

**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
“ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ”**

**ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ**

ВИПУСК 9

КИЇВ
2015

Головний редактор
ЛИСИЧЕНКО Георгій Віталійович

Editor-in-chief
Georgiy V. LYSYCHENKO

Заступник головного редактора:
Забулонів Ю.Л. (Україна)

Deputy Editor:
Zabulonov Yu.L. (Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Барбашев С.В. (Україна)
Белєвцев Р.Я. (Україна)
Бондаренко Г.М. (Україна)
Верховцев В.Г. (Україна)
Дівізінюк М.М. (Україна)
Задвернюк Г.П. (Україна)
Коваленко Г.Д. (Україна)
Ковач В.О. (Україна)
Ольховик Ю.О. (Україна)
Покалюк В.В. (Україна)
Попов О.О. (Україна)
Тищенко Ю.Є. (Україна)
Улицький О.А. (Україна)
Фаррахов О.В. (Україна)
Чумаченко С.М. (Україна)
Шабалін Б.Г. (Україна)
Шмандій В.М. (Україна)
Яковлев Є.О. (Україна)
Яцишин А.В. (Україна)

EDITORIAL BOARD:

Barbashev S.V. (Ukraine)
Belevtsev R. Ya. (Ukraine)
Bondarenko G.M. (Ukraine)
Verkhovtsev V.G. (Ukraine)
Diviziniuk M.M. (Ukraine)
Zadvernyk G.P. (Ukraine)
Kovalenko G.D. (Ukraine)
Kovach V.O. (Ukraine)
Olkhovik Yu.O. (Ukraine)
Pokaluk V.V. (Ukraine)
Popov O.O. (Ukraine)
Tyshchenko Yu.Y. (Ukraine)
Ylitskiy O.A. (Ukraine)
Farrakhov O.V. (Ukraine)
Chumachenko S.M. (Ukraine)
Shabalin B.G. (Ukraine)
Shmandiy V.M. (Ukraine)
Yakovlev Y.O. (Ukraine)
Yatsyshyn A.V. (Ukraine)

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

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

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Wojcik W. (Poland)
Aliiev R. (Azerbaijan)
Kalinin M. (Belarus)
Eremenko V.A. (Russia)

Технічний секретар: Фесай О.П.

Редактор-перекладач англійського тексту: Ковач В.О.

ЗАСНОВНИКИ:

Національна академія наук України
Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”

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@ukr.net

Сайт журналу: tes.igns.gov.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

У 2014 р. журнал включений до бібліографічної бази даних наукових публікацій РІНЦ НЕБ (Російський індекс наукового цитування Наукової електронної бібліотеки).

ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

© *Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”*

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| <i>Дем'юхін В.Г.</i> Оцінка рівня впливу на поверхневі водні об'єкти при розкритті Біланівського родовища | 5 |
| <i>Тищенко О.Ю., Тищенко Ю.Є., Верховцев В.Г., Щербатюк А.Ф.</i> Сучасний гідрохімічний стан підземних водоносних горизонтів території Біланівського залізорудного родовища | 15 |
| <i>Яцишин А.В., Каменева І.П., Артемчук В.О.</i> Комп'ютерні засоби дослідження динаміки техногенних навантажень на урбанізовані території | 27 |
| <i>Акімова О.Р., Кураєва І.В., Самчук А.І.</i> Оцінка ступеню забруднення важкими металами водойм м. Києва | 37 |
| <i>Бородіна Н.А.</i> Аналіз впровадження системи екологічного моніторингу при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг загального користування | 44 |
| <i>Яковлев В.В., Тупцова А.В.</i> Гідрогеологічне і техніко-економічне обґрунтування організації бювету джерельних вод на прикладі джерела Суха Балка | 53 |
| <i>Кривець О.О., Юськів Ю.В.</i> Державне управління у сфері цивільного захисту населення в Україні та світі | 60 |
| <i>Чумаченко С.М., Кармазин С.В., Фурсенко О.М.</i> Експертна оцінка загроз для об'єктів критичної інфраструктури газотранспортної системи України з використанням методу аналізу ієрархій | 68 |
| <i>Кустов М.В.</i> Прогнозирование эффективности очистки атмосферы от твёрдых продуктов горения | 78 |
| <i>Тютюник В.В., Соболев О.М., Калугін В.Д., Тютюник Ю.В.</i> Основи методології територіально-часового формування джерел надзвичайних ситуацій та екологічної небезпеки на локальній території | 92 |
| <i>Мирошник О.М., Бас О.В.</i> Аналіз засобів захисту населення від небезпечних факторів надзвичайних ситуацій | 109 |
| <i>Попов О.О., Ковач В.О., Бурлака С.О., Яцишин А.В.</i> Нові методи моніторингу довкілля для попередження техногенних надзвичайних ситуацій | 116 |
| <i>Масловська Л.В.</i> Ртутне забруднення ґрунту міста Києва в зоні впливу колишнього заводу «Радикал» | 124 |

CONTENS

| | |
|--|-----|
| <i>Demekhin V.G.</i> Impact assessment on surface water bodies during disclosure of Belanovske deposit | 5 |
| <i>Tyshchenko O., Tyshchenko Iu., Verkhovtsev V., Shcherbatyuk A.</i> Modern hydrochemical state of aquifers of Bilanovskoe iron ore deposit territory | 15 |
| <i>Yatsyshyn A.V., Kameneva I.P., Artemchuk V.O.</i> Computer means for investigation of the dynamics of technogenic pressures on urban areas | 27 |
| <i>Akimova O.R., Kurayeva I.V., Samchuk A.I.</i> Assessment of the water pollution degree in Kiev | 37 |
| <i>Borodina N.A.</i> Analysis of implementation of environmental monitoring system of construction, repairment and maintenance of public car roads | 44 |
| <i>Yakovlev V.V., Tiptsova A.V.</i> The hydrogeological, technical and economical justification of the captation of water source by example of Sukha Balka source | 53 |
| <i>Krivets O.O., Yuskiv Y.</i> State administration in the sphere of civil protection in Ukraine and in the world | 60 |
| <i>Chumachenko S.M., Karamzin S.V., Fursenko O.M.</i> Expert assessment of threats for objects of critical infrastructure of Ukraine's gas transportation system using hierarchy analysis method | 68 |
| <i>Kustov M.</i> The prediction of atmosphere purification efficiency from particulate products of combustion | 78 |
| <i>Tiutiunik V.V., Sobol A.N., Kalugin V.D., Tiutiunik Yu.V.</i> Methodology basics of territorial and time formations of emergency sources of situations and ecological danger on the local territory | 92 |
| <i>Miroshnik O., Bas O.</i> The analysis of protection means of population from factors of hazardous emergencies | 109 |
| <i>Popov A.A., Kovach V.E., Burlaka S.A., Yatsyshyn A.V.</i> New methods of environmental monitoring for technogenic emergency situation prevention | 116 |
| <i>Maslovska L.V.</i> Mercury contamination of soil in the zone of influence of the former factory "Radical" in Kiev | 124 |

УДК 504.054:574.3

В.Г. ДЕМЬОХІН

ВАТ «Біланівській гірничо-збагачувальний комбінат»

ОЦІНКА РІВНЯ ВПЛИВУ НА ПОВЕРХНЕВІ ВОДНІ ОБ'ЄКТИ ПРИ РОЗКРИТТІ БІЛАНІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Наведено результати оцінки рівня впливу на поверхневі водні об'єкти з зони розташування ВАТ «Біланівській гірничо-збагачувальний комбінат». Проведено розрахунки можливого впливу на гідрологічний та гідрохімічний режим річок зони впливу. Визначено, що на першому етапі розкриття кар'єру 2-3 роки вплив на поверхневі водні об'єкти буде в межах допустимого.

Вступ

Ділянка будівництва знаходиться в адміністративному відношенні на території Комсомольської міської ради Полтавської області та Бондарівської сільської ради Кременчуцького району Полтавської області (рис.1).

Переважає більшість місцевого населення з розумінням ставляться до будівництва нового ГЗК. Це і покращення умов життєдіяльності населення, можливість працевлаштування, покращення транспортного сполучення, тощо.

Особливістю обговорення питання будівництва є «борці за екологію», більшість з яких не має ніякого відношення до місцевої громади і взагалі до екологічних питань і періодично активізується на період проведення виборчих кампаній різних рівнів.

Питання щодо будівництва виробничих об'єктів Біланівського ГЗК широко висвітлювалося і висвітлюється в місцевій пресі, на місцевому та центральному телебаченні, обговорюється на міжнародних наукових конференціях та при проведенні громадських слухань.

Мета роботи: дослідження та оцінювання впливу розкриття кар'єру на поверхневі води регіону.

Об'єкт досліджень: гідрологічний та гідрохімічний режим річок Рудька, Сухий Кобелячок, Псел, Дніпродзержинського водосховища.

Основні завдання:

- визначити фактори впливу на поверхневі водні об'єкти в зоні розміщення кар'єру;
- узагальнити наявні матеріальні досліджень по зазначеним об'єктам;
- дати оцінку рівня впливу розкриття кар'єру на стан поверхневих водних об'єктів.

Основна частина:

Вплив на поверхневі води розглянуто за наступними напрямками:

- вплив на водний режим та гідрохімічний склад в р. Рудька;
- вплив на водний режим та гідрохімічний склад в р. Псел;
- можливий вплив на гідрохімічний склад у Дніпродзержинському водосховищі.

Передбачається наступна схема по відведенню і скиданню води дренажної системи кар'єра [1]. Вода від водопонижувальних свердловин на четвертинний водоносний горизонт із загальною мінералізацією не перевищує 1,0 г/л на етапі ДПД і на період розкриття кар'єра з витратою 760,0-175,0 м³/год подається в буферну ємність з подальшим скиданням з допомогою насосної станції по збірному напірному колектору в канал гідрозахисту, далі в водовідвідний канал № 1 Єристівського кар'єру по збірному напірному колектору і далі по каналу гідрозахисту Горішньо-Плавнинського родовища в Дніпродзержинське водосховище.

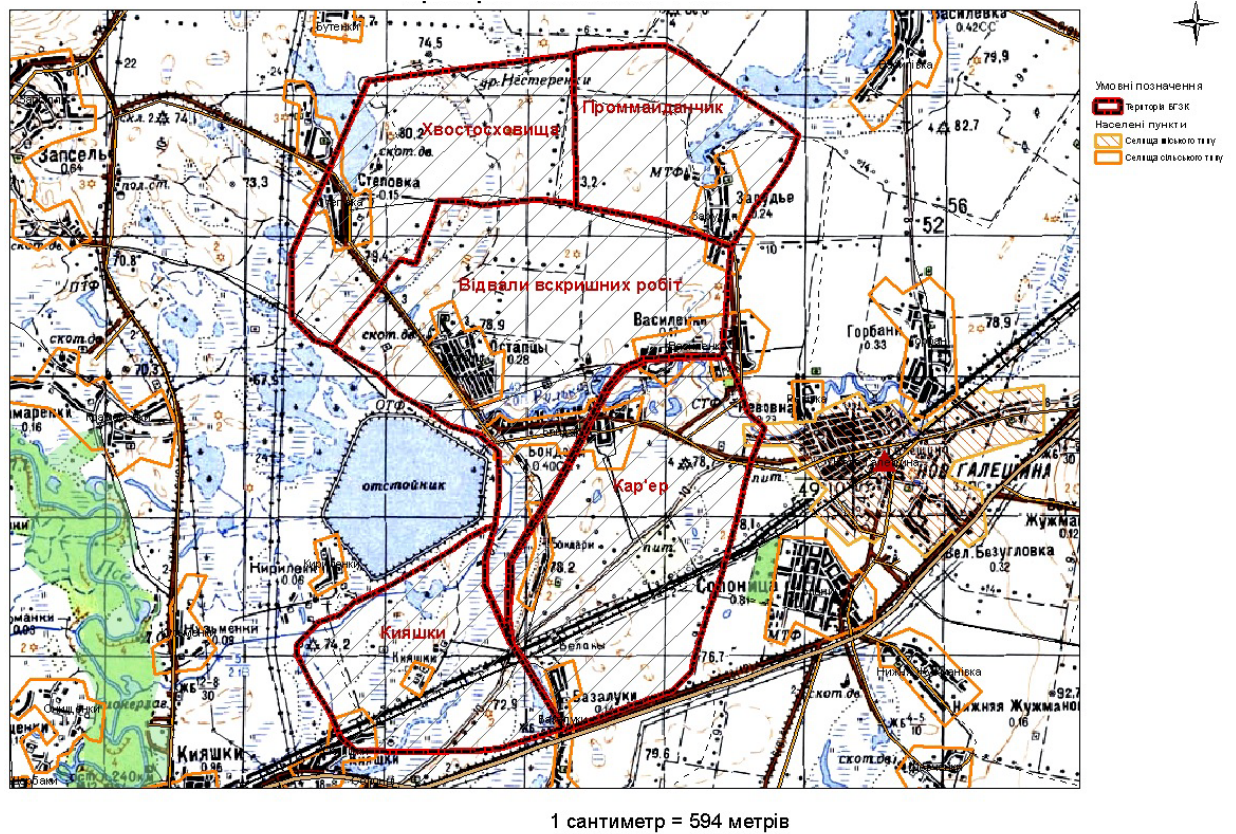


Рис.1. Ситуаційна карта

При скиданні води від кар'єрного водовідливу на етапі ДПД і в період, при підтвердженні прогнозованої мінералізації підземних вод, можливі наступні варіанти:

Варіант 1. Починаючи з третього року розкриття кар'єра воду кар'єрного водовідливу з витратою 520 м³/год. подають на опріснювач, а потім після очищення в буферну ємність з подальшою подачею насосною станцією в канал гідрозахисту Єривітського кар'єру.

Варіант 2. Від кар'єрного водовідливу на третій-п'ятий роки розкриття кар'єра вода подається з витратою 520-610 м³/год. в ставок-накопичувач, проєктований за окремим договором. Всього за третій-п'ятий роки розкриття кар'єра в ставок буде подано 8,734 млн. м³ кар'єрних води, що дозволить накопичити об'єм води, необхідний для введення збагачувальної фабрики.

Аналіз якості скидної води

Якість води четвертинного водоносного горизонту в районі розташування Біланівського родовища за даними аналізів проб води, відібраних із свердловин, коливається у широких межах. Безпосередньо в зоні майбутнього Біланівського кар'єру на протязі 2012-2013 років спеціалізованою лабораторією Полтавського ГЗК та Інститутом геохімії навколишнього середовища НАНУ [2] проведено аналіз води із спостережних свердловин четвертинного водоносного горизонту результати якого наведено в табл.1.

Необхідно відзначити, що наведені розрахункові гідрохімічні характеристики можуть суттєво змінитися вже на стадії «нульової» відкачки. Тому необхідно після її початку вести постійний моніторинг з метою своєчасного реагування та прийняття відповідних рішень.

Аналіз кількості скидної води

Частина води з водопонижуючих свердловин використовується на виробничі потреби – на полив автомобільних доріг та відвалів, решта води з свердловин напірним водоводом перекачується у водовідвідний канал № 1 Єривітського ГЗК, далі у канал

гідрозахисту кар'єру Полтавського ГЗК, потім у р. Сухий Кобелячок і у Дніпродзержинське водосховище. Обсяги води, яка використовується на полив доріг по рокам розкриття родовища наведена у табл. 2. Ці обсяги поливної води відносяться до безповоротних втрат.

Таблиця 1. Обсяги підземної води, яка використовується на виробничі потреби (пилоподавлення на автодорогах) та відводиться у водовідвідний канал Єристовського ГЗК

| Джерело | Рік розкриття | | | | |
|--|---------------|-------|-------|-------|------------|
| | 1 рік | 2 рік | 3 рік | 4 рік | 5 рік |
| Полив автодоріг, м ³ /добу | 2430 | 2598 | 2292 | 3024 | 4092+1170* |
| м ³ /годину | 152 | 163 | 144 | 189 | 256+74* |
| 5 % неврахованих, м ³ /добу | 121 | 130 | 115 | 151 | 263 |
| м ³ /годину | 8 | 8 | 7 | 9 | 17 |
| ВСЬОГО, м ³ /добу | 2551 | 2728 | 2407 | 3175 | 5525 |
| м ³ /годину | 150 | 171 | 151 | 198 | 347 |
| Максимальні обсяги води з водознижуючих свердловин, м ³ /годину | 545 | 900 | 615 | 240 | 230 |
| Максимальні витрати води, які спрямовуються у водовідвідний канал № 1 ЄГЗК, м ³ /годину | 740 | 729 | 464 | 42 | - |

Примітка: * - зрошення гірничої маси при проведенні вибухових робіт, яке здійснюється дренажними водами.

Кількість витрат в системі водопониження повинно контролюватись з метою уточнення розрахункових показників для подальшого прогнозування та для відповідного обґрунтування при отриманні дозвільної документації.

Вплив на р. Рудьку

Більша частина русла річки випрямлена і відведена в канал. В багатьох місцях збереглося сухе русло, існує як тимчасовий водостік. Тільки поблизу сіл Нова Галещина і Бондарі річка знаходиться у своєму природному руслі. Ці ділянки річки зарегульовані греблями і частина русла перетворена у ставки. В районі с. Бондарі старе русло річки підходить до греблі ставка-випарника КНПЗ. А перед старим руслом річка відведена в канал.

Русло р. Рудька характеризується розвитком окремих плес та перекатів. В минулі роки було виконано розчищення та регулювання р. Рудька. На час вишукувальних робіт, на окремих ділянках, русло замулене, заросле болотною рослинністю. Глибина річки змінюється від 0,0...0,5 м до 1,0...1,3 м. В межений період, місцями, річка практично пересихає.

У літню межину ріка пересихає, взимку – перемерзає. В гідрологічному відношенні водотік зовсім не вивчений.

Дана ділянка річки знаходиться в лісостеповій зоні з недостатнім зволоженням. Внаслідок частого повторення посушливих періодів, літні опади мають незначний вплив на формування стоку.

Поверхневий стік утворюється за рахунок сніготанення. Значну долю в живленні річки приймають ґрунтові води, особливо взимку і в засушливі роки.

Таблиця 2. Гідрохімічний склад води з четвертинних відкладень, мг/дм³

| № | Інгредієнт | Куст 3 18.04.12 | Куст 2 06.01.12 | Площа- лка 1 31.07.12 | Площа- лка 2 31.07.12 | Місце відбору/дата відбору | | | | | | | | середнє | |
|----|------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|--------------------------|
| | | | | | | Куст 3 31.07.12 | Куст 3 04.03.13 | Куст 4 20.09.12 | Куст 3 04.03.13 | Куст 4 31.07.13 | Св. №ВН-1 19.12.14 | Св. №ВН-2 19.12.14 | Св. №ВН-1 19.12.14 | | Св. №ВН-1 19.12.14 |
| 1 | Хлориди | 211,17 | 957,88 | 466,45 | 563,55 | 306,92 | 491,31 | 599,96 | 327,82 | 469,47 | 161,7 | 164,5 | 336,0 | 3142 | 630,67 |
| 2 | Сульфати | 247,56 | 266,88 | 259,57 | 794,20 | 378,91 | 690,27 | 948,23 | 383,68 | 181,71 | 223,9 | 399,9 | 521,8 | 250,2 | 426,68 |
| 3 | Кальцій | 7,94 | 49,66 | 57,84 | 11,07 | 7,05 | 2,01 | 148,88 | 41,18 | 23,91 | 82,16 | 104,21 | 164,3 | 280,56 | 75,44 |
| 4 | Магній | 86,75 | 14,46 | 80,57 | 140,39 | 108,65 | 104,99 | 78,74 | 84,30 | 57,74 | 40,13 | 79,04 | 170,2 | 187,3 | 94,87 |
| 5 | Мінералізація | 1338,2 | 2419,4 | 1674,4 | 2429,4 | 1975,4 | 2788,2 | 2889,6 | 1894,8 | 1546,8 | 1158 | 1316 | 2102 | 5578 | 2239,2 |
| 6 | Азот амонійний | 0,282 | 0,139 | 0,22 | 0,35 | 0,11 | 1,98 | 0,128 | - | 0,69 | 0,46 | 0,4 | 1,11 | 0,9 | 0,52 |
| 7 | Азот нітритний | 0,046 | 0,358 | 0,019 | 0,021 | 0,008 | 0,032 | 0,015 | 0,05 | 0,278 | 0,023 | 0,005 | 0,006 | 0,001 | 0,046 |
| 8 | Азот нітратний | 0,15 | - | 1,12 | 1,14 | 0,96 | 0,44 | 0,5 | 1,75 | 0,382 | 0,42 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,639 |
| 9 | Залізо заг. | 0,166 | 0,116 | 0,29 | 0,40 | 0,14 | 0,101 | 0,255 | 0,70 | 1,228 | - | - | - | - | 0,295 |
| 10 | Нафтопродукти | - | 2,275 | 0,45 | 0,33 | 0,495 | 0,24 | 0,22 | 0,26 | 0,42 | - | - | - | - | 0,36 |
| 11 | Зважені речовини | 12,2 | 20,8 | 59,8 | 56,2 | 42,2 | 31,8 | 15,0 | 73,0 | 25,0 | - | - | - | - | 35,83 |
| | | | | Куст 1* | Куст 2* | Куст 3* | Куст 4* | середнє | | | | | | | |
| 12 | ХСК | мг/л | 28,0 | 15,0 | 81,0 | 58,0 | 45,5 | | | | | | | | |
| 13 | БСК ₅ | мг/л | 28,0 | 8,6 | 10,0 | 16,0 | 15,6 | | | | | | | | |

*дата відбору - травень 2013р. (ІГНС НАНУ)

Характерним в режимі річки є чітке вираження весняних повеней, низької літньо-осінньої межени, трохи підвищених рівнів восени і взимку.

Живлення річки переважно снігове, з помітною участю дощових і ґрунтових вод. Внутрішньорічний розподіл стоку нерівномірний. Найбільша кількість річного стоку (близько 70%) проходить у весняний період, у літньо-осінній період (VI – XI місяці) – 15% і в зимовий період (XII – II місяці) – 15% річного стоку.

Ґрунтовий покрив водозбору характеризується наявністю солончакових земель, а водоносний горизонт четвертинних відкладень має, через розломи, зв'язок та живлення з триасових відкладень, і на окремих ділянках досягає 10 г/л по загальній мінералізації.

Для оцінки пропускної спроможності р. Рудьки виконані розрахунки максимальних дощових витрат, які визначені по формулі граничної інтенсивності стоку СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик»:

$$Q_p = q_{1\%} \times \varphi \times H_{1\%} \times \delta \times \lambda_p \times A$$

$$A = 134 \text{ км}^2.$$

$$L = 26,7 \text{ км}.$$

$$H_{1\%} = 131 \text{ мм} - \text{прийнятий по даних спостережень на метеостанції Глобино.}$$

Водозбір складають лугові чорноземні солонцювати ґрунти та солонці лучно-степові. Механічний склад: пилуваті середньосуглинкові.

$$\varphi_0 = 0,54; n_5 = 0,70.$$

$$\varphi = \frac{1,3 \times 0,54}{(134 + 1)^{0,11}} \times \left(\frac{14,7}{50} \right)^{0,70} = 0,17$$

$$q_{1\%} = 0,0078.$$

$$Q_p = 0,0078 \times 0,17 \times 131 \times 1,0 \times 1,0 \times 134 = 23,3 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Таблиця 3. Максимальні витрати води дощових паводків

| Забезпеченість, % | 1 | 3 | 5 | 10 | 25 | 50 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| λ_p | 1,0 | 0,58 | 0,42 | 0,30 | 0,14 | 0,07 |
| $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ | 23,3 | 13,5 | 9,79 | 6,99 | 3,26 | 1,63 |

Таким чином розрахункові витрати забезпечують пропуск додаткового поверхневого стоку з території формування відвалів.

В режимі стоку можуть виникнути зміни за обсягами живлення, збільшення долі снігового та дощового живлення та зменшення підземного.

Прямого скиду вод з системи водопониження в складі даного проекту не розглядається, але у зв'язку зі зміною напрямку руху підземних вод в бік кар'єру можуть виникнути зміни гідрохімічного режиму у річних водах за рахунок інфільтрації зі ставка-випарника. Хоча за останніми даними рівень забруднення підземних вод в зоні впливу ставка-випарника значно знизився, рекомендується раз на квартал вести контроль за вмістом нафтопродуктів та фенолів в р. Рудька.

Враховуючи, що в зоні впливу русло р. Рудька каналізоване зміна режиму стоку не призведе до негативних наслідків.

Характерною рисою гідрохімічної характеристики р, Рудьки є висока загальна мінералізація обумовлена природними особливостями поверхневого та підземного водозбору.

Окремі гідрохімічні дослідження, в останні роки були виконані УкрНДІП, ТОВ «Гідротон ЛТД», лабораторією ПГЗК (табл. 4).

Таблиця 4. Гідрохімічний склад води р. Рудька (притока р.Псьол), мг/дм³

| № | Інгредієнт | Величини показників | | | | | | |
|----|------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| | | УкрНДІП, 2011 | Гідротон ЛТД, 2011 | Гідротон ЛТД, 2011 | ПГОК, 24.01. 2012 | ПГОК, 28.08. 2012 | ПГОК, 10.11. 2012 | Середнє |
| 1 | Хлориди | 248,5 | 1258,8 | 1306,3 | 385,99 | 544,47 | 610,37 | 725,74 |
| 2 | Сульфати | 28,8 | 471,2 | 1359,2 | 340,97 | 535,44 | 949,91 | 614,25 |
| 3 | Кальцій | 96,2 | 72,2 | 98,2 | 75,48 | 21,1 | 112,6 | 79,30 |
| 4 | Магній | 51,2 | 55,9 | 79,0 | 49,40 | 150,2 | 92,8 | 79,75 |
| 5 | Натрій + Калій | 133,4 | 982,1 | 1343,2 | - | - | - | 819,57 |
| 6 | Мінералізація | 997,3 | 3129 | 4572 | 1592,0 | 2285,5 | 2788,2 | 2560,67 |
| 7 | БСК ₅ | 16,4 | - | - | - | - | - | 16,4 |
| 8 | ХСК | 65,6 | - | - | - | - | - | 65,6 |
| 9 | Азот амонійний | 0,26 | - | - | 0,13 | 0,486 | 0,206 | 0,27 |
| 10 | Азот нітритний | <0,02 | - | - | 0,015 | 0,027 | 0,026 | 0,022 |
| 11 | Нітрати | <0,5 | - | - | - | 0,45 | 0,92 | 0,62 |
| 12 | Залізо заг. | <0,1 | - | - | 0,125 | 0,169 | 0,080 | 0,119 |
| 13 | Нафтопродукти | 0,02 | 0,4 | - | 0,12 | 0,18 | 0,17 | 0,17 |
| 14 | Зважені речовини | - | - | - | 38,8 | 19,2 | 39,0 | 32,3 |

Фонові концентрації по всім речовинам, крім азотної групи, не відповідають вимогам якості води для об'єктів другої рибогосподарської категорії.

Враховуючи, що в природному кругообігу р. Рудька живиться за рахунок підземних вод четвертинних відкладень і зазначені води не використовуються для технологічних потреб, вплив на гідрохімічний склад поверхневих вод буде відсутнім.

Гідрологічний режим водотоку на період скиду покращиться за рахунок забезпечення постійних витрат в руслі. Відповідно до результатів розрахунку якості водойми - приймача дренажних вод не погіршується.

Будь-який скид дренажних вод інших водоносних горизонтів у поверхневі водні об'єкти недопустимий.

Вплив на р. Псел

Річка Псел є значною водною артерією регіону, загальна довжина якої 717 км, площа водозбору 22800 км², загальне падіння 163,6 м, середній уклін водної поверхні 0,23%. Ширина долини 10-15 км, місцями до 16-22 км. Глибина ріки 1,3 – 2,0 м, місцями 2,5 – 5,0 м і навіть 7-8 м. Швидкість течії в верхній частині 0,1 – 0,2 м/с, а в нижній – 0,2 – 0,4 м/с.

Рівневий режим характеризується явно вираженою весняною повінню і тривалою стійкою меженню. Пік весняної повені звичайно проходить в кінці березня на початку квітня. Період повені триває 50-70 днів.

Висота найбільшого рівня води весняної повені не перевищує 3-3,5 м, дуже рідко – 5 м. Максимальний рівень (абс. відм. 70,02 м) був зафіксований 18-19 квітня 1931р., а мінімальний (абс. відм. 60,8 м) – 10 і 12 вересня 1933 р.

Тривалість періоду з льодовими явищами 55-141 день, товщина льоду в середньому 55 см. Середньорічна витрата води 45,2 м³/с, модуль стоку – 2,02 л/с км². Середньобагаторічна витрата весняної повені – 452 м³/с.

Водний режим річки Псел характеризується високою тривалою повінню і зниженим стоком в літню і зимову межень. Тривалість повені коливається від півтора до чотирьох місяців і залежить від величини і швидкості танення сніжного покриву. Максимальна витрата повені в десять-двадцять п'ять разів вище середньорічної витрати. Літні дощові паводки зазвичай невеликі, осінні паводки мають великі витрати і бувають майже щорічно.

Особливістю гідрохімічного режиму р. Псел є висока каламутність в період повені і паводків, обумовлена великим змістом органічних і неорганічних речовин різного походження, що змиваються з поверхні водозбору.

Витрата 95 % забезпеченості за результатами багаторічних спостережень – 5,635 м³/сек.

Води р. Псел за класифікацією О. А. Альокіна – гідрокарбонатні, кальцієво-магнієві другого типу. Вода прісна, загальна мінералізація – 400...520 мг/дм³, перевищення ГДК у вмісті головних іонів не відзначено. Хімічний склад вод і мінералізація, залежно від пори року, змінюються, проте, ці зміни незначні. Тип вод у багаторічному розрізі практично постійний.

Водне середовище має слабо лужний характер, величина рН складала 7,43 – 8,52.

Загальна жорсткість знаходиться у діапазоні 4,6-6,0 ммоль-екв/дм³, вода помірно жорстка, що обумовлено, в основному, значним вмістом кальцій - іону (2,4 - 4,6 ммоль-екв/дм³; 48 - 92 мг/дм³ при вмісті магнію – 0,98-3,6 ммоль-екв/дм³; 12-44 мг/дм³).

Вміст хлоридів змінюється в інтервалі 26-43 мг/дм³, сульфатів – 45...94 мг/дм³, що суттєво нижче ГДК.

Прямого впливу за рахунок скиду вод будь-якої категорії в р. Псел не передбачається. Вплив розглядається на зміни режиму стоку за рахунок зменшення притоку підземних вод в меженний період.

Сучасне уявлення про підземному живленні засновано на генетичному вивченні складного процесу підземного стоку в річки і умов розвантаження.

Класифікаційна схема підземного живлення річки і її теоретичне обґрунтування розроблені Б. И. Куделиним [3]. Згідно з цією схемою підземне живлення річок в основному складається з ґрунтового і артезіанського. У свою чергу ґрунтове харчування зазвичай підрозділяють на сезонний і постійний.

Постійний ґрунтовий стік є одним з головних джерел підземного живлення річок, служить природним регулятором поверхневого стоку і в основному забезпечує мінімальні літні і зимові витрати води.

Артезіанське живлення річок обумовлено надходженням глибоких напірних підземних вод різних типів: артезіанських, карстових, тріщинно-жильних, і здійснюється в області розвантаження цих вод висхідним стоком.

Зазвичай підземне живлення з напірних водоносних горизонтів у порівнянні з постійним ґрунтовим живленням має невелике значення. Однак при сприятливих умовах розвантаження напірних водоносних горизонтів артезіанський стік може мати суттєве значення у формуванні сумарного стоку річок.

Сезонні, або тимчасові, втрати відбуваються в періоди проходження на річках повеней і паводків. В цей час, в залежності від висоти паводків, їх тривалості, а також водопроникності порід, що складають берега, більша або менша частина річкових вод надходить у водоносні горизонти ґрунтових вод. При спаді рівнів води в річці ці води, за винятком невеликих втрат, повертаються в річку.

Враховуючи гідрологічні, морфометричні та гідрогеологічні характеристики регіону досліджень можна стверджувати, що р. Псел відноситься до типу річок, які мають постійний гідравлічний зв'язок з підземними водами. Враховуючи глибину врізання річкової долини живлення здійснюється безнапірними водами, які в свою чергу можуть підживлюватися за рахунок нижчележачих водоносних горизонтів крізь літологічні розломи.

Річка Псел протягом майже всього року дренує ґрунтові води, за винятком коротких періодів високих вод, коли створюються умови підпору і поверхневі води починають поповнювати водоносні горизонти ґрунтових вод.

Положення рівнів підземних вод змінюється внаслідок підпору, фільтрації поверхневих вод у водоносні горизонти і передачі гідростатичного напору. Зазвичай всі ці види впливу проявляються одночасно. Таким чином втрати на живлення річки треба розглядати на меженний період та порівнянні його втрат з обсягами водопониження.

Витрата 95% забезпеченості за результатами багаторічних спостережень – 5,635 м³/сек. Максимально можлива розрахункова відкачка підземних вод при водопониженні 1120 м³/год., або 0,3111 м³/с. Таким чином втрата частки меженного стоку в річці Псел при самих несприятливих гідрометеорологічних умовах, які спостерігаються раз на 95 років, становить 5,5%, або 0,3111 м³/с.

Можливий вплив на гідрохімічний склад води Дніпродзержинського водосховище

Згідно проекту скид вод із системи водопониження Біланівського ГЗК здійснюється в канал гідрозахисту в водовідвідний канал № 1 Єристівського кар'єру по збірному напірного колектору і далі по каналу гідрозахисту Горішньо-Плавнинського родовища в Дніпродзержинське водосховище. Нормування скиду повинно бути визначено технічними умовами власника гідротехнічних споруд – Єристівським ГЗК, які досі не отримані. В зв'язку з цим, по наявним даним проведено співставлення гідрохімічних характеристик по ряду водних об'єктів задіяних у скиді з системи водопониження Біланівського ГЗК[4]. Зазначені дані зведені до таблиці 5.

Таблиця 5. Порівняльний гідрохімічний склад з об'єктів системи водопониження та поверхневих водних об'єктів

| № | Показник | Концентрація, мг/л | | | | | | |
|---|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | С _{Рудька} | С _{сверд.} | С _{прогн.} | С _{Єрист.} | С _{канал} | С _{Гдк.к.п.} | С _{Гдк.риб.} |
| | Завислі речовини | 32,3 | 35,8 | 24,4 | 14,95 | 24 | +0,75 | 25,0 |
| | Мінералізація | 2560 | 2104 | 1250 | 4141 | 2115 | 1000 (1500) | 1000 |
| | Нафтопродукти | 0,25 | 0,36 | 0,105 | 0,122 | сліди | 0,3 | 0,05 |

| | | | | | | | |
|------------------|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Амонійний азот | 0,27 | 0,30 | 0,11 | 0,44 | 0,14 | 2,0 | 1,0 |
| Азот нітритний | 0,022 | 0,07 | 0,069 | 0,045 | 0,012 | 1,0 | 0,024 |
| Азот нітратний | 0,62 | 0,76 | 0,50 | 2,36 | 5,4 | 10,15 | 9,1 |
| Хлориди | 726 | 461 | 197,2 | 2004 | 717,1 | 350 | 300 |
| Сульфати | 615 | 432 | 200,86 | 306,8 | 249,6 | 500 | 100 |
| Залізо загальне | 0,16 | 0,30 | 0,25 | 0,21 | 0,03 | 0,3 | 0,1 |
| Магній | 79,8 | 85,9 | 52,42 | 71,19 | 53,7 | 20 | 40 |
| БСК ₅ | 16,4 | 15,6 | - | - | 1,6 | 6,0 | 3,0 |
| ХСК | 65,6 | 45,5 | - | - | 6,2 | 30 | 50 |

У порівнянні з концентраціями скиду з Єристовського ГЗК ($C_{\text{Єрист.}}$) та концентраціями у каналі ($C_{\text{канал}}$) перевищення спостерігаються по нафтопродуктам та сульфатам.

Таким чином для поведіння повної оцінки можливого впливу на Дніпродзержинське водосховище та р. Сухий Кобелячок необхідно проведення оцінки сумарного скиду від комплексу кар'єрів, що можливо лише при наданні моніторингових досліджень.

Висновки

Прийнята технологія гірничих робіт забезпечує мінімальний вплив на поверхневі водні об'єкти:

Річка Рудька - В режимі стоку можуть виникнути зміни за обсягами живлення, збільшення долі снігового та дощового живлення та зменшення підземного.

Прямого скиду вод з системи водопониження в складі даного проекту не розглядається, але у зв'язку зі зміною напрямку руху підземних вод в бік кар'єру можуть виникнути зміни гідрохімічного режиму у річних водах за рахунок інфільтрації зі ставка-випарника. Враховуючи, що в зоні впливу русло р. Рудька каналізоване, зміна режиму стоку не призведе до негативних наслідків.

Річка Псел - Прямого скиду вод з системи водопониження в складі даного проекту не розглядається. Витрата 95 % забезпеченості за результатами багаторічних спостережень – 5,635 м³/с. Максимально можлива розрахункова відкачка підземних вод при водопониженні 1120 м³/год., або 0,3111 м³/с. Таким чином втрата частки меженого стоку в річці Псел при самих несприятливих гідрометеорологічних умовах, які спостерігаються раз на 95 років, становить 5,5%, або 0,3111 м³/с.

Дніпродзержинське водосховище, р. Сухий Кобелячок – У зв'язку з відсутністю остаточного проектного рішення по скиду кар'єрних вод та значним техногенним впливом на зазначені водні об'єкти, оцінка сумарного впливу потребує наявності додаткової гідрохімічної інформації отриманої з системи моніторингу.

1. Проект «Розкриття Біланівського родовища залізистих кварцитів. Коригування». 1 етап. «Геолого-промислова характеристика родовища. Основні технічні рішення по розкриттю родовища. Технічний звіт. Пояснювальна записка. Креслення». Арх. №173-03-П-1200-ГО.ГТ.ТО.1-К, ТОВ «Южгіпроруда», (м. Харків), 2014р.

2. Звіт про науково-дослідну роботу «Гідрохімічне обстеження водних об'єктів території Біланівського гірничо-збагачувального комбінату, Полтавська область»/ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук

України»/Київ,2013р.

3. Куделин Б.И. принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод.-М.:МГУ,1960.-343с.

4. Розділ проекту «Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) розкриття Біланівського родовища». Том 1-3. УкрНДІЕП (м. Харків), 2012р.

1. "Disclosure of Bilanivske deposit of ferriferous quartzite. Adjustment". Stage 1. "Geological characteristics of industrial fields. The basic decisions on disclosure of deposit. Technical report. Explanatory note. Drawing". Arch. №173-03-П-1200-ГО.ГТ.ТО.1-К, LLC "Yuzhhiproruda" (Kharkiv), 2014. [in Ukrainian].

2. The report on research work "Hydrochemical investigation of the water bodies of Bilanivskiy mining plant, Poltava region" / SI "Institute of Environmental Geochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine" / Kyiv, 2013. [in Ukrainian].

3. Kudelin B.I. The principles of regional assessment of natural groundwater resources.-М.:MSU,1960.-343р. [in Russian].

4. Project chapter «Environment impact assessment (EIA) of Bilanivske deposit disclosure». Volume 1-3. UkrSIEP (Kharkiv), 2012. [in Ukrainian].

В.Г. Демехин

ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИ РАСКРЫТИИ БЕЛАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Приведены результаты оценки уровня воздействия на поверхностные водные объекты в зоне расположения ОАО «Біланівській горно-обогатительный комбинат». Проведены расчеты возможного влияния на гидрологический и гидрохимический режим рек зоны влияния. Определено, что на первом этапе раскрытия карьеру 2-3 года влияние на поверхностные водные объекты в пределах допустимого.

V.G. Demekhin

IMPACT ASSESSMENT ON SURFACE WATER BODIES DURING DISCLOSURE OF BELANOVSKA DEPOSIT

The results of assessment of the impact level on surface water bodies in the area of JSC "Bilanivskiy ore mining and processing enterprise" are given. The calculations of possible impact on the hydrological and hydrochemical regime of rivers of the zone of influence are performed. It is determined that the first stage (2-3 years) of the disclosure of career the impact on surface water bodies is within the acceptable range.

УДК 550.4:574.3

О.Ю. ТИЩЕНКО¹, Ю.Є. ТИЩЕНКО¹, В.Г. ВЕРХОВЦЕВ¹, А.Ф. ЩЕРБАТЮК²

¹ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

²Держсанепідслужба Житомирської обл.

СУЧАСНИЙ ГІДРОХІМІЧНИЙ СТАН ПІДЗЕМНИХ ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ ТЕРИТОРІЇ БІЛАНІВСЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО РОДОВИЩА

Представлені основні результати гідрогеохімічних досліджень водних об'єктів, розташованих в зоні впливу Біланівського родовища залізних руд, розробка якого запланована в Полтавській області. Зазначені результати отримані шляхом проведених у 2013-2015 рр. гідрогеохімічних обстежень гідрогеологічних свердловин та поверхневих водних об'єктів території досліджень. Проведені дослідження дозволили визначити показники якості підземних вод та виділити інгредієнти, вміст яких перевищує санітарні гранично допустимі концентрації (ГДК), встановлені для вод питного споживання: загальну мінералізацію, сульфати, хлориди, залізо (загальний вміст), марганець, хімічне споживання кисню, біохімічне споживання кисню. Визначено вплив відкачування підземних вод на показники якості води – вміст неорганічних елементів та розчиненого кисню. Результати гідрогеохімічних опробувань можуть бути використані при подальшому прогнозуванні стану підземних і поверхневих вод під час організації системи екологічного моніторингу Біланівського родовища, а також спеціальних контрольних досліджень підземних вод та вод кар'єрного водовідливу.

Вступ

Видобування корисних копалин належить до найбільш значущих факторів впливу на підземні води. При цьому відбувається суттєве втручання у підземні водоносні горизонти, що є одним з ключових факторів, від яких залежить якість водних ресурсів загалом (як підземних вод, так і поверхневих).

Запланована розробка кар'єрним способом Біланівського родовища залізистих кварцитів у Полтавській області, безперечно, супроводжуватиметься суттєвим впливом на підземні водоносні горизонти. Як очікується, гідрогеологічний режим зазнає впливу при пониженні рівнів водоносних горизонтів у процесі кар'єрного водовідливу, що неминуче призведе до утворення воронки депресії та змін градієнтів руху підземних вод. При цьому слід очікувати також і зміни якості підземних вод унаслідок активізації загального водообміну та, особливо, – водної міграції хімічних речовин з кори вивітрювання кристалічних порід.

Крім того, прогнозується вплив на якість поверхневих вод – з огляду на необхідність скиду високомінералізованих вод кар'єрного водовідливу в гідрологічну мережу. За прогнозними оцінками [6] добові обсяги вод, які необхідно буде відкачувати, складатимуть не менше 1000 м³. Для оцінки фонових показників та прогнозування масштабів зазначених впливів на всіх стадіях розробки кар'єру повинен проводитись гідрогеохімічний моніторинг, а також спеціальні дослідження гідрогеологічного середовища.

З урахуванням результатів моніторингових та спеціальних досліджень, повинен бути розроблений комплексний план зниження екологічних ризиків і пом'якшення негативних наслідків техногенної діяльності, у тому числі – на основі прогнозу змін кількісних та якісних характеристик підземних вод.

З метою визначення фонових показників якості підземних вод нами виконано гідрогеохімічне опробування основних водоносних горизонтів, які представлені на території Біланівського родовища, проведена статистична оцінка та узагальнення

результатів [1]. Крім того, були досліджені води суміжних поверхневих водних об'єктів – річок Дніпро, Псел та Рудька і технологічної водойми – ставка-відстійника Кременчуцького НПЗ.

Об'єкти та методи досліджень

Біланівське залізрудне родовище відоме з 60-х років минулого століття, знаходиться на територіях Кременчуцького та Козельщицького районів у південно-західній частині Полтавської області. Західною межею досліджуваного району є р. Псел. Підрахунок запасів залізної руди та інших мінералів у покладах залістистих кварцитів виконаний у 1979 році. За прогнозною оцінкою вміст заліза у руді досягає 35%, прогнозні запаси складають більше 1,5 млрд. тонн [2-4].

У геоструктурному відношенні район досліджень належить до північно-східного схилу Українського щита, до зони його переходу в Дніпровсько-Донецьку западину.

У геологічній будові цієї зони виділяються два структурні яруси – нижній, який має складчасто-блокову будову, представлений докембрійськими кристалічними породами, і верхній, складений осадовими відкладами кайнозою. Чохол осадових відкладів має потужність від 84 м в південній, до 115 м у північній частині родовища [5, 6].

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

Згідно загальноприйнятій схемі гідрогеологічного районування території України, район робіт розташований на південно-західній окраїні Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну.

На досліджуваній території присутні водоносні горизонти в осадових четвертинних алювіальних відкладах, а також - харківської та бучацької свит; всі вони мають хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатно-натрієвий склад та вирізняються високою мінералізацією (3...12 г/дм³) [7, 8]. Четвертий водоносний комплекс – тріщинуватих докембрійських кристалічних порід – до цього часу майже не вивчений [8]. Характеристика водоносних горизонтів наводиться за [6, 5].

Водовмісні породи безнапірного горизонту середньо-верхньочетвертинних алювіальних відкладів, потужністю 6,5-8 м, представлені дрібнозернистими кварцовими сірими пісками та супісками. Покрівлею горизонту, яка залягає на глибині 4-8,5 м, є одновікові суглинки, подошвою – харківські відклади. Глибина статичного рівня води 0,2-3,7 м. Продуктивність свердловин складає 1,75-4,2 л/с при зниженні динамічного рівня 1,1-3,14 м.

Водовмісними породами слабонапірного горизонту харківських відкладів є дрібнозернисті кварцово-глауконітові глинисті сірувато-зелені пісковики, які залягають прошарками серед глин та алевролітів. Потужність харківського горизонту досягає 4,5-8 м, глибина залягання – 30-40 м. Величина напору до 30 м, глибина статичного рівня 0,7-4,5 м. Продуктивність свердловин 0,5-1,23 л/с при водопониженні 16,75-38,57 м.

Водовмісними породами напірного горизонту бучацьких відкладів є дрібнозернисті глауконітово-кварцові зеленувато-сірі глинисті піски. Потужність бучацького горизонту 6-31,3 м. Покрівлею горизонту є мергелі київської світи, подошвою кристалічні породи докембрію. Глибина покрівлі 61,4-83,5 м. Величина напору – 73,8-81,2 м, статичний рівень +1,2-11 м, дебіт 0,37-2,41 л/с при водопониженні 10-61,3 м.

Водоносний горизонт тріщинуватих докембрійських кристалічних порід Біланівського родовища не досліджувався після 1979 р., коли під час детальної розвідки у водах цього горизонту було виявлено присутність урану і радію [3].

З метою вивчення умов залягання водовмісних порід, гідрогеологічних параметрів водоносних горизонтів та хімічного складу підземних вод на початку 2012 року виконано буріння 4 кушів розвідувальних (11 шт.) та спостережних (12 шт.) гідрогеологічних свердловин на глибину залягання водоносних горизонтів. Нижній горизонт – кори вивітрювання докембрійських порід – свердловинами розкритий не був.

Полеві та лабораторні дослідження

Полеві гідрогеохімічні дослідження виконувались у липні 2013 року і включали: координатну супутникову прив'язку пунктів опробувань; відбір проб підземних вод із свердловин, колодязів та поверхневих вод; натурні апаратурні вимірювання, попередню обробку результатів.

Територію досліджень та пункти опробування показано на рисунках 1 та 2. Відбір проб підземних вод здійснювався із одинадцяти розвідувальних свердловин на всіх чотирьох гідрогеологічних кущах; на першому і другому кущах двічі – без попередньої відкачки та після відкачки (при цьому встановлено різницю отриманих результатів – після та без попереднього прокачування). Також були відібрані проби води з приватних колодязів в населених пунктах, що розташовані в межах Біланівського залізорудного родовища

Відбори проб з поверхневих водних об'єктів включали р. Рудька, р. Псел та ставок-відстійник Кременчуцького НПЗ.

Загалом відібрано 34 проби води: 27 проб з свердловин, 4 – з колодязів, 3 – з поверхневих водних об'єктів. Відбори проб води проведені стандартними желонками об'ємом 2 і 1 дм³. Після відбору проби консервувалися (підкислювалися азотною кислотою).

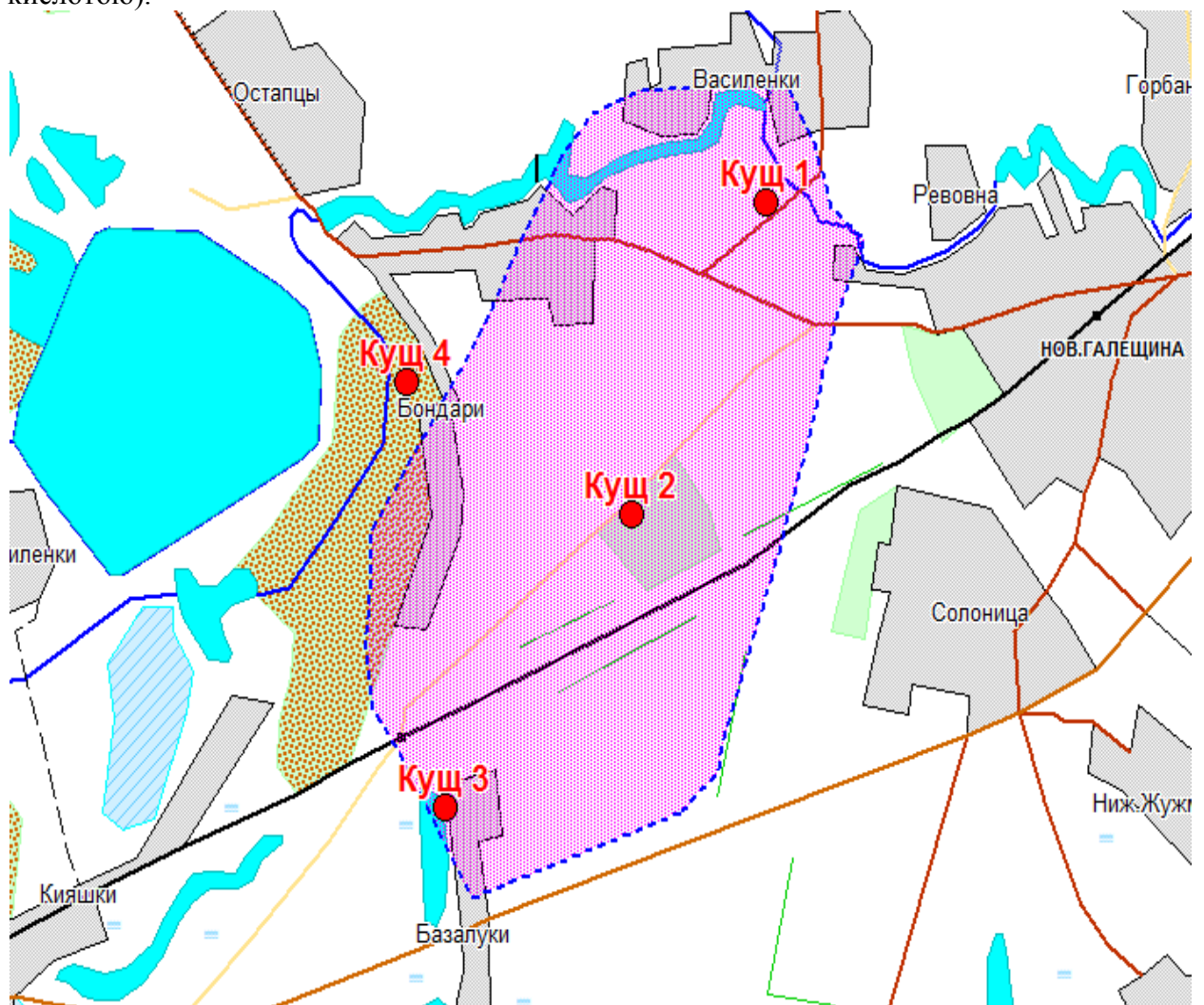


Рис. 1. Схема розміщення кушів гідрогеологічних свердловин в межах території землевідведення Біланівського залізорудного родовища

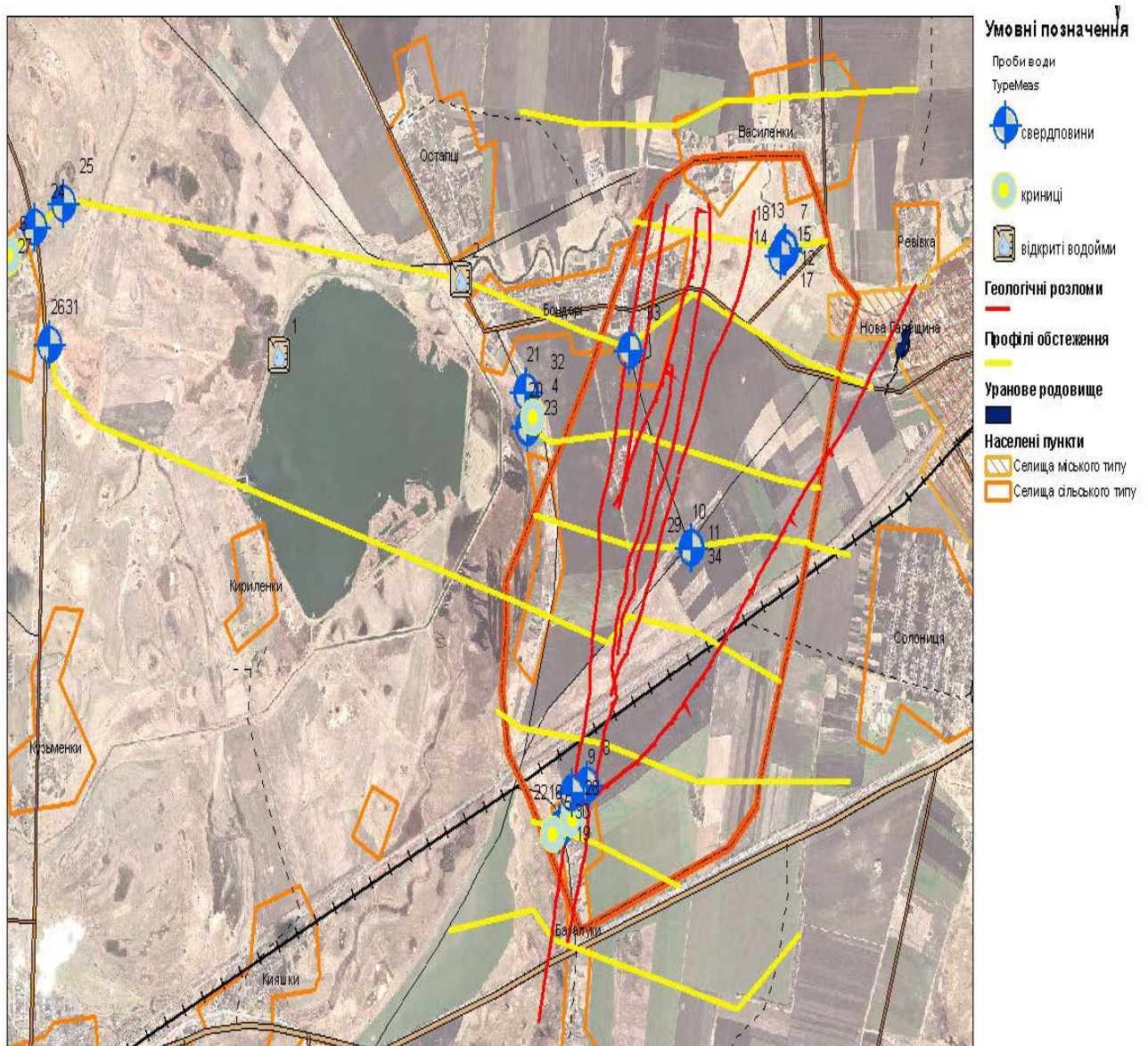


Рис. 2. Схема пунктів опробування на обстежуваній території

У ході польових робіт були проведені інструментальні вимірювання, в яких визначались температура (t C), електропровідність (Eh), мінералізація (TDS), вміст кисню і рН. Визначення концентрації кисню проводять за допомогою оксиметра, а концентрацію іонів водню – рН-метра.

Аналіз проб води на вміст сульфатів проводили в камеральних умовах класичним ваговим методом з $BaSO_4$, вміст хлоридів визначали титриметричним методом з $AgNO_3$.

Для визначення загального вмісту гумінових кислот використовували метод мокрого спалювання за І.В. Тюриним, з подальшим титруванням сіллю Мора. В основі цих методів лежить окиснення органічних речовин хромовою кислотою.

Вміст заліза, нітратів, фосфатів проводили фотометричним методом за методиками Міжнародної організації із стандартизації (ISO). Аналіз виконувався на сертифікованому атомно-абсорбційному і пламенево-емісійному двоканальному спектрофотометрі моделі AA-8500 F, «Jarrrel-N», Кіото, Японія. Метод атомно-абсорбційної спектрофотометрії заснований на атомізації переведеного в розчин елемента. Атомно-абсорбційне визначення елементів виконувалося шляхом аналізу розчинів (природної води), визначений вміст $Fe_{заг.}$, Mg, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Pb.

Визначення вмісту важких металів та інших компонентів проводили методом багатоелементного атомно-емісійного аналізу з використанням ІЗП-МС – різновиду мас-

спектрометрії, що відрізняється високою чутливістю та здатністю визначати низку металів і декількох неметалів у концентраціях 1-10 %.

Лабораторні дослідження проб води здійснювали стандартними методами із застосуванням метрологічно повіреного обладнання. Точніший опис методик у звіті «гідрогеохімічне обстеження водних об'єктів території зони впливу БГЗК, Полтавської області» [1].

Загалом виконані лабораторні аналізи з визначення наступних показників: реакція води (водневий показник), кольоровість (після фільтрації), сухий залишок (мінералізація загальна), температура, електропровідність, запах; вміст речовин: азотнокисла сіль, фториста сіль, органічні галогени, що адсорбуються (АОХ), залізо загальне, марганець, мідь, цинк, бор, берилій, кобальт, нікель, ванадій, миш'як, кадмій, хром, свинець, олово, селен, ртуть, барій, ітрій, ціаніди, сульфати, хлориди, аніонна поверхнево-активна речовина, фосфати (PO_4^{3-}), нітрати, феноли одноатомні, неполярні видобувні речовини (НВР), поліцикличесні ароматичні вуглеводні (включаючи феноли) (ПАВ), пестицидна речовина (сума), хімічне споживання кисню (CHSKCr), насиченість киснем, біохімічна витрата кисню (БВК5) при 20°C за виключенням нітрифікації, загальний азот, амонієві іони, екстрактивні речовини, загальний органічний вуглець (ТОО), гумінова речовина, коліподібні бактерії, термотолерантні коліподібні бактерії, фекальні стрептококи (ентерококи), сальмонели.

Результати досліджень та обговорення

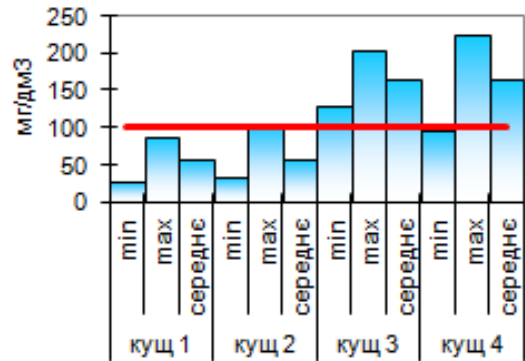
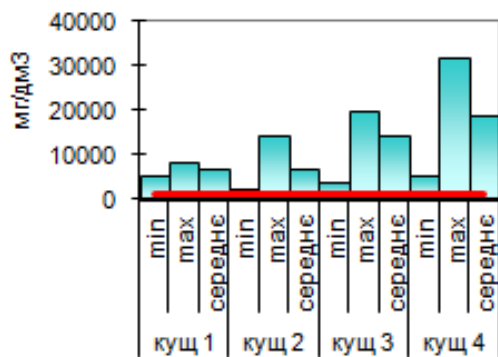
Аналітичне опрацювання отриманих результатів дозволило виділити найбільш значущі показники якості підземних вод. Умовно їх можна поділити на групи: ступінь мінералізації, вміст катіонів, аніонів, кисню, а також вміст органічних речовин.

Порівнювались отримані показники окремо – по куцям гідрогеологічних свердловин та водоносним горизонтам, крім того, досліджено вплив відкачування підземних вод на їх гідрохімічні параметри.

Результати досліджень проілюстровані на рисунках 3-6. На даних діаграмах представлені результати інтегрального аналізу лише тих показників хімічного складу, що впливають на якість підземних вод, вміст яких перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК), регламентовані для вод господарсько-питного водопостачання [9]. Значення ГДК на рисунках позначені жирною горизонтальною лінією.

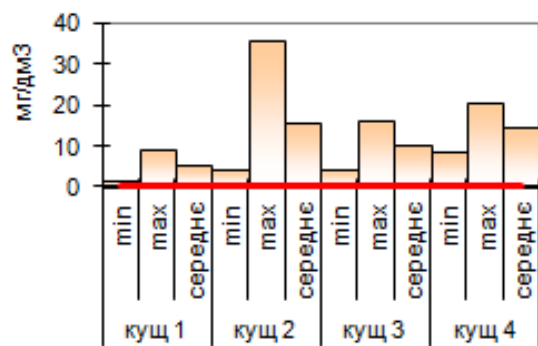
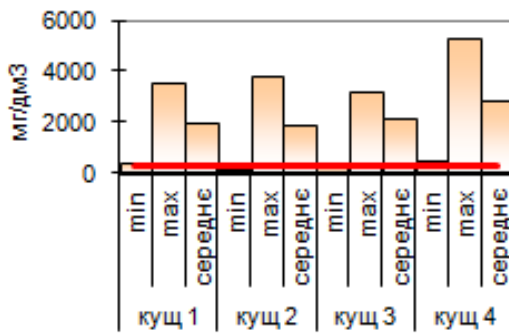
Аналіз наведених результатів показує, що загалом вміст основних інгредієнтів хімічного складу у підземних водоносних горизонтах Біланівського родовища перевищує нормативно дозволений рівні. За показниками, що аналізувалися, ці природні підземні води не можуть скидатися без очищення у навколишнє середовище.

На діаграмах рис. 3 можна простежити та порівняти між собою інтегральні показники якості підземних вод по куцям спостережних свердловин.



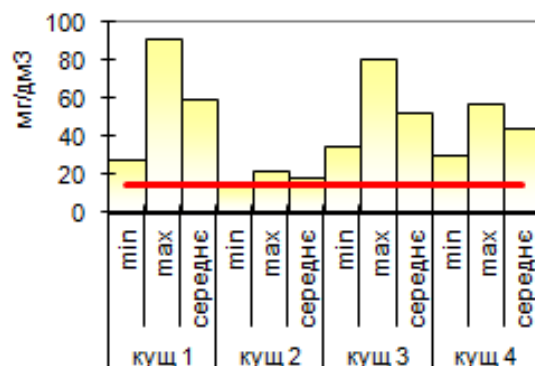
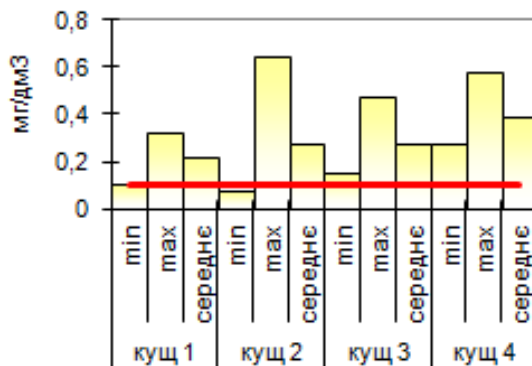
а) Сухий залишок (мінералізація загальна)

б) Сульфати



в) Хлориди

г) Залізо (загальне)



д) Марганець

е) Хімічне споживання кисню (CHSKCr)

Рис. 3. Показники якості підземних вод по гідрогеологічним кушам, які перевищують ГДК

Результати аналізу наведених даних показують, що сухий залишок, сульфати, хлориди, залізо, марганець і хімічне споживання кисню перевищують показники ГДК по всім кушам. Найбільш перевищує показники ГДК четвертий куш, він знаходиться найближче до ставка відстійника Кременчуцького нафтопереробного заводу. Заліза найбільше в пробах другого куша, який знаходиться в центральній частині Біланівського залізорудного родовища.

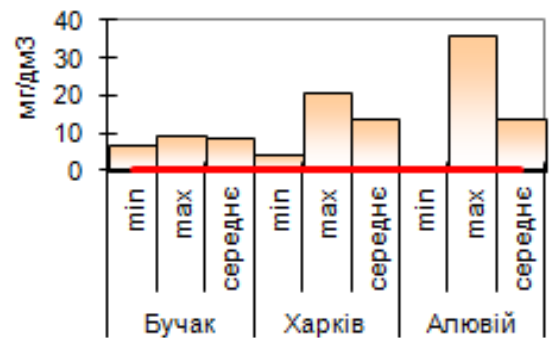
На рис. 4 наведено діаграми зміни інтегральних показників якості підземних вод по водоносним горизонтам, із яких видно, що мінералізація найбільша у воді найглибшого горизонту – бучацького, а вміст елементів, які потрапляють при вимиванні з поверхневих шарів ґрунту, пісків чи від діяльності людини, у воді поверхневого горизонту – алювіального.

Всі показники перевищують гранично допустимі концентрації і залежать від забруднення території ставком-відстійником, наявності залізородного родовища, підвищення мінералізації вод з глибиною залягання і використання добрив у сільському господарстві.



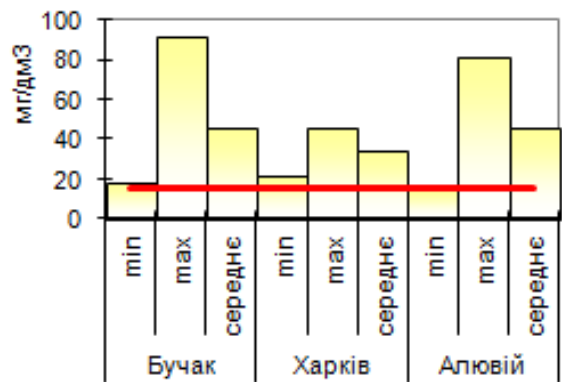
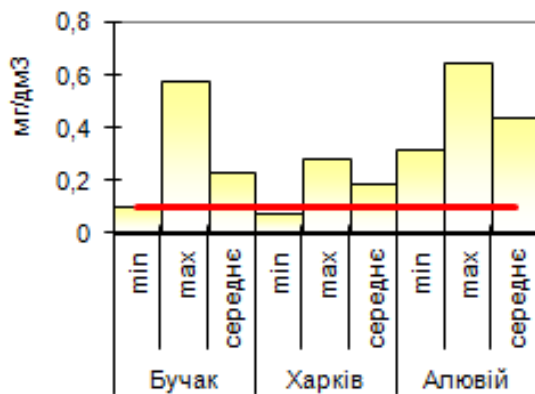
а) Сухий залишок (мінералізація загальна)

б) Сульфати



в) Хлориди

г) Залізо (загальне)



д) Марганець

е) Хімічне споживання кисню (CHSKCr)

Рис. 4. Показники якості підземних вод, які перевищують ГДК, по водоносним горизонтам

На рис.5 наведено діаграми зміни інтегральних показників якості підземних вод до і після прокачування свердловин. Результати, наведені на діаграмі показують, що гідрогеологічні свердловини не надійно захищені від зовнішнього впливу (опаді, стоки тощо).

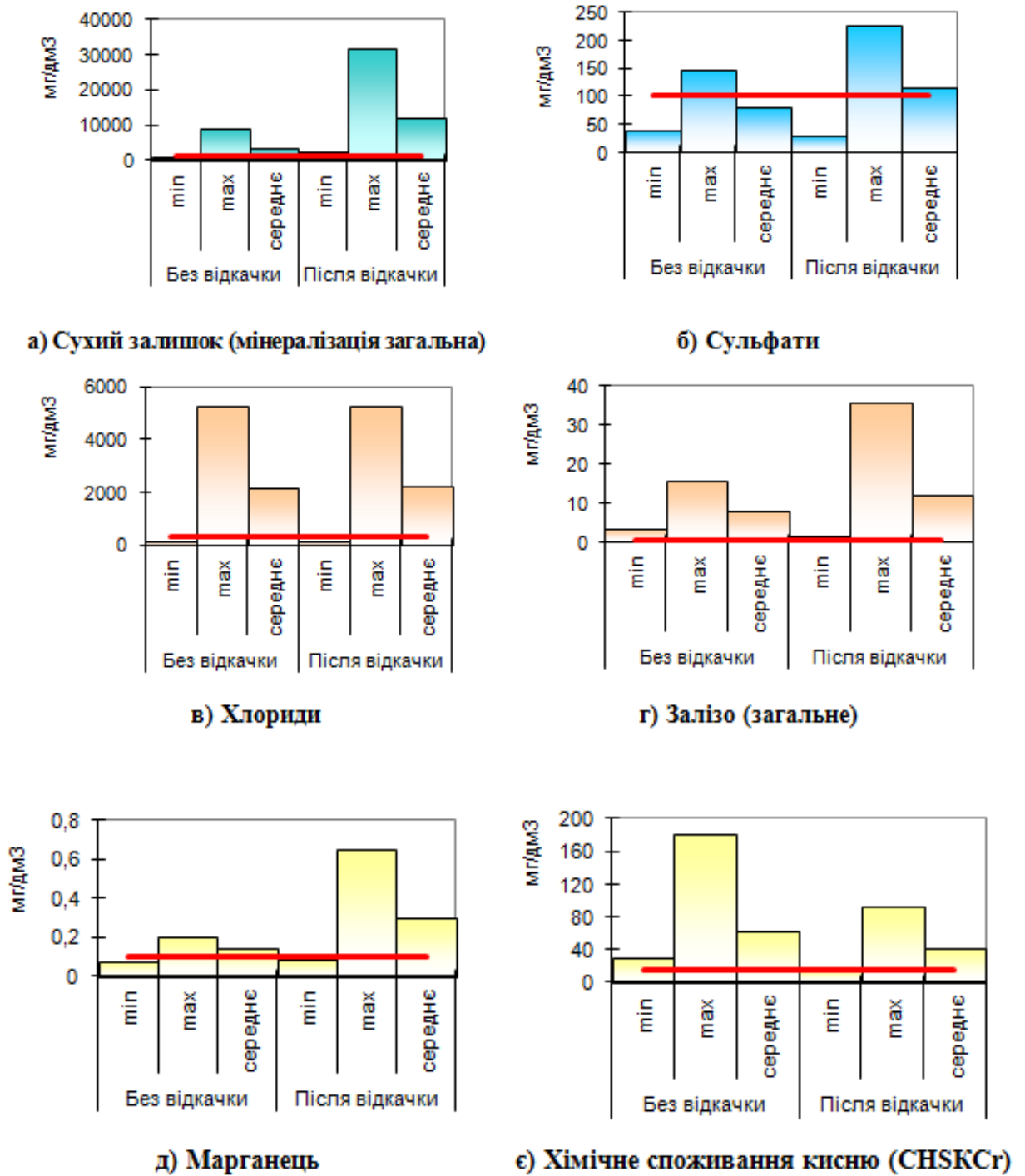


Рис. 5. Показники якості підземних вод, які перевищують ГДК, до і після відкачування свердловин

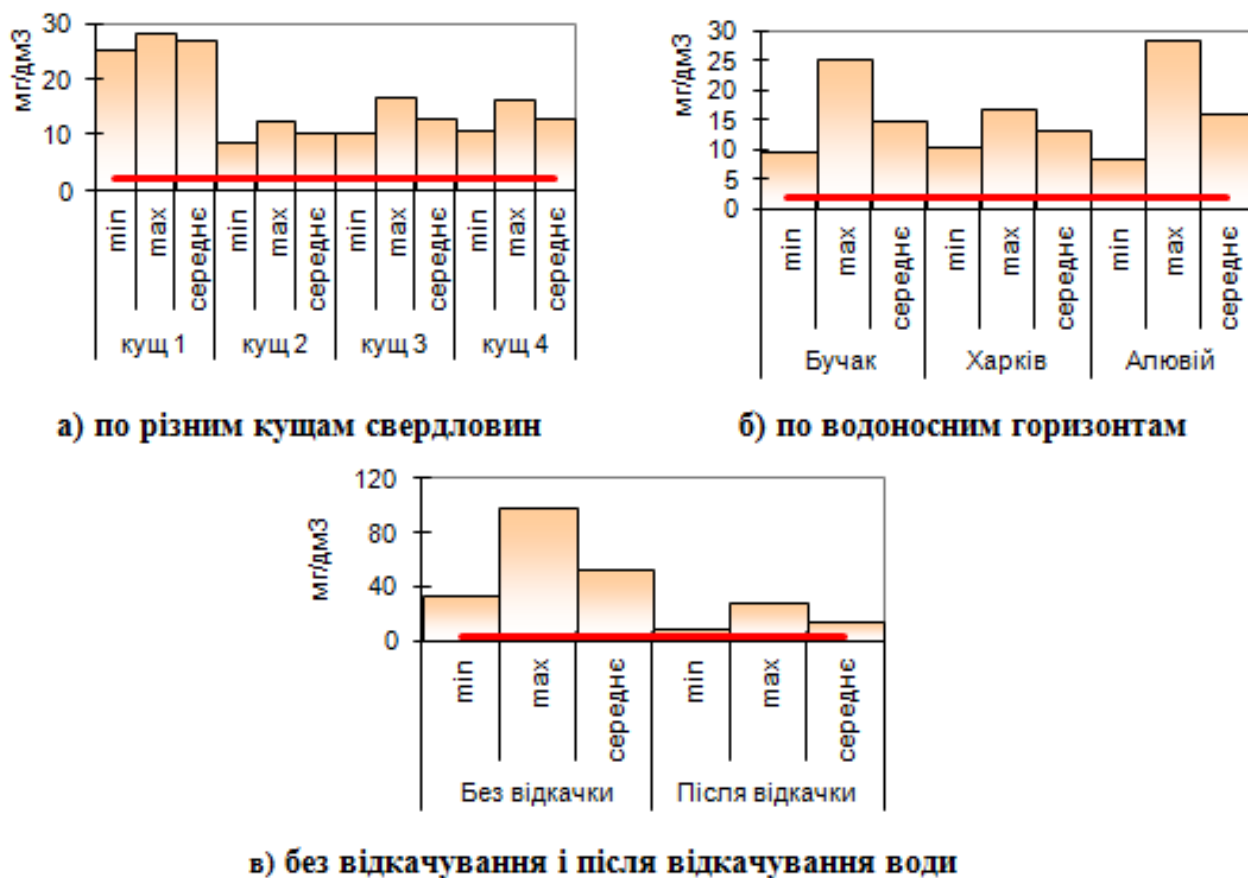


Рис. 6. Зміна показників біохімічного споживання кисню (БСК5) у підземних водах

Відомо, що чим більше у воді міститься органічних речовин, тим більше потрібно кисню для їх окислення, тобто тим вище показник БСК. Наявність речовин, які гальмують біохімічні процеси, знижує його. Природні води мають невисокі показники БСК (зазвичай їх БСК5 не перевищує 0,5-2 мг/л). Більш високі показники БСК вказують на забруднення природних вод. Для джерел централізованого господарсько-питного водопостачання (ДСТУ 17.1.3.03-77) і водних об'єктів, які використовуються у рибогосподарських цілях, БСК не повинне перевищувати 3 мг/л.

Аналіз розподілу гідрохімічних показників по території досліджень (по кушам) показує, що вміст неорганічних компонентів у підземних водах збільшується з південного заходу на північний схід. У цьому ж напрямі збільшується глибина залягання водоносних горизонтів, тобто, напрям підземного стоку. Це дає підстави для висновку про збагачення підземних вод розчинними хімічними інгредієнтами з водною міграцією.

Отримані результати, проаналізовані по водоносним горизонтам, можуть свідчити про наявність активного водообміну між останніми, який обумовлює подібність їх катіонного складу. Однак слід звернути увагу, що нижній, бучацький, горизонт характеризується високою концентрацією іонів хлору, а верхній, алювіальний, – сульфатів (вміст хлоридів, натомість нижчий на порядок порівняно з водами бучаку). Води харківського горизонту займають проміжну позицію. Таким чином, можемо припустити наявність впливу поверхневого забруднення, очевидно з просочуванням атмосферних опадів у ґрунтові води. Підтвердженням цієї тези є також суттєва різниця в мінералізації вод першого горизонту та двох нижніх.

Аналіз впливу відкачування води показує, що якість води у незахищених свердловинах відчутно залежить від зовнішніх факторів, що накладає відбиток на результати її хімічного складу. Відбувається і розбавлення, і біохімічне забруднення одночасно.

Висновки

- Якість підземних вод усіх трьох водоносних горизонтів, які розкриті гідрогеологічними свердловинами на території Біланівського залізрудного родовища, за рядом показників не відповідає нормативним вимогам до якості води питної та води, що скидається у водні об'єкти, які використовуються для рибного господарства. Це стосується неорганічних компонентів (жорсткість, залізо, головні катіони та аніони) так і показників хімічного та біологічного споживання кисню.

- Відкачування підземних вод впливає на основні неорганічні показники якості води – мінералізація та вміст неорганічних елементів зростають. Очевидно, це пояснюється зовнішнім впливом – розбавленням атмосферними опадами та, можливо, просочуванням з верхніх горизонтів через неналежний стан свердловин. При цьому показники хімічного та біологічного споживання кисню після відкачування води знижуються, що пов'язане з різким зростанням вмісту розчиненого кисню.

- Води підземних водоносних горизонтів на території Біланівського залізрудного родовища можуть скидатися у вигляді кар'єрних вод у поверхневі водні об'єкти лише після попередньої очистки до нормативних показників якості, насамперед – знесолення [10, 11].

- Результати гідрогеохімічних опробувань можуть бути використані при подальшому прогнозуванні стану підземних і поверхневих вод для обґрунтування організації системи екологічного моніторингу на різних стадіях розробки Біланівського родовища, а також для планування спеціальних контрольних досліджень підземних вод та вод кар'єрного водовідливу.

1. Звіт «Гідрогеохімічне обстеження водних об'єктів території Біланівського гірничо-збагачувального комбінату», № держреєстрації 0113U004908, Полтавська область – Київ, 2013. – 81 с. – (ДУ «ІГНС НАН України».)

2. «Звіт про детальну розвідку Біланівського родовища залізистих кварцитів, виконаної Кременчуцькою ГРЕ в 1975-1979 рр.» – в 23-х томах.

3. Звіт «Геологічний звіт про геологічне довивчення та відбір напівпромислової технологічної проби з залізистих кварцитів Біланівського родовища», № госреєстрації 0112U003799. 2011. – 133 с.

4. Протокол ДКЗ СРСР № 8366 від 19 жовтня 1979 р. про розгляд «Звіту про детальну розвідку Біланівського родовища залізистих кварцитів (підрахунок запасів), виконаного Кременчуцькою ГРЕ в 1975-1979 рр.» – 12 с.

5. Будівництво Біланівського ГЗК. Проект гірничого відводу кар'єра Біланівського родовища залізистих кварцитів. Пояснювальна записка. – 12 с.

6. Робочий проект. Дослідно-промислова ділянка на Біланівському родовищі залізистих кварцитів для уточнення інженерно-геологічних характеристик розкритих порід і гідрогеологічних умов будівництва. Том 1. Загальна пояснювальна записка. – 33 с.

7. Висновок про результати геологорозвідувальних робіт, виконаних на Біланівському родовищі. 2012. – 15 с.

8. Розробка Біланівського родовища залізних руд. Техніко-економічне обґрунтування. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС). Т. 1-2. 2012. – 494 с.

9. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» № 2.2.4-171-10, затверджені наказом МОЗ України № 400 від 12.05.2010 р.

10. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. – Київ, 2006. – 240 с.

11. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. – Затверджено постановою КМ України / Вид. офіц. – 1999.

1. Report "Hydrochemical investigation of water bodies of Bilanivske mining plant", № state registration 0113U004908, Poltava region – Kyiv, 2013. – 81 p. – (SI "IGE NAS of Ukraine."). [in Ukrainian].
2. "Report on detailed exploration of deposits of ferriferous quartzite of Bilanivse ore deposit done by Kremenchug GEE in the 1975–1979.". – 23 volumes. [in Ukrainian].
3. The report "Geological Report on geological additional investigation and selection of semi-technological tests with ferriferous quartzite of Bilanivse ore deposit", № state registration 0112U003799. 2011. – 133 p. [in Ukrainian].
4. Protocol SDC of USSR number 8366 of 19 October 1979 on the review of "Report on detailed exploration of deposits of Bilanivske deposit of ferriferous quartzite (counting of reserves), done by in Kremenchug GEE in 1975–1979.". – 12 p. [in Ukrainian].
5. Construction of Bilanivske MPP. Project of mining lease of Bilanivske deposits career of ferriferous quartzite. Explanatory note. – 12 p. [in Ukrainian].
6. The working draft. Research and industrial area on Bilanivske ferriferous quartzite deposit to refine the geological characteristics of the overburden and hydrogeological conditions of construction. Volume 1. General explanatory note. – 33 p. [in Ukrainian].
7. The conclusion on results of geological exploration work performed on Bilanivske deposit. 2012 – 15 p. [in Ukrainian].
8. Exploitation of Bilanivske ferriferous ore deposits. Feasibility study. Impact Assessment (EIA). V. 1–2. 2012. – 494 p. [in Ukrainian].
9. State sanitary rules and regulations "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption» № 2.2.4–171–10, approved by Ministry of Health of Ukraine of 12.05.2010 № 400 p. [in Ukrainian].
10. Water Framework Directive of EU 2000/60 / EU. – Kyiv, 2006. – 240 p. [in Ukrainian].
11. Protection rules of surface water from pollution by inverse waters. – Approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine / Official edition – 1999. [in Ukrainian].

О.Ю. Тищенко, Ю.Е. Тищенко, В.Г. Верховцев, А.Ф. Щербатюк
СОВРЕМЕННОЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАНОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Представлены основные результаты гидрогеохимических исследований водных объектов, расположенных в зоне влияния добычи Белановского железорудного месторождения в Полтавской области. Полученные данные проанализированы и прокомментированы на основе результатов анализов отобранных проб воды. Также были построены графики изменения качества подземных вод по химическим элементам, которые превышают предельно допустимые концентрации. Среди них: сухой остаток (общая минерализация), сульфаты, хлориды, железо (общее содержание), Марганец, химическое потребление кислорода, биохимическое потребление кислорода и другие. Показано, что откачка подземных вод влияет на основные неорганические показатели качества воды – минерализация и содержание неорганических элементов возрастают. Сделаны выводы по качеству воды территории Белановского месторождения и дальнейшего ее изменения вследствие разработки. При этом химическое и биологическое потребление кислорода после откачки воды снижается, что связано с резким ростом содержания растворенного кислорода. Кроме того, прогнозируется влияние на качество поверхностных вод – с учетом необходимости сброса высокоминерализованных вод карьерного водоотлива в гидрологическую сеть. Результаты гидрогеохимических испытаний могут быть использованы при дальнейшем прогнозировании состояния подземных и поверхностных вод при организации системы экологического мониторинга разработки Белановского карьера, а также специальных контрольных исследований подземных вод и вод карьерного водоотлива, которые в дальнейшем будут проводиться.

O. Tyshchenko, Iu Tyshchenko., V. Verkhovtsev, A. Shcherbatyuk

MODERN HYDROCHEMICAL STATE OF AQUIFERS OF BILANOVSKOE IRON ORE DEPOSIT TERRITORY

The main results of hydrogeochemical investigations of groundwater object in the zone of Bilanovskoe iron–ore deposit in Poltava region are presented. The received data are analyzed and commented on the basis of test results of water taken samples. The graphs of changes in groundwater quality by chemical elements that exceed maximum allowable concentration were created. Among them are: dry residue (total mineralization), sulphates, chlorides, iron (total content), manganese, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand and others. Pumping of groundwater affects on inorganic water quality parameters (salinity and amount of inorganic elements increase). This fact was proved. Conclusions on water quality of Bilanovskoe deposit and further changes of water due to mining operations were done. Chemical and biological oxygen demand after pumping of water decreases. It is caused by sharp increase of solved oxygen concentration. Impact on the quality of surface water taking into account necessity to discharge highly mineralized water of career drainage in hydrological network is prognosed. Hydrogeochemical test results may be used during prediction of the future state of groundwater and surface water while organization of the environmental monitoring system of Bilanovskoe career. Special control investigations of groundwater and water of career drainage will be carried out.

УДК 621.039.7.001.2; 504.75

А.В. ЯЦИШИН¹, І.П. КАМЕНЕВА², В.О. АРТЕМЧУК²

¹ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

²Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТЕХНОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА УРБАНІЗОВАНІ ТЕРИТОРІЇ

Запропоновано комп'ютерні засоби візуального аналізу динаміки змін екологічного стану та визначення меж стійкості урбанізованих територій до техногенного впливу. Проведено апробацію цих комп'ютерних засобів на прикладі територіальної системи міста Києва.

Вступ. Для впровадження в Україні принципів та моделей стійкого (збалансованого) розвитку особливої уваги потребує модернізація системи моніторингу екологічного стану урбанізованих територій, створення універсального інформаційно-програмного забезпечення задач моніторингу, удосконалення засобів прогнозування критичних ситуацій та прийняття управлінських рішень. Серед найбільш пріоритетних задач – розробка сучасних інформаційних та комп'ютерних технологій, орієнтованих на збереження, накопичення, систематизацію та інтеграцію інформації, одержаної з різних джерел, включаючи регіональний та локальний рівень аналізу даних та їх візуалізацію на основі ГІС-технологій.

До найбільш поширених напрямів використання інформаційних систем (зокрема, ГІС) належить місцеве самоврядування. В країнах Європи вже більше ніж 100 000 муніципалітетів використовують ГІС як інструмент для формування рішень з питань управління міським господарством, планування стратегій розвитку території міста або окремих районів [1].

Для оперативного управління безпекою на територіальному рівні в інформаційних системах бажано передбачити впровадження спеціалізованих засобів моніторингу екологічного стану з зворотним зв'язком, спрямованих на завчасне виявлення небезпечних ситуацій й попередження негативних наслідків. Розробка таких засобів залишається особливо актуальною для міст та промислових регіонів, населення яких протягом багатьох років і десятиріч перебуває під тиском високих техногенних навантажень.

Постановка задачі.

Основна мета даного дослідження полягає в розробці методів та інформаційних технологій, спрямованих на автоматизацію задач моніторингу, систематизації та візуалізації даних про екологічний стан урбанізованих територій. Нові технології представлення даних моніторингу допомагають надати великі обсяги інформації в інтегрованому вигляді, що максимально сприяє своєчасному виявленню небезпечних ситуацій та прийняттю ефективних управлінських рішень. Розглянемо базову екологічну модель територіальної системи, яку можна визначити за значеннями окремих показників, що вимірюються на постах спостереження за техногенним забрудненням (ПСЗ) в певні проміжки часу. Сукупність значень показників в певний момент часу будемо називати образом екологічного стану (ОЕС). Якщо йдеться про окрему точку даної території, вона може бути представлена точковим образом у просторі фазових координат.

Для аналізу динаміки конкретних територіальних систем локального або регіонального рівня запропоновано використовувати точкові образи, побудовані за усередненими значеннями вимірюваних показників для даної території. Отже, задача

моніторингу певної екосистеми розглядається як визначення траєкторії точкового образу цієї системи в фазовому просторі інформативних показників.

В роботах [2-5] запропоновано методичні та комп'ютерні засоби просторового аналізу даних екологічного моніторингу, спрямовані на систематизацію та інтеграцію даних про стан навколишнього середовища на регіональному та локальному рівнях. Розроблені засоби можна адаптувати також до задач дослідження стійкості окремих територіальних систем. Для уточнення поняття про стійкість динамічних систем нагадаємо визначення стійкості за Ляпуновим. Траєкторія динамічної системи може вважатись стійкою, якщо для скільки завгодно малих відхилень, що визначають межі стійкості цієї системи, можна вказати такі обмеження для можливих коливань, при яких система не вийде за визначені межі. Наведемо основні етапи дослідження територіальних систем з метою визначення меж стійкості до впливу техногенних навантажень.

1. Просторовий аналіз даних моніторингу техногенного забруднення та виявлення зон підвищеного ризику. Нагадаємо, що на попередніх етапах аналізу даних моніторингу необхідно визначити інформативні параметри (або екологічні індекси), які використовуються для ранжирування територій та побудови екологічних шкал [6, 7].

2. Візуалізація результатів просторового аналізу у вигляді двовимірних семантичних шкал, тобто інформативних проєкцій семантичного простору ризиків, які забезпечують оцінювання та ранжирування досліджених територій за індексами екологічного стану.

3. Візуальний аналіз динаміки техногенних навантажень за певний період часу в зонах підвищеного ризику (точках максимальної напруги) за допомогою шкал стійкості та візуальне визначення меж стійкості.

Методи дослідження. Для дослідження просторово-розподілених задач аналізу техногенного впливу на територіальні системи розроблено аналітико-інформаційну систему моніторингу техногенних навантажень на довкілля, де передбачено можливості аналізу складних процесів та явищ, які відображують дані моніторингу окремих міст, регіонів або територіальних систем. Запропоновано та розроблено програмні засоби оперативного забезпечення місцевих органів управління та інших зацікавлених структур цінною інформацією, необхідною для прийняття найбільш ефективних рішень з урахуванням місцевих особливостей [4]. На рис. 1 показано структурну схему програмного забезпечення для управління екологічною безпекою урбанізованих територій, яка включає засоби моделювання та прогнозування техногенних навантажень на довкілля (зокрема, на атмосферне повітря) від стаціонарних джерел забруднення.

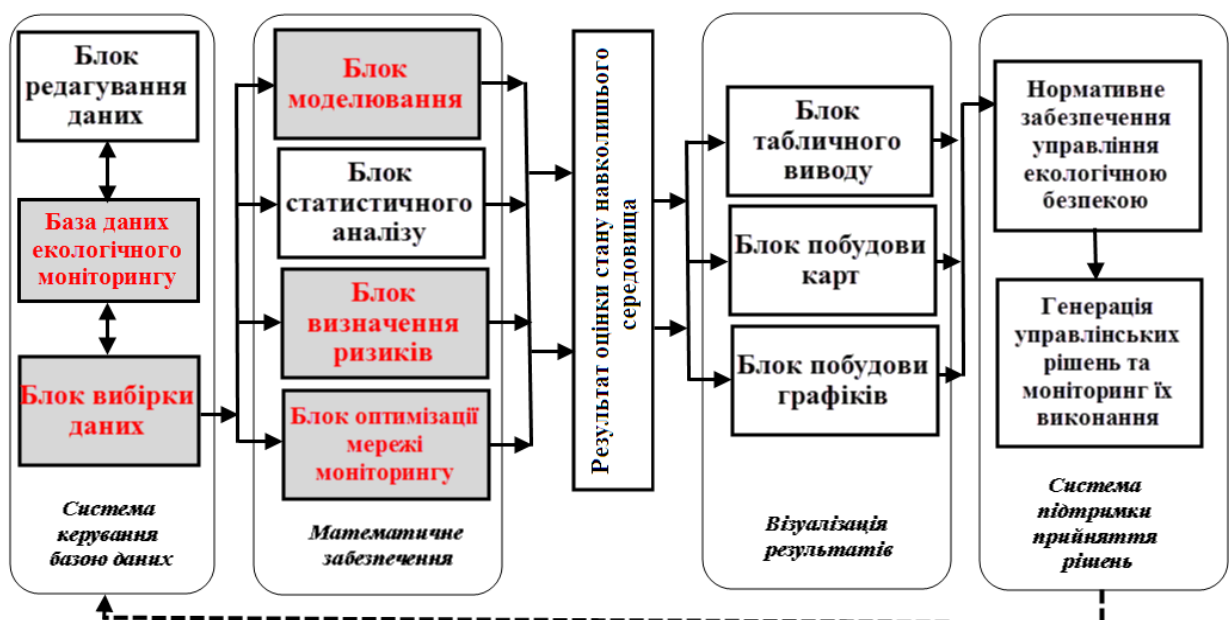


Рис. 1. Програмне забезпечення задач управління безпекою

В рамках даного підходу розроблено два напрямки візуального представлення результатів аналізу даних моніторингу. До першого напрямку відносимо створення екологічних карт, де відображено рівні техногенних навантажень на урбанізовані території та відповідні ризики для населення цих територій. Приклади карт техногенного забруднення атмосферного повітря та карт техногенних ризиків наведено в роботах [3, 4].

Другий напрям включає засоби дослідження змін у часі щодо тих складних процесів техногенного забруднення, які відбуваються протягом останніх років. Запропоновано та розроблено візуальні засоби дослідження динаміки моніторингових даних у часі з метою виявлення небезпечних ситуацій, що вказують на можливість порушень гомеостазу системи.

Нагадаємо, що під гомеостазом розуміється стан рівноваги складної природної або соціальної системи, який підтримується за допомогою зворотних зв'язків. В даному випадку поняття гомеостазу розглядається для територіально-промислових комплексів (урбанізованих територій), тобто включає природні, соціальні та техногенні компоненти.

Відомо, що є встановлені нормативи для обмеження вмісту шкідливих речовин у повітрі, воді, продуктах тощо, але вони занадто часто перевищуються. Тому для оцінки стану екологічної безпеки запропоновано оперувати з ризиками, за якими стоять конкретні показники збільшення кількості захворювань. Наприклад, виникнення 25 або 30 додаткових випадків захворювання в розрахунку на 100 осіб у порівнянні з їх фоновою кількістю для досліджуваної території може вважатися досить небезпечною ситуацією для здоров'я населення даного району.

Щоб перейти до формального визначення небезпечних ситуацій з допомогою візуального аналізу даних, проаналізовано ряд епізодів з критичним перевищенням допустимих норм, які можуть привести до порушення стійкого стану досліджуваних територій. Для ілюстрації обрано приклади моніторингу стану приземного повітря в окремих пунктах спостереження, де зафіксовано перевищення граничних норм в 3 – 5 разів, а відповідні ризики для населення суттєво перевищують нормативні значення, представлені в методичних рекомендаціях [8].

Результати дослідження. Засоби візуального аналізу даних екологічного моніторингу базуються на побудові семантичного простору інформативних параметрів та забезпечують наочне відображення великих обсягів інформації із різних джерел з допомогою окремих проєкцій цього простору. Для дослідження стійкості територіальних систем запропоновано спеціальні двовимірні шкали (проєкції семантичного простору), де в ролі координатних осей виступають рівні перевищень граничних норм та екологічні ризики. Більшість науковців вважає, що ризики для здоров'я – це найбільш інформативні показники екологічного стану, які комплексно враховують негативний вплив техногенних забруднень.

Динамічні процеси в природних системах мають періодичний характер, який визначається сезонною динамікою окремих його складових. Процес техногенного забруднення територіальних систем, на який впливають сезонні явища, також характеризується досить складним динамічним режимом, що включає нерегулярні коливання та цикли.

Для дослідження порушень гомеостазу територіальних систем за даними їх моніторингу будемо використовувати аналог методу фазових координат, налаштований на відображення спостережень, накопичених за певний проміжок часу, в екологічний фазовий простір [9]. Тобто динаміку екологічного стану можна спостерігати в фазовому просторі екологічних параметрів, де в якості координатних осей фігурують найбільш інформативні показники техногенного впливу (індикатори або індекси).

Запропоновані комп'ютерні засоби моніторингу екологічного стану створюють можливості для спостереження за процесом забруднення з допомогою точкового образу в фазовому просторі, який відображує динаміку досліджуваної системи за визначений період часу.

Розроблені програмні засоби аналізу динаміки змін екологічного стану та визначення меж стійкості урбанізованих територій до техногенного впливу апробовано на прикладі території міста Києва. Дослідження проводилось з використанням даних моніторингу стану атмосферного повітря міста, одержаних за період з 2005 до 2012 рр. [10].

На попередніх етапах аналізу для моніторингу динаміки техногенних навантажень на місто було визначено найбільш інформативні показники забруднення, які мають високий клас небезпеки, великий діапазон сезонних коливань та суттєво перевищують граничні норми, визначені діючим законодавством. Особливості динаміки техногенного впливу на приземний шар повітря досліджувались на прикладах таких небезпечних речовин – забруднювачів як формальдегід, діоксид азоту та оксид вуглецю.

Таблиця 1. Оцінки ризиків для здоров'я населення Києва (2005 – 2011)

| | 2005р. | | 2008р. | | 2011р. | |
|---------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | Ризик хронічної інтоксикації | Ризик миттєвих токсичних ефектів | Ризик хронічної інтоксикації | Ризик миттєвих токсичних ефектів | Ризик хронічної інтоксикації | Ризик миттєвих токсичних ефектів |
| Гідропарк | 0,085 | 0,137 | 0,063 | 0,140 | 0,068 | 0,025 |
| Експоцентр Україна | 0,061 | 0,051 | 0,053 | 0,120 | 0,071 | 0,032 |
| Московська площа | 0,192 | 0,406 | 0,060 | 0,089 | 0,144 | 0,157 |
| Площа Перемоги | 0,170 | 0,458 | 0,136 | 0,298 | 0,210 | 0,306 |
| Бесарабська площа | 0,193 | 0,693 | 0,275 | 0,472 | 0,255 | 0,321 |
| Майдан Незалежності | 0,173 | 0,514 | 0,202 | 0,390 | 0,212 | 0,264 |
| Ленінградська площа | 0,163 | 0,386 | 0,151 | 0,358 | 0,174 | 0,215 |

Також на основі даних моніторингу було визначено значення ризиків для населення різних районів міста Києва. Значення ризиків хронічної інтоксикації та ризиків миттєвих токсичних ефектів розраховувались за формулами, представленими в [3]. За цими даними можна відстежувати динаміку ризиків для здоров'я в окремих точках міста. Оцінки ризиків для населення за досліджуваний період наведені в табл.1.

Згідно з наведеними даними, найбільші значення техногенних навантажень та ризиків за досліджуваний період спостерігались для району Бесарабської площі, який відзначено як зону підвищеного ризику (пункт спостережень № 7). Також підвищені значення ризиків протягом всього періоду спостережень було відзначено на ПСЗ інших центральних районів міста (на Майдані Незалежності, Площі Перемоги тощо).

На рис. 2 показано сезонний цикл коливань вмісту одного з небезпечних забруднювачів повітря – формальдегіду (за даними 2010 р., що вимірювались в районі Бесарабської площі).

Окремі спостереження позначені прямокутниками, в яких показано місяць і рік спостереження. Середньомісячні значення поєднані між собою прямими лініями, які відображують послідовність проведення вимірювань щодо перевищень граничних норм для концентрацій забруднювачів.

Найбільш небезпечні концентрації формальдегіду спостерігалися протягом літніх місяців. На рис. 2 середньомісячні значення для літнього періоду спостережень в 4 – 5 разів перевищують граничні норми.

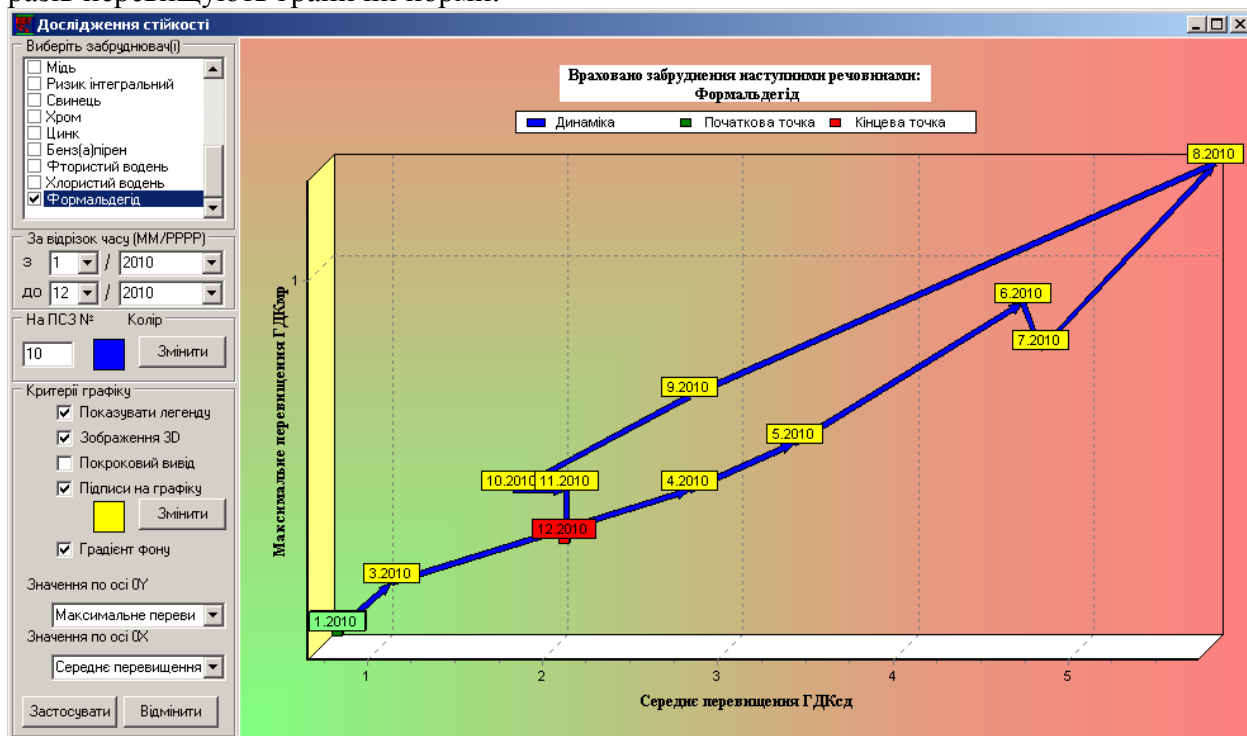


Рис. 2. Сезонний цикл коливань формальдегіду (2010 р.)

На рис. 3 представлено сезонні коливання формальдегіду, які спостерігалися протягом чотирьох років (2008 – 2011 рр.). Можна побачити, що найбільш небезпечні ситуації виникли в літні місяці 2010 – 2011 рр., тобто екологічна ситуація в центрі міста протягом останніх років суттєво ускладнилась за рахунок впливу формальдегіду.

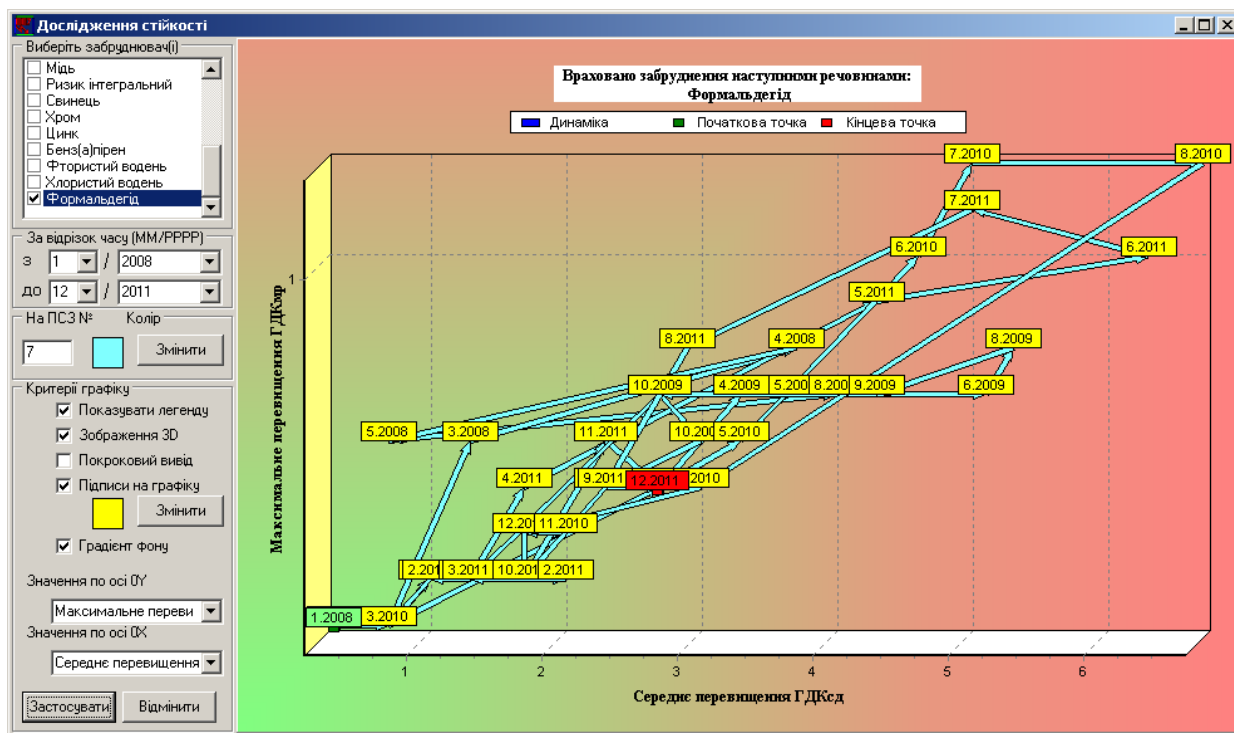


Рис. 3. Динаміка сезонних коливань формальдегіду (2008 – 2011 рр.)

На нашу думку, процес забруднення атмосферного повітря формальдегідом потребує додаткових досліджень щодо уточнення основних джерел забруднення та прийняття управлінських рішень, спрямованих на обмеження шкідливих викидів.

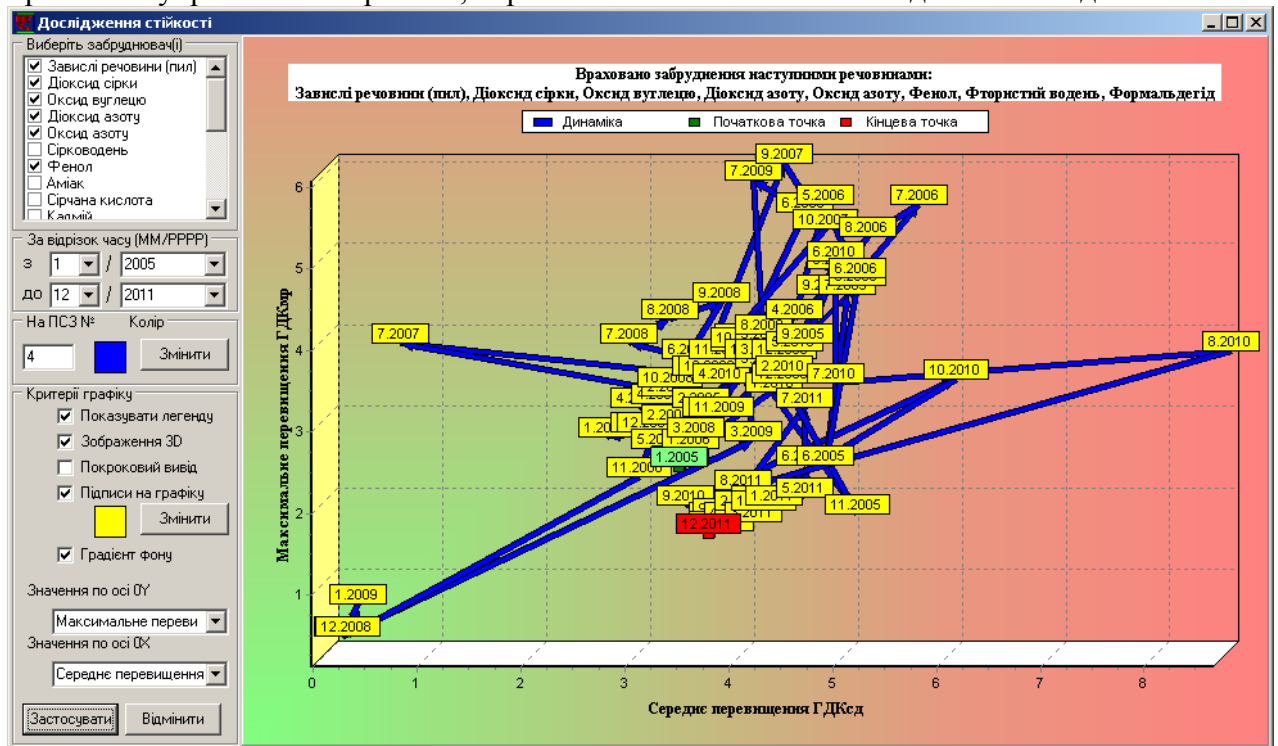


Рис. 4. Моніторинг динаміки техногенного впливу за індексом ІЗА

На рис. 4 аналогічним чином показано траєкторію сезонних коливань рівня техногенних навантажень на досліджуваній район, побудовану за значеннями індексу забруднення атмосфери (ІЗА). Тобто цей графік враховує цілий ряд небезпечних речовин, які щомісячно вимірювались в даному районі протягом 2005 – 2011 років.

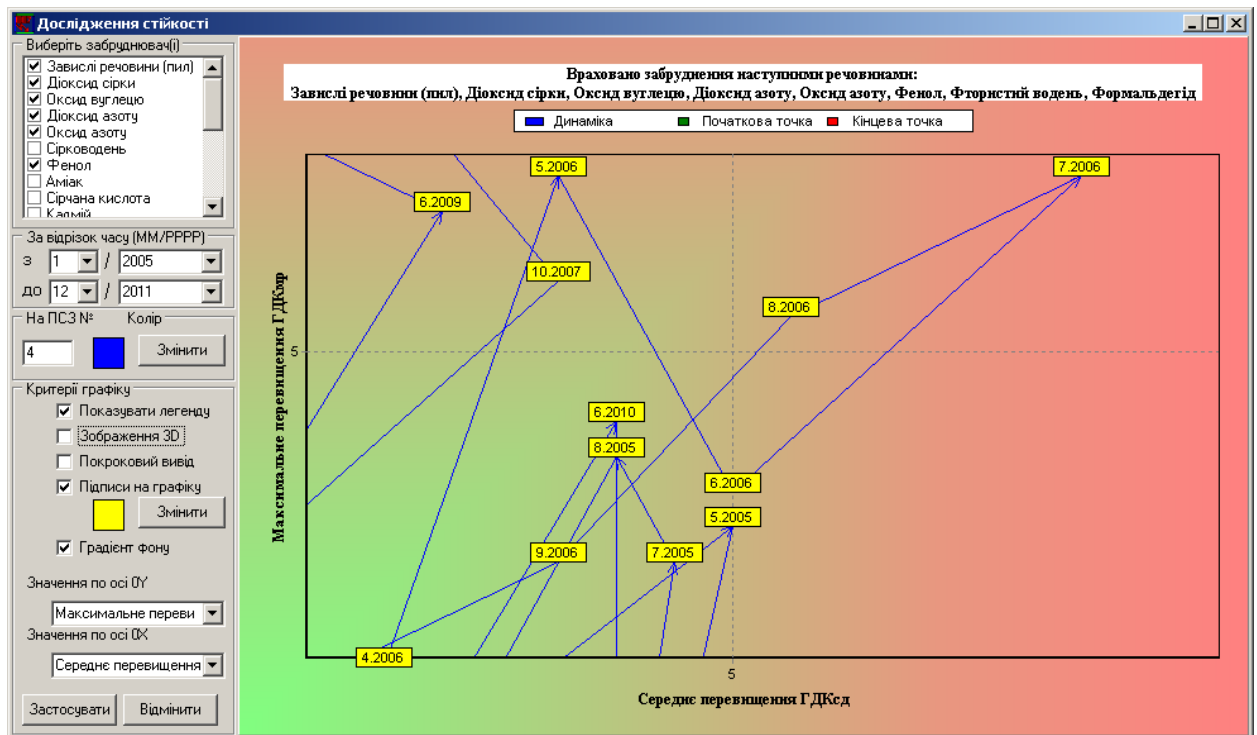


Рис. 5. Візуальне визначення максимальних значень ІЗА

За індексом ІЗА можна відстежувати перевищення граничних норм для найбільш небезпечних речовин одночасно. Тобто кратність перевищень автоматично підсумовується для всіх відзначених у правому вікні речовин перед побудовою графіка. Сукупність точок в центрі графіка можна розглядати як візуальний образ стабільного стану. Окремі точки вгорі та справа від центру (відхилення) відображують найбільш небезпечні ситуації з критичним перевищенням норм, які загрожують гомеостазу.

На рис. 5 представлено окремий фрагмент траєкторії, яка характеризує динаміку індексу забруднення за досліджуваний період. За допомогою розроблених програмних засобів можна виділяти окремі фрагменти зображення для більш детального вивчення і порівняльного аналізу.

Графічні образи, показані на рис. 4 і 5, в інтегрованому вигляді відображують великі обсяги даних моніторингу з урахуванням тенденцій до перевищення граничних норм. За значеннями в окремих точках графіку можна досліджувати тенденції розвитку екологічної ситуації в цілому та виділяти періоди, найбільш небезпечні для населення.

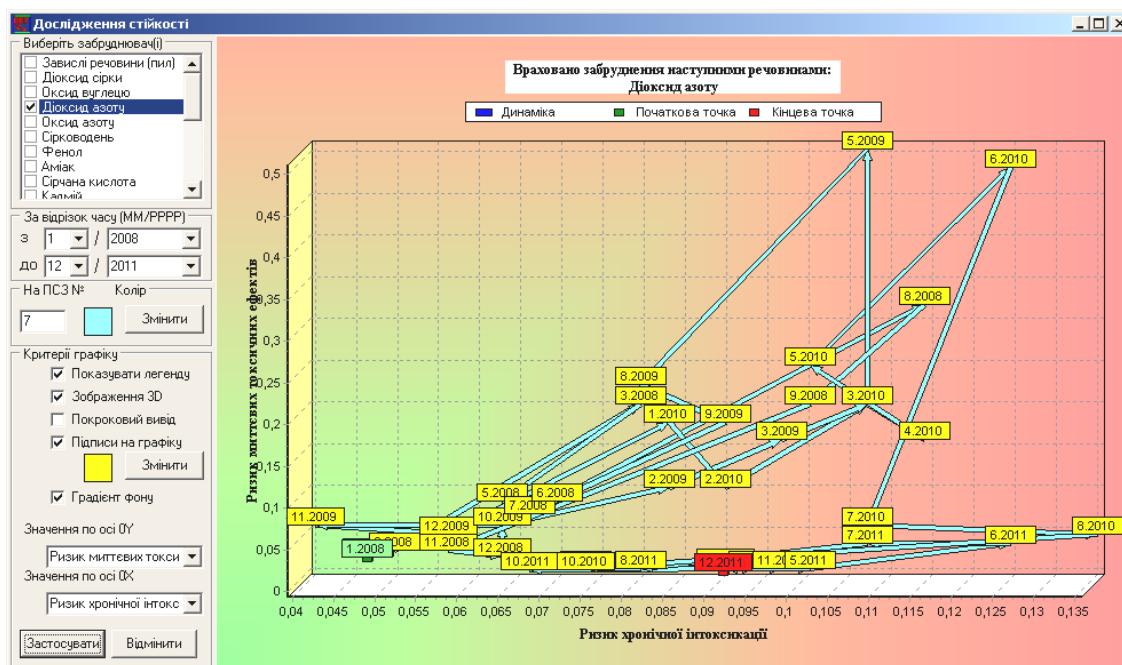


Рис. 6. Динаміка впливу діоксиду азоту на ПСЗ №7 (2008 – 2011 рр.)

На рис. 6 показано сезонні коливання значень ризику для населення від впливу високих концентрацій діоксиду азоту в районі Бесарабської площі, відтворені за даними моніторингу протягом 2008 -2011 рр.

На рис. 7 показано динаміку техногенного ризику для населення від перевищень ГДК в районі Бесарабської площі, відтворену за даними моніторингу перевищень вмісту оксиду вуглецю (2005-2011 рр.).

Значення ризиків від впливу оксиду вуглецю досягли дуже високих значень (більше 0.5), що свідчить про реальну небезпеку для здоров'я населення прилеглих територій. Найбільші значення ризиків утворюють характерні піки, сконцентровані в правій частині малюнку.

Порівнюючи одержані результати, можна сформулювати певну послідовність дослідження побудованих графічних образів та визначення найбільш небезпечних відхилень від стабільного стану.

На першому етапі необхідно окреслити образ нормального стану, розташований ближче до початку координат, де перевищення граничних норм не досягає критичних значень. Потім можна виділити максимальні відхилення від норми, спрямовані в протилежному напрямку.

На рис. 8 відображено динаміку індексу забруднення ІЗА за період спостережень з 2008 по 2011 рр., тобто одержаний графік можна вважати найбільш змістовним відображенням результатів спостережень, що враховує дані по основним забруднювачам повітря за останні роки.

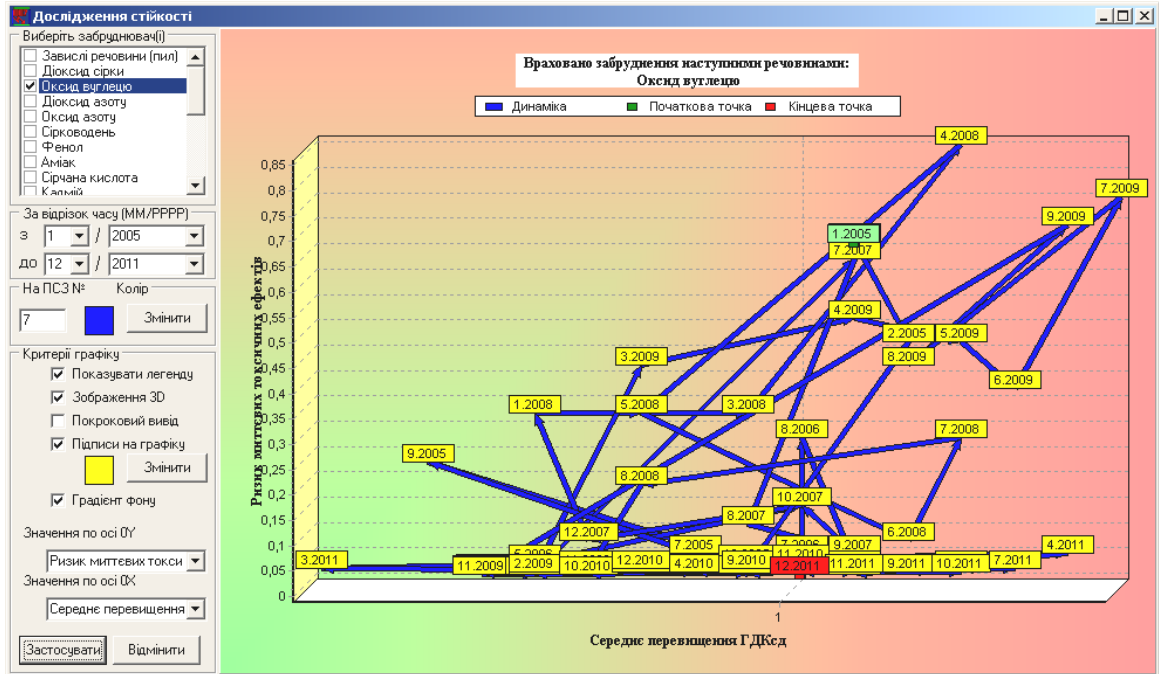


Рис. 7. Динаміка впливу оксиду вуглецю на ПСЗ №7 (2005 – 2011).

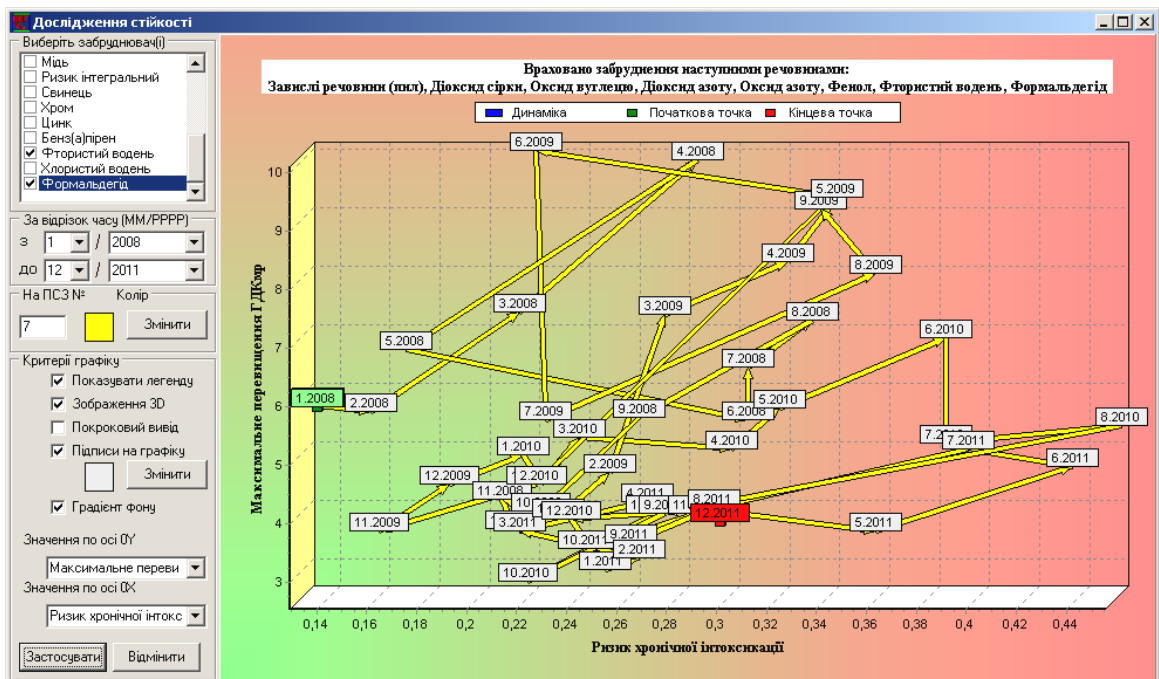


Рис. 8. Динаміка індексу ІЗА на ПСЗ №7 (2008 – 2011)

Значення, що відповідають нормі, сконцентрувались ближче до координатних осей, нижче п'ятикратного перевищення максимальних значень. Найбільш небезпечні ситуації утворюють зовнішній контур відносно інших значень, який починається з точки вгорі (6.2009) й обмежується максимальними ризиками, показаними в правій частині графіка.

За допомогою запропонованих програмних засобів моніторингу техногенних навантажень на окремі території можна візуально визначати найбільш небезпечні ситуації

(або періоди максимального відхилення від норми), коли з високою імовірністю виникають локальні порушення досліджуваного стану, які характеризуються суттєвим підвищенням захворюваності населення прилеглих територій.

Таким чином, для визначення меж стійкості урбанізованих територій необхідно співвіднести оцінки, одержані в результаті аналізу реальних даних моніторингу та моделювання техногенних навантажень на окремі райони, з тими граничними умовами, які відповідають критеріям стійкості, затвердженим міжнародними та державними законодавчими актами.

Висновки. Запропоновані та розроблені в попередніх роботах комп'ютерні засоби візуального аналізу екологічної інформації адаптовані до більш складних задач дослідження техногенних навантажень на урбанізовані території, зокрема, до виявлення сезонних коливань та епізодів критичного перевищення норм, що характеризують негативні тенденції, пов'язані з зростанням техногенного впливу на центр міста.

Візуальне представлення даних моніторингу та результатів аналізу з допомогою розроблених програмних засобів створює нові можливості для дослідження складних екологічних та соціальних систем. Запропоновані засоби та інформаційні технології можна впроваджувати як для дослідження актуальних задач охорони довкілля, так і для вирішення більш широких задач соціального захисту населення.

Зокрема, на основі наведених результатів можна зробити висновок щодо суттєвого погіршення екологічної ситуації в центрі міста в літній період. Отже, перебування в цих районах в літні місяці рекомендується обмежити. Особливо це стосується найбільш уразливих до якості повітря категорій населення: дітей та людей похилого віку.

1. Аналіз сталого розвитку – глобальний і регіональний контексти : У 2 ч. / Міжнар. рада з науки (ICSU) [та ін.]; наук. кер. М. З. Згуровський. – К. : НТУУ «КПІ», 2010.

2. Артемчук В.А. Информационно-аналитическая система эколого-энергетического мониторинга /В.А. Артемчук, О.А. Грибан // Моделювання та інформаційні технології. – 2010. – Т. 1, спец. вип., С. 120-128.

3. Каменева И.П. Модели и методы анализа экологической безопасности урбанизированных территорий с использованием технологий геоинформационных систем /Каменева И.П., Яцишин А.В. // Электронное моделирование. – 2011. – Т. 33, № 3. – С. 95 – 107.

4. Яцишин А.В. Комплексне оцінювання та управління екологічною безпекою при забрудненні атмосферного повітря. Дисертація докт. тех. наук. Київ, 2013. – 402 с.

5. Каменева И.П. Компьютерные средства оценивания экологических рисков с использованием структурного анализа данных /Каменева И.П. Яцишин А.В., Артемчук В.А.// Электронное моделирование, – 2013. - № 6 –С. 99-114.

6. Каменева І.П. Визначення параметрів стійкого розвитку на основі даних екологічного моніторингу / І.П. Каменева // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – К., 2012. – № 62. – С. 60-68.

7. Каменева І.П. Побудова семантичних шкал для інтерпретації даних екологічного моніторингу / І.П. Каменева, В.О. Артемчук, А.В. Яцишин // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – К., 2013. – № 66. – С. 18-25.

8. Методичні рекомендації "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря". Наказ МОЗ від 13.04.2007 № 184.

9. Робертс Ф. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 496 с.

10. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області. – К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2005- 2011 рр.

1. Analysis of sustainable development – global and regional contexts: In 2 parts/ International Council for Science (ICSU) [and others]; Scientific advisor M.Z. Zghurovskyi. – K: NTU "KPI", 2010. [in Ukrainian].
2. Artemchuk V.A. The information and analytical system of ecological and energy monitoring / Artemchuk V.A., O.A. Hryban // Modelling and informational technologies. – 2010. – Volume 1, special edition, P. 120–128. [in Russian].
3. Kameneva I.P. Models and methods of analysis of environmental safety of urbanized territories using technology of geographic information systems / Kameneva I.P., Iatsyshyn A.V. // Electronic modeling. – 2011. – V. 33, № 3. – P. 95 – 107. [in Russian].
4. Iatsyshyn A.V. Comprehensive assessment and management of environmental safety during pollution of air. Thesis of Doctor of technical sciences. Kyiv, 2013. – 402 p. [in Ukrainian].
5. Kameneva I.P. Computer means for environmental risk assessment means using structured data analysis / Kameneva I.P. Iatsyshyn A.V., Artemchuk V.A. // Electronic modeling, – 2013. – № 6 –P. 99–114. [in Russian].
6. Kameneva I.P. Definition of parameters of sustainable development based on environmental monitoring / Kameneva I.P. // Proceedings of the Institute of Modeling Problems in Energetics named after G.E. Puhov NAS of Ukraine. – K., 2012. – № 62. – P. 60–68. [in Ukrainian].
7. Kameneva I.P. Construction of semantic scales to interpret data of environmental monitoring / Kameneva I.P., Artemchuk V.A., Iatsyshyn A.V.// Proceedings of the Institute of Modeling Problems in Energetics named after G.E. Puhov NAS of Ukraine. – K., 2013. – № 66. – P. 18–25. [in Ukrainian].
8. Methodical guidelines "Assessment of risk to public health from air pollution." Order of MHP from 13.04.2007 № 184. [in Ukrainian].
9. Roberts F. Discrete mathematical models with applications to social, biological and environmental problems. – M.: Nauka, 1986 – 496 p. [in Russian].
10. Monthly Bulletin of air pollution in Kyiv and cities of Kyiv region. – K.: Central Geophysical Observatory, 2005– 2011.

А.В. Яцишин, И.П. Каменева, В.А. Артемчук

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТЕХНОГЕННЫХ НАГРУЗОК НА УРБАНИЗИРОВАННЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Предложены компьютерные средства визуального анализа динамики изменений экологического состояния и определения границ устойчивости урбанизированных территорий к техногенному воздействию. Проведена апробация этих компьютерных средств на примере территориальной системы города Киева.

A.V. Iatsyshyn, I.P. Kameneva, V.O. Artemchuk

COMPUTER MEANS FOR INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF TECHNOGENIC PRESSURES ON URBAN AREAS

Proposed Computer means for visual analysis of changes dynamics in environmental conditions and determination of boundaries of the sustainability of urban areas to human impact were proposed. The approbation of computer tools on the example of territorial system of Kyiv was conducted.

УДК 550.42:551.14(477-25)

О.Р. АКИМОВА, І.В. КУРАЄВА, А.І. САМЧУК

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,
м. Київ*

ОЦІНКА СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ВОДОЙМ М. КИЄВА

У статті розглянуто закономірності розподілу важких металів, які присутні в пробах поверхневих вод та донних відкладах водойм м. Києва. За даними гранулометричного аналізу донні відклади представлені псефітами (2 %), псамітами (84 %), алевритами (11 %), пелітами (3 %). Методом поетапних витяжок визначені форми знаходження елементів та їх рухомість. Основна маса досліджуваних металів пов'язана з оксидами Mn і Fe (до 32 %), з органічною речовиною і карбонатами (до 28 %), рухома форма (водорозчинна і іонообмінна) коливається в межах від 0,05 до 14,0 %. Методом термодинамічного моделювання визначені форми міграції важких металів в поверхневих водах. Проведена оцінка ступеня забруднення осадків водойм і водотоків міста Києва. Рівень техногенного забруднення визначен показником коефіцієнта концентрації (K_c), за допомогою якого розрахован сумарний показник забруднення (Z_c). За ступенем забруднення донних відкладів, водойми та водотоки м. Києва можна охарактеризувати від слабого до загрозового стану.

Вступ. В наш час фізико-хімічні закономірності розподілу елементів знаходяться під тиском сильного антропогенного навантаження. Еколого-геохімічна характеристика хімічних елементів у природі обумовлює нерозривний зв'язок між багатьма факторами міграції їх у природному середовищі. Оцінка еколого-геохімічного стану територій антропогенного навантаження, до якого відноситься м. Київ, є однією з найважливіших практичних задач геохімічної екології.

Кількісний вираз міграції в зоні гіпергенезу був в свій час зроблений Полиновим (1952), на базі якого міграційна здатність хімічних елементів для водного середовища запропонована Перельманом (1968, 1973).

Великий внесок у дослідженні еколого-геохімічних питань внесли українські вчені. Хімічним станом донних відкладів і поверхневих вод займалися Осадчий, Линник, Осадча, Набиванець (1986, 1995, 2007, 2012 і т.д.). Дослідженням процесів формоутворення і визначенню форм міграції та знаходження хімічних елементів у водоймах присвячені роботи Бондаренка (1998, 2000, 2014), Жовинського, Кураєвої (1991, 1995, 2002, та ін.), Доліна (1998, 2009, 2011), Самчука (1999, 2006, 2011), Калябіної (2006, 2014) та інші.

Теоретичними основами визначення ступеню забруднення донних відкладів та природних розчинів, форм знаходження та міграції важких металів в них, екологічної оцінки стану водойм займалися зарубіжні вчені: Форстер У., Витман Г.Т.І. (1983); Мур Дж.В., Рамамурти С. (1987); Ренгасами А. (2006); Даувальтер В.О. (2002, 2005, 2007, 2008), Аббаси Т., Аббаси С.А. (2011) та ін.

Ціль дослідження. Оцінка ступеню забруднення водойм м. Києва на основі встановлення закономірностей розподілу важких металів із урахуванням їх формоутворення.

Об'єкти та методи дослідження. В основу розрахунків покладені результати аналізів проб води і донних відкладів відкритих водойм, які були відібрані по території м. Києва за період з 2009 по 2014 рр. і за результатами яких накопичен великий об'єм даних вмісту важких металів у воді і донних відкладах. Відбір проб проводився відповідно до вимог [1, 2].

Для визначення вмісту важких металів у воді та донних відкладах використані фізико-хімічні і хімічний методи дослідження, а також гранулометричний та мінералогічний аналізи. Особливе значення для оцінки ступеню забруднення донних осадків належить вивченню їх форм знаходження. В наш час не існує єдиної методики як повного хіміко-аналітичного виділення важких металів, так і рухомих форм у донних осадках. З ціллю вивчення міграції досліджуваних металів в об'єктах оточуючого середовища було проведено визначення форм знаходження їх у донних відкладах досліджуваної території. Розподіл форм знаходження важких металів у донних відкладах проведено за методикою Самчука А.І. [3]. Методом термодинамічного моделювання визначені форми міграції важких металів у поверхневих водах м. Києва [4].

Для кількісної оцінки ступеня забруднення використан коефіцієнт концентрації хімічного елементу (K_c) [5]. Оцінка ступеню забруднення була розрахована по сумарному показнику забруднення (Z_c) [6].

Джерела забруднення. В межах м. Києва діють підприємства багатьох напрямків промисловості та господарської діяльності, які є головними антропогенними джерелами надходження важких металів у оточуюче середовище: машинобудівної, приладобудівної, хімічної промисловостей, автотранспорту, енергетики, деревообробки, будіндустрії різної потужності, харчової, легкої міського та залізничного транспорту, кінофотоматеріалів [7, 8].

На сході лівобережної частини міста знаходиться великий промисловий вузол, який територіально розташований в середній течії ручая Пляховий. Це підприємства хімічної та легкої промисловості, міського та залізничного транспорту. Особливо треба відзначити діяльність заводу «Радикал», стічні води котрого в Дарницький меліоративний канал (річка Дарниця) і ручай Пляховий завдав найбільшу загрозу довкілля в межах м. Києва.

Підприємства енергетики скидають значну кількість стічних вод в ріки Дніпро, Либідь, в руч. Пляховий. Стічні води ТЕЦ (основні види палива: вугілля, мазут та ін.) відрізняються високою токсичністю. Наприклад: склад стічних вод Київської ТЕЦ-5 (працює на мазуті) – нікель = 80–100 мг/дм³, мідь = 2–8 мг/ дм³ і т.д. Причому, в шламі ТЕЦ-5 утилізується і здається для подальшого використання тільки нікелю 60 тис.т/рік. Основні компоненти викидів ТЕЦ м. Києва: сірчистий ангідрид (32 тис.т/рік), окис вуглецю, азоту (14 тис.т/рік), вуглеводні та інші інгредієнти [8].

Машинобудівні заводи міста в значній кількості скидають стічні води, які є основними джерелами забруднення солями важких металів – хрому, цинку, міді, нікелю та ін., що особливо характерно для донних осадків оз. Нижній Тельбін. Стічні води прокатних цехів машинобудівних заводів (до очистки) містять оксиди металів, в тому числі і важких металів, нафтопродукти та інші скиди.

Джерелами забруднення поверхневих вод і донних відкладів є стоки хімпідприємств: хлорорганічні сполуки, гідроокисли важких металів та інші токсичні речовини. Підприємства поліграфії міста забруднюють стічні води відходами, в яких значну частину складають теж важкі метали, особливо свинець. Міські звалища побутових і виробничих відходів скидають значну кількість важких металів та мікроелементів у довколишні водоймища, а значить і в донні відклади. Все вище сказане свідчить про недостатність уваги до стану водою м. Києва, особливо донних відкладів.

Результати дослідження. За результатами хімічного аналізу відібраних проб і розрахунками за формулою Курлова встановлено, що поверхневі води м. Києва відносяться в основному до гідрокарбонатно-кальцієвих з показниками мінералізації від 120 мг/л (оз. Алмазне – лівий берег Дніпра) до 1360 мг/л (оз. Кирилівське – правий берег Дніпра), що дозволяє віднести їх до мало і середньо мінералізованих.

Хімічні елементи мігрують у природних водах у двох основних фізико-хімічних формах – зависла та розчинна. В умовах забруднення при загальному зростанні концентрації доля завислих і розчинних форм залежить від антропогенного впливу. Співвідношення завислої і розчинної форм металів у поверхневих водах м. Києва

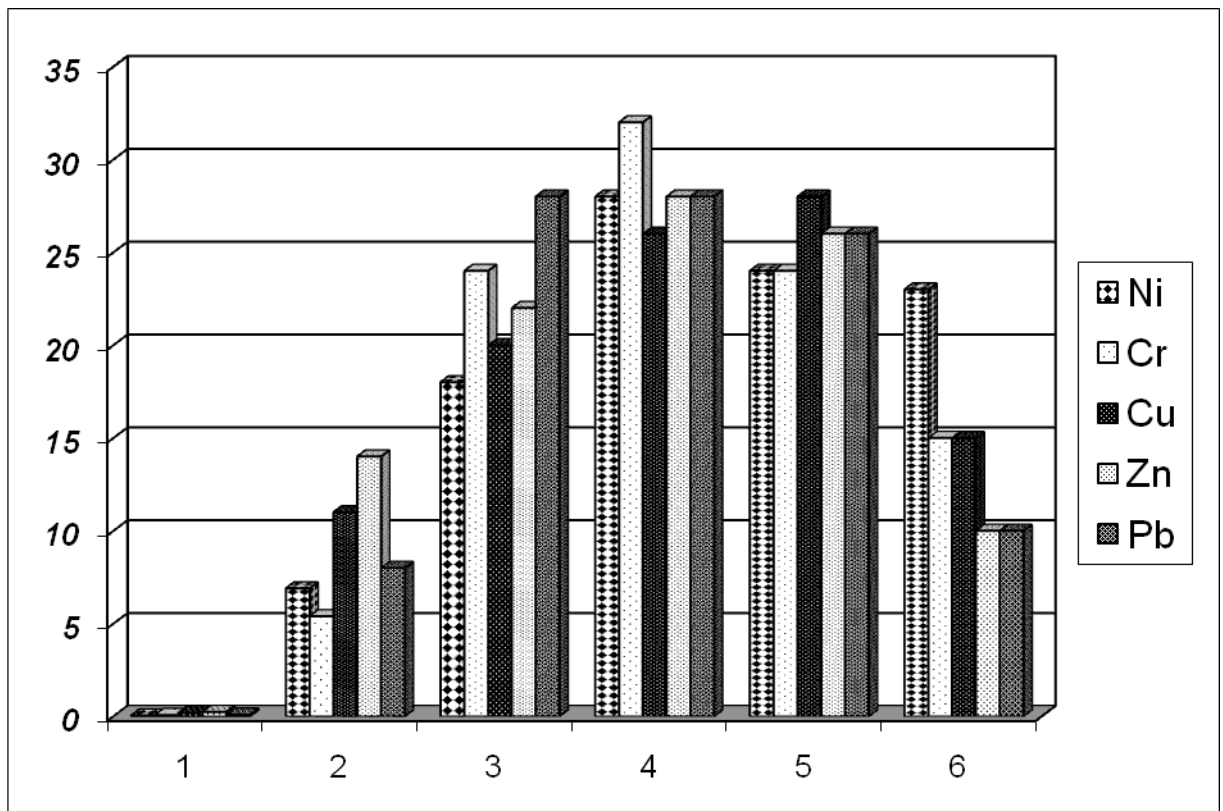
характеризується переважанням їх у розчинній формі від 61 % до 98 % для нікелю, хрому, кобальту, міді; для цинку розчинна форма коливається від 53 % до 77 %; для свинцю – від 54 % до 67 %.

Для фізико-хімічного моделювання знаходження важких металів у воді використан програмний комплекс GEMS, який базується на методі мінімізації енергії Гіббса [4]. За результатами аналізу виявлено, що елементи нікель, кобальт, мідь, цинк перебувають, в основному, у вигляді гідратованих іонів і вміст їх коливається від майже 100 % (кобальт – 99,59 %) до 68 % (мідь). На наш погляд, з урахуванням органічної складової, основною формою міграції важких металів у поверхневих водах будуть гідратовані іони металів та їх комплексні сполуки з органічною речовиною. Розчинені органічні речовини поверхневих вод є складною сумішшю органічних сполук, які відносяться до різних груп. Найбільш розповсюджена група розчинених органічних речовин – гумінові речовини, на долю яких у природних поверхневих водах припадає від 50 до 75 % загального розчиненого органічного вуглецю [9].

За даними гранулометричного аналізу донні відклади представлені псефітами, псамітами, алевритами, пелітами. На базі даних цього аналізу виявлено, що найбільше розповсюджені псамітові відклади – 84 % [10], які представлені в основному кварцом (чистим і прозорим) і польовим шпатом. Розмірність зерен середньо і мілко зерниста. Основним джерелом надходження їх у донні відклади є аллювіальні виноси стоку і людська діяльність.

Вміст важких металів в донних відкладах в основному перевищує фонові значення [11] в багатьох місцях відбору проб. В першу чергу це стосується значень важких металів в пробах з оз. Нижній Тельбін: нікель – 75 мг/кг (фон – 12 мг/кг), хром – 100 мг/кг (фон – 29,2 мг/кг), мідь – 650 мг/кг (фон – 24,0 мг/кг), цинк – 250 мг/кг (фон – 32,0 мг/кг), свинець – 400 мг/кг (фон – 12 мг/кг). Перевищення фонових значень спостерігається і в інших пробах по досліджуваним елементам. Так, наприклад, великі значення нікелю зафіксовані в озері по вул. Алішера Навої (80 мг/дм³) і р. Либідь-виток (60 мг/кг); міді – оз. Алмазне і оз. Радунка (400 мг/кг – в обох); цинку – всі значення перевищують фон.

Результати дослідження форм знаходження важких металів у донних відкладах засвідчили, що основна маса металів пов'язана з оксидами Mn і Fe (від 26 до 32 %), з органічною речовиною і карбонатами (від 18 до 28 %); рухлива форма (водорозчинна і іонообмінна) коливається в межах від 0.05 до 14 % [3] (рисунок нижче).



Примітка: 1 – водорозчинна форма; 2 – іонообмінна форма; 3 - зв'язана з карбонатами; 4 - зв'язана з оксидами Fe і Mn; 5 - зв'язана з органічною сировиною; 6 – важкорозчинна.

Рис. 1. Розподіл форм знаходження важких металів в донних осадах м. Києва, %

Для кількісної оцінки рівня хімічного забруднення нами використан сумарний показник забруднення (Z_c), котрий показує інтенсивність накопичення елемента в даному середовищі по відношенню до природного фону місцевості, значення котрих взяті з роботи [11]. Сумарний показник забруднення визначається з урахуванням асоціацій хімічних елементів (нікель, кобальт, хром, мідь, цинк, свинець), які забруднюють донні відклади.

Сумарний показник забруднення (Z_c) визначався за формулою [6]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1),$$

де: n – число визначуваних підсумовуваних елементів;

K_c – коефіцієнт концентрації i -го елемента-забруднювача.

Коефіцієнт концентрації [5] використан для кількісної оцінки ступеню техногенного забруднення і розрахован як відношення вмісту елемента в донних відкладах до фонового його значення. Зроблено оцінку інтенсивності техногенної водної міграції (через коефіцієнт водної міграції (K_x)[12]) у системі «вода – донні відклади». Такий підхід дав можливість якісно визначити техногенну міграцію елементів досліджуваного середовища. В таблиці 1 наведені коефіцієнти водної міграції (K_x) і сумарний показник забруднення (Z_c) для найбільш характерних об'єктів по відбору проб.

Таблиця 1. Коефіцієнти водної міграції (K_x) і сумарний показник забруднення (Z_c) у водоймах м. Києва.

| № | Коефіцієнти водної міграції, (K_x) | | | | | | СПЗ (Z_c) |
|---|--|------|------|------|------|------|------------------|
| | Ni | Co | Cr | Cu | Zn | Pb | |
| 1 | 3,84 | - | 2,56 | 0,75 | - | 10,0 | 23,2 – 48,6 |
| 2 | 2,10 | - | 1,40 | 5,97 | - | 1,58 | 15,5 – 20,0 |
| 3 | 0,01 | - | 10,1 | 0,05 | 0,60 | 0,17 | 11,3 – 25,2 |
| 4 | 1,18 | - | 2,50 | 0,05 | - | 0,41 | 5,4 – 15,4 |
| 5 | 0,11 | - | 0,28 | 0,37 | - | 0,14 | 5,3 – 10,8 |
| 6 | 0,07 | 0,10 | 1,01 | 1,51 | 0,03 | 0,09 | 25,7 – 40,6 |
| 7 | 2,20 | 1,00 | 13,0 | 0,30 | 0,01 | 0,01 | 40,0 – 110,2 |

Примітка: № 1 – вул. Прирічна, 37, затока Собаче Гирло; № 2 – оз. Лугове; № 3 – оз. Алмазне; № 4 – оз. Радунка; № 5 – ручай по вул. Алішера Навої; № 6 – р. Либідь (виток); № 7 – оз. Нижній Тельбін.

Згідно отриманим даним (табл. 1), найбільша інтенсивність водної міграції притаманна нікелю (3,84), хрому (2,56), свинцю (10,0) в пробі з р. Дніпро по вул. Прирічна, 37. Найбільший показник водної міграції міді (5,97) в оз. Лугове.

Використаний метод нормування по сумарному показнику забруднення (Z_c) показав, що за шкалою оцінки водних систем [8] до дуже сильно забруднених відноситься оз. Нижній Тельбін (№ 7), найменше забрудненим (слабке забруднення) є озеро по вул. Алішера Навої (№ 5), до сильно забрудненого – виток р. Либідь (№ 6), інші води відносяться до середньої забрудненості.

Висновки. Результати літогеохімічних досліджень донних осадків м. Києва показали, що вони відносяться в основному до псамітових відкладів і представлені кварцом і польовим шпатом.

Поверхневі води відносяться до гідрокарбонатно-кальцієвих з мінералізацією від малої до середньої. Важкі метали в поверхневих водах знаходяться в завислій та розчинній формі, з переважанням розчинної.

В основному, досліджувані метали у донних відкладах пов'язані з оксидами, з органічною речовиною і карбонатами. Рухлива форма коливається в межах від 0.05 до 14 %.

По сумарному показнику забруднення, досліджувані донні відклади оцінюються як системи від слабого забруднення до дуже сильного. Встановлено, що за результатами отриманих даних, найбільший високий рівень забруднення донних відкладів, котрий відповідає небезпечній (загрозливій) категорії, відмічено в оз. Нижній Тельбін.

Вода і донні відклади водойм м. Києва знаходяться під антропогенним впливом і є основою розвитку техногенних потоків розсіювання хімічних елементів.

Отримані данні дозволяють рекомендувати введення жорстких правил використання берегів р. Дніпро в рекреаційних цілях і строго регламентованого вилову риби, що визначає необхідність істотного розширення системи моніторингу і розробки науково обгрунтованої системи заходів щодо поліпшення екологічної ситуації.

1. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Под ред. Н.Г. Зырина, С.Т.Малахова. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 109 с.
 2. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений для анализа на загрязненность: ГОСТ 17.1.5.01-80. - [действующий от 1982-01-01]. – М.: Госстандарт СССР, 1980. – 5 с.
 3. Самчук А.И. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах Украинского Полесья / А.И. Самчук, Т.В. Огарь, К.Э. Дмитренко // Пошукова та екологічна геохімія. – 2007. – № 1(6). – С. 43–45.
 4. Карпов И.К. Моделирование химического массообмена в геохимических процессах. Термодинамические соотношения, условия равновесия и численные алгоритмы / И.К. Карпов, В.К. Чудненко, Д.А. Кулик // Amer. J. of Sci. – 1997. - Т.297 – С. 767-806.
 5. Хакансон Л. Экологический индекс риска для контроля загрязнения вод – седиментологический подход // Водн. рес. – 1980. – Вып. 14. – С. 975-1001.
 6. Сагт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 333 с.
 7. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Київській області в 2012 році. – Київ, 2013. – 228 с.
 8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Київській області в 2013 році. – Київ, 2014. – 233 с.
 9. Линник П.Н. Гумусовые вещества поверхностных вод и особенности их распределения среди различных фракций / П.Н. Линник, Я.С. Иванченко, Р.П. Линник, В.А. Жежеря // Гидробиол. журн., 2013. – № 3. – т. 49. – С. 99–120.
 10. Акимова К.Р. Литохимические особенности донных отложений г. Киева и формы нахождения в них тяжелых металлов / К.Р. Акимова, И.В. Кураева, А.И. Самчук, Е.В. Вовк // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2014. – Вип. 7. – С. 72 – 81.
 11. Люта Н.Г. Екологічний стан довкілля та Європейська перспектива України / Н.Г. Люта // Мінеральні ресурси України. – 2011. – № 1. – С. 6–9.
 12. Перельман А.И. Геохимия: Учебное пособие для геологических специальностей университетов. – М.: Высш. школа, 1979. – 423 с.
1. Guidelines for conducting field and laboratory studies of soil and plants during the control of environmental pollution by metals / Ed. N.G.Zyryn, S.T.Malakhov. – Moscow: Gidrometeoizdat, 1981. – 109 p. [in Russian]
 2. Protection of Nature. Hydrosphere. General requirements for the bottom sediment sampling to analyse pollution: GOST 17.5.01-80. – Acting on 1982-01-01. – Moscow: The State Standard of the USSR, 1980. – 5 p. [in Russian]
 3. Samchuk A.I. Forms of heavy metals occurrence in the soils of Ukrainian Polissya / A.I.Samchuk, T.V.Ogar, K.E.Dmitrenko // Research and environmental geochemistry. – 2007. – No 1(6). – P. 43-45. [in Russian]
 4. Rarpov I.K. Modelling chemical mass-transfer in geochemical processes: Thermodynamic relation, conditions of equilibria and numerical algorithms / I.K. Karpov, K.V. Chudnenko, D.A. Kulik // Amer. J. of Sci. – 1997. – V. 297 – P. 767-806. [in Russian]
 5. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // Water Res. 1980.– V. 14.–P. 975–1001. [in Russian]
 6. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. et al. Environmental Geochemistry. – Moscow: Nedra, 1990. – 333 p. [in Russian]
 7. National Report on the Environment State in the Kiev region in 2012. – Kyiv, 2013. - 228 p. [in Ukrainian]

8. National Report on the Environment State in the Kiev region in 2013. – Kyiv, 2014. - 233 p. [in Ukrainian]
9. Linnik P.N. Humic substances of surface waters and their distribution among various fractions / P.N.Linnik, Ya.S.Ivanekchko, R.P.Linnik, V.A.Zhezheria // Hydrobiological journal, 2013. – No 3. – V. 49. – P. 99-120. [in Russian]
10. Akimova K.R. Lithochemical features of bottom sediments in Kiev and mode of heavy metals occurrence / K.R.Akimova, I.V.Kuraeva, A.I.Samchuk, E.V.Vovk // Technogenic and ecological safety and civil protection. – 2014. – 7th Issue. – P. 72-81. [in Russian]
11. Lyuta N.G. Ecological environment and European perspective of Ukraine / N.G. Lyuta // Mineral Resources of Ukraine. – 2011. - № 1. – P. 6-9. [in Ukrainian]
12. Perelman A.I. Geochemistry: Study book for the geological specialties of universities. – Moscow: Higher School, 1979. – P. 423. [in Russian]

К.Р. Акімова, І.В. Кураєва, А.І. Самчук

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ВОДОЕМОВ г. КИЕВА

В статье рассмотрены закономерности распределения тяжелых металлов, выявленные в пробах поверхностных вод и донных отложений водоемов г. Киева. По результатам гранулометрического анализа, донные отложения представлены псефитами, псаммитами, алевритами, пелитами. Методом поэтапных вытяжек определены формы нахождения элементов и их подвижность. Основная масса исследуемых элементов связана с оксидами Fe и Mn (до 32 %), с органическим веществом и карбонатами (до 28 %), подвижная форма (водорастворимая и ионнообменная) изменяется в пределах от 0,05 до 8,0 %. Методом термодинамического моделирования определены формы миграции тяжелых металлов в поверхностных водах. Проведена оценка степени загрязнения осадков в водоемах и водотоках г. Киева. Уровень техногенного загрязнения определен показателем коэффициента загрязнения (K_c), с помощью которого рассчитан суммарный показатель загрязнения (Z_c). По степени загрязнения донных отложений, водоемы и водотоки г. Киева можно охарактеризовать от слабого до угрожающего состояния.

O.R. Akimova, I.V. Kurayeva, A.I. Samchuk

ASSESSMENT OF THE WATER POLLUTION DEGREE in KIEV

The patterns of distribution of heavy metals from samples of surface water and bottom sediments in Kyiv are described in the article. According to particle size analysis bottom sediments are presented by psephite, psammite, silts, and pelites. The forms of the elements and their mobility are determined by stepwise extracts. Most of the studied metals associate with Mn and Fe oxides (32%), with carbonates and organic matter (28%). Moving form (soluble and ion exchange) varies from 0.05 to 8.0%. The forms of heavy metals migration in surface waters are determined by method of thermodynamic modeling. The evaluation of Kyiv's sediment ponds and watercourses contamination is carried out. The level of technogenic pollution index is defined by concentration factor (K_c), using which the total pollution index (Z_c) is calculated. According to the degree of contamination of bottom sediments, water bodies and watercourses of Kyiv can be characterized from low to threatening condition.

УДК 504:625.7

Н.А. БОРОДІНА

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

АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИ БУДІВНИЦТВІ, РЕМОНТІ ТА УТРИМАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Представлено систему екологічного моніторингу при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг загального користування, яка визначає суб'єкти та об'єкти моніторингу. Базовий принцип цієї системи є інформаційний взаємозв'язок підприємств (установ) дорожньої галузі. Приведено фактичні матеріали із впровадження зазначеної системи. Виконано аналіз впровадження системи екологічного моніторингу при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг загального користування та надані відповідні пропозиції, основною з яких є організація інформаційно-аналітичного центру екологічного моніторингу Укравтодору, що дозволить забезпечити впровадження системи екологічного моніторингу, оскільки на функціональні обов'язки цього центру покладенні основні етапи моніторингу.

Система екологічного моніторингу при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг загального користування, яка представлена нижче, була розроблена Державним дорожнім науково-дослідним інститутом імені М.П. Шульгіна (ДерждорНДІ) у 2007 році, та впроваджена Укравтодором у цьому ж році.

Система екологічного моніторингу при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг загального користування (далі – система екологічного моніторингу) – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього середовища вздовж автомобільних доріг загального користування (далі – автомобільні дороги), прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Система екологічного моніторингу розроблена згідно з законом України «про автомобільні дороги» [1], на основі постанови кабінету міністрів України «про затвердження положення про державну систему моніторингу довкілля» [2], державної програми розвитку автомобільних доріг України на 2005-2010 роки [3], у відповідності до природоохоронного законодавства України та з урахуванням вимог «концепції державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища» [4].

Мета системи екологічного моніторингу полягає у виконанні вимог природоохоронного законодавства у дорожній галузі та впровадженні заходів, спрямованих на виключення або істотне зниження впливу на навколишнє середовище автомобільних доріг і технологічних процесів пов'язаних з їх будівництвом, ремонтом та утриманням.

Система екологічного моніторингу є відкрита інформаційна система, пріоритетами функціонування якої є захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства; збереження природних екосистем; відвернення кризових змін екологічного стану навколишнього середовища і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям.

Система екологічного моніторингу спрямована на:

- підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан навколишнього середовища вздовж автомобільних доріг загального користування;
- підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;

- підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів у дорожньому господарстві та ефективності їх здійснення;
- сприяння розвитку міжгалузевого та міжнародного співробітництва у галузі охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки.

Створення і функціонування системи екологічного моніторингу ґрунтується на принципах:

- узгодженості нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин;
- систематичності спостережень за станом навколишнього середовища вздовж автомобільних доріг та на виробничих підприємствах дорожнього господарства;
- своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання екологічної інформації, що надходить і зберігається у системі екологічного моніторингу.

Об'єктами системи екологічного моніторингу є атмосферне повітря, води, землі, фізичні фактори впливу.

У рамках моніторингу атмосферного повітря проводяться спостереження за станом атмосферного повітря та викидами забруднюючих речовин пересувними джерелами забруднення атмосфери у межах резервно-технологічної смуги автомобільних доріг.

У рамках моніторингу вод проводяться спостереження за станом водних об'єктів у зоні впливу автомобільних доріг та якістю стічних вод, що відводяться з автомобільних доріг.

У рамках моніторингу земель проводяться спостереження за забрудненням ґрунтів у межах резервно-технологічної смуги автомобільних доріг.

У рамках моніторингу фізичних факторів впливу проводяться спостереження за шумовим (на сельбищній території) та радіаційним забрудненням в межах резервно-технологічної смуги автомобільних доріг.

Спостереження за об'єктами системи екологічного моніторингу на автомобільних дорогах проводяться на їх потенційно екологічно небезпечних місцях (пунктах моніторингу).

Пункти моніторингу та періодичність контролю об'єктів системи екологічного моніторингу визначаються наказом Укравтодору.

Екологічний моніторинг автомобільних доріг здійснюється суб'єктами моніторингу, до яких належать (рис. 1):

- Державна служба автомобільних доріг України;
- Служби автомобільних доріг АР Крим, областях і м. Севастополі;
- інформаційно-аналітичний центр екологічного моніторингу Укравтодору;
- проектні організації;
- мережа атестованих (акредитованих) лабораторій.

Державна служба автомобільних доріг України через робочу групу здійснює контроль і координацію діяльності суб'єктів моніторингу щодо проведення спостережень, збирання, оброблення, збереження інформації про стан навколишнього середовища вздовж автомобільних доріг, які проводяться службами автомобільних доріг ар крим, областях та м. севастополі, а також впровадженням ними природоохоронних заходів.



Рис. 1. Структурна схема системи екологічного моніторингу

Склад робочої групи з контролю та координації вищезазначених робіт та її функціональні обов'язки визначаються наказом укравтодору. основною функцією робочої групи є розгляд результатів моніторингу та рекомендації щодо впровадження природоохоронних заходів.

Служби автомобільних доріг ар крим, областях і м. севастополі виконують наступні функції:

- ведуть первинну облікову документацію, яка передбачена природоохоронним законодавством України;
- проводять необхідні розрахунки та складають природоохоронну звітність відповідно до законодавства України;
- відповідають за організацію проведення спостережень за забрудