розподілу ймовірності, а оцінку оперативності роботи ($P_{оп}$) структур пошуку та рятування можливо визначити за допомогою формули ([4], [5])

$$P_{оп} = 0,5 + \Phi \left(\frac{t_{ф \text{ дир}} - t_{ф \text{ р}}}{\sqrt{\sum \sigma_t^2}} \right) \quad (2)$$

де Φ – функція Лапласа (функція помилок (інтеграл ймовірностей));

$t_{\text{ф.дир.}}$ – директивний (необхідний) час циклу управління, год.(хв.);

$t_{\text{ф.р.}}$ – реальний час циклу управління, год.(хв.);

σ_t^2 – середні квадратичні відхилення тривалості робіт, які виконувалися під час циклу управління, год.(хв.).

Оцінка абсолютного приросту часу ($\Delta t_{\text{оп}}$) органів управління пошуку та рятування, за умови використання засобів автоматизації, може бути визначена за формулою

$$\Delta t_{\text{оп}} = t_{\text{оп}}^{(p)} - t_{\text{оп}}^{(ав)} \quad (3)$$

де, $t_{\text{оп}}^{(p)}$ – час циклу “ручного” управління;

$t_{\text{оп}}^{(ав)}$ – час циклу управління за умов впровадження засобів автоматизації.

Результати розрахунку абсолютного приросту часу ($\Delta t_{\text{оп}}$) роботи органів управління пошуку та рятування з використанням засобів автоматизації дозволяють провести порівняльну оцінку різних засобів автоматизації з метою обрання найраціональнішого із них. Крім того, завдяки впровадженню засобів автоматизації, скорочується трудомісткість виконання функцій органами управління пошуку та рятування й відповідно вивільняється персонал від малопродуктивної роботи.

Оптимізація трудомісткості персоналу може бути визначена кількісно за формулою

$$K_{\text{пр}} = \frac{m_p}{m_{ав}} \quad (4)$$

де m_p – працемісткість “ручного” циклу управління, чол./год.;

$m_{ав}$ – працемісткість циклу управління із використанням засобів автоматизації, чол./год.

Ефективність роботи сил і засобів пошуку та рятування, з використанням засобів автоматизації доцільно оцінювати за допомогою застосування критерію у вигляді ймовірного обмеження. Умовою цього обмеження має бути те, що фактичний час виконання певного завдання з пошуку та рятування ($T_{\text{ф}}$) повинний бути не більшим якогось директивного (необхідного) часу ($T_{\text{дир.}}$).

$$T_{\text{ф}} \leq T_{\text{дир}}$$

Виходячи з наведеного, одним із напрямів покращення якісних характеристик управління системою проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування є вдосконалення технічної бази автоматизації управління та побудова сучасної автоматизованої системи управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування. Це дозволить:

забезпечити ефективність управління;

підвищити оперативність управління за рахунок швидкого опрацювання великого обсягу інформації;

звільнити персонал від малопродуктивної роботи та оптимізувати його чисельність; уможливити діяльність служби телемедичної допомоги.

На нашу думку, автоматизована система управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування має включати до свого складу на єдиних принципах автоматизовані підсистеми різних рівнів і багатоцільового функціонального ресурсного призначення. Вона повинна бути спроможною функціонувати в єдиному інформаційному полі на основі спільних для підсистем форм і методів управління й інформаційно-розрахункового процесу (рис. 1).

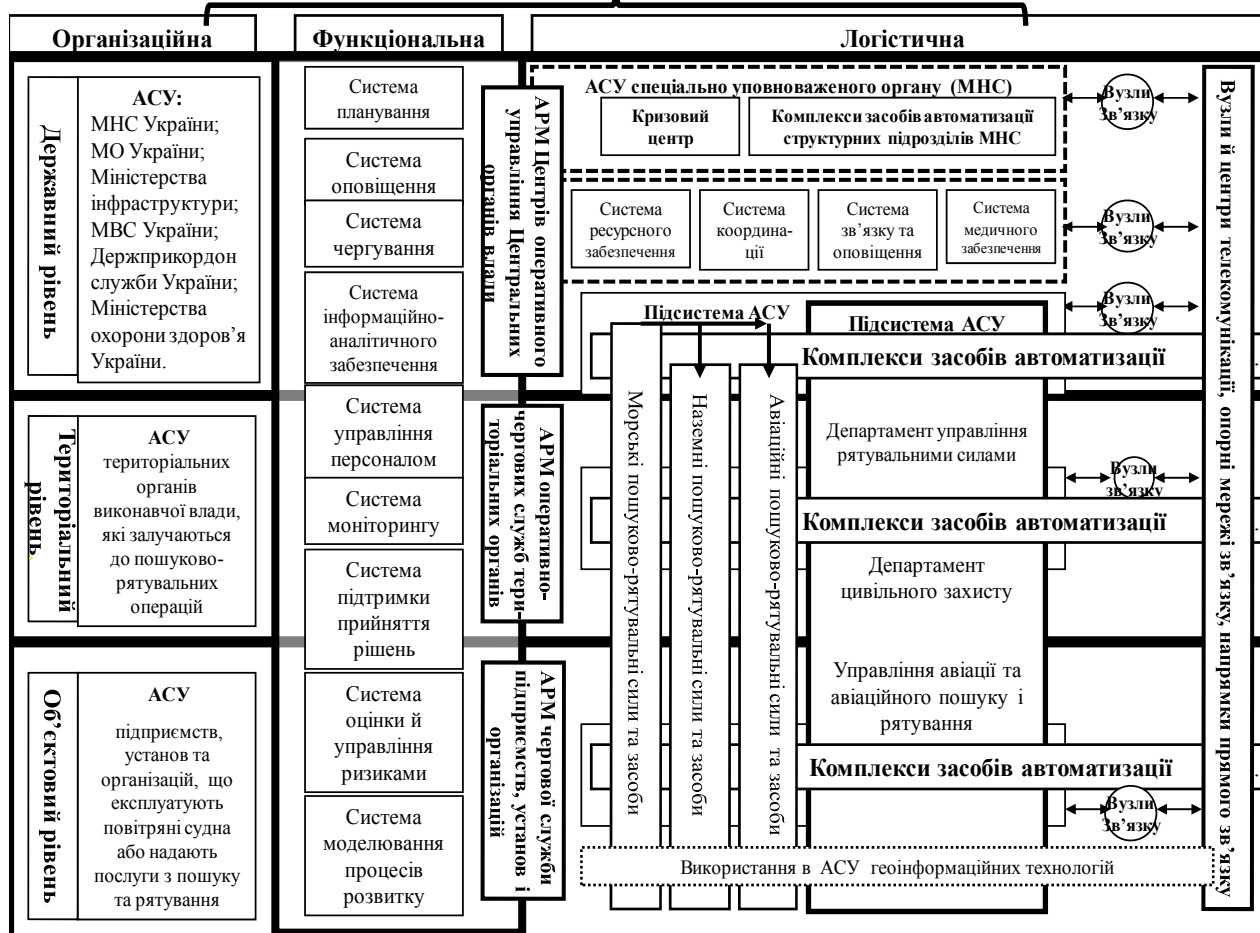


Рис.1. Схема автоматизованої системи управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування

Автоматизована система управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування будується на принципах, які охоплюють організаційні, загально-структурні, функціональні, технологічні та інші питання побудови підсистем та елементів, а також основні складові процесу проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування.

Такими принципами, на наш погляд, мають стати ефективність, комплексність, персоніфікація, сумісність, стандартизація, модульність, уніфікація, сертифікація, перспективність та модернізація.

Важливими складовими автоматизованої системи управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування є зв'язок та автоматизація.

Система зв'язку – це сукупність взаємопов'язаних між собою і узгоджених за завданнями вузлів, центрів, станцій і мереж зв'язку різного призначення. Вона має відповідати вимогам до пропускної спроможності (*забезпечення задоволення потрібної ємності та інтенсивності інформаційних потоків*), оперативності (*своєчасності*), надійності доведення та достовірності інформації, безперервності, стійкості та інших потреб у послугах зв'язку.

Система автоматизації як сукупність апаратно-програмних засобів включає комплекси засобів автоматизації (КЗА), які забезпечують формування та використання

програмно-технічного продукту для реалізації комплексу інформаційно-розрахункових задач та математичних моделей.

До складу КЗА входять програмно-технічні комплекси (ПТК), які забезпечують реалізацію задач за рахунок створення в складі ПТК автоматизованих робочих місць (АРМ).

АРМ оснащуються обчислювальними комплексами, електронними системами, засобами відображення інформації тощо, які об'єднуються між собою через інформаційно-телекомунікаційні мережі, інформаційно-аналітичні системи у локальні обчислювальні мережі (ЛОМ) структурних підрозділів (функціональних груп) системи проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування.

Враховуючи приєднання України до міжнародних конвенцій [6, 7] і угод [8, 9] щодо співробітництва з організації і проведення пошуково-рятувального забезпечення польотів авіації, доцільно розглядати автоматизовану систему проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування, як складову **глобальної системи** авіаційного пошуку та рятування й забезпечити її формування та розвиток [10].

Інтеграція автоматизованої системи до глобальної мережі має здійснюватися через комунікації інформаційно-телекомунікаційної мережі МНС України, що, крім іншого, забезпечить інформаційну взаємодію з абонентами корпоративних мереж центральних органів виконавчої влади, які регулюють діяльність авіації, підприємств, установ та організацій усіх форм власності, що експлуатують повітряні судна або пропонують послуги в цій галузі. Ця мережа має включати телекомунікаційні вузли, охоплені єдиним адміністративним управлінням та пов'язані між собою високошвидкісними каналами зв'язку, що забезпечить передавання даних між абонентами глобальної системи авіаційних робіт з пошуку та рятування (рис. 1).

Перспективним напрямом наукових досліджень у цій сфері може стати використання в інтересах автоматизованої системи управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування розробок в області застосування геоінформаційних технологій [11, 12, 13].

Висновок

Удосконалення існуючих технологій і розроблення та впровадження на їх основі нових багатоцільових систем комп'ютерних телекомунікаційних мереж і автоматизації, інтегрованих єдністю системотехнічних принципів в автоматизовану систему управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування суттєво вплине на:

забезпечення ефективності заходів реагування на ранніх стадіях розвитку авіаційної події й інших надзвичайних ситуацій;

підвищення результативності проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування в Україні.

1. Міжнародна організація цивільної авіації (ІКАО)/Міжнародна морська організація (ІМО) «Керівництво з міжнародного авіаційного й морського пошуку та рятування» (Томи I-III), видання 2010 р.

2. Указ Президента України від 02.09.1997 № 937/97 «Про заходи щодо впровадження в Україні єдиної системи проведення авіаційних робіт з пошуку і рятування».

3. Повітряний кодекс України від 19.05.2011 р № 3393-VI. Розділ XV (Організація та проведення пошуку та рятування) ст.113.
4. Венцель Е.С. Исследование операций. – М.: Сов. радио, 1972. – 552 с.
5. Юрков Б.Н. Исследование операций. – М.: ВИА им. Куйбышева, 1990. – 528 с.
6. Конвенція про Міжнародну цивільну авіацію (Чикаго 1944 року. Україна приєдналась у 1993 році).
7. Європейська конвенція цивільної авіації (Україна приєдналась у 1999 році).
8. Міжнародна угода «Про співробітництво щодо організації і проведення пошуково-рятувального забезпечення польотів цивільних суден» (Україна приєдналась у 1995 році).
9. Соглашение стран СНГ т 09.12.1994 г. «О сотрудничестве по организации и проведению поисково-спасательного обеспечения полетов воздушных судов гражданской авиации». Україна приєдналась у 1994 році.
10. ІКАО/ІМО, Том І «Організація і управління» Керівництва з міжнародного авіаційного й морського пошуку та рятування, передмова, абз.1.
11. «Географічні інформаційні системи. Основи», Майкл Н. Де Мерс.
12. «Думая о ГИС. Планирование географических информационных систем: руководство для менеджеров», Роджер Томлинсон.
13. «Моделирование нашего світу» Керівництво ESRI з проектування бази геоданих, М.Зейлер.

А.В. Гурник, В.О. Козловский, В.И. Шабала

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМИ РАБОТАМИ ПО ПОИСКУ ТА СПАСЕНИЮ

Очерчены важные системотехнические вопросы, общесистемные основы и принципы образования автоматизированной системы управления проведением авиационных работ по поиску и спасанию.

A.V. Gurnyk, V.O.Kozlovskyy, V.I. Shabala

MANAGEMENT SYSTEM IMPROVING OF AVIATION WORKS FOR SEARCHING AND RESCUING

The important systemic and technical questions, the general systemic foundations and principles of education of computer-aided system of direction by leading of aviation works for searching and rescuing was outlined.

С.М. ЧУМАЧЕНКО, В.О. ЛИСЯНСЬКИЙ, В.І. ШАБАЛА

Інститут державного управління у сфері цивільного захисту МНС України, м. Київ

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ АВІАЦІЙНОГО ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ

Пропонується ресурсозберігаюча «супертехнологія» - оптимальне управління ресурсами систем авіаційного пошуку і рятування, що максимізує їх цільову ефективність в цілому при даній технології використання і розподілу ресурсів.

За результатами наукових публікацій вітчизняних та зарубіжних авторів був проведений аналіз проблематики оцінювання ефективності складних організаційно-технічних систем з точки зору системного підходу. На сьогоднішній день в узагальненому вигляді задача оцінювання ефективності вирішується головним чином в постановочному аспекті. Особливості вирішення цієї проблеми конкретизуються для кожної предметної галузі людської діяльності.

Ефективність - здатність організаційно-технічної системи (технічні пристрої + системна організація + група людей + людина) приносити інтегральний ефект. Стосовно до управління складною організаційно-технічною системою ефективність є мірою точності досягнення об'єктом управління очікуваного стану. Очікуваний стан задається за допомогою параметрів управління, стандартів (продуктивність працівників, рентабельність, собівартість).

Процеси авіаційного пошуку і рятування в складній організаційно-технічній системі здійснюється за належної взаємодії трьох визначальних його чинників: персоналу системи, засобів авіаційного пошуку і рятування та забезпечуючих ресурсів (фінансові ресурси, пально-мастильні та інші розхідні матеріали). Використовуючи наявні засоби авіаційного пошуку і рятування, персонал системи здійснює діяльність із забезпечення послуг чергування в системі авіаційного пошуку і рятування та здійснення безпосередньо авіаційного пошуку і рятування (АПР). Це означає, що, з одного боку, мають місце затрати живої та уречевленої праці, а з іншого, — результати діяльності системи АПР. Останні залежать від масштабів застосування засобів АПР, кадрового потенціалу системи АПР, методів управління системою АПР та рівня його використання.

Ефективність АПР — це комплексне відбиття кінцевих результатів використання засобів і ресурсів АПР та персоналу системи АПР за певний проміжок часу.

Родовою ознакою ефективності (продуктивності) системи АПР може бути необхідність досягнення мети діяльності системи АПР з найменшими витратами праці персоналу або часу. У кінцевому підсумку змістове тлумачення ефективності (продуктивності) як економічної категорії визначається об'єктивно діючим *законом економії робочого часу*. Саме тому підвищення ефективності АПР треба вважати конкретною формою вияву цього закону.

Процес формування результатів та ефективності АПР (продуктивності системи) показано на рис. 1.

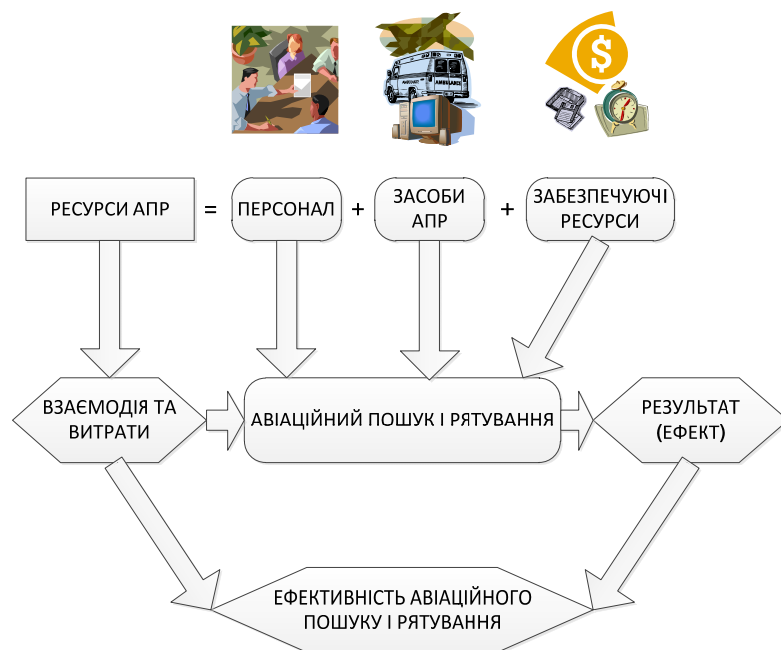


Рис. 1. Концептуальна схема формування результатів та ефективності авіаційного пошуку і рятування (продуктивності складної організаційно-технічної системи)

Сутнісна характеристика ефективності (продуктивності складної організаційно-технічної системи) знаходить відображення в загальній методології її визначення, формалізована форма якої має вигляд:

$$\text{Ефективність (продуктивність)} = \frac{\text{Результати}}{\text{Ресурси (витрати)}}$$

Важливо нагадати, що необхідні для одержання певного результату АПР (діяльності) ресурси розподіляються на одноразові (інвестиційні) та поточні, які витрачаються (щоденно).

Ефективність АПР (продуктивність складної організаційно-технічної системи) має поліморфність визначення і застосування для аналітичних оцінок та управлінських рішень. З огляду на це важливим є виокремлювання за окремими ознаками (класифікація) відповідних видів ефективності (продуктивності), кожний з яких має певне практичне значення для системи (табл. 1).

Відповідні види ефективності (діяльності) виокремлюються переважно за різноманітністю одержуваних ефектів (результатів) діяльності системи АПР (організаційно-технічної системи). У зв'язку з цим виникає необхідність навести сутнісно-змістову характеристику окремих видів ефективності.

Таблиця 1. Видова класифікація ефективності діяльності складної організаційно-технічної системи за окремими ознаками

Класифікаційна ознака		Ефективність	
1.	Одержаний результат (наслідки)	1.	Технічна
		2.	Економічна
		3.	Соціальна
2.	Місце одержання ефекту	1.	Локальна
		2.	Глобальна

3. Метод розрахунку	1. Абсолютна 2. Порівняльна
4. Ступінь збільшення ефекту	1. Первинна 2. Мультиплікаційна 3. Синергічна
5. Структура організації	1. Робочого місця 2. Окремого підрозділу системи 3. Системи в цілому
6. Напрямок інноваційно-інвестиційної діяльності	1. Науки, техніки і технології 2. Організаційно-управлінських інновацій 3. Інвестиційних проектів і програм
7. Характер витрат	1. Поточних витрат 2. Одноразових (капітальних) витрат
8. Об'єкт оцінки	1. Повна (інтегральна) 2. Часткова (окрема) 3. Чинникова (багаточинникова)

Аспект управління системою має, як встановлено, найбільшу «значимість» для інтенсифікації кожного реалізуемого способу (технології) застосування системи авіаційного пошуку і рятування і, тим самим, підвищення її ефективності.

Об'єктивною оцінкою ефективності системи авіаційного пошуку і рятування, як міри її «доцільності», буде значення співвідношення рівня системного «ефекту» WS і «витрат» ресурсного потенціалу системи RS , котрими цей ефект досягнутий –

$$ES = \left(\frac{WS}{RS} \right). \quad (1)$$

В акті застосування системи авіаційного пошуку і рятування системний ефект «накопичується», тобто стає функцією часу –

$$WS(t), \quad 0 \leq t \leq TS, \quad (2)$$

де TS – тривалість акту застосування системи авіаційного пошуку і рятування.

Використовуючи поняття «могутності» системи як темпу зростання системного ефекту –

$$ms(t) = \left\{ \frac{dWS(t)}{dt} \right\}, \quad (3)$$

одержимо вираз показників продуктивності $b(t)$ «витратного» ресурсу, що перетворюється у системний ефект (паливно-мастильні матеріали, енергоносії, витратні матеріали), та продуктивності $a(t)$ «забезпечуючого» ресурсу (персонал, спеціальна техніка, обладнання, інформація), що перетворює витратний ресурс –

$$ms(t) = \left(\frac{\partial WS}{\partial r} \right) \times \left(\frac{dr}{dt} \right) = b(t) \times a(t). \quad (4)$$

Системний ефект, що досягнутий в акті застосування системи авіаційного пошуку і рятування, буде дорівнювати

$$WS(t = TS) = \int_0^{TS} ms(t) \cdot dt = \int_0^{TS} b(t) \cdot a(t) \cdot dt. \quad (5)$$

Об'єм витратного ресурсу в акті застосування системи авіаційного пошуку і рятування складе, очевидно –

$$BS = \int_0^{TS} a(t) \cdot dt = \int_0^{TS} a\{X(t)\} \cdot dt, \quad (6)$$

де $X(t)$ – чисельність «одиниць» сил в ході процесу ($0 \leq t \leq TS$). Якщо вважається коректним припущення про те, що в ході процесу застосування ($0 \leq t \leq TS$) середня чисельність сил XS і продуктивність «одиниці» сил $a(1)$ практично не змінюються, то вираз (7) спрощується –

$$BS = \int_0^{TS} \{a(1) \cdot XS\} \cdot dt \approx a(1) \cdot XS \cdot TS = AS \cdot TS. \quad (7)$$

Тут середня «групова» продуктивність сил –

$$AS = a(1) \cdot XS. \quad (8)$$

Вважаючи, що виконання системи авіаційного пошуку і рятування завдання досягається при рівності його «трудомісткості» і «трудовитрат» на його виконання, із (7) одержимо вираз для «трудовитрат» ресурсної частини системи -

$$RS = \left\{ \frac{BS}{a(1)} \right\} = (XS \cdot TS). \quad (9)$$

Звичайно «трудомісткість» об'єму завдання та «трудовитрати» на його виконання оцінюють в «людино-годинах», тому вираз (9) повністю відповідає цій оцінці.

Таким чином, між чисельністю ресурсу XS та тривалістю акту виконання завдання TS при потрібному об'ємі і нормативній питомій продуктивності одиниці сил існує «гіперболічна» залежність -

$$XS = \frac{RS}{TS}. \quad (10)$$

Використання залежності (9) дозволяє математично точно вирішити задачу «наукової організації» процесу застосування системи авіаційного пошуку і рятування, котрі відносяться до класу задач ресурсної оптимізації.

Відмітимо, що усі показники ефективності системи авіаційного пошуку і рятування, які пов'язані з кінцевим результатом її застосування, прямим образом (функціонально) залежать від «управління» системою. Управління, яке є «цілеспрямовуючою» функцією, має етапи організаційного управління (розробка плану розподілу витратних ресурсів по завданням Y и плану-сценарію дій сил по застосуванню системи S) та оперативного управління (утримання відповідності процесу накопичення системного ефекту $WS(t)$ планам Y, S). Тоді й ефективність системи авіаційного пошуку і рятування стає функцією управління системою (Y, S) при «нормативних» значеннях питомих продуктивностей витратних та забезпечуючих ресурсів –

$$ES(Y,S) = \frac{WS(Y,S)}{RS(Y,S)} . \quad (11)$$

Оскільки досягнення «мети» в акті застосування системи авіаційного пошуку і рятування пов'язане з потрібним рівнем системного ефекту –

$$WS(Y,S) \geq WS^{nomp} , \quad (12)$$

то максимізація ефективності по фактору управління (Y,S) досягається мінімізацією «витрат» за рахунок оптимального управління (Y^0, S^0) , тобто

$$ES = \frac{WS(Y^0, S^0)}{RS(Y^0, S^0)} \Rightarrow \frac{WS^{nomp}}{\min RS} \Rightarrow \max ES . \quad (13)$$

Таким чином, загальна задача оптимального управління системою авіаційного пошуку і рятування має дві наступні інтерпретації.

Пряма задача – на множині управлінь $\{(Y,S)\}_{np}$, кожне з котрих (Y,S) задовольняє обмеження на припустимий чисельний склад сил –

$$XS(Y,S) \leq XS^{npun} , \quad (14)$$

знайти таке (оптимальне) управління (Y^0, S^0) , котре мінімізує тривалість акта застосування системи –

$$TS(Y^0, S^0) = \min_{\{(Y,S)\}} TS(Y,S) . \quad (15)$$

При цьому в акті застосування досягається максимальна «могутність» системи –

$$MS(Y^0, S^0) = \frac{WS^{nomp}}{\min TS} = \max MS \quad (16)$$

и максимальна ефективність системи –

$$ES(Y^0, S^0)_{np} = \frac{WS^{nomp}}{XS^{npun} \cdot \min TS} = \max ES . \quad (17)$$

Обернена задача - на множині управлінь $\{(Y,S)\}_{об}$, кожне з котрих (Y,S) задовольняє обмеження на припустиму тривалість процесу в акті застосування –

$$TS(Y,S) \leq TS^{npun} , \quad (18)$$

знайти таке (оптимальне) управління (Y^0, S^0) , котре мінімізує склад сил системи –

$$XS(Y^0, S^0) = \min_{\{(Y,S)\}} XS(Y,S) . \quad (19)$$

При цьому досягається максимальна «продуктивність» сил системи авіаційного пошуку і рятування по ефекту –

$$AS(Y^0, S^0) = \frac{WS^{nomp}}{\min XS} = \max AS \quad (20)$$

і максимальна ефективність системи в акті застосування –

$$ES(Y^0, S^0)_{об} = \frac{WS^{nomp}}{TS^{nrun} \cdot \min XS} = \max ES. \quad (21)$$

Висновки

Підвищення інтегральної ефективності використання ресурсного потенціалу системи при даній технології інтенсифікації процесу перетворення ресурсного потенціалу в системний ефект підвищує функціональний (системний) чи відповідний до нього економічний ефект в середньому на 10-30%. Основним інструментом інтенсифікації виступає «оптимальне управління» системою авіаційного пошуку і рятування, котре максимізує її ефективність.

1. Шарий В.І. Проблематика керування сферою воєнної безпеки / Шарий В.І., Невольніченко А.І. // Наука і оборона, – 2000 р. – №1. – С.16-21.
2. Чумаченко С.М. Інтенсифікація ресурсного потенціалу системи воєнно-екологічної безпеки / Чумаченко С.М., Невольніченко А.І. // Збірник наукових праць ННДЦ ОТ і ВБ України. Воєнно-екологічна думка, 2007. – №3,
3. Семон Б.Й. Тезаурус фахівця як основа наукового змісту курсу навчання. / Семон Б.Й., Крюков М.П., Невольніченко А.І. // Збірник наукових праць Національної академії оборони України, 2004. – №54,

С.М. Чумаченко, В.А. Лисянський, В.І. Шабала

**ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ
АВИАЦИОННОГО ПОИСКА И СПАСАНИЯ**

Предлагается ресурсосберегающая «супертехнология» - оптимальное управление ресурсами систем авиационного поиска и спасения, который максимизирует их целевую эффективность в целом при данной технологии использования и распределения ресурсов.

C.M. Chumachenko, V.O. Lysiansky, V.I. Shabala

**APPROACHES TO INTEGRAL ASSESSMENT OF AVIATION SEARCHING AND
RESCUING EFFICIENCY**

The resource saving "super technology" is suggested. This technology uses as optimal resource systems management for aviation searching and rescuing, which enhances their special-purpose efficiency in general at using this technology and resource allocation.

Д.А. ШУШЛЯКОВ¹, О.С. ШУШЛЯКОВА¹, И.Л. ЖЕЛЕЗНЯКОВА¹,
Т.Б. СИМОНЕНКО²

¹Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

²Инженерный центр In-Di, г. Харьков

ЭНЕРГОРЕНОВАЦИЯ ЗДАНИЙ ШКОЛ И ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. ХАРЬКОВА

В статье рассмотрены некоторые вопросы энергетической реновации зданий детских дошкольных учреждений и школ на примере г. Харькова.

Еще в конце прошлого века был опубликован Указ Президента Украины (№662/99 от 16 июня 1999 г.) "Про заходи щодо скорочення енергоспоживання бюджетними установами, організаціями та казенними підприємствами", направленный на повышение энергоэффективности общественных зданий и учреждений. Однако до настоящего времени полномасштабных работ на государственном уровне в этом направлении так и не было проведено.

Основная проблема существующих общественных зданий, в том числе школ и детских дошкольных учреждений, состоит в том, что они были запроектированы и построены в период, когда огромный расход энергетических ресурсов на нужды отопления не являлся большой проблемой. Теплотехнические характеристики зданий, запроектированных и построенных до 1993 года, рассчитывались по СНиП II.3-79** "Строительная теплофизика" (и более ранним нормативным документам) [1]. При этом термическое сопротивление ограждающих конструкций, рассчитываемое по формулам, которые были приведены в этих нормативах, было занижено, что приводило к значительным потерям теплоты через ограждающие конструкции.

В современных нормативных документах, принятых в Украине – ДБН В.2.6-31-2006 "Теплова ізоляція будівель" величина термического сопротивления задана в виде постоянной (в зависимости от вида ограждающей конструкции и климатической зоны расположения здания) [2]. Это дает возможность не только сокращать объем расчетов, но и в значительной степени повысить теплозащитные свойства ограждающих конструкций (значения, приведенные в современной литературе [2] в 3 – 5 раз превышают значения, рассчитанные по старым нормам [1]).

Для сравнения защитных свойств ограждающих конструкций был проведен оценочный теплотехнический расчет и расчет тепловых потерь зданием. Существующий вариант ограждающих конструкций сравнивали с девятью вариантами утепления ограждающих конструкций.

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций был выполнен для холодного периода года в соответствии с требованиями нормативной документации [2]. Параметры наружного и внутреннего воздуха приняты в соответствии с нормативной документацией [3, 4].

Требуемые величины термического сопротивления R_0 принимались в соответствии с нормами [2]:

для стен – $2,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$;

покрытие – 4,95 (м²·К)/Вт (так как школы и детские сады, в основном до 4-х этажей);

окна – 0,6 (м²·К)/Вт.

Была рассчитана невязка Δ (в процентах) между нормативным и существующим коэффициентом термического сопротивления, которая показывает, насколько существующий коэффициент термического сопротивления не соответствует нормативному. При этом следует учитывать, что чем больше величина Δ (увеличиваются теплопотери), тем хуже. При отрицательной величине Δ существующий коэффициент термического сопротивления больше нормативного, что в ряде случаев, при экономическом обосновании – хорошо.

$$\Delta = \frac{R_0 - R}{R_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

где R_0 – нормативный коэффициент термического сопротивления, (м² К)/Вт;

R – существующий коэффициент термического сопротивления, (м² К)/Вт.

Подставляя полученные в результате расчёта значения R и R_0 в (1), получим, что невязка для стен составляет $\Delta = \frac{1,282 - 2,8}{1,282} \cdot 100 = 118,4\%$, для покрытия

$$\Delta = \frac{1,166 - 4,95}{1,166} \cdot 100 = 324,5\%, \text{ для окна } \Delta = \frac{0,39 - 0,6}{0,6} \cdot 100 = 53,9\%.$$

Ориентировочные (рассчитанные для типового проекта) характеристики по тепловым потерям составляют для детского садика 146,49 кВт, для школы 410,8 кВт.

В рамках предварительной проработки направлений реконструкции наружных ограждающих конструкций было рассмотрено девять вариантов утепления зданий. Первые варианты предусматривали только утепление наружных стен, вторые – утепление наружных стен и замена старых оконных переплетов на новые металлопластиковые, третьи варианты предусматривали устройство на существующей плоской кровле дополнительных помещений (чердачного типа) с возможностью устройства в них теплиц или парников.

В результате сравнения вариантов (табл. 1 – 13) можно сделать следующий вывод: наиболее выгодным с экономической точки зрения материалом для использования утепления объектов является пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД. Не смотря на то, что сметная стоимость данного варианта не является самой дешевой из всех трех представленных материалов, при использовании этого материала, значительно уменьшаются теплопотери, а значит и уменьшаются расходы на его содержание. Увеличивается показатель экономии, следовательно, увеличивается экономический эффект. Срок окупаемости нам дает полное представление о возврате вложенных денежных средств. Проанализировав все три варианта утепления объектов, предпочтение отдаем материалу – пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД в сочетании с заменой существующих окон на металлопластиковые окна Aluplast IDEAL 2000 и устройством кровли.

Таблица 1. Утепление стен

№	Тип здания	Вид утеплителя	Стены, м ²	Теплопотери, кВт/час	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	школа	Без утепления	8846	410,8	Существующие конструкции
2	школа	Маты минераловатные прошивные строительные	8846	338,6	Производитель: «Гермолайф» (Украина)
3	школа	Пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД	8846	314,6	Производитель: корпорация "Технониколь" (Россия)
4	школа	Блоки «Бетоль»	8846	323,6	Производитель: ООО "Бетоль" (Украина)

Таблица 2. Техничко-экономические показатели

№	Вид утеплителя	Теплопотери, грн./год	Сметная стоимость, грн.	Экономия, грн.	Величина возвратности вложенным средствам, грн.	Коэффициент экономической эффективности
1	2	3	4	5	6	7
1	Базовый	664335,89	-	-	-	-
2	Маты минераловатные прошивные строительные	547575,79	704732	116760	-587972	0,16
3	XPS CARBON ФАСАД	508763,56	720719	155572	-565147	0,21
4	Блоки «Бетоль»	523318,15	903979	141018	-762961	0,16

Таблица 3. Утепление стен с заменой окон

№	Тип здания	Вид утеплителя	Стены, м ²	Окна, м ² Материал	Теплопотери кВт/час	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	школа	Без утеплителя	8846	1948	410,8	Существующие конструкции
2	школа	Маты минераловатные прошивные строительные	8846	1948 Aluplast IDEAL 2000	256,9	Конструкция по ДБН В.2.6- 31:2006 4М ₁ -12-4М ₁ -12-4К
3	школа	Пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД	8846	1948 WDS 404	228,1	Конструкция по ДБН В.2.6- 31:2006 4М ₁ -12-4М ₁ -12-4К
4	школа	Блоки «Бетоль»	8846	1948 VEKA ALPHALINE	227,6	Конструкция по ДБН В.2.6- 31:2006 4М ₁ -12-4М ₁ -12-4К

Таблица 4. Техничко-экономические показатели

№	Вид утеплителя	Тепло потери, грн./год	Сметная стоимость, грн.	Экономия, грн	Величина возвратности вложенным средствам, грн.	Коэффициент экономической эффективности
1	2	3	4	5	6	7
1	Без утеплителя	664335,89	-	-	-	-
2	Маты минераловатные прошивные строительные	415452,50	1942199	248883	-1693316	0,13
3	XPS CARBON ФАСАД	368877,84	1926941	295458	-1631483	0,15
4	Блоки «Бетоль»	368069,25	2526332	296267	-2230065	0,12

Таблица 5. Утепление стен с заменой окон, изменением кровли

№	Тип здания	Вид утеплителя	Стены, м ²	Окна, м ² Материал	Кровля, м ²	Потери теплоты, кВт/час	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1	школа	Без утеплителя	8846	1948	2760	410,8	Существующие конструкции
2	школа	Маты минераловатные прошивные строительные	8846	1948 Aluplast IDEAL 2000	2760 Термокровля 110 (толщина 150 мм)	188,1	кровля скатная (с добавлением остекления)
3	школа	пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД	8846	1948 WDS 404	2760 маты минераловатные на синтег. связ. (240 мм)	160,6	кровля скатная (с добавлением остекления)
4	школа	Блоки «Бетоль»	8846	1948 VEKA ALPHALINE	2760 пенополиуретан (150 мм)	159,3	кровля скатная (с добавлением остекления)

Таблица 6. Техничко-экономические показатели

№	Вид утеплителя	Теплопотери, грн./год	Сметная стоимость, грн.	Экономия, грн	Величина возвратности вложенным средствам, грн.	Коэффициент экономической эффективности
1	2	3	4	5	6	7
1	Без утеплителя	664335,89	-	-	-	-
2	Маты минераловатные прошивные строительные	304190,80	5758674	360145	-5398528	0,06
3	XPS CARBON ФАСАД	259718,45	5775144	404617	-5370526	0,07
4	Блоки «Бетоль»	257616,13	5835083	406720	-5428363	0,07

Таблица 7. Утепление стен

№	Тип здания	Вид утеплителя	Стены, м ²	Тепло потери, кВт/час	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	Детский сад	Без утеплителя	2074	146,49	Существующие конструкции
2	Детский сад	Маты минераловатные прошивные строительные	2074	116,82	Производитель: «Гермолайф» (Украина)
3	Детский сад	пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД	2074	112,31	Производитель: корпорация "Технониколь" (Россия)
4	Детский сад	Блоки «Бетоль»	2074	115,35	Производитель: ООО "Бетоль" (Украина)

Таблица 8. Техничко-экономические показатели

№	Вид утеплителя	Тепло потери, грн./год	Сметная стоимость, грн.	Экономия, грн.	Величина возвратности вложенным средствам, грн.	Коэффициент экономической эффективности
1	2	3	4	5	6	7
1	Базовый	236900,11	-	-	-	-
2	Маты минераловатные прошивные строительные	188918,49	517820	47981,62	-469838,38	0,09
3	XPS CARBON ФАСАД	181625,29	529471	55274,82	-474196,18	0,10
4	Блоки «Бетоль»	186541,25	663021	50358,86	-612662,44	0,07

Таблица 9. Утепление стен с заменой окон

№	Тип здания	Вид утеплителя	Стены, м ²	Окна, м ² Материал	Потери теплоты, кВт/час	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	Детский сад	Без утеплителя	2074	705	146,49	Существующие конструкции
2	Детский сад	Маты минераловатные прошивные строительные	2074	Aluplast IDEAL 2000	92,33	Конструкция по ДБН В.2.6-31:2006 4М ₁ -12-4М ₁ -12-4К
3	Детский сад	пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД	2074	705 WDS 404	81,93	Конструкция по ДБН В.2.6-31:2006 4М ₁ -12-4М ₁ -12-4К
4	Детский сад	Блоки «Бетоль»	2074	705 VEKA ALPHALINE	81,86	Конструкция по ДБН В.2.6-31:2006 4М ₁ -12-4М ₁ -12-4К

Таблица 10. Техничко-экономические показатели

№	Вид утеплителя	Тепло потери, грн./год	Сметная стоимость, грн.	Экономия, грн	Величина возвратности вложенным средствам, грн.	Коэффициент экономической эффективности
1	2	3	4	5	6	7
1	Без утеплителя	236900,11	-	-	-	-
2	Маты минераловатные прошивные строительные	149313,45	973857	87586,66	-886270,34	0,09
3	XPS CARBON ФАСАД	132495,24	974200	104404,87	-869795,13	0,11
4	Блоки «Бетоль»	132382,02	1258351	104518,09	-1153832,00	0,08

Таблица 11. Утепление стен с заменой окон, устройством кровли

№	Тип здания	Вид утеплителя	Стены, м ²	Окна, м ² Материал	Кровля, м ²	Тепло потери, кВт/час	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Детский сад	Без утеплителя	2074	705	1117	146,49	Существующие конструкции
2	Детский сад	Маты минераловатные прошивные строительные	2074	Aluplast IDEAL 2000	1117 Термокровля 110 (толщина 150 мм)	69,92	Производитель: «Термолайф» (Украина)
3	Детский сад	пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД	2074	705 WDS 404	1117 маты минераловатные на синтег. связ. (240 мм)	59,24	Производитель: корпорация "Технониколь" (Россия)
4	Детский сад	Блоки «Бетоль»	2074	705 VEKA ALPHALINE	1117 Пенополиуретан (150 мм)	59,45	Производитель: ООО "Бетоль" (Украина)

Таблица 12. Техничко-экономические показатели

№	Вид утеплителя	Тепло потери, грн./год	Сметная стоимость, грн.	Экономия, грн	Величина возвратности вложенным средствам, грн.	Коэффициент экономической эффективности
1	2	3	4	5	6	7
1	Без утеплителя	236900,11	-	-	-	-
2	Маты минераловатные прошивные строительные	113072,96	2274916	123827	-2151089	0,05
3	XPS CARBON ФАСАД	95801,51	2274950	141099	-2133851	0,06
4	Блоки «Бетоль»	97791,11	2303365	139109	-2164256	0,06

Таблица 13. Сводный сметный расчет на общее количество учебных заведений в г. Харькове

№	Методы энергorenовации	Сметная стоимость, тыс. грн.	Кол-во учреждений, на начало 2011 г., шт.	Итого, затраты, тыс. грн	Сметная стоимость, тыс. грн.	Кол-во учреждений, на конец 2010 г. шт.	Итого, затраты, тыс. грн
		Школа			Детский Сад		
1.	Стены						
1.1.	Маты минераловатные прошивные строительные	704,732	189	133194,3	517,820	173	89582,86
1.2.	XPS CARBON ФАСАД	720,719	189	136215,3	529,471	173	91598,48
1.3.	Блоки «Бетоль»	903,979	189	1708852,0	663,021	173	114702,6
2.	Стены,окна						
2.1.	Маты минераловатные прошивные строительные Aluplast IDEAL 2000	1942,199	189	367075,6	973857	173	168477,3
2.2.	пенополистирольные плиты XPS CARBON ФАСАД WDS 404	1926,941	189	364191,8	974200	173	168536,6
2.3.	Блоки «Бетоль»VEKA ALPHALINE	2526,332	189	477476,7	1258,351	173	217694,7
3.	Стены, окна, кровля						
3.1	Маты минераловатные прошивные строительные ,Aluplast IDEAL 2000, кровля в зависимости от объекта	5758,674	189	1088389,4	2274,916	173	393560,5
3.2.	XPS CARBON ФАСАД ,WDS 404 , кровля в зависимости от объекта	5775,144	189	1091502,2	2274,950	173	393566,5
3.3.	Блоки «Бетоль»VEKA ALPHALINE, кровля в зависимости от объекта	5835,083	189	1102830,7	2303,365	173	398482,3

Повышение экологической эффективности мероприятий по энергореновации зданий школ и детских дошкольных учреждений возможно путем устройства дополнительных систем теплоснабжения от солнечных коллекторов для помещений, размещаемых на кровле [5]. По расчетным данным для Харькова, высокоэффективные солнечные коллекторы Buderus SKS 4.0 способны обеспечить до 37% потребности в теплоснабжении, в период с октября по апрель (отопительный период), а с мая по сентябрь 100% тепловой потребности здания (в зависимости от количества, тепловой нагрузки здания и количества потребителей) [7].

Использование солнечной энергии является одним из весьма перспективных направлений энергетики. Высокая экологическая эффективность, возобновляемость тепловой энергии, отсутствие затрат на капремонт оборудования как минимум в течение первых 25 лет эксплуатации, в перспективе – снижение стоимости традиционных методов получения энергии – всё это является положительными сторонами солнечной энергетики [6].

1. СНиП II.3-79** "Строительная теплофизика". М.: 1986 г
2. ДБН В.2.6-31-2006 "Теплова ізоляція будівель". К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. 2006 р
3. СНиП 2.01.01-82 "Строительная климатология и геофизика".
4. ДБН В.2.2-9-99 "Громадські будинки та споруди".
5. Кононов Ю.Д. Энергетика и экономика. Проблемы перехода к новым источникам энергии. – М.: Наука, 2004. – 125с.
6. Сибикин, М.Ю. Технология энергосбережения: учебник / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. – М.: Профессиональное образование, 2006. – 312 с.
7. <http://www.buderus.ua/> - Официальный сайт компании «Buderus» [Электронный ресурс]. 31.08.2012г. Загл. с экрана.

Д.О. Шушляков, О.С. Шушлякова, І.Л. Железнякова, Т.Б. Симоненко
ЕНЕРГОРЕНОВАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ШКІЛ І ДИТЯЧИХ ДОШКІЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ
НА ПРИКЛАДІ м. ХАРКОВА

У статті розглянуто деякі питання енергетичної реновації будинків дитячих дошкільних закладів та шкіл на прикладі м. Харкова.

D.A. Shyshlyakov, O.S. Shyshlyakova, I.L. Zelezhnyakova, T.B. Simonenko
ENERGY RENOVATION OF THE BUILDINGS OF SCHOOLS AND CHILDREN'S
PRE-SCHOOL INSTITUTIONS ON THE EXAMHLE OF KHARKOV

Some issues of energy renovation of children's preschool institutions and schools buildings on the example of Kharkov have been considered in the article.

А.В. ПРУССКИЙ¹, В.Д. КАЛУГИН², А.Ю. ВОЙТОВ³

¹Институт государственного управления в сфере гражданской защиты, г. Киев

²Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

³Научно-производственное предприятие «Газтехника», г. Харьков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЕЛИЧИНЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ГАЗОВОГО ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ДАТЧИКОМ СПИРАЛЕВИДНОГО ТИПА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

Создана математическая модель изменения концентрации монооксида углерода (СО) во времени при возникновении возгорания твердых горючих материалов (ТГМ). Впервые экспериментально установлены зависимости величины аналитического сигнала (U_c) для газового пожарного извещателя (ГПИ) с полупроводниковым датчиком (ППД) спиралевидного типа (СТ) от концентрации монооксида углерода (СО).

Постановка проблемы. ГПИ с ППД СТ ориентирован на выявление СО как неотъемлемого компонента газообразных продуктов начальной стадии термического разложения твердых горючих материалов. Однако для обеспечения максимальной эффективности работы ГПИ с ППД СТ в автоматизированных системах пожарной сигнализации необходимо четко знать законы изменения концентрации анализируемых газовых компонентов во времени, которые устанавливают на основе экспериментальных зависимостей величины аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ от концентрации газовых компонентов.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ нормативно-технической и научной литературы показал, что предлагаемые к рассмотрению в работе закономерности и зависимости для монооксида углерода не исследованы.

Формулирование цели статьи. Целью данной работы является построение математической модели изменения концентрации СО при термической деструкции твердых горючих материалов во времени, а также установление экспериментальной зависимости величины аналитического сигнала (U_c) газового пожарного извещателя с полупроводниковым датчиком спиралевидного типа от концентрации СО.

Изложение основного материала. Для проведения экспериментальных исследований разработана и использована стеклянная герметичная газовая камера размерами 1×1×1 м (объемом 1 м³) со съемной верхней рабочей панелью (рис. 1).

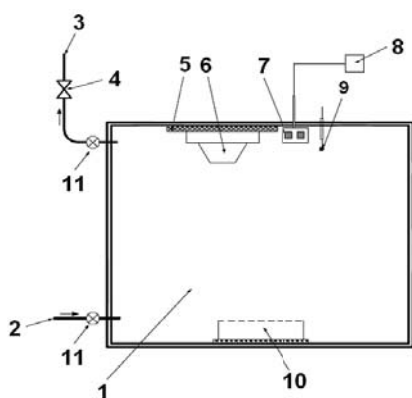


Рис. 1. Стеклянная газовая камера для проведения экспериментальных исследований технических характеристик газовых пожарных извещателей: 1 – газовая испытательная камера; 2 – подача чистого воздуха; 3 – выход газовой смеси; 4 – стравливающий клапан; 5 – подложка под ГПИ; 6 – ГПИ; 7 – датчик измерения концентрации СО; 8 – устройство для считывания информации с датчика СО; 9 – датчик температуры (термометр); 10 – тестовый очаг пожара TF-2; 11 – регулирующий кран

Необходимо отметить, что в качестве датчика измерения концентрации СО (7) и устройства для считывания информации с датчика СО (8) использовался газоанализатор марки ОКСИ 5М-4.

В соответствии со стандартом EN 54-7:2001, каждый тестовый очаг состоит из определенного горючего материала, имеет определенную конфигурацию и небольшие размеры. Очаг TF-2 (рис. 2) состоит из 10 высушенных буковых брусков (влажность ~5 %) размерами 75×25×20 мм, которые расположены на поверхности электрической плитки, мощностью примерно 2 кВт и диаметром 220 мм, и подогреваются до температуры 600 °С.

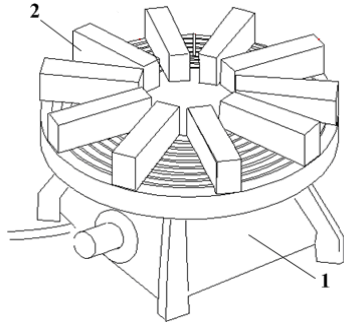


Рис. 2. Тестовый очаг пожара TF-2: 1 – электрическая плитка; 2 – деревянные бруски

Очаг TF-2 – тлеющее пламя (пиролитическое), эмиссия тепла небольшая, эмиссия дыма большая, дым видимый, ясный. Пламенное горение недопустимо.

Для надёжной статистической обработки экспериментальных данных и последующего их анализа проведено пять серий опытов. Анализ полученных данных позволяет судить о характере зависимости изменения концентрации СО от времени – $C_{co}(t)$. В общем виде ее можно записать так:

$$C_{co}(t) = k \cdot t^n, \quad (1)$$

где: k – константа скорости выделения СО при термическом разложении ТГМ; t – время (с); n – показатель степени.

С использованием метода наименьших квадратов (определение минимального значения среднеквадратического отклонения) проведены линеаризация и преобразование выражения (1) с целью получения численных значений неизвестных коэффициентов:

$$\ln C = \ln k + n \cdot \ln t \quad . \quad (2)$$

Проведем замену переменных: $y = \ln C$; $a = \ln k$ ($k=e^a$); $x = \ln t$ и определим минимальное значение среднеквадратического отклонения функции (S):

$$S = \min \sum_i (y(x_i) - y_i)^2 = \min \sum_i (a + (n \cdot x_i) - y_i)^2 \quad . \quad (3)$$

Откуда:

$$\frac{dS}{da} = 2 \sum_i (a + (n \cdot x_i) - y_i) = 0 \quad , \quad (4)$$

$$\frac{dS}{dn} = 2 \sum_i x_i \cdot (a + (n \cdot x_i) - y_i) = 0 \quad . \quad (5)$$

Преобразуя выражения (4) и (5), получим:

$$n = \frac{N \cdot \sum_i (x_i \cdot y_i) - \sum_i y_i \sum_i x_i}{N \cdot \sum_i (x_i^2) - (\sum_i x_i)^2} \quad . \quad (6)$$

Проведем еще одну замену переменных: $\overline{xy} = \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_i (x_i \cdot y_i)$, $\overline{x} = \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_i x_i$,
 $\overline{y} = \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_i y_i$, $\overline{x^2} = \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_i (x_i)^2$.

Тогда получим:

$$n = \frac{\overline{(x \cdot y)} - (\overline{x}) \cdot (\overline{y})}{(\overline{x^2}) - (\overline{x})^2}, \quad (7)$$

$$a = (\overline{y}) - n \cdot (\overline{x}). \quad (8)$$

Подставив численные значения экспериментальных данных в выражения (7) и (8), получили выражение изменения концентрации СО в газовой среде при термическом разложении твердых горючих материалов:

$$C_{co}(t) = (2,7 \cdot 10^{-14}) \cdot t^7. \quad (9)$$

Графическое представление этой зависимости приведено на рис. 3.

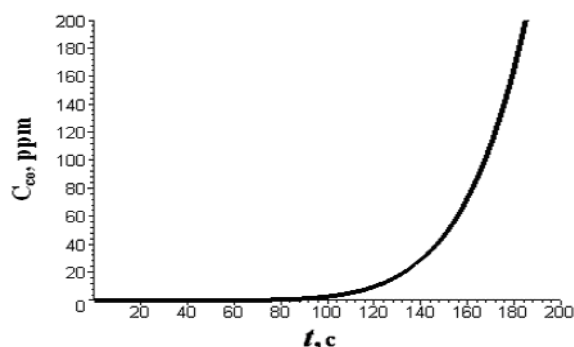


Рис. 3. Изменение концентрации СО при термическом разложении твердых горючих материалов

Таким образом, получена математическая модель изменения концентрации СО во времени при возникновении возгорания твердых горючих материалов.

С использованием полученных значений рабочих характеристик ГПИ с ППД СТ проведено обоснование и выбор порога срабатывания последнего.

ГПИ с ППД СТ построен таким образом, что аналитическим сигналом является падение напряжения (U_c) при

воздействии на датчик различных газов среды, которое соответствует определенному значению концентрации газа.

Показано, что уровень полезного сигнала ГПИ с ППД СТ находится выше 4 мВ и принят равным 5 мВ [1, 2].

С помощью измерительной установки (рис. 1) были проведены исследования процесса пиролиза в конкретном диапазоне температур. Для выполнения динамических исследований проведен вывод на ЭВМ всех контролируемых параметров (U_c (мВ), τ (с), t (°C) и [CO] (ppm)).

Результаты таких измерений представлены на рис. 4. Это результаты последовательных пяти измерений в интервале времени от 0 до 270 с и температуры пиролиза от 30 ± 5 °C до 180 ± 5 °C. Из графика видно, что ГПИ с ППД СТ срабатывает на концентрацию СО = 1 ppm (точка 1), когда величина полезного сигнала составляет 5 мВ [1, 2].

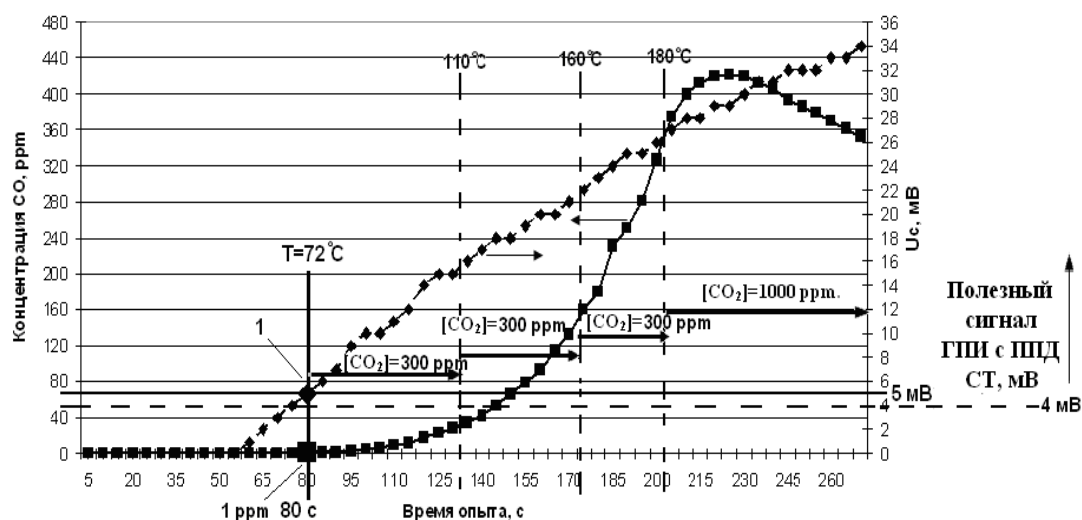


Рис. 4. Зависимость величины аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ U_c (♦) и концентрации СО (■) от времени пиролиза: $\Delta T_{\text{пиролиза}} = 30 \pm 5 - 180 \pm 5$ °C; 1 – точка срабатывания ГПИ с ППД СТ ($U_c = 5$ мВ, $[CO] = 1$ ppm)

По данным рис. 4 построена зависимость аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ от концентрации СО (рис. 5), которая подтверждает представления об особенностях формирования аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ при концентрации СО > 1 ppm.

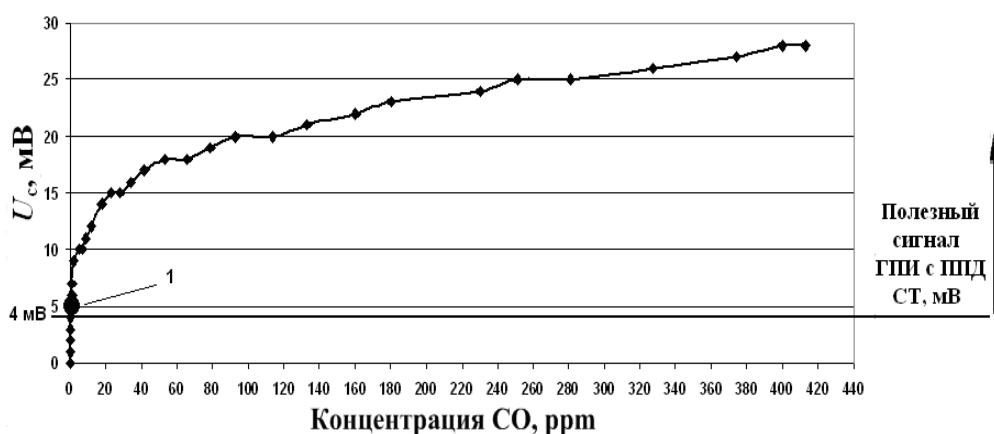


Рис. 5. Зависимость величины аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ - U_c от концентрации СО: $\Delta T_{\text{пиролиза}} = 30 \pm 5 - 180 \pm 5$ °C; $\tau_{\text{пиролиза}} = 215$ с; 1 – точка срабатывания ГПИ с ППД СТ ($U_c = 5$ мВ, $[CO] = 1$ ppm)

На основе данных рис. 5 получена общая зависимость изменения аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ от концентрации СО:

$$U_c = k \cdot C_{\text{co}}^n, \quad (10)$$

где: U_c – величина аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ (мВ); k – коэффициент ($k=f(T)$); C_{co} – концентрация СО (ppm); n – показатель степени (порядок химической реакции по СО) [1, 2].

Необходимо отметить, что зависимость U_c (мВ) от концентрации СО в этом случае носит нелинейный характер.

С целью выявления особенностей начальной стадии возгорания – пиролиза ТГМ – зависимость (10) проанализирована для самого начального участка процесса (рис. 6), до

концентраций $\text{CO} \approx 10\text{--}15 \text{ ppm}$. Из графика видно, что линейная зависимость $U_c\text{--}[\text{CO}]$ наблюдается только лишь в интервале до 1 ppm CO .

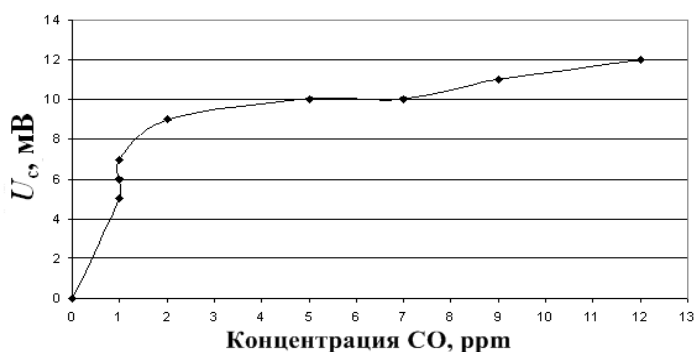


Рис. 6. Зависимость величины аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ U_c от концентрации CO на начальном этапе пиролиза ТГМ (до 40 с)

Таким образом, получены экспериментальные зависимости величины аналитического сигнала ГПИ с ППД СТ от концентрации газообразных продуктов пиролиза ТГМ (CO , CO_2). Чувствительность (порог срабатывания) ГПИ с ППД СТ составляет 1 ppm по CO , что соответствует значению аналитического сигнала $U_c = 5 \text{ мВ}$.

Выводы

1. Построена математическая модель изменения концентрации CO во времени при возникновении возгорания твердых горючих материалов.

2. Впервые установлены экспериментальные зависимости величины аналитического сигнала (U_c) ГПИ с ППД СТ от концентрации CO . На основе их анализа показано, что чувствительность (порог срабатывания) ГПИ с ППД СТ составляет 1 ppm по CO , что соответствует значению аналитического сигнала 5 мВ .

1. Прусский А.В. Предупреждение чрезвычайных ситуаций путем фиксирования концентраций газообразных продуктов пиролиза целлюлозосодержащих материалов газовыми пожарными извещателями с полупроводниковыми чувствительными элементами спиралевидного типа / А.В. Прусский, В.Д. Калугин, А.Ю. Войтов // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2007. – Вип. 5. – С. 166–176.

2. Прусский А.В. Исследование технических характеристик газового пожарного извещателя с полупроводниковым чувствительным элементом спиралевидного типа для обнаружения газообразных продуктов пиролиза целлюлозосодержащих материалов / А.В. Прусский, В.Д. Калугин, А.Я. Шаршанов, А.Ю. Войтов // Системи обробки інформації. – 2007. – Вип. 7(65). – С. 123–128.

А.В. Прусский, В.Д. Калугин, О.Ю. Войтов

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ВЕЛИЧИННИ АНАЛІТИЧНОГО СИГНАЛУ ГАЗОВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З НАПІВПРОВІДНИКОВИМ ДАТЧИКОМ СПІРАЛЕВИДНОГО ТИПУ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ МОНООКСИДУ ВУГЛЕЦЮ.

Побудована математична модель зміни концентрації CO у часі при виникненні заpalення твердих горючих матеріалів. Вперше встановлені експериментальні залежності величини аналітичного сигналу газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралевидного типу від концентрації CO.

A.V. Prusskiy, V.D. Kalugin, A.Y. Voitov

EXPERIMENTAL DEPENDENCES OF SIZE OF AN ANALYTICAL SIGNAL OF THE GAS FIRE DETECTOR WITH THE SEMI-CONDUCTOR GAGE OF HELICOID TYPE FROM CONCENTRATION CO.

The mathematical model of change of concentration CO in time is constructed at occurrence of ignition of firm combustible materials. For the first time experimental dependences of size of an analytical signal of the gas fire detector with the semi-conductor gage of helicoid type from concentration CO are established.

А.В. ШУШЛЯКОВ¹, Д.В. ШУШЛЯКОВ², В.В. ЧЕРНОКРЫЛЮК³

¹Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

²Харьковская национальная академия городского хозяйства

³Представитель компании Riello S.p.A. в СНГ.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ И ПОЛНОТУ СГОРАНИЯ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА СЛОЕВЫМ СПОСОБОМ С ДВУМЯ ЗОНАМИ ПИРОЛИЗА В КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРАХ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Охарактеризован способ слоевого сжигания топлива с двумя зонами пиролиза обеспечивающий повышение КПД ГТЭ за счет поступления в зону горения горючей высокотемпературной газовой смеси и разогретого кокса, что способствует увеличению скорости горения топлива и исключает химический и механический недожог.

Топливо сжигают слоевым, факельным и вихревым способами. При этом скорость и полнота сгорания топлива зависят от его вида, удельного содержания минеральных негорючих веществ, влажности, наличия кислорода и температуры. Эти факторы влияют на расход топлива, продолжительность (скорость) горения и на КПД генераторов тепловой энергии.

В настоящее время используются традиционные и не традиционные виды топлива, например, отходы переработки древесины, сельскохозяйственной продукции, производственные и коммунально-бытовые отходы. Характеристики некоторых видов топлива приведены в таблице 1.

Известно, что затраты энергии на извлечение влаги из любого вида топлива зависят от размеров кусков, пористости, структуры и, конечно, от влажности топлива. При этом энергия тратится на нагрев топлива, влаги и на испарение влаги. Влага в слое топлива может быть на поверхности частиц (кусков) в микропорах или в химически связанном состоянии, поэтому механизм и затраты энергии на извлечения влаги, а также скорость фронта влажности будут зависеть от характера распределения влаги.

Таблица 1. Характеристика разных видов топлива

№ пп	Вид топлива	Теплота сгорания МДж/м ³	Содержание серы, %	Содержание зола, %	КПД существующих генераторов тепловыр энергии, %
1	Каменный уголь	15.0-25.0	1-3	10-35	56,1
2	Опилки древесные	10	0	1,0	80,5 – 35,0 *
3	Щепа древесная	10	0	1,0	80,5
4	Гранулы торфяные	10	0	4,0 – 20,0	79,0
5	Гранулы из соломы	14,5	0,2	4,0	84,0
6	Гранулы древесные	17,5	0,1	1,0	86,0

35,0* - КПД сырых опилок.

Механизм испарения влаги с поверхности частиц для всех видов топлива одинаков. А испарение влаги из влажных дров с капиллярными каналами упорядоченной структуры существенно отличается от испарения влаги из пор переработанного топлива.

При сжигании дров поверхность поленьев нагревается в основном конвективным потоком. Тепло от поверхности поленьев к их середине передается за счет

теплопроводности. Влага, содержащаяся в поленьях дров, испаряется, а пар, преодолевая сопротивление капиллярных каналов, выводится по этим каналам на торцы поленьев. Если каналы имеют большое сопротивление, то давление пара в каналах повышается, что приводит к разрушению стенок между смежными каналами или образованию трещин в поленьях, через которые отводится пар. Таким образом, при сжигании дров фронт влажности может представлять собой границы условной поверхности с постоянной концентрацией влаги, внутри которой могут быть локальные очаги изменения влажности в отдельных кусках (поленьях) с градиентом влажности, направленным от периферии к середине куска (полена). Такой характер изменения концентрации влаги в слое топлива может привести к неравномерности сгорания топлива и к тому, что отдельные куски топлива могут не полностью сгорать из – за того, что влага в середине куска не успела испариться, либо температура внутри куска топлива не достигла температуры пиролиза.

В переработанном топливе, например, в щепе, пеллетах и др. пористость распределена практически равномерно по всей поверхности частиц, что обеспечивает равномерное извлечение влаги из слоя топлива с меньшими затратами энергии, а скорость распространения фронта влажности примерно одинаковая вдоль каждой координатной оси.

Скорость фронта температуры в слое топлива также зависит от вида и состава топлива, влажности, размеров и структуры его кусков, свойств топлива, интенсивности потока подводимой теплоты и других факторов.

В генераторах тепловой энергии с двумя зонами пиролиза и подачей горячего воздуха по схеме «сверху –вниз» образуются четыре зоны: первая зона пиролиза, зона сушки, вторая зона пиролиза и зона горения. Схема распределения зон в слое топлива показана на рис.1[1].

Горячий воздух с температурой выше температуры пиролиза данного вида топлива подается сверху на слой топлива.

В первой зоне пиролиза происходит нагрев топлива и влаги, испарение влаги и частичный пиролиз (газификация) топлива.

Во второй зоне (в зоне сушки) происходит удаление влаги из крупных частиц топлива. В нижней части зоны сушки происходит нагрев слоя топлива за счет теплопроводности. Тепло на нагрев поступает от слоя топлива второй зоны пиролиза, в которой температура топлива выше чем в зоне сушки.

Для расчета скорости фронта влажности и фронта температур в слое топлива будем принимать граничные условия, приведенные в работе[1]:

На верхней границе первой зоны пиролиза $\tau = 0; t = \text{Const}; x = 0; y = 0$. Здесь и далее: τ – время; t – температура; x, y – координаты.

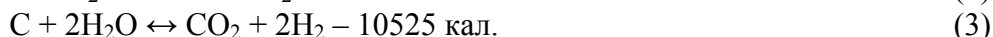
На нижней границе первой зоны пиролиза и на верхней границе зоны сушки $\tau = \tau_1$;
 $t \leq t_n$; $x = x_i$; $y = y_1$,
 где t_n – температура пиролиза топлива;

На нижней границе зоны сушки и на верхней границе второй зоны пиролиза
 $\tau = \tau_2$; $t \geq t_n$; $x = x_i$; $y = y_2$.

На нижней границе второй зоны пиролиза и на верхней границе зоны горения
 $\tau = \tau_3$; $t \leq t_r$; $x = x_i$; $y = y_3$

На нижней границе зоны горения $\tau = \tau_4$; $t \geq t_r$; $x = x_i$; $y = y_4$,
 где $I = 1, 2, 3$.

В зависимости от расхода и температуры дутьевого воздуха процесс взаимодействия углерода с кислородом в слое топлива может протекать по уравнениям, приведенным в работе[1], но так как температура слоя (первой зоны пиролиза) быстро снижается ниже 700°C , то уравнения реакций углерода с кислородом в основном будут протекать по уравнениям:



На нагрев топлива, влаги и испарение влаги, а также на протекание эндотермических реакций пиролиза (1)÷(3) затрачивается тепло, поэтому температура газовоздушного потока в зоне сушки понизится до 300 °С-350 °С. Тогда, в зоне сушки углерод с кислородом будет взаимодействовать по уравнениям:



Как видно из (4)-(5), реакции протекают с потерей теплоты и образованием СО. В нижней части зоны сушки температура топлива будет повышаться за счет теплопередачи тепла от более нагретых частиц топлива во второй зоне пиролиза. При более высокой температуре топлива $t \geq t_n$, реакция будет протекать с образованием СО₂ и поглощением тепла по уравнению (6).

Значения температуры во второй зоне пиролиза изменяются в пределах 400 °С – 450 °С < $t_{2\text{зп}}$ < 1000 °С – 1050 °С. При этом химические реакции углерода и его соединений будут протекать по уравнениям:



Реакция пиролиза будет протекать одновременно с реакцией горения продуктов пиролиза преимущественно с образованием СО₂ и выделением тепловой энергии. С учетом уравнения (9) можно утверждать, что при температуре более 1000 °С, в отличие от уравнения (1), реакция углерода «С» с кислородом (с образованием СО₂) может протекать с выделением тепловой энергии. В этой зоне происходит полное разделение частиц топлива на газообразные компоненты, кокс и несгораемые примеси (зола).

В зону горения поступают все продукты пиролиза топлива и образовавшиеся во второй зоне пиролиза продукты горения топлива. При температуре более 1050 °С - 1500 °С в зоне горения будут протекать обратимые реакции горения продуктов пиролиза и кокса с выделением тепловой энергии и частиц твердого углерода (сажи). В слое раскаленного кокса температура может быть 1500 °С - 1800 °С. В этом слое частицы твердого углерода снова превращаются в газообразный углерод. Химические реакции в зоне горения будут протекать по уравнениям:



На основании изложенного можно утверждать, что тепловая энергия, затраченная на подогрев дутьевого воздуха, расходуется на подготовку топлива (нагрев, сушку, пиролиз) для высокоэффективного сжигания без потерь за счет химического и механического недожега.

Очевидно, что скорость сгорания топлива и затраты тепловой энергии на подготовку топлива для сжигания слоевым способом с двумя зонами пиролиза будет зависеть от вида топлива и влажности, а также от температуры дутьевого воздуха. В качестве примера, рассмотрим процесс сгорания переработанного топлива – щепы древесины хвойных пород.

В качестве допущений будем считать, что топливо однородное, состав и влажность топлива, поступающего на горение, не изменяются.

При испарении влаги с поверхности частиц конвективным способом скорость тепло- и массообменного процесса можно рассчитать по формуле[1].

$$v_s = \frac{G_{вл}}{dS \cdot d\tau} = \beta(C'_п - C_п), \quad (13)$$

где v_s – скорость испарения влаги с поверхности частиц топлива;

$G_{вл}$ – количество испарившейся влаги;

S – площадь поверхности топлива;

τ – время испарения;

$C'_п, C_п$ – концентрация пара в пограничном слое частиц топлива и в газовой среде;

β – коэффициент массоотдачи.

Затраты тепловой энергии на испарение влаги из слоя топлива всегда больше скрытой теплоты парообразования, что обусловлено дополнительными затратами энергии на разрыв межмолекулярных связей воды, диффузию молекул пара, преодоление сопротивлений движению пара. Но при испарении влаги с поверхности частиц топлива затраты тепла на испарение влаги можно считать равными скрытой теплоте парообразования. Тогда зависимость плотности теплового потока и количества тепла, затраченного на испарение влаги в первой зоне пиролиза и в верхней части зоны сушки можно рассчитать по формуле:

$$\frac{dQ}{Sd\tau} = \frac{dG_{вл}}{Sd\tau} \cdot r, \quad (14)$$

где Q – количество расходуемой теплоты;

r – скрытая теплота парообразования.

При повышении температуры топлива вблизи нижней зоны сушки необходимо учитывать увеличение интенсивности сушки за счет эффекта термодиффузии. С учетом термодиффузии уравнение скорости сушки топлива будет иметь вид:

$$v_c = -D\rho_v(\text{grad}C - \delta\text{grad}T), \quad (15)$$

где D – коэффициент диффузии паров воды;

ρ_v – плотность потока пара;

$\text{grad}C$ – градиент концентрации пара;

δ – коэффициент, учитывающий влияние бародиффузии;

$\text{grad}T$ – градиент температуры

При этом уравнение массопереноса при испарении влаги можно представить в следующем виде:

$$\frac{dC}{d\tau} = \text{div}(D^* \text{grad}C), \quad (16)$$

где D^* – коэффициент диффузии, зависящий только от влажности топлива.

Обозначим площадь топлива S , массу и теплоемкость сухой части топлива, соответственно, m_t и c_t , а массу и теплоемкость жидкости обозначим через $m_{ж}$ и $c_{ж}$. Тогда количество теплоты, необходимой для испарения влаги из топлива можно рассчитать по формулам:

$$q_{и} = (c_t m_t + c_{ж} m_{ж}) \frac{dT}{d\tau}. \quad (17)$$

Или

$$q_{и} = r \left(\frac{dm_{ж}}{d\tau} \right) = r \cdot m_t \left(\frac{dC}{d\tau} \right). \quad (18)$$

После преобразования (18) среднеинтегральный тепловой поток на поверхность топлива можно рассчитать по формуле:

$$\overline{q_s} = \rho_v R_v \cdot r \frac{dC}{d\tau} \left(1 + \frac{c_T}{r} \frac{dT}{dC} \right), \quad (19)$$

Или

$$\overline{q_s} = \rho_v R_v \cdot r \frac{dC}{d\tau} (1 + Rb), \quad (20)$$

где R_v – приведенный размер (высота) слоя топлива;

Rb – критерий Ребиндера;

$\frac{dT}{dC} = b$ – температурный коэффициент сушки;

$\frac{dC}{d\tau}$ – скорость сушки.

Как правило, значения критерия Ребиндера можно принимать $Rb \ll 1$, тогда скорость изменения среднеинтегрального значения влажности топлива можно представить в следующем виде:

$$\frac{dC}{d\tau} = \frac{\overline{q_s}}{\rho_v \cdot R_v \cdot r}. \quad (21)$$

Из (21) приближенное значение скорости границы зоны испарения влаги будет иметь вид:

$$v_s = \frac{\overline{q_s}}{\rho_v \cdot R_v \cdot r}. \quad (22)$$

Или скорость перемещения границ зоны сушки можно представить в следующем виде:

$$v_s = \frac{\partial x}{\partial \tau}, \quad (23)$$

где x - текущая координата границ сушки.

Величина среднеинтегрального значения потока теплоты к поверхности слоя топлива может иметь вид:

$$\overline{q_s} = c_m \cdot \rho_v \cdot R_v \left(\frac{d\theta}{d\tau} \right) + \gamma Ve^2 \left(\frac{dq_s}{dFo} \right), \quad (24)$$

где $Ve = \frac{\alpha}{R_v v_s}$ – критерий Верона;

$Fo = \frac{\alpha \tau}{R_v^2}$ – критерий Фурье.

При $Rb \ll 1$, уравнение потока теплоты к поверхности частиц будет иметь вид:

$$\overline{q} = \gamma Ve^2 \left(\frac{dq_s}{SFo} \right) = \left(\frac{\alpha \gamma}{v_s^2} \right) = \left(\frac{\alpha \gamma}{v_s^2} \right) \left(\frac{dq_s}{d\tau} \right). \quad (25)$$

Для исключения коэффициента температуропроводности « α » представим (25) в следующем виде:

$$v_s = \frac{\chi \cdot N \cdot r \cdot K_p \cdot \partial P}{C_m \cdot \rho_v \cdot \partial T}, \quad (26)$$

где χ – относительный коэффициент сушки;

N – постоянная скорость сушки;

R_v – приведенный размер (высота слоя топлива);

γ – массовая концентрация топлива;

K_p – коэффициент;

$\frac{\partial P}{\partial T}$ – параметр, характеризующий изменение давления от температуры.

Скорость распространения фронта влажности в слое топлива зависит от температуры. В свою очередь скорость распространения фронта температуры зависит от влажности топлива. Если влажность топлива значительная (30% - 50%), то может наступить такой адиабатический процесс сушки топлива, при котором температура топлива и газов будет постоянная, равная температуре мокрого термометра. При этом процесс горения может прекратиться.

Нестационарное распространение фронта температур в двумерном анизотропном пространстве от источника температуры, расположенного в системе координат $(x, y) \in R^2$ во времени $(\tau) > 0$, можно представить в виде уравнения [5]:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{xx}(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{xy}(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_{yx}(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_{yy}(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right). \quad (27)$$

Начальными условиями для уравнения (27) будут:

$$T(0; 0; \tau) = T_0. \quad (28)$$

$$T(x; y; 0) = 0. \quad (29)$$

Для произвольной системы координат с началом координат в точке 0 компоненты тензора теплопроводности будут иметь вид:

$$\lambda_{xx}(T) = \lambda_{\zeta}(T) \cos^2 \varphi + \lambda_{\eta}(T) \sin^2 \varphi; \quad (30)$$

$$\lambda_{yy}(T) = \lambda_{\zeta}(T) \sin^2 \varphi + \lambda_{\eta}(T) \cos^2 \varphi; \quad (31)$$

$$\lambda_{xy}(T) = \lambda_{yx}(T) = [\lambda_{\zeta}(T) - \lambda_{\eta}(T)] \sin \varphi \cos \varphi; \quad (32)$$

$$\lambda_{\zeta}(T) = K_{\zeta} T^{\alpha}; \lambda_{\eta}(T) = K_{\eta} T^{\sigma}; \quad (33)$$

где $K_{\zeta}; K_{\eta}$ – постоянные коэффициенты;

φ – угол, ориентирующий главные оси 0ζ и 0η относительно принятой декартовой оси $0X$.

Решение уравнения (31) позволяет определить температуру как по площади, так и по глубине слоя топлива.

Анализ полученных результатов позволяет считать, что температура при $\varphi = 0$ и $\tau > 0$ изменяется в пределах эллипсов с осями l_x и l_y . Распределение температур имеет волновой характер. Фронт тепловой волны распространяется со скоростью:

$$V_x = \sqrt{T_0^{\sigma} \frac{\alpha K_{\zeta}}{\sigma \cdot b \cdot \tau}}. \quad (34)$$

$$V_y = \sqrt{T_0^{\sigma} \frac{\alpha K_{\eta}}{\sigma \cdot b \cdot \tau}}. \quad (35)$$

Переработанное топливо (щепа, пеллеты) можно считать анизотропным, т.е. значения коэффициентов теплопроводности вдоль осей X и Y одинаковые.

Тогда можно записать, что компоненты вектора теплового потока равны:

$$q_x = \kappa \nabla T; \quad (36)$$

$$q_y = \lambda \nabla T.$$

Или

$$q_{(xy)} = \lambda \nabla T. \quad (37)$$

Приравняем уравнения (24) и (37) и запишем:

$$q_{(x;y)} = \rho_v R_v r \frac{dC}{d\tau} (1 + R_b), \quad (38)$$

где $R_v = \frac{V_m}{S}$ – усредненная высота слоя топлива.

При установившемся процессе горения, постоянной влажности топлива $\frac{dC}{d\tau} = \text{Const}$ и значения критерия Ребиндера $R_b \ll 1$, уравнение (38) будет иметь вид:

$$\lambda T = \rho_v h_{\text{с слоя}} \cdot r \cdot K_{\text{вл}}, \quad (39)$$

где $K_{\text{вл}}$ – коэффициент, характеризующий влажность топлива.

Подставляя значения в (39), можно рассчитать температуру дутьевого воздуха $T, ^\circ\text{K}$ для того, чтобы слой топлива высотой $h_{\text{с слоя}}$ полностью высох и нагрелся до заданной температуры (до температуры горения). Так как расчетный расход топлива определяется за 1 час, то высота слоя топлива (для заданной площади колосниковой решетки) пропорционален расходу топлива кг/час.

Тогда,

$$T = \frac{\rho_v \cdot h_{\text{с слоя}} \cdot r \cdot K_{\text{вл}}}{\lambda}, \quad (40)$$

где ρ_v – плотность топлива;

r – скрытая теплота парообразования;

λ – коэффициент теплопроводности;

h – высота слоя топлива;

T – температура слоя топлива

Расход тепла для сушки и нагрева топлива до заданной температуры топлива можно рассчитать по формуле:

$$q_s = L \cdot c \cdot \rho \cdot (t_k - t_n) \quad (41)$$

где L – объемный расход дутьевого воздуха;

$t_n; t_k$ – начальная и конечная температура дутьевого воздуха;

$c; \rho$ – теплоемкость и плотность дутьевого воздуха.

Учитывая то, что при сжигании топлива слоевым способом с двумя зонами пиролиза и подаче горячего воздуха по схеме «сверху – вниз», в зону горения будут поступать (подготовленные для горения) кокс и продукты пиролиза топлива. Скорость горения топлива при этом будет больше скорости горения при слоевом сжигании топлива и подаче не подогретого воздуха по схеме «снизу – вверх». КПД генератора тепловой энергии новой конструкции увеличивается до 95% - 96%. Экологическая эффективность этих ГТЭ значительно повышается, так как отсутствует химический и механический недожог, уменьшаются выбросы оксидов азота, отсутствуют выбросы бенз(а)пирена, оксидов серы и других загрязняющих примесей, содержащихся в топливе и в дутьевом воздухе.

Представляют научный и практический интерес комбинированные генераторы тепловой энергии с двумя зонами пиролиз (КГТЭДЗП), у которых в зольнике сжигается нетрадиционное жидкое топливо, например, водно-угольное топливо или жидкие отходы животноводческих ферм, птицефабрик, очистных сооружений. В этом случае утилизация жидких стоков может быть источником дополнительной прибыли.

Выводы

Способ слоевого сжигания топлива с двумя зонами пиролиза обеспечивает повышение КПД ГТЭ за счет поступления в зону горения горячей высокотемпературной

газовоздушной смеси и разогретого кокса, что способствует увеличению скорости горения топлива и исключает химический и механический недожог.

Повышение экологической эффективности ГТЭДЗП достигается за счет уменьшения образования оксидов азота.

Отсутствие химического и механического недожога и высокая температура слоя кокса обеспечивают сжигание загрязняющих веществ, способных гореть, исключают выбросы в атмосферу опасных компонентов топлива.

Предлагаемая конструкция ГТЭ позволяет заменять традиционные виды топлива на биологическое топливо, сжигать жидкие стоки животноводческих ферм, птицефабрик и других предприятий.

1. Щеголев М.М., Гусев Ю.Л., Иванова М.С. Котельные установки. –М.: Изд. лит. по строительству, –1966. – 424 с.
2. Лукьянов А.В. Теоретические основы и способы повышения энергетических характеристик теплогенераторов для локальных систем теплоснабжения: автореф. докт. дис. на соиск. научн. степени – Макеевка. – 2008. – 26 с.
3. Патент № 49221 Украина. Генератор тепловой энергии / Шушляков А.В., Шушляков Д.А. и др. Оpubл. 26.04.2010. Бюл. №8.
4. Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов. –М.: Химия. - 1988. – 352 с.
5. Формалев В.Ф., Селин И.А., Кузнецова Е.Л. Моделирование тепловых волн в нелинейном анизотропном пространстве / Вести Самарского техн. Университета. – 2010. – №1(20). – С.239-243.

А.В. Шушляков, Д.В. Шушляков, В.В. Чернокрилюк

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ШВИДКІСТЬ І ПОВНОТУ ЗГОРАННЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПАЛИВА ШАРІВИМ СПОСОБОМ З ДВОМА ЗОНАМИ ПІРОЛІЗУ В КОМБІНОВАНИХ ГЕНЕРАТОРАХ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Розглянуто спосіб шарового спалювання палива з двома зонами піролізу забезпечує підвищення ККД ГТЕ за рахунок надходження в зону горіння горючої високотемпературної газоповітряної суміші і розігрітого коксу, що сприяє збільшенню швидкості горіння палива і виключає хімічний і механічний недожог.

A.V. Shyshlyakov, D.V. Shyshlyakov, V.V. Chernokrylyuk

FACTORS THAT ARE INFLUENCE ON THE RATE AND EFFICIENCY OF FUEL COMBUSTION AT LAYERS METHOD WITH TWO PYROLYSIS ZONES IN COMBINED HEAT GENERATORS

The article considers method layer combustion of fuel with two zones of pyrolysis enhances efficiency of efficiency factor because of income to the combustion zone high-temperature fuel-air mixture and heated coke, which increases the speed of fuel burning and eliminates chemical and mechanical underburning.

УДК 351.861

В.В. ТЮТЮНИК¹, В.Д. КАЛУГІН¹, Л.Ф. ЧОРНОГОР²

¹ Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків

ОЦІНКА РИЗИКУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННО-СОЦІАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРИ СЕЗОННИХ КОЛИВАННЯХ СЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ

Представлено підхід до оцінки ризику функціонування природно-техногенно-соціальної системи в умовах сезонних коливань сейсмічної активності, що призводить до значних соціально-економічних та екологічних наслідків.

Обґрунтування проблеми. На поверхні Землі та в прилеглих до неї шарах атмосфери, літосфери, гідросфери та космосфери протікає безліч процесів різної природи (рис. 1) [1]. Результати їх протікання та взаємної трансформації можуть служити причинами виникнення небезпечних для біосфери Землі природних явищ, таких, як землетруси, цунамі, виверження вулканів, повені, урагани та інші (рис. 2).



Рис. 1. Взаємозв'язок між попередніми факторами надзвичайних ситуацій природного характеру

Збільшення за останнє десятиліття розвитку цивілізації кількості та руйнівної сили надзвичайних ситуацій природного характеру призводить до порушень нормальних умов життєдіяльності суспільства, які характеризуються значними соціально-економічними наслідками [1 – 9].

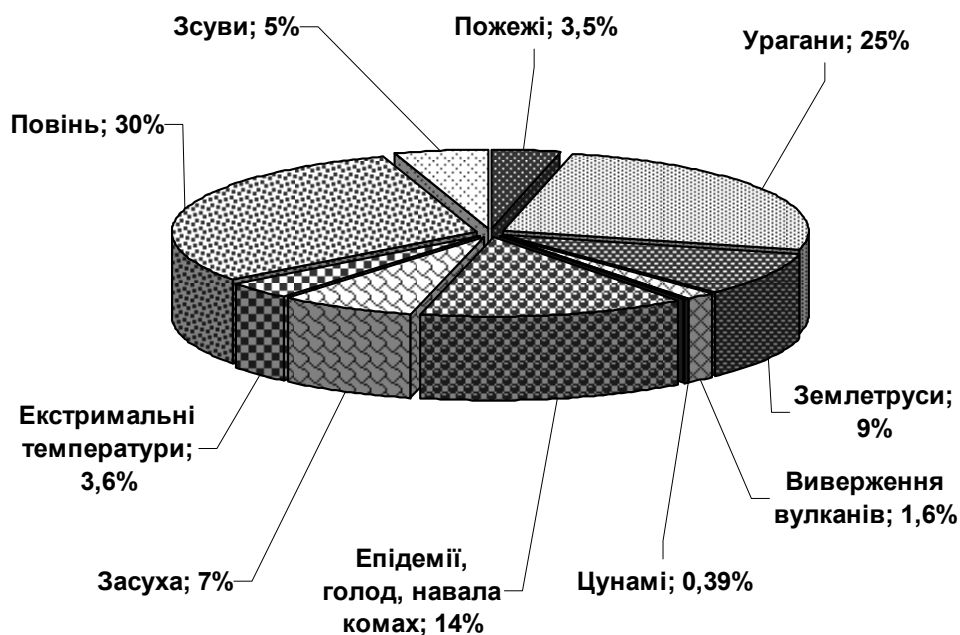


Рис. 2. Відсоткове співвідношення середньої кількості основних НС природного характеру за період 1980 – 2005 рр. [3]

Це вказує на необхідність розробки ефективних заходів попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) різної природи. Перспективним напрямком розв’язання цієї проблеми є розробка ефективної системи виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та впливу на них з метою недопущення виникнення НС. Тому, дана робота є часткою запланованого комплексу наукових досліджень, спрямованих на розробку відповідної системи безпеки. Робота орієнтована на вивчення процесу виникнення та розповсюдження НС літосферного походження, які складають або можуть скласти небезпеку життєдіяльності суспільства, та оцінку ступеню ризику їх негативного впливу на умови нормального функціонування природно-техногенно-соціальної системи (ПТС системи).

Актуальність даній роботі надає факт підвищення за останнє десятиріччя сейсмічної активності земної кулі. Динаміка кількості землетрусів за період 2001 – 2011 рр. за даними Головного центру спеціального контролю Національного космічного агентства України представлена на рис. 3. Кути нахилу ($\alpha_1 \approx \alpha_2 \approx 36^\circ$) ліній трендів змін кількості землетрусів на Землі та їх сумарної енергії свідчить про відносно велике зростання сейсмічної активності на земній кулі. На базі цих даних, у відповідності з характером тренду, наведеного на рис. 3, отримано регресивні моделі зміни кількості та енергії землетрусів, які можна представити наступним чином:

$$n = n_0 + k_n(t - t_0), \quad E = E_0 \cdot 10^{k_E(t-t_0)}, \quad (1)$$

де $n_0 = 80$, $E_0 = 7 \cdot 10^{14}$ Дж та $t_0 = 2001$ рік – початкові умови прогнозу за кількістю, енергією землетрусів та часом; $k_n = 20 \text{ рік}^{-1}$ – показник швидкості збільшення кількості землетрусів за рік; $k_E = 0.37 \text{ рік}^{-1}$ – показник швидкості збільшення енергії землетрусів впродовж року.

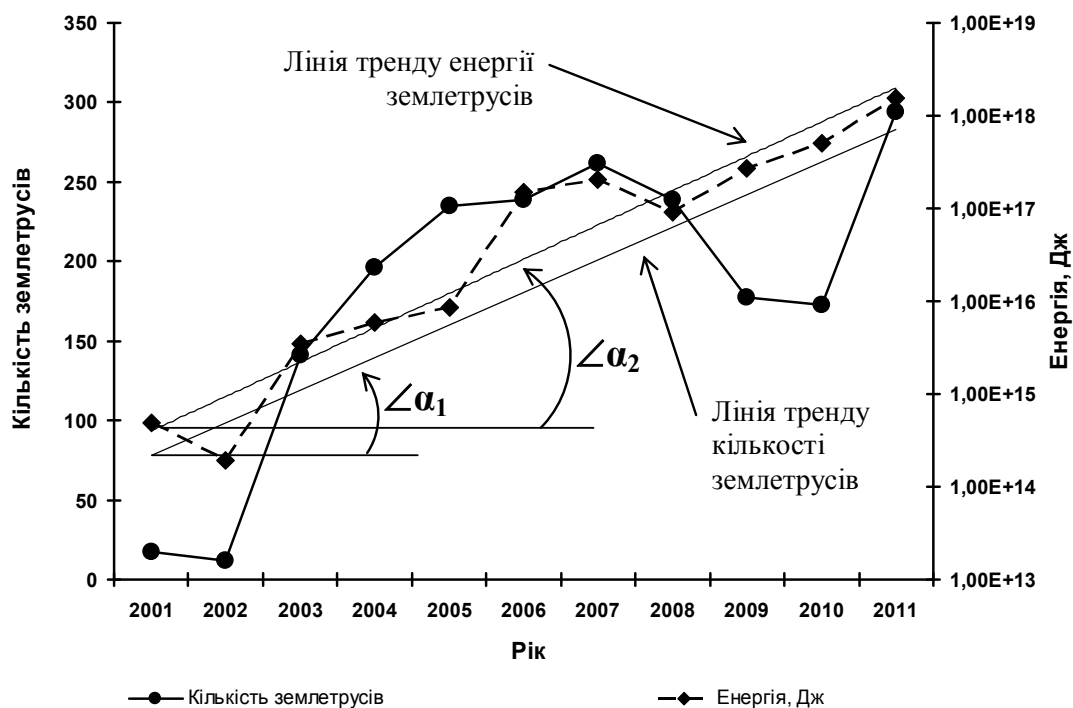


Рис. 3. Динаміка кількості землетрусів на Землі з магнітудою $M \geq 6$ та розрахованої їх енергії (представлено за логарифмічною шкалою) у період 2001 – 2011 рр.

Якщо тенденція збільшення кількості землетрусів і їх сумарної енергії буде зберігатись, то відповідно до представленого підходу, можна надати результати прогнозу динаміки збільшення сейсмічної активності на земній кулі у 2012 – 2022 рр., які наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Результати прогнозу динаміки виникнення кількості землетрусів і їх сумарної енергії на земній кулі у період 2012 – 2022 рр.

Рік	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
n	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
Е, Дж	$8,2 \cdot 10^{18}$	$1,9 \cdot 10^{19}$	$4,5 \cdot 10^{19}$	$1,1 \cdot 10^{20}$	$2,5 \cdot 10^{20}$	$5,8 \cdot 10^{20}$	$1,4 \cdot 10^{21}$	$3,2 \cdot 10^{21}$	$7,5 \cdot 10^{21}$	$1,8 \cdot 10^{22}$	$4,1 \cdot 10^{22}$

Аналіз останніх досліджень. Процеси, що впливають на стан сейсмічної небезпеки функціонування ПТС системи, можна схематично представити як на рис. 4 й охарактеризувати наступними факторами.

1. У процесі переміщення літосферних плит виникають внутрішні пружні напруження, які являють собою осередки землетрусів Z_0 [10 – 14]. Глибина виникнення пружного напруження залежить від переміщення плит. Відносний рух літосферних плит призводить до виникнення неглибоких осередків землетрусів, а занурення літосферних плит провокує появу осередків глибоких землетрусів. Збільшення відстані від розділу літосферних плит характеризується зменшенням ймовірності виникнення пружних напружень;

2. Факторами поширення небезпеки від землетрусу Z_0 виступають поверхневі й об'ємні сейсмічні хвилі [12, 14, 15];

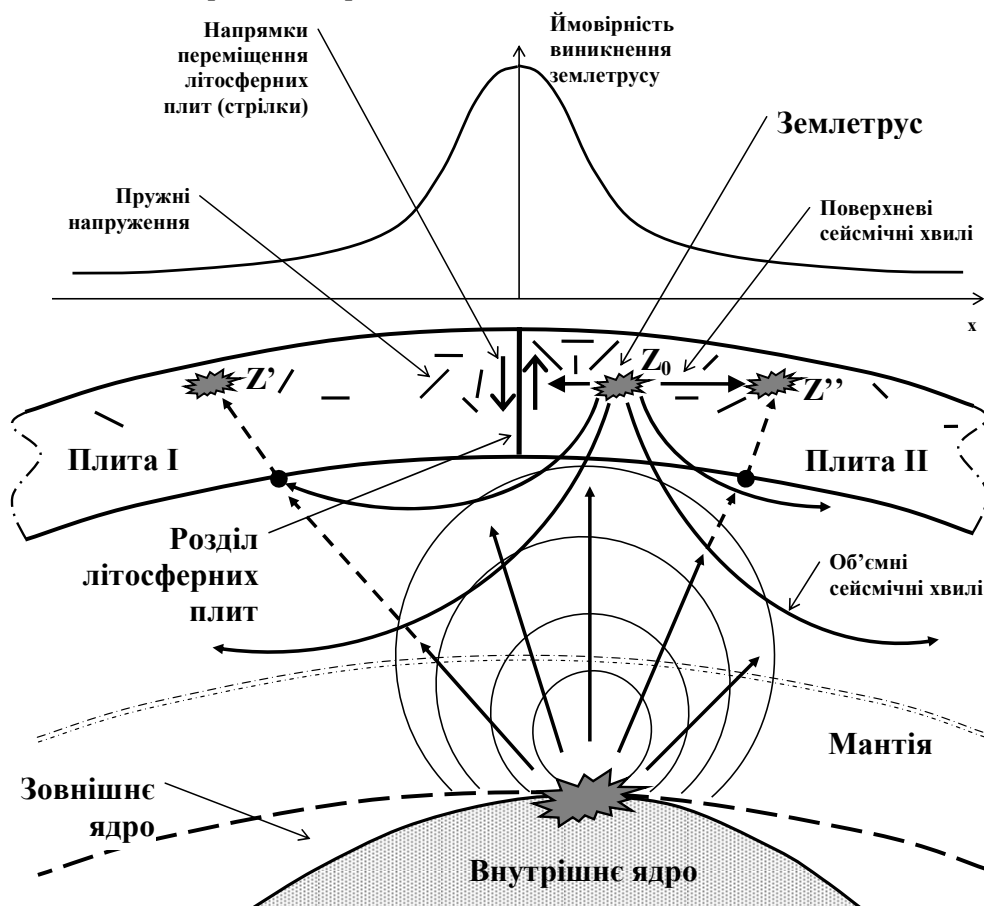


Рис. 4. Схема процесу виникнення землетрусів і поширення сейсмічної активності

3. У процесі коливального просторового переміщення внутрішнього ядра Землі та його впливу на зовнішнє ядро виникає суттєва вірогідність взаємного посилення об'ємних хвиль з виходом на поверхню тектонічної плити як вторинного землетрусу Z' поза зоною розділу літосферних плит [16 – 18];

4. Не виключена можливість впливу поверхневих і об'ємних сейсмічних хвиль на інші напруження в літосфері, які виникли в околиці землетрусу та провокування ланцюгової реакції поширення сейсмічної небезпеки Z'' [19].

Аналіз наукової літератури з глибиною пошуку понад десять років вказує, що серед низки напрямків наукових досліджень по вивченню тектонічних процесів (рис. 1) інтерес набувають дослідження, спрямовані на вивчення причин виникнення сейсмічної небезпеки від коливально-просторового переміщення внутрішнього ядра Землі та його впливу на оболонку земної кулі [16 – 18]. Це визначає мету роботи.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою даної роботи є розвиток уявлень про виникнення надзвичайних ситуацій тектонічного походження в умовах прояву енергетичних коливань ядра Землі, з метою використання цих результатів для оцінки сезонних коливань ступеню ризику сейсмічної небезпеки, які необхідні для формування комплексної системи попередження НС.

Для оцінки рівня сейсмічної небезпеки величину ризику ($R_{НССейсм.}^{ПТС}$) небезпеки функціонування ПТС системи можна представити функціоналом:

$$R_{НССейсм.}^{ПТС} = \psi(F_{НССейсм.}, U_{НССейсм.}^{ПТС}), \quad (2)$$

де $F_{\text{НССейсм.}}$ – частота виникнення сейсмічної небезпеки; $U_{\text{НССейсм.}}^{\text{ПТС}}$ – збиток ПТС системи в умовах прояву сейсмічної небезпеки.

Далі у роботі проведена оцінка сезонної зміни частоти виникнення сейсмічної небезпеки, як одного із факторів величини ризику небезпеки функціонування ПТС системи.

Основні причини, що впливають на частоту виникнення сейсмічної небезпеки, мають природні зв'язки з фізико-хімічними процесами, які протікають в надрах Землі [16 – 18].

Так, висловлені у роботі [16] уявлення про зв'язок сейсмічної активності на земній кулі з процесами в її надрах вказують на те, що у результаті ексцентричного обертання оболонки Землі довкола зміщеного ядра виникає тиск з боку твердого внутрішнього ядра та навколишнього розплаву (зовнішнього ядра) на мантію, який видавлює оболонку зсередини. У інших областях планети виникають сили, які стискають оболонку кулі, втягуючи її всередину до ядра (рис. 5).

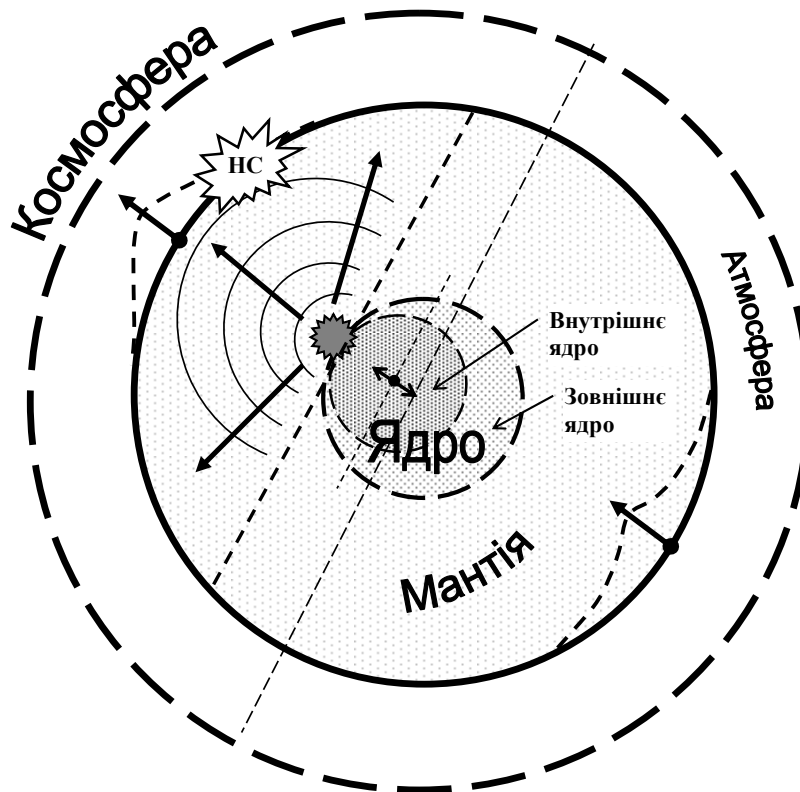


Рис. 5. Схема впливу коливань внутрішнього ядра на сейсмічну активність

Процес впливу на мантію й оболонку Землі має дві складові, а саме:

– вплив за рахунок річного переміщення центру ядра відносно центру земної кулі (рис. 6);

– вплив за рахунок ексцентричного обертання ядра відносно нижньої мантії, де за рахунок різниці в кутових швидкостях обертання ядра й нижньої мантії виникнуть зони підвищеного тиску й розрядки. Існування цих зон буде підтримуватися до тих пір, доки існує різниця в кутових швидкостях обертання та зміщення ядра.

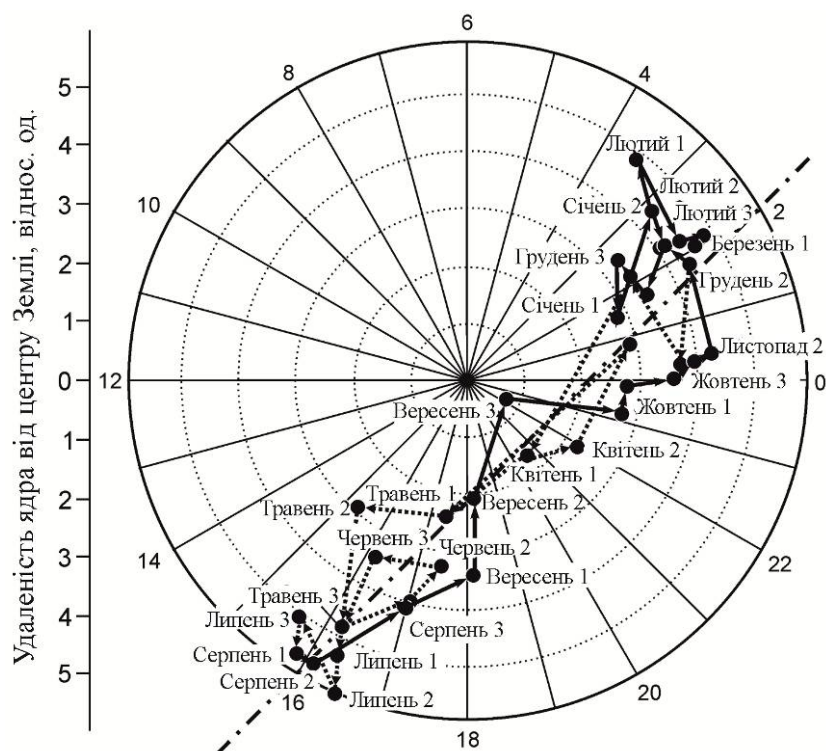


Рис. 6. Траєкторія руху центру внутрішнього ядра усередині Землі протягом року (вид з боку полюсу) [16]

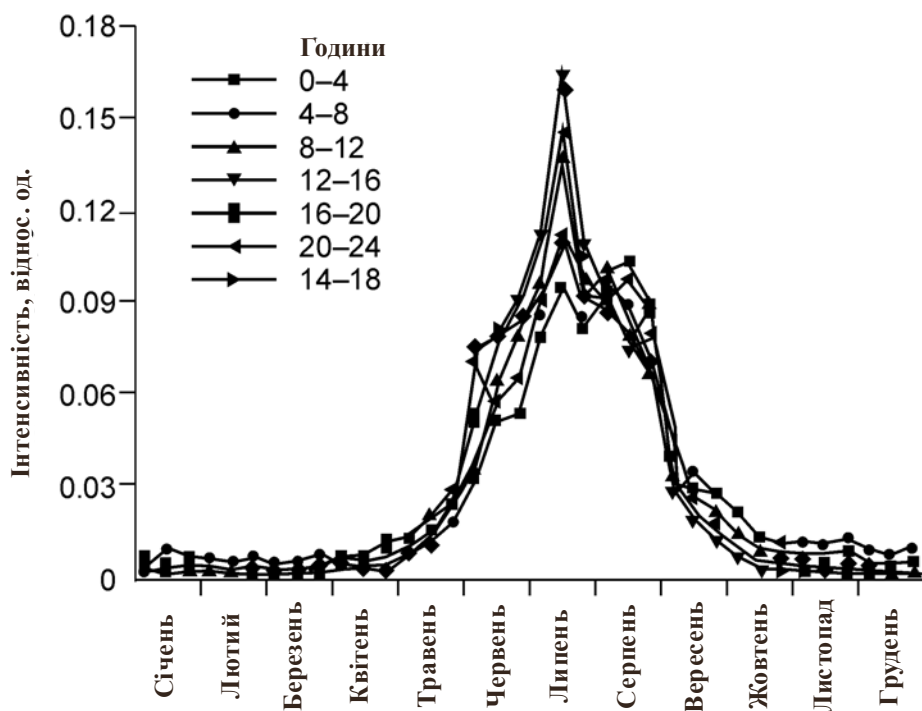


Рис. 7. Варіації інтенсивності природних імпульсних електромагнітних полів Землі, які усереднені та пронормовані за різні часові відрізки доби у період 1997 – 2004 рр. [16, 17]

У відповідності з рис. 6 траєкторія руху ядра несиметрична відносно геометричного центру Землі. Так, найбільше зміщення ядра відносно центру спостерігається у липні – серпні та у лютому, причому зміщення літом перевищує зміщення у лютому.

Результати такого руху ядра мають зв'язок з варіаціями природних імпульсних електромагнітних полів Землі (ПІЕМПЗ), представлених на рис. 7, та сейсмічністю [16 – 18].

З метою визначення впливу руху ядра земної кулі на ступінь сейсмічної небезпеки, наведені результати статистичного аналізу помісячного прояву землетрусів за 2001 – 2011 рр. у відповідності з даними про сейсмічну активність, представленими Головним центром спеціального контролю. Результати аналізу наведено у вигляді графічних залежностей на рис. 8 – 18.

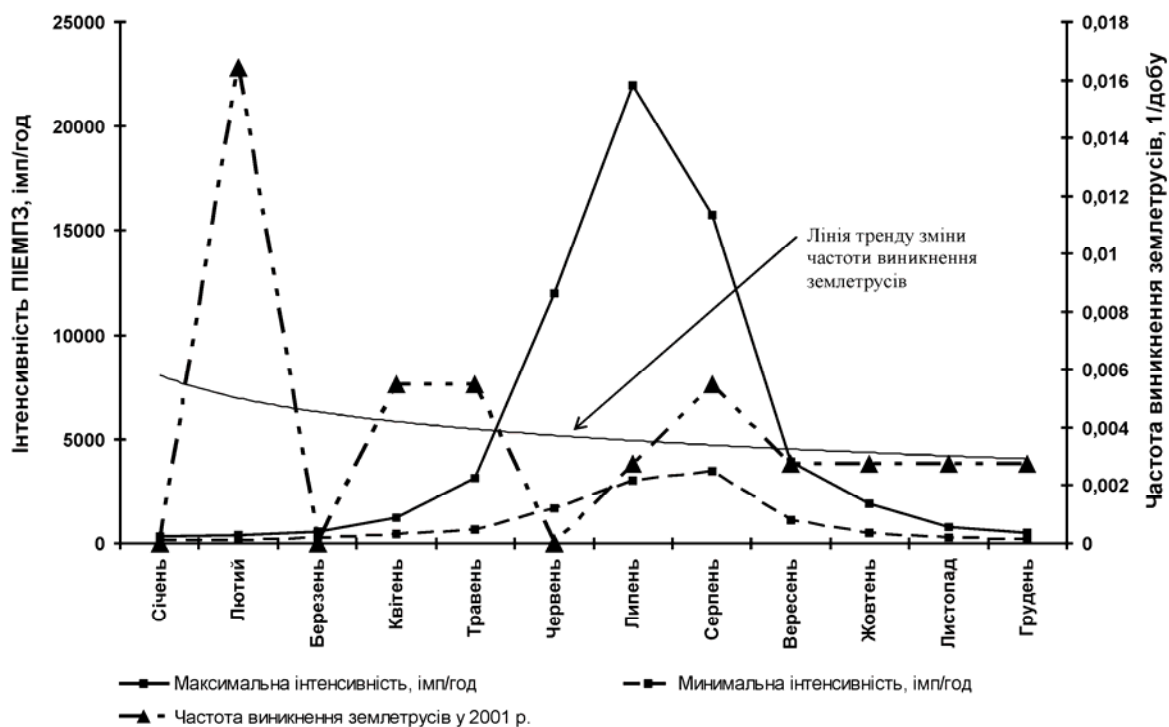


Рис. 8. Помісячні варіації інтенсивності ПІЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2001 р.

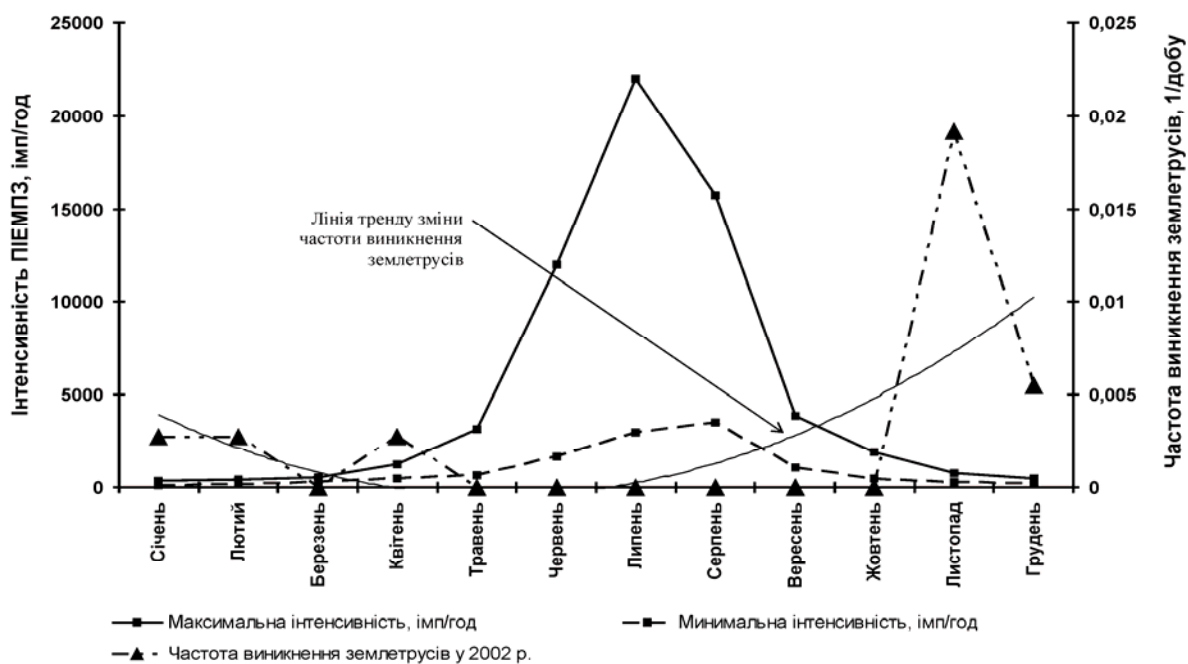


Рис. 9. Помісячні варіації інтенсивності ПЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2002 р.

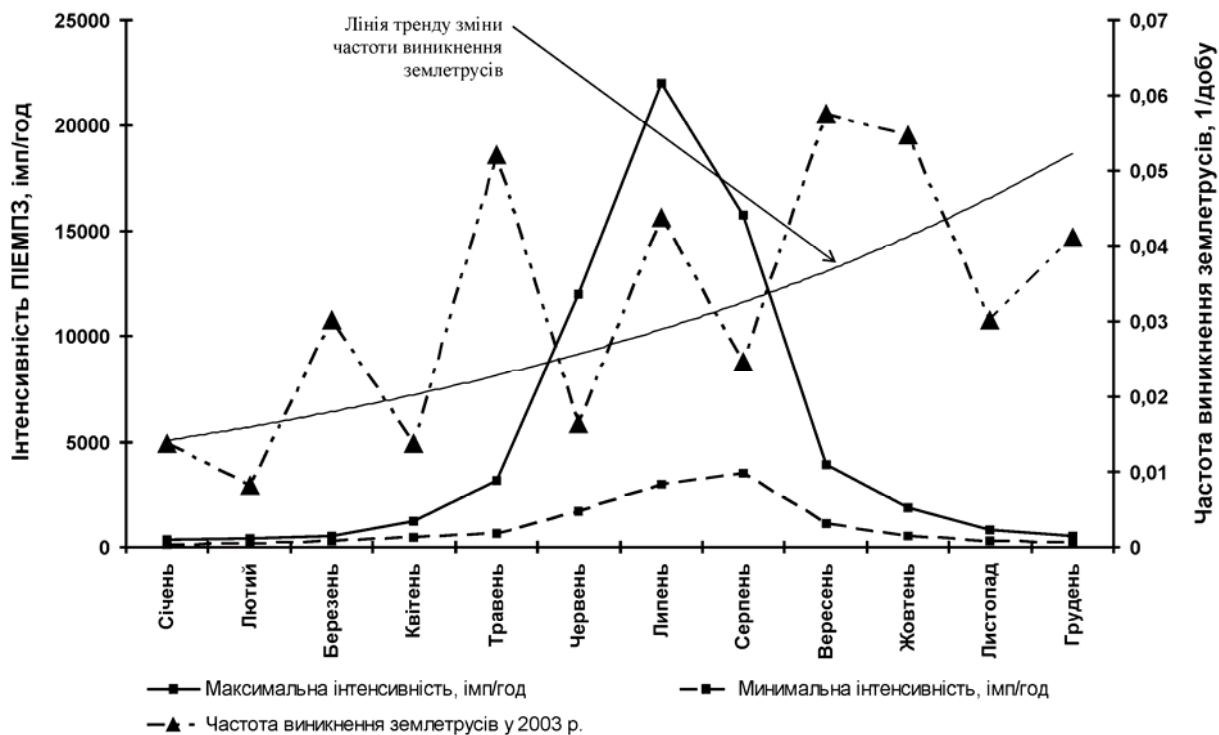


Рис. 10. Помісячні варіації інтенсивності ПЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2003 р.

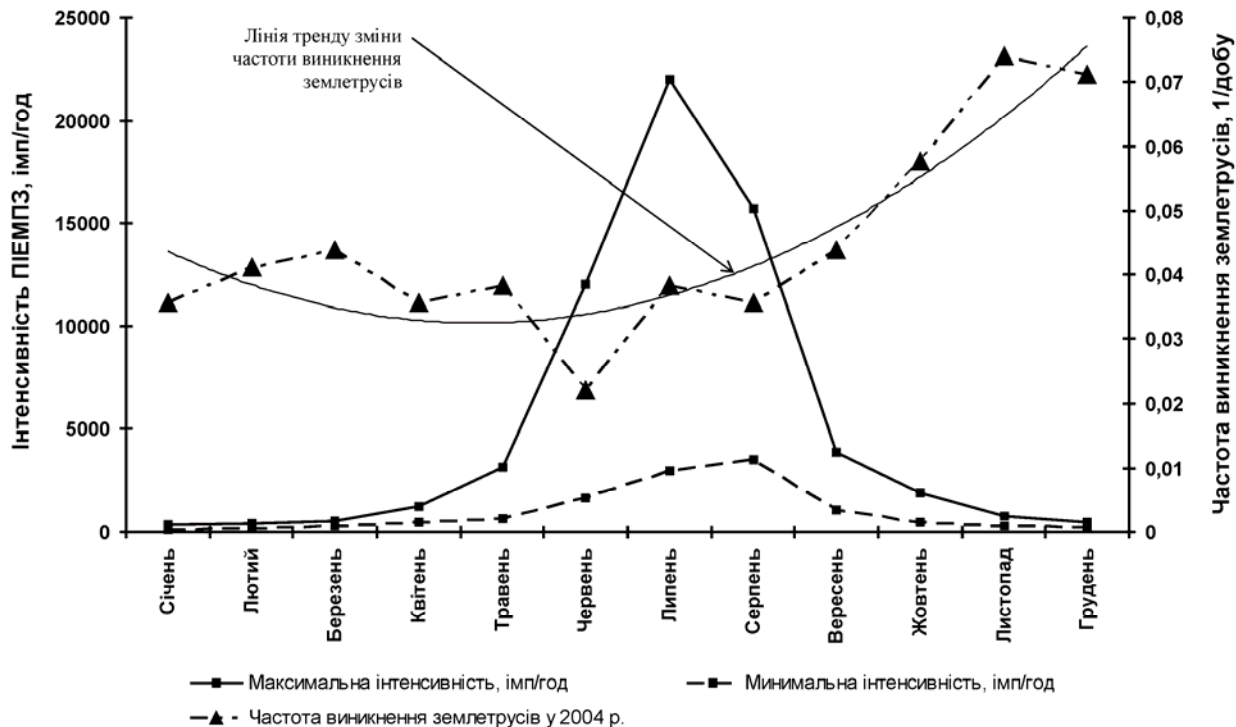


Рис. 11. Помісячні варіації інтенсивності ПЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2004 р.

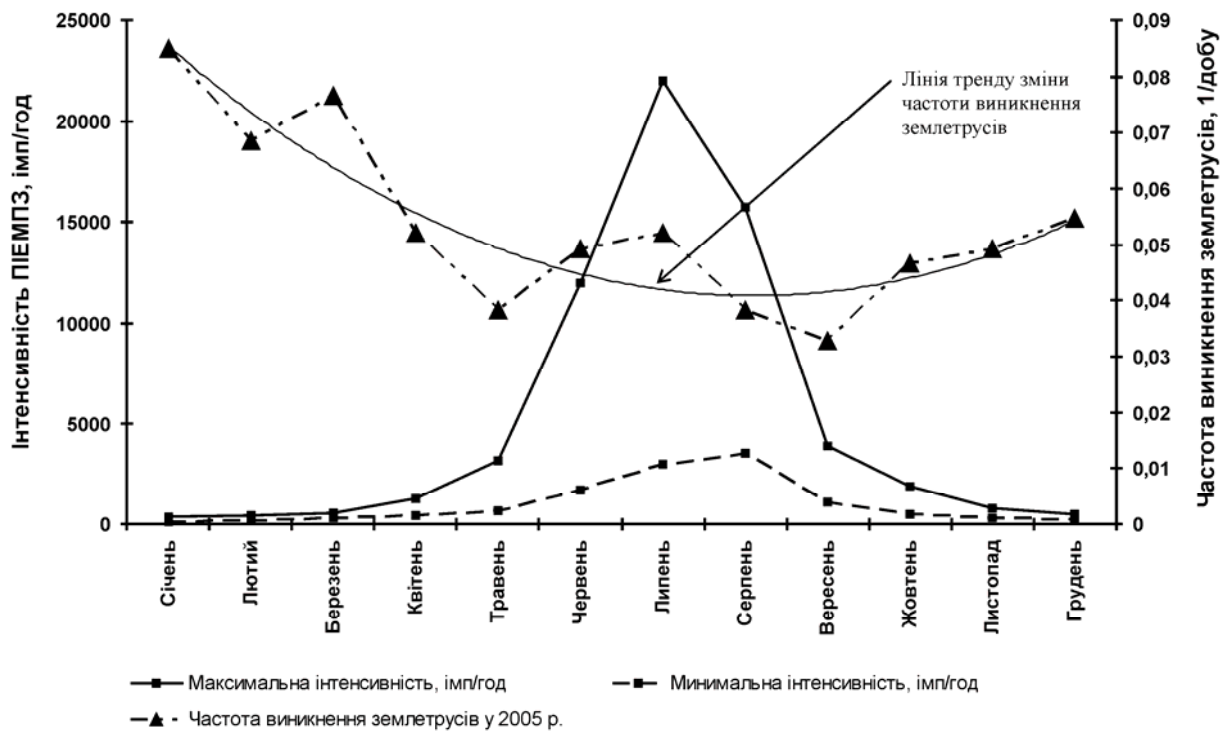


Рис. 12. Помісячні варіації інтенсивності ПІЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2005 р.

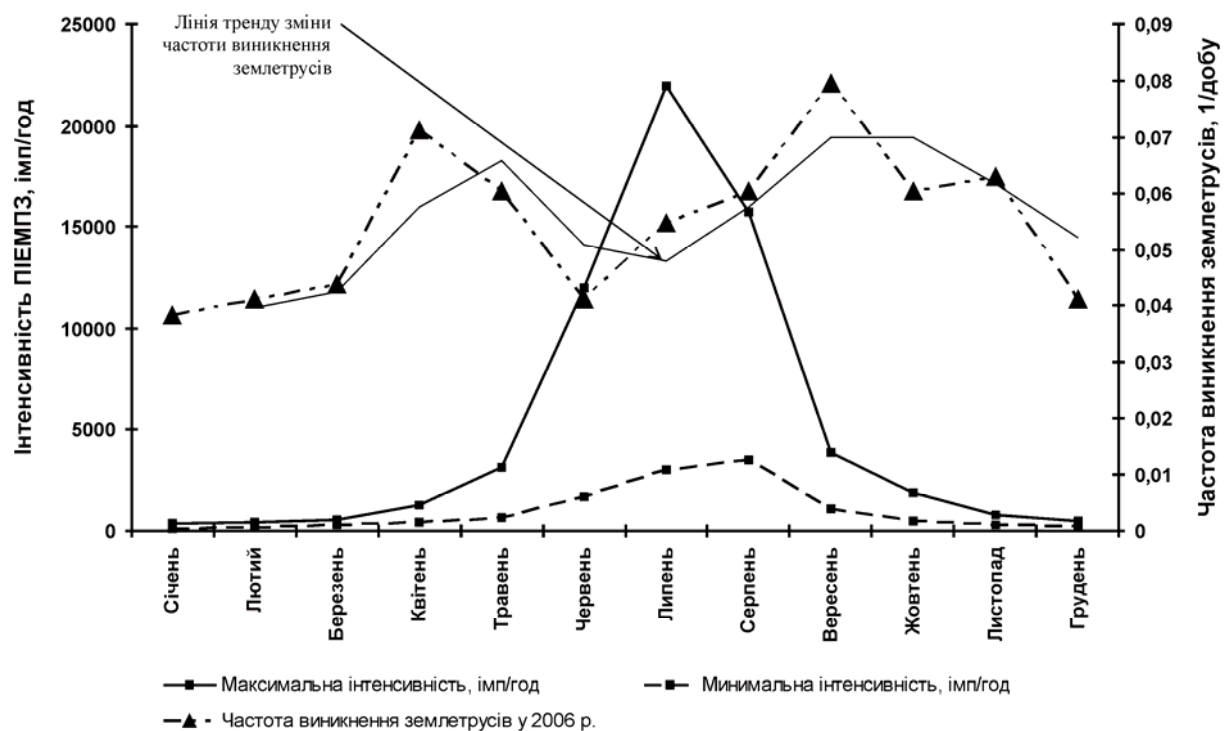


Рис. 13. Помісячні варіації інтенсивності ПІЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2006 р.

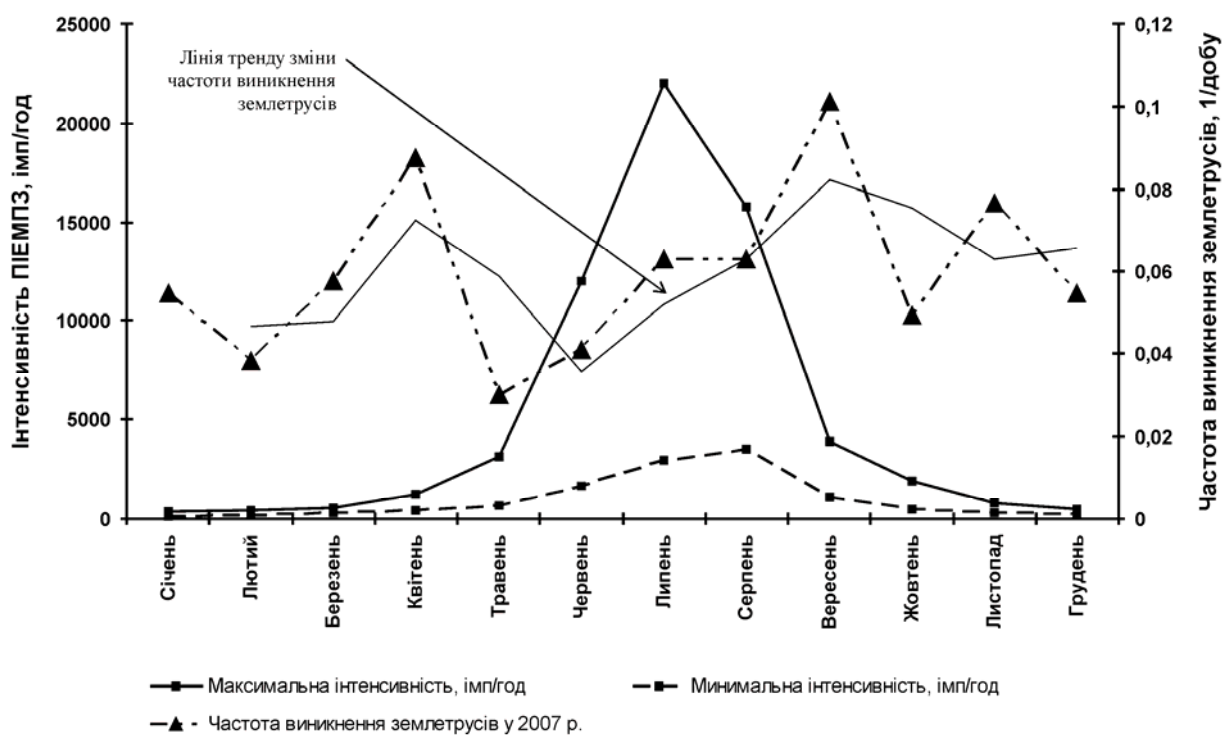


Рис. 14. Помісячні варіації інтенсивності ПІЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2007 р.

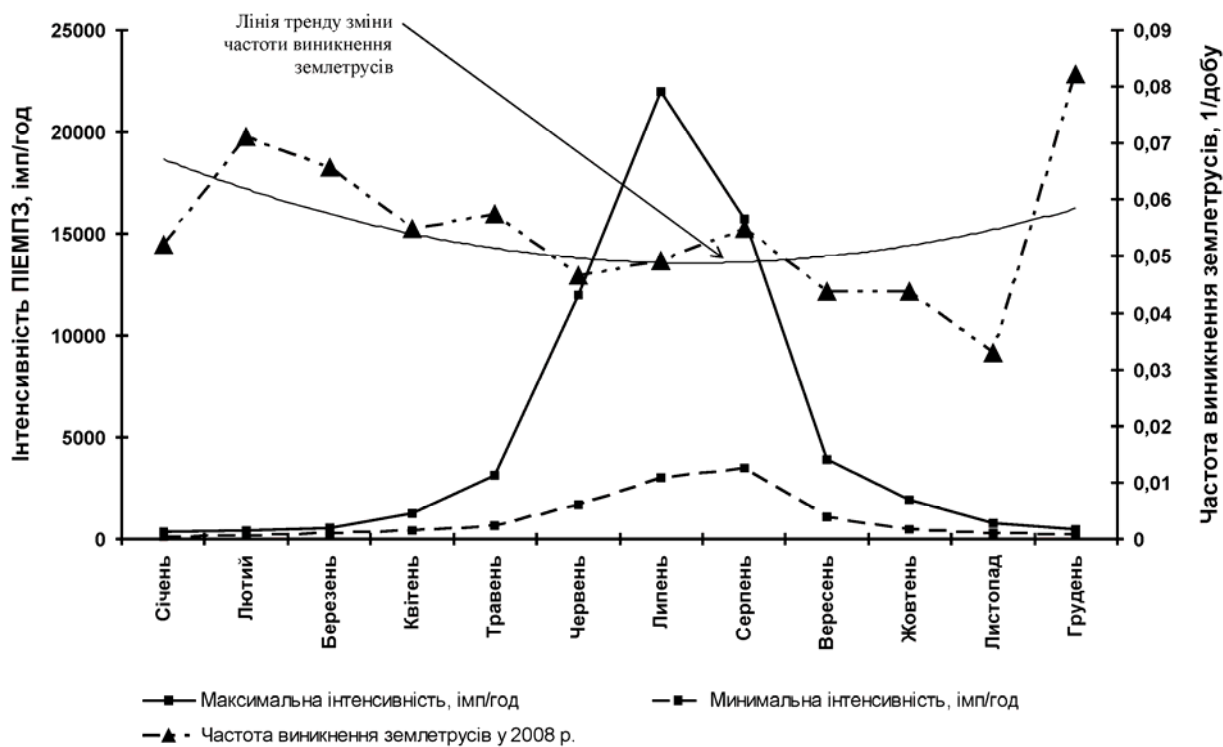


Рис. 15. Помісячні варіації інтенсивності ПІЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2008 р.

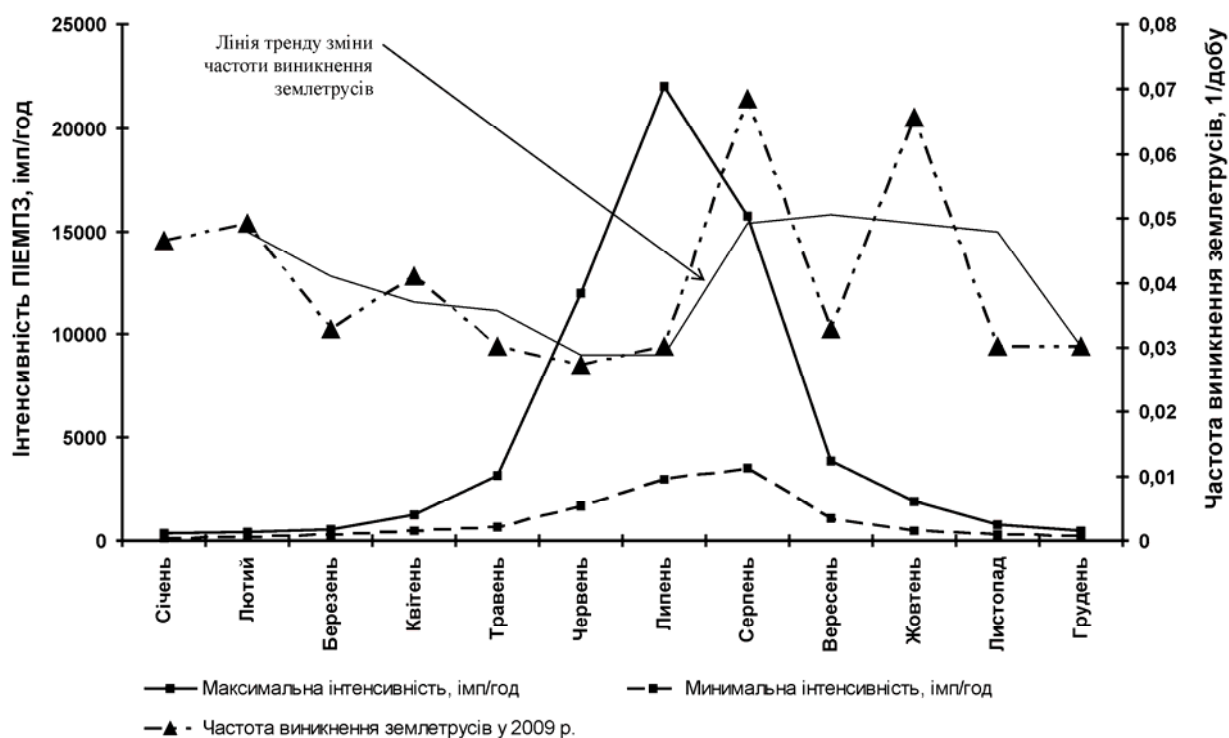


Рис. 16. Помісячні варіації інтенсивності ПІЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2009 р.

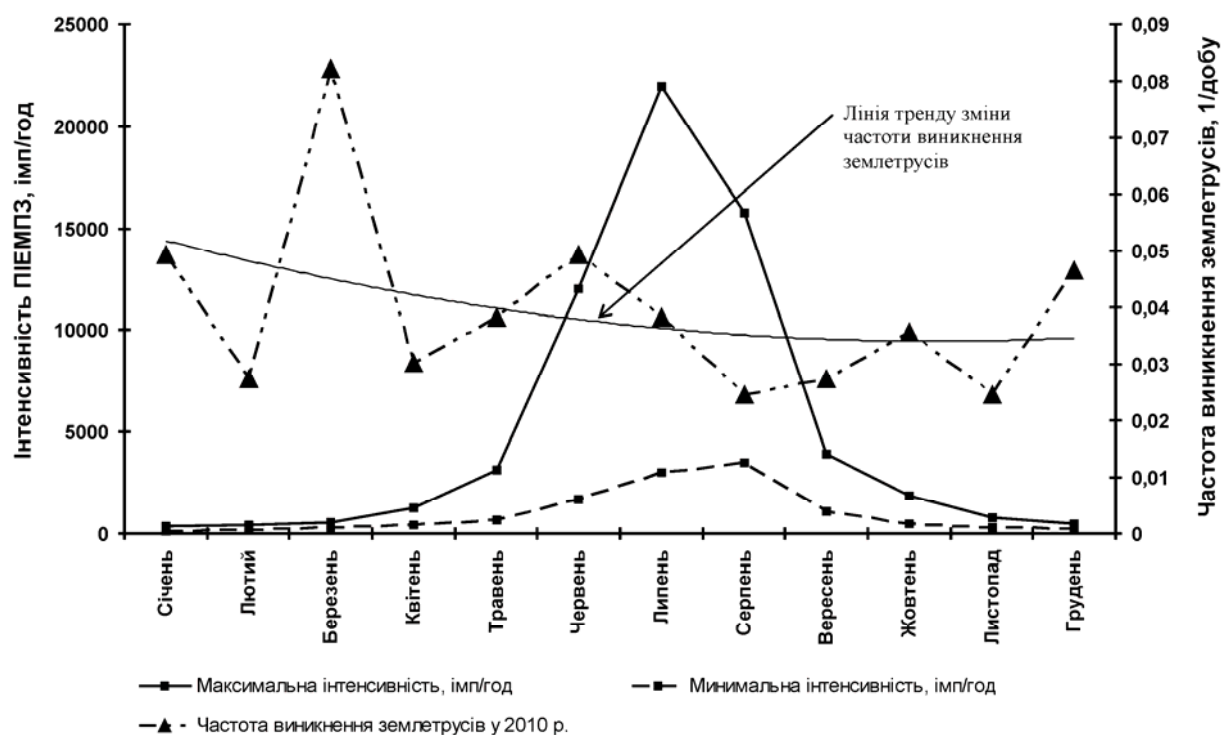


Рис. 17. Помісячні варіації інтенсивності ПІЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2010 р.

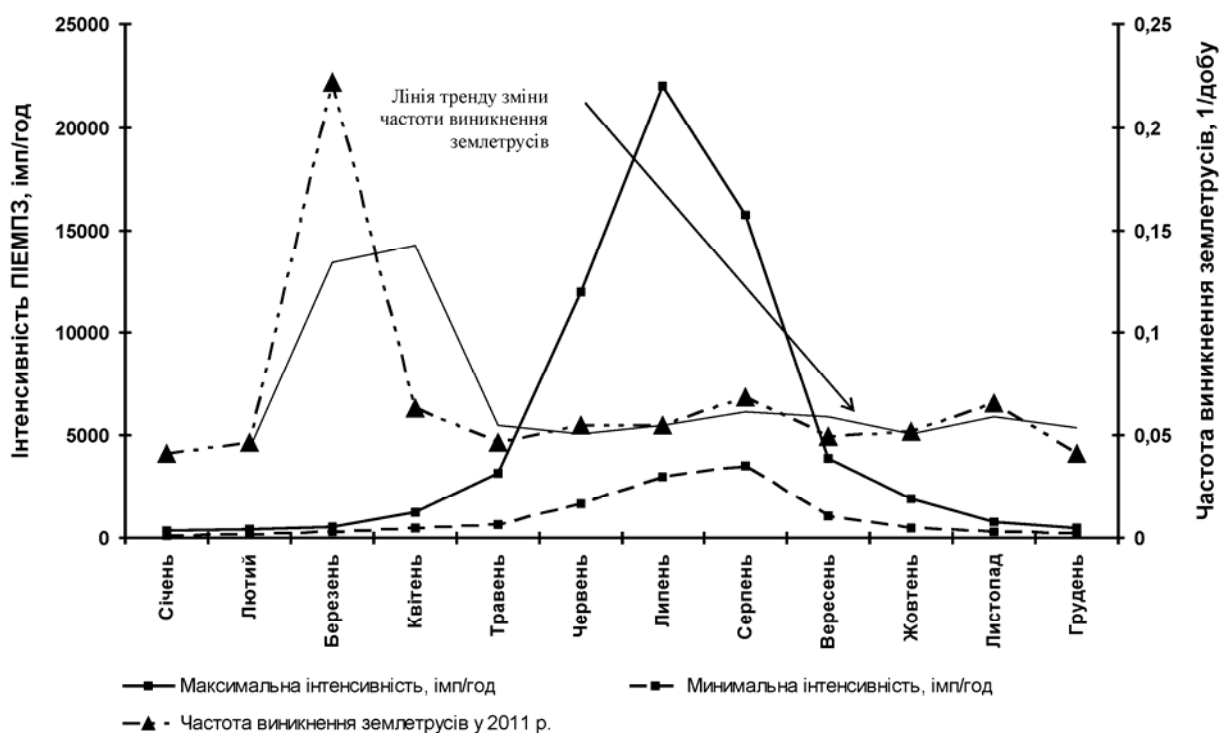


Рис. 18. Помісячні варіації інтенсивності ПЕМПЗ і частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ у 2011 р.

Обговорення результатів. Результати проведеного помісячного аналізу рівня сейсмічної активності за 2001 – 2011 рр. вказують на існування хвилеподібних варіацій частоти виникнення землетрусів на земній кулі у діапазоні $0 - 0,22$ доба⁻¹, який можна умовно розділити на декілька піддіапазонів, характерних для різних часових інтервалів існування планети.

Так, варіації сейсмічної активності у 2001 і 2002 рр. знаходяться у діапазоні $0 - 0,02$ доба⁻¹, що відповідає найменшому ступеню сейсмічної активності на планеті (рис. 8, 9).

Перехідним періодом є 2003 р., коли спостерігається зростання частоти виникнення землетрусів до рівня $0,02 - 0,09$ доба⁻¹. Цей рівень небезпеки відповідає періоду 2004 – 2011 рр., який можна вважати періодом середньої інтенсивності прояву землетрусів (рис. 10 – 18).

Стан підвищеної небезпеки є епізодичним явищем, де показник сейсмічної небезпеки знаходиться на рівні більшому за значення $0,1$ доба⁻¹. До цих явищ можна віднести події у берегів Японії у березні 2011 р. (рис. 18) [20].

Далі в обговоренні, з метою розвитку уявлень про кінетику процесів виникнення та розвитку НС тектонічного походження, розглянуті питання аналізу характеру варіацій сейсмічної активності та фізико-хімічного осмислення цих процесів, на основі поєднання на рис. 8 – 18 даних про коливання природного імпульсного електромагнітного поля Землі (рис. 7), які були представлені у публікаціях співробітників Інституту моніторингу кліматичних і екологічних систем СВ РАН (м. Томськ) [16 – 18], та отриманих Головним центром спеціального контролю (<http://www.nkau.gov.ua>) даних про землетруси на земній кулі.

Аналіз цих графічних результатів дозволяє констатувати факт протилежної зміни активності одного явища відносно іншого. Цей факт більш наглядно підтверджується на результатах усереднення за 2001 – 2011 рр. частоти виникнення землетрусів, які представлені на рис. 19 та узагальнені у табл. 2, з результатами розрахунків помісячних варіацій інтенсивності природного імпульсного електромагнітного поля Землі.

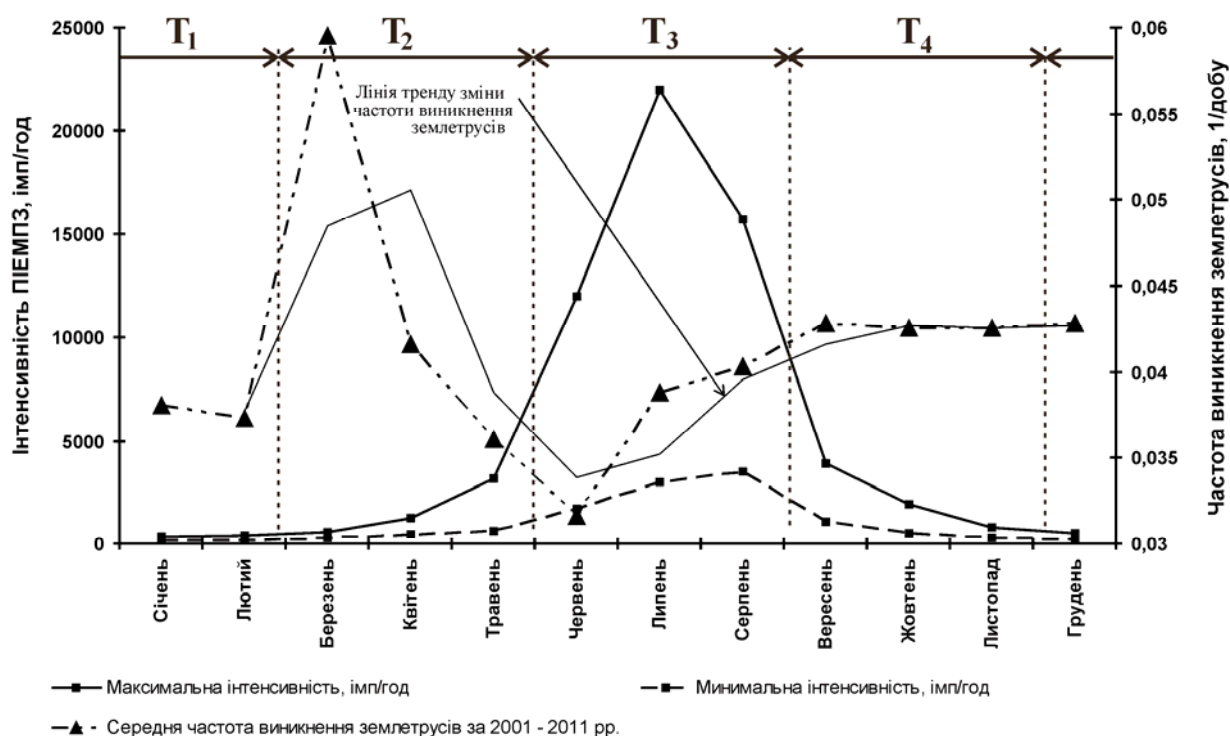


Рис. 19. Помісячні варіації інтенсивності ПЕМПЗ і середньої частоти виникнення землетрусів з магнітудою $M \geq 6$ за 2001 – 2011 рр.

Так, у відповідності з рис. 19, сейсмічна активність набуває мінімального рівня у інтервал часу T_3 з червня по липень. У цей період середня частота виникнення землетрусів знаходилась у інтервалі $0,032 - 0,04 \text{ доба}^{-1}$. Інтенсивність ПЕМПЗ, навпаки, набувала максимального значення у діапазоні 1700 – 22000 імп/год. Інші часові періоди (T_1, T_2 і T_4) характеризуються протилежною картиною інтенсивності прояву цих явищ.

З іншого боку, автори робіт [16 – 18] висувують гіпотезу про єдність причин прояву цих явищ, пов'язуючи їх з природою переміщення ядра відносно центру Землі та виникнення різниці у швидкостях обертання ядра й оболонки земної кулі.

Таблиця 2. Діапазони варіації інтенсивності ПЕМПЗ і середньої частоти виникнення землетрусів за 2001 – 2011 рр.

Часові інтервали	T_1	T_2	T_3	T_4
Інтенсивність ПЕМПЗ, імп/год	145 – 505	195 – 1250	1700 – 22000	300 – 3900
Середня частота виникнення землетрусів, доба^{-1}	0,037 – 0,043	0,037 – 0,06	0,032 – 0,04	0,042 – 0,043

У розвиток висунутої гіпотези та на основі отриманих результатів, які представлені на рис. 8 – 19, необхідно вказати на наступне.

Коливально-обертальний рух ядра при збільшенні відстані від центру земної кулі має більш впливовий вклад у протікання природних процесів, що обговорюються. При цьому, цей вплив має різні наслідки.

При наближенні центра ядра до поверхні земної кулі природне електромагнітне поле Землі отримує додаткову енергію, що збільшує його інтенсивність у літні місяці (рис. 6,7).

Вплив же руху ядра на тектонічні процеси має, навпаки, протилежні особливості. Так, збільшення тиску ядра на літосферні плити у одній зоні земної кулі та зменшення у іншій (рис. 4, 5) призводить до «зчеплення» літосферних плит. Наслідком цього є зменшення відносної рухомості літосферних плит і фіксування процесів збільшення пружних напружень у літосфері, що призводить до зменшення сейсмічної активності, а відповідно й ризику сейсмічної небезпеки у літні місяці. Інші сезонні коливання ядра Землі мають менший тиск на літосферні плити, що призводить до збільшення середньої частоти виникнення землетрусів. Існування цього явища має підтвердження за результатами порівняльного сезонного аналізу інтенсивності ПЕМПЗ і сейсмічної активності за період 2001 – 2011 рр., які відображені на рис. 19 та узагальнені у табл. 2.

Крім того, рух ядра, можливо, впливатиме на умови поширення й інтерференцію сейсмічних хвиль. Цей процес може призвести як до підсилення сейсмічної хвилі у одній точці планети, так і до зменшення у іншій, тому цей напрямок досліджень є темою окремих досліджень.

Висновки

1. Описано єдиний механізм впливу енергетичних коливань ядра земної кулі на інтенсивність природного імпульсного електромагнітного поля Землі та нестабільність у сейсмічно небезпечних регіонах.

2. На основі представленого механізму впливу енергетичних коливань ядра земної кулі на природне імпульсне електромагнітне поле Землі та сейсмічну нестабільність і на основі аналізу експериментальних даних помісячної інтенсивності цих природних явищ, встановлено протилежну залежність інтенсивності прояву цих явищ.

3. На основі отриманих результатів, встановлено зменшення у літній період інтенсивності землетрусів, а відповідно і ступеня ризику сейсмічної небезпеки, в умовах наближення центра ядра до поверхні земної кулі та збільшення інтенсивності природного імпульсного електромагнітного поля Землі. В інші пори року спостерігається протилежна картина.

1. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.

2. Баришполец В.А. Системный анализ катастроф, происходящих в мире / В.А. Баришполец // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2010. – Т. 2., № 1 – 2. – С. 162 – 176.

3. Баришполец В.А. Анализ глобальных экологических проблем / В.А. Баришполец // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2011. – Т. 3., № 1. – С. 79 – 95.

4. Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России / В.И. Осипов // Экология и жизнь. – 2009. – № 11 – 12 (96 – 97). – С. 5 – 15.

5. Биченок М.М. Проблемы природно-техногенной безопасности в Украине / М.М. Биченок, О.М. Трофимчук – К.: РНБОУ, 2002. – 153 с.

6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>

7. Тютюник В.В. Оцінка індивідуальної небезпеки населення регіонів України в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко, О.В. Тютюник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2009. – Вип. 9. – С. 146 – 157.

8. Тютюник В.В. Аналіз факторів, які провокують виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2011. – Вип. 4(94). – С. 280 – 284.

9. Калугін В.Д. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Вып. 1/6 (55). – С. 59 – 70.
10. Райс Дж.. Механика очага землетрясения / Дж. Райс. – М.: Мир, 1982. – 217 с.
11. Касахара К. Механика землетрясений / К. Касахара. – М.: Мир, 1985. – 264 с.
12. Трухин В.И. Общая и экологическая геофизика / В.И. Трухин, К.В. Показеев, В.Е. Куницен. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.
13. Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты / И.Л. Гуфельд. – Королев: ЦНИИМаш, 2007. – 160 с.
14. Березняков А.І. Фізика Землі / А.І. Березняков, К.А. Немець. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. – 268 с.
15. Саваренский Е.Ф. Сейсмические волны / Е.Ф. Саваренский. – М.: Недра, 1972. – 296 с.
16. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра Земли / Ю.П. Малышков, С.Ю. Малышков // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50., № 2. – С. 152 – 172.
17. МПК G01V3/00 Способ определения пространственного положения и параметров движения внутреннего ядра Земли / Ю.П. Малышков, С.Ю. Малышков, С.Г. Шталин [и др.] // Институт мониторинга климатических и экологических систем. – Пат. № 2352961, Российская Федерация, опубл., 20.04.2009
18. МПК G01V3/00 Способ прогноза землетрясений / Ю.П. Малышков, К.Б. Джумабаев, С.Ю. Малышков [и др.] // Институт мониторинга климатических и экологических систем. – Пат. № 2238575, Российская Федерация, опубл. 20.10.2004
19. Механизм возникновения афтершоков и неупругие свойства земной коры / К.В. Пшенников. – М.: Наука, 1965. – 87 с.
20. Левин Б.В. Великое Японское землетрясение / Б.В. Левин, М.В. Родкин, И.Н. Тихонов // Природа. – 2011. – № 10. – С. 14 – 22.

В.В. Тютюник, В.Д. Калугин, Л.Ф. Черногор

ОЦЕНКА РИСКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННО-СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЯХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Предложен подход для оценки риска функционирования природно-техногенно-социальной системы в условиях сезонных колебаний сейсмической активности, что приводит к значительным социально-экономическим и экологическим последствиям.

V. V. Tyutyunik, V.D. Kalugin, L.F.Chernogor

ASSESSMENT OF RISK OF FUNCTIONING OF NATURAL AND TECHNOGENIC AND SOCIAL SYSTEM AT SEASONAL FLUCTUATIONS SEISMIC ACTIVITY

The approach for an assessment of risk of functioning of natural and technogenic and social system in the conditions of seasonal fluctuations of seismic activity that leads to considerable social and economic and ecological consequences is offered

До 85-річчя
ЕМЛЕНА ВОЛОДИМИРОВИЧА СОБОТОВИЧА



Видатний вчений, основоположник і беззмінний керівник досліджень з ядерної геохімії, космохімії, ізотопної геохронології, радіоекології в Україні, академік НАН України, академік Міжнародної академії наук Євразії, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, заслужений діяч науки України, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки України.

Емлен Володимирович Соботович народився 25 листопада 1927 р. у Ленінграді в сім'ї військовослужбовця. Упродовж 1944—1948 рр. навчався на судномеханічному відділенні мореплавного училища ім. Г. Я. Седова Міністерства морського флоту СРСР (м. Ростов-на-Дону), після закінчення якого працював у Естонському державному пароплаванні. Протягом 1949—1954 рр. Емлен

Володимирович навчався на хімфаку Ленінградського державного університету за спеціальністю «радіохімія». У цей час він відпрацював три польові сезони геофізиком-спостерігачем, інженером-геофізиком у геологічних експедиціях на Алтаї.

Після закінчення університету Е.В. Соботович перейшов працювати до Радієвого інституту ім. В. Г. Хлопіна, який заснував ще в 1921 р. В. І. Вернадський. Тут Емлен Володимирович працював старшим лаборантом, невдовзі став аспірантом, а згодом уже як молодший науковий співробітник захистив кандидатську дисертацію за фахом «радіогеохімія» на тему «Форми перебування свинцю у природних утвореннях». Далі він був старшим науковим співробітником (за сумісництвом) ізотопної лабораторії Всесоюзного науково-дослідного інституту розвідувальної геофізики Міністерства геології та охорони надр СРСР; у 1959—1963 рр. — начальником експедиції № 4 Радієвого інституту і Міністерства середнього машинобудування; старшим науковим співробітником; виконувачем обов'язків завідувача лабораторії. У 1967 р. Е. В. Соботович захищає докторську дисертацію «Космохімія і геохімія ізотопів свинцю» за спеціальністю «геохімія».

Професійна базова підготовка спеціаліста-радіохіміка, а також подальші багатопланові дослідження з ядерної фізики, геології і космохімії дозволили Е.В. Соботовичу придбати широкий спектр знань у галузі наук про Землю і Космос.

Вражає сфера наукових інтересів вченого, який плідно працює в Радієвому Інституті в 50-60 роки. Світова наука отримала нові дані щодо геохронологічної шкали; датування тектономагматичних циклів; процесів рудоутворення; космогеологічних аспектів формування Землі; ранньої історії земної і космічної речовини за даними ізотопного датування; гетерогенності земної речовини і віку Землі.

Наприкінці 60-х Е.В. Соботович як один з лідерів нових наукових напрямків — космогеохронології, ізотопної геохімії, геохронології, ізотопної гідрогеології та радіоекології, — був запрошений на роботу в Інститут геохімії і фізики мінералів (ІГФМ) АН УРСР. В 1969 р. під його керівництвом в ІГФМ був створений відділ ядерної геохімії і

космохімії. З діяльністю Е.В. Соботовича пов'язане становлення і розвиток в Україні низки базових наукових напрямків у галузі наук про Землю і Космос.

Подальші роки в науковій роботі та житті Емлена Володимировича можна сміливо назвати періодом розквіту, коли яскраво розкрився його талант і здібності вченого, організатора, керівника. Та й час був такий, що перед розумними і талановитими вченими відкривалися широкі горизонти в науці, достатньо здійснювалося матеріально-технічне забезпечення наукових проектів і польових експедиційних робіт.

З літературного огляду наукових робіт Е.В. Соботовича в епоху Радянського Союзу вимальовується особистість вченого «планетарного масштабу». Достатньо визначити точки на карті земної кулі, де проводилися науково-дослідницькі експедиції за його участю або керівництвом, і застосовувалися нові, розроблені ним, радіоізотопні методи дослідження, які мають велике теоретичне і практичне значення для вирішення регіональних проблем геології. Алтай, Терскей-Ала-Тау, Кольський півострів, Південна Грузія, Вірменія, Північний Казахстан, Придніпров'я, Західне Прибайкалля, Східний Сибір, Курильські острови, льодовики Приельбрусья, Східні Карпати, Антарктида (Земля Ендербі) – ось неповний перелік географічних місць проведених досліджень.

Об'єктами морських гідрогеологічних досліджень були донні відклади Азовського і Чорного морів, радіовуглець у водах північно-західної частини Середземного моря, донні відклади в західній екваторіальній частині Тихого океану, космічна речовина в океанічних відкладах, води і донні осади північної частини Індійського океану, геологічні утворення екваторіальної Атлантики. Були отримані нові дані щодо геохронології донних відкладів Чорного моря, вивчені хімічні, фізичні, біологічні та інші процеси основних районів Світового океану і розроблені сучасні технічні засоби ефективного дослідження і освоєння його ресурсів.

Застосування в області космохімії і метеоритики свинцево-ізохронного методу дослідження, розробленого ним, дозволяє визначити вік метеорних тіл і Землі, описати ранню історію земної і космічної речовини за даними ізотопного датування, виділити космогеологічні аспекти формування Землі, розділити радіогенні і космогенні ізотопи в метеоритах, уточнюючи космохронологію, виявити гетерогенність протопланетної речовини за ізотопними даними. Завдяки цьому в Україні на початку 60-х років вперше були знайдені гранітоїди віку 3 млрд. років. А для деяких геологічних утворень (Алдан, Антарктида) були отримані дані, що вказують на вік понад 4 млрд. років. Це відображено в монографіях «Ізотопи свинцю в геохімії і космохімії» (1970), «Рання історія Землі» (1973).

У ряді монографій: «Ізотопна Космохімія» (1974), «Космічна речовина у земній корі» (1976), «Космічна речовина в океанічних відкладах та льодовикових покривах» (1978), «Речовина метеоритів» (1984), «Походження метеоритів» (1985), «Метеорити України» (1987), – узагальнені результати всебічного вивчення ізотопного, хімічного і мінерального складу і структурних особливостей космічного пилу, метеоритів, місячного «грунту», астроблем, зразків модифікованих порід під впливом Тунгуського феномену.

Дві визначні історичні події – аварія на Чорнобильській АЕС (1986р.) і розпад Радянського Союзу (1991р.), – змістили наукові пріоритети. По-перше, перед ученими були поставлені невідкладні завдання з ліквідації наслідків аварії, по-друге, за роки здобуття Україною незалежності різко скоротилося фінансове забезпечення науки.

З перших днів аварії на Чорнобильській АЕС Е.В.Соботович брав активну участь у ліквідації її наслідків. Безпосередньо керував в зоні ЧАЕС науковими роботами і експериментами з дослідження механізму винесення радіоактивних речовин в Дніпро і вивчення міграції радіонуклідів. Затребуваними виявилися його досвід і

фундаментальність знань в радіохімії. Все це дозволило йому зайняти гідне місце в когорті видатних вчених України, які займалися роботами безпосередньо в зоні впливу ЧАЕС, збагатили науку фундаментальними працями з охорони навколишнього середовища, розробляли рекомендації щодо мінімізації наслідків після вибуху реактора. Участь у міжнародних проектах по дослідженню міграції радіонуклідів чорнобильського викиду в об'єктах навколишнього середовища дало новий поштовх розвитку творчих контактів Соботівича з вченими всього світу.

У 1991 році відділ ядерної геохімії і космохімії, очолюваний Е.В.Соботівичем, реорганізується у Відділення радіогеохімії навколишнього середовища. В 1995 році на базі цього Відділення та Відділення металогенії ІГМР створюється Державний науковий центр радіогеохімії навколишнього середовища НАН та МНС України. Центр придбав статус провідної в Україні науково-дослідницької організації з проблем радіогеохімії навколишнього середовища, в тому числі: з проблем радіоекології Чорнобильської зони; захоронення радіоактивних відходів (РАВ); геохімії техногенезу і геохімії навколишнього середовища. Поряд з цим в Центрі проводилися дослідження з проблем металогенії; генезису рудних і нерудних корисних копалин, зокрема урану і супутніх елементів; комплексного використання мінеральної сировини; оцінки природних і техногенних ресурсів.

Дуже скоро Центр по науковому рівню вирішуваних проблем став провідною в Україні науковою установою. У 2001 році за рекомендацією президента НАН України Б.Є. Патона Державний Центр радіогеохімії навколишнього середовища був переорганізований в Інститут геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України. З 2004 року він входить до складу Відділення ядерної фізики та енергетики. У 2011 році Інститут вийшов з-під егіди МНС України і на даний момент носить назву Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». Весь цей час Емлен Володимирович був і залишається незмінним керівником наукового колективу. Наукові досягнення співробітників Інституту відзначені численними державними та відомчими нагородами, у складі окремих авторських колективів отримано 4 Державні премії України в галузі науки і техніки.

В Інституті проводяться фундаментальні і прикладні дослідження в галузі геохімії, радіохімії і космохімії, рудоутворення і мінералогії, техногенно-екологічної безпеки. Фахівці ІГНС НАН України здійснюють науковий супровід робіт з питань функціонування ядерно-паливного циклу в частині розвитку мінерально-сировинної бази ядерної енергетики; розробки систем комплексного екологічного моніторингу об'єктів паливно-енергетичного циклу; вирішення проблем безпечного поводження з радіоактивними та токсичними відходами; розширені роботи з розробки системи комплексного екологічного моніторингу об'єктів паливно-енергетичного циклу та приладобудування в області радіаційної та екологічної безпеки.

Сьогодні академік Е.В. Соботівич став лідером досліджень в області вивчення техногенного впливу на різні елементи природних екосистем. Велике наукове і практичне значення для фахівців в області охорони навколишнього середовища мають видані книги. До них відносяться як науково-популярна брошура «Ядерна енергетика і навколишнє середовище» (1988), так і суто академічні видання: «Геохімія техногенезу», «Радіогеохімія в зоні впливу Чорнобильської АЕС» (1992), «Чорнобильська катастрофа» (1995), «Геохімія техногенних радіонуклідів» (2002), «Чорнобильська катастрофа – 20 років: участь Інституту геохімії навколишнього середовища в подоланні наслідків» (2006), де освітлено ряд досліджень щодо впливу чорнобильських викидів на екологічний стан довкілля.

Вже минуло 25 років після Чорнобильської аварії, притупилася гострота проблем ліквідації наслідків. Беззаперечною виявилася концепція самоочищення природних екосистем. Сьогодні на перший план виходять питання поводження з радіоактивними відходами в Україні, пошук місць поховання високоактивних відходів, фундаментальні дослідження з нагромадження мінерально-сировинної бази ядерної енергетики. Е.В. Соботович є керівником робіт над цими проблемами, очолюючи Міжвідомчу науково-технічну раду при Президії НАНУ. Найбільш повна характеристика сучасного стану проблеми поводження з РАВ увійшла до узагальнюючого видання: «Радіоактивні відходи України: стан, проблеми, рішення» (2003), що вийшло під загальною редакцією академіка НАН України Е.В. Соботовича.

Починаючи з 2004 року, під керівництвом Соботовича в Інституті виконуються роботи в рамках 9 проектів Державної програми фундаментальних і прикладних досліджень з проблем використання ядерних матеріалів та ядерних і радіаційних технологій у сфері розвитку галузей економіки на 2004 – 2010 роки. Інститут також має тісні міжнародні наукові контакти, які здійснюються через виконання низки проектів TACIS, INTAS, КЕС, УНТЦ, МАГАТЕ.

Палітра особистих міжнародних зв'язків Е.В.Соботовича зі вченими світу вирізняється широтою і різноманіттям. Тут спільні роботи і проекти, закордонні наукові відрядження, прийом іноземних делегацій і вчених, робота в міжнародних організаціях, участь з доповідями на міжнародних конференціях, нарадах, симпозиумах, конгресах. Географія його наукових контактів дуже велика – серед них: США, Канада, Австрія, Франція, Німеччина, Росія, Білорусь та інші країни.

В останні роки під керівництвом Соботовича розвивається новий напрямок досліджень в області ядерної хімії біологічних систем. Перші роботи були виконані спільно з Інститутом геронтології АМН України та Науковим Центром радіаційної медицини АМН України.

В результаті ряду експериментів з'явилася припущення про те, що техногенне навантаження може викликати зміни в живих організмах на рівні ізотопного метаболізму стабільних ізотопів вуглецю. Було проведено обстеження хворих з патологічними змінами різної етіології. Зафіксовано наявність ізотопного зсуву вуглецю в бік збагачення його важким ізотопом в біологічних тканинах хворих, а також виявлено прямо пропорційний зв'язок величини зсуву зі ступенем тяжкості захворювання.

Встановлена залежність між накопиченням важких ізотопів біогенних молекул і зміною функціональної активності живого організму може стати основою для екологічної оцінки середовища існування живих організмів, особливо в умовах збільшення техногенного навантаження, і може бути використана для створення нових методів до клінічної діагностики.

Ось так через всі наукові розробки Соботовича Е.В. червоною ниткою простежується вивчення ізотопних співвідношень хімічних елементів речовин Землі, Океану, Космосу. І нарешті, об'єктом дослідження стала Людина, а предметом дослідження – унікальні, як інструмент для вивчення живої речовини, біохімічні цикли стабільних біогенних ізотопів.

Безумовно, у своїй роботі Емлен Володимирович спирається на науковий потенціал колективу, яким керує багато років. Він багато уваги приділяє підготовці наукових кадрів високої кваліфікації. Під його керівництвом підготовлено 6 докторів і понад 25 кандидатів наук. Незважаючи на економічну кризу, що охопила країну і весь світ в цілому, творча молодь прагне в науку, вступає до аспірантури, захищає дисертаційні роботи, спрямовані на досягнення нових наукових рубежів. Цьому сприяє яскрава індивідуальність Емлена

Володимировича, завжди відкритого до сприйняття нових наукових ідей та їх обговорення.

Емлен Володимирович – людина високої внутрішньої культури, що взагалі характерно для петербуржців. Всі, хто з ним знайомий, відзначають його скромність, відсутність показної значущості. Простота і демократизм в спілкуванні, доброзичливість, прямота в судженнях викликають до нього щире повагу. При цьому не можна відняти його високу вимогливість насамперед до самого себе і співробітників.

Взагалі, для Емлена Володимировича в його науковій і творчій діяльності характерна рідкісна здатність мислити ясно і просто, що свідчить про глибину розуміння суті проблеми, що викладається. Може тому його науково-прикладні ідеї та пропозиції завжди відрізняються високою результативністю при їх реалізації.

Діяльність вченого і директора Інституту надзвичайно багатогранна і насичена. Він є головою Міжвідомчої наукової ради з проблем поводження з радіоактивними відходами при Президії НАН України; заступником голови комітету з метеоритів при Відділенні наук про Землю НАН України; президентом Українського відділення Міжнародної спілки «Екологія людини»; головним редактором Збірника наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України; заступником головного редактора часопису «Геоінформатика»; членом редколегії «Мінералогічного журналу»; організатором і керівником наукових форумів, симпозіумів і конференцій, головою спеціалізованої вченої ради по захисту докторських дисертацій.

Емлен Володимирович Соботович, як видатний вчений, має цілу низку нагород і почесних звань. Він є кавалером орденів «За заслуги» III ступеня (1998) та «За заслуги» II ступеня (2008), ордена «Хрест за мужність» Спілки інвалідів Чорнобиля (2007). Нагороджений нагрудними знаками: Міністерства палива та енергетики України «За вагомий внесок у розвиток атомної енергетики України» (2007), НАН України «За наукові досягнення» (2007), Державної корпорації з атомної енергії «Росатом» «За участь у ліквідації аварії» та «Академік Курчатов» I ступеня (2011).

Він обраний дійсним членом Міжнародної академії наук Євразії (1996), Петровської академії наук і мистецтв (2005), Міжнародної академії технологічних наук (2002), іноземним членом Російської академії природничих наук (2005).

У своїй науковій роботі Е.В. Соботович завжди прагне до комплексних досліджень, до аналізу і реконструкції причинно-наслідкових зв'язків при вивченні геохімічних, космохімічних і техногенних процесів. У науковому пошуку він прокладає оригінальні, раніше невідомі шляхи вирішення завдань і, як правило, не повторюється у своїх розробках. При постановці будь-яких досліджень Емлен Володимирович, перш за все, виходить з актуальності, оцінює шляхи реального виконання робіт з урахуванням матеріальних, методичних і експериментальних можливостей. **Земля... Океан... Космос... Людина** – так всеосяжно можна узагальнити сфери наукових інтересів Емлена Володимировича.

Оглядаючи біографічні нариси життєвого шляху Емлена Володимировича Соботовича, довжиною у 85 років, мимоволі захоплюєшся цілісністю його характеру, умінням правильно вибрати напрямок руху по життю. Навіть зробити крутий поворот у житті, не знаючи, що чекає попереду і при цьому не зраджувати своїм принципам. Не кожен може займатись тим, що любить і любити те, чим займаєшся. Це підвладно тільки сильним особам. Емлену Володимировичу це вдалося. Він сповнений енергії, творчих сил і нових наукових задумів, займаючись своєю улюбленою справою – наукою.

Л.В. Демченко

**До 65-ти річчя
ГЕОРГІЯ ВІТАЛІЙОВИЧА ЛИСИЧЕНКО**



Відомий учений в галузі математичного моделювання і аналізу ризиків природно-техногенних процесів, гідрогеології, інженерної геології, радіоекології та ядерної енергетики, кандидат геолого-мінералогічних наук (1980), доктор технічних наук (2003), член-кореспондент НАН України за спеціальністю «ядерна енергетика» (2006).

Лисиченко Г.В. - кавалер орденів «За заслуги» III ступеня (2006) та «За заслуги» II ступеня (2011), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2012), дійсний член Петровської академії наук і мистецтв Росії (2005), почесний працівник атомної енергетики (2006), нагороджений численними відзнаками та грамотами центральних органів виконавчої влади України.

Георгій Віталійович Лисиченко народився 29 червня 1947 р. у м. Києві в родині службовців. У 1970 р. закінчив геологічний факультет Київського університету ім. Т. Г. Шевченка, одержавши диплом геолога-гідрогеолога.

У різні роки Г.В. Лисиченко обіймав такі керівні наукові та науково-організаційні посади: учений секретар Відділення наук про Землю Президії АН УРСР (1983 - 1987 рр.), завідувач відділом водогосподарсько-радіологічних досліджень Українського філіалу Центрального НДІ комплексного використання водних ресурсів Мінводгоспу СРСР (1987 - 1990 рр.), завідувач кафедри та декан факультету охорони навколишнього середовища Академії праці і соціальних відносин Федерації профспілок України (1994 – 1996 рр.), заступник директора Державного наукового центру радіогеохімії навколишнього середовища НАН України та МНС України (1996 – 2000 рр.), директор Київського геологорозвідувального технікуму (2000 – 2001 рр.), завідувач кафедри захисту населення і територій Інституту державного управління у сфері цивільного захисту МНС України (2001-2002 рр.), заступник директора з наукової роботи Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України та МНС України (від 2005 р.) до теперішнього часу.

Основна наукова діяльність Г.В. Лисиченка пов'язана з вирішенням комплексних проблем безпеки АЕС та інших об'єктів інфраструктури ядерно-паливного циклу, що охоплюють питання ядерної, радіаційної, техногенно-екологічної та інженерно-геологічної безпеки, у тому числі при аварійних ситуаціях їх функціонування. У 2003 р. захистив докторську дисертацію на тему «Математичне моделювання стійкого функціонування об'єктів атомної енергетики та прогнозування ступеню техногенно-екологічної небезпеки за геолого-екологічними чинниками». Він брав безпосередню участь у науково-дослідних та проектно-вишукувальних роботах з обґрунтування та вибору площадок розміщення АЕС України. Започатковані та розроблені ним науково-методологічні підходи, методи і результати модельних досліджень забезпечують підвищення рівня радіаційної та екологічної безпеки при експлуатації потенційно-

небезпечних об'єктів, впровадження комплексних заходів захисту населення і території при виникненні надзвичайних ситуацій на АЕС та інших об'єктах ядерного паливного циклу, сприяють вдосконаленню систем комплексного екологічного моніторингу об'єктів довкілля.

Так склалося, що значна частина науково-практичної діяльності цього науковця була пов'язана з дослідженнями, що проводились у зв'язку з аварійними екологічними ситуаціями природного та техногенного походження і крупними екологічними катастрофами. У його активі було напрацьовано значний досвід з цих питань, зокрема:

- дослідження аварійних об'єктів, руйнування яких було пов'язане з активізацією карстових процесів, а саме: геологічні вишукування потенційно-нестійких зон, пов'язаних з геодинамічними процесами в межах території Рівненської АЕС та м. Кузнецовська (1980–1982 рр.); дослідження розвитку карсту в межах ділянки залізниці Львів–Стрий 1520–1522 км (1983 р.); дослідження розвитку карстових процесів у м. Білогірську РФ (1984 р.);
- експертно-аналітичні дослідження (у складі групи експертів Прокуратури УРСР) причин аварії греблі хвостосховища Стебніківського калійного комбінату, що призвела до катастрофічного забруднення р. Дністер (Львівська область, 1983–1985 рр.);
- участь у ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи (перший керівник штабу АН УРСР у м. Чорнобилі (червень–вересень 1986 р.) та начальник відділу водогосподарсько-радіологічних досліджень у Чорнобильській зоні відчуження Мінводгоспу СРСР (1987 – 1990 рр.);
- дослідження чинників екологічної катастрофи Аральського моря та розробка системи екологічного моніторингу цього регіону (Казахстан, 1991–1992 рр.);
- експертні дослідження з оцінки екологічної ситуації в зоні аварії потягу з білим фосфором, що виникла 16.07.2007 р. на залізничному перегоні «Ожидів–Красне» Львівської залізниці (2007 – 2008 рр.);
- оцінка екологічних ризиків від впливу хвостосховищ уранового виробництва колишнього Виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» (2009–2011 рр.);
- науковий супровід робіт з безпечного видалення відходів гексахлорбензолу на полігоні у зоні консервації Домбровського кар'єру в Калуському районі Івано-Франківської області (2012).

Одразу після катастрофи на Чорнобильській АЕС Г.В. Лисиченка було призначено першим керівником штабу Академії наук України в м. Чорнобилі (червень–вересень 1986 р.), де він забезпечував науково-практичну реалізацію пропозицій учених Академії наук УРСР з ліквідації наслідків аварії та мінімізації її негативного впливу на навколишнє середовище та населення. У зоні аварії ЧАЕС, як фахівець, він безпосередньо займався системами сейсмічної діагностики стану зруйнованого реактора, оцінками радіоекологічного стану забруднених територій, питаннями захисту водних ресурсів від забруднення та поводження з радіоактивними відходами.

Значним науковим внеском у розвиток систем ядерної і радіаційної безпеки є розробки Г.В. Лисиченка зі створення сучасних технічних систем радіоекологічного моніторингу та фізичного захисту енергетичних об'єктів, де він виступає у якості наукового керівника або відповідального виконавця робіт. У науковому доробку Г.В. Лисиченка опубліковано більше 300 робіт, у тому числі 13 монографій та 10 винаходів (близько 90 робіт присвячено безпосередньо різним питанням ядерної енергетики).

Основні результати досліджень Г.В. Лисиченка дістали висвітлення у таких колективних монографіях: «Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины» (1979); «Введение в моделирование гидрогеологических процессов» (1980); «Лечебные минеральные воды типа “Нафтуся”» (1986); «Особенности взаимодействия геологической среды и объектов атомных станций» (1987); «Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов» (1988); «Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена» (1988); «Проблеми охорони геологічної спадщини України» (1999); «Ядерная энергетика, обращение с отработанным ядерным топливом и радиоактивными отходами» (2006); «Природний, техногенний та екологічний ризику: аналіз, оцінка, управління» (2008); «Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища» (2009); «Комплексний геоecологічний моніторинг зони впливу Ташлицької ГАЕС та Олександрівського водосховища: 1998-2008 рр.» (2010); «Уранові руди України: геологія, використання, поводження з відходами виробництва» (2010); «Методологія оцінювання екологічних ризиків» (2011).

Плідну наукову діяльність Георгій Віталійович завжди поєднує з науково – організаційною та громадською роботою. Він є заступником академіка-секретаря Відділення ядерної фізики та енергетики НАН України, голова Комітету комплексного аналізу безпеки гірничовидобувної та переробної промисловості, поводження з радіоактивними відходами та їх впливу на населення та навколишнє природне середовище Національної комісії з радіаційного захисту населення України (від 2010 р.), співголова Міжвідомчої науково-координаційної експертної ради МНС України та НАН України з питань техногенно-екологічної безпеки та методології оцінювання ризиків надзвичайних ситуацій (від 2010 р.), член багатьох учених та експертних рад, член експертної ради ВАКу України з технічних наук (від 2010 р.), головний редактор наукового збірника «Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист».

Щиро поздоровляємо Вас, дорогий Георгію Віталійовичу з днем народження і бажаємо Вам міцного здоров'я, творчого натхнення в науковій діяльності, нових успіхів і досягнень. Нехай всі Ваші мрії та бажання втілюються в життя!

Редколегія

**До 60-річчя
ЮРІЯ ЛЕОНІДОВИЧА ЗАБУЛОНОВА**



Відомий вчений в галузі ядерно-радіаційної фізики, кандидат фізико-математичних наук (1990 р.), доктор технічних наук (2007 р.), член-кореспондент НАН України за спеціальністю “ядерна фізика” (2012 р.).

Ю.Л. Забулонов – лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2012 р.), дійсний член Петровської академії наук і мистецтв Росії (2005 р.), нагороджений Знаком Ордена “Святий Князь Володимир” з присвоєнням титулу “Лицар Ордена Святий

Князь Володимир” та почесними грамотами від Президії Національної Академії наук України, Київської міської державної адміністрації, низки міжнародних виставок, іншими нагородами. За новітні досягнення сучасних технологій одержав Золоту медаль на Міжнародній виставці в Брюсселі в 1993 році.

Юрій Леонідович Забулонов народився 1 листопада 1952 року у м. Києві в родині службовців. З 1980 році навчався в Київському національному університеті імені Т.Г.Шевченка на фізичному факультеті за спеціальністю “ядерна фізика”, який закінчив з відзнакою.

У різні роки Ю.Л.Забулонов обіймав такі керівні наукові та науково-організаційні посади: начальник ЕОМ, начальник сектору на фізичному факультеті Київського національного університету імені Т.Г.Шевченка (1974 – 1985 рр.), науковий співробітник, доцент кафедри теоретичної фізики на фізичному факультеті Київського національного університету імені Т.Г.Шевченка (1985 – 1995 рр.), директор фірми „Інститут екології людини” (1995 – 1999 рр.), заступник директора, директор ЗАО „Інститут екологічних та медичних систем” (1999 – 2003 рр.), завідувач відділу ядерно-фізичних технологій Державної установи “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України” (від 2003 р.) до теперішнього часу.

У 1990 році захистив дисертацію на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук на тему: “Створення радіаційних ушкоджень при опроміненні та їх вплив на структуру і властивості твердих тіл”.

Основна наукова діяльність Ю.Л. Забулонова пов’язана з вирішенням проблем ядерно-радіаційної фізики, розробкою технічних засобів фізичного захисту ядерних матеріалів, ядерних відходів для протидії їх несанкціонованого обігу. Він брав безпосередню участь у науково-дослідних та дослідно-конструкторських роботах з підвищення безпеки енергоблоків АЕС.

Найбільш яскраво наукові здібності Ю.Л. Забулонова розкрилися при виконанні науково-дослідних робіт з питань взаємодії високоінтенсивних випромінювань з твердими тілами, що мають велике значення для атомної енергетики, мікроелектроніки та біофізики.

Для робіт Ю.Л. Забулонова є характерним поєднання глибокого розуміння теоретичної фізики з професійними знаннями фізика-експериментатора в галузі прикладної ядерної фізики та ряду суміжних дисциплін, зокрема, з розробки та створення високотехнологічних приладів ядерного контролю та медичного застосування.

Ще у перші роки після Чорнобильської катастрофи Ю.Л. Забулонов виступив з пропозиціями розробки ряду систем, спрямованих на вивчення її наслідків та відвернення негативних проявів дії радіації на людський організм. Серед низки розроблених ним систем, які важко навіть перелічити, виділяються: прилад для оперативного вимірювання вмісту радіонуклідів в організмі людини, що одержав Золоту медаль на Міжнародній виставці новітніх досягнень технологій в Брюсселі в 1993 році; портативний спектрометр ядерних випромінювань з системою глобального позиціонування, що застосовується для побудови детальних карт радіаційного забруднення території; ряд аналітичних лазерних установок та багато іншого.

Ю.Л. Забулонов має досвід викладацької роботи. Протягом багатьох років він читав курси лекцій з ряду спеціальних дисциплін теоретичної фізики та математичних методів фізики, проводив практичні та лабораторні заняття, керував підготовкою курсових і дипломних робіт студентів.

За час роботи в ДУ "ІГНС НАН України" Ю.Л. Забулонов яскраво показав свої організаторські здібності та спроможність виконання складних наукових тем, очолюваний ним відділ ядерно-фізичних технологій успішно виконує складні науково-технічні проекти.

Результати, одержані очолюваним ним колективом, знайшли застосування при розробці та створенні нових методів аналізу наднизьких радіаційних полів, вимірювання тритію та вуглецю в об'єктах навколишнього середовища та стали науковою основою створення спостережно-аналітичної інформаційної системи радіаційного моніторингу для оперативного виявлення та ідентифікації ядерних матеріалів, протидії їх незаконному обігу та розповсюдженню.

Ним вирішена важлива науково-технічна проблема – розроблені теоретико-методологічні основи нової технології просторово-часового аналізу полів радіаційного випромінювання та створені на цих засадах нові адаптивні інтегровані системи радіаційного контролю АІС-РК подвійного призначення для оперативного виявлення та ідентифікації ЯР-матеріалів і джерел іонізуючого випромінювання, які сприяють протидії їх незаконному обігу і розповсюдженню, знижують ризик ЯР-тероризму, що забезпечує підвищення рівня цивільної оборони та національної безпеки держави.

Основні результати було отримано Ю.Л. Забулоновим в процесі виконання державних, національних та галузевих науково-дослідних і дослідно-конструкторських програм в 1984-2012 рр.

Зокрема, з 1988 до 2001 року в рамках виконання Національної програми ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС НДДКР "Прилади радіаційного контролю" під науковим керівництвом автора і за його безпосередньою участю були розроблені методики та побудовані технічні засоби, які знайшли широке практичне застосування: аерогаммаспектрометричний комплекс "АСПЕК-1" - використовувався для радіаційного дистанційного контролю зони відчуження Чорнобильської АЕС; пересувна радіологічна лабораторія з апаратно-програмним комплексом спектрометрії внутрішнього гамма-випромінювання людини типу "Скринер" - застосовується для проведення дозової

паспортизації постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС; ПРС "Вектор» - використовувався при контролі радіаційної безпеки умов розташування та діяльності миротворчого підрозділу України у Косово у складі сил KFOR (2000 – 2003 рр.), при ліквідації наслідків радіаційної надзвичайної ситуації в Артемівську (2000 р.), при радіоекологічній експертизі полігонів Міноборони України (1998 - 2006); у навчаннях за програмою робіт Міжнародної інспекції (Казахстан, Семипалатинськ, 2005 р.).

При виконанні Комплексної програми НАНУ "Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин" ("Ресурс") створено типовий пілотний модуль виявлення та ідентифікації, контролю і попередження несанкціонованого розповсюдження ядерно-радіаційних матеріалів – "модуль ТМР", який впроваджено на Південноукраїнській АЕС для вирішення завдань радіаційного моніторингу.

Впровадження результатів роботи засвідчене відповідними актами впровадження, а технічні рішення захищені патентами України і широко застосовуються для вирішення практичних задач у системах цивільного захисту, ядерної та радіаційної безпеки, протидії застосуванню ядерної зброї і нерозповсюдження ЯР-матеріалів та ДІВ на національному та міжнародному рівнях.

Він автор більше 100 наукових публікацій у фахових журналах, в т.ч. 1 монографії, 11 патентів, 9 актів впровадження.

Активну наукову діяльність Юрій Леонідович поєднує з науково-організаційною та громадською діяльністю. Він є Членом Національної комісії з радіаційного захисту населення України при Верховній Раді України, яка відзначила його плідну роботу орденом Верховної Ради "20 років НКРЗУ" з нагоди 20-річниці.

Ю.Л. Забулонов є членом Спеціалізованої Вченої Ради Д 26.192.01 з захисту докторських дисертацій за спеціальністю "екологічна безпека" (технічні науки), входить до складу редакційної колегії збірника наукових праць Державної установи "ІГНС НАН України".

Впевнені, Ваш високий професіоналізм, багатий життєвий досвід, глибокі знання, вагомі наукові здобутки у галузі ядерної фізики і надалі слугуватимуть подальшому розвитку вітчизняної науки.

Бажаємо Вам, шановний Юрій Леонідовичу надалі нових творчих злетів, професійних успіхів, натхнення та міцного здоров'я.

Редколегія

Наукове видання

ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Випуск 5

Редактор: Лисиченко Г.В.

Художньо-технічний редактор: Мельник Ю.С.

Коректор: Фесай О.П.

Підписано до друку 19.12.2012р. Формат 60х84/8.

Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.

Умов. друк. арк. 24.

Тираж 350 прим. Замовлення № 230

СП ТОВ Видавництво «Християнська Зоря»,
вул. Бутиріна, 37-а, м. Кременчук, Україна, 39600
E-mail: pugach@sat.poltava.ua
тел. +38 (0536) 799610

Друкарня СП ТОВ Видавництва «Християнська Зоря»

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру ДК №656 від 01.11.2001р.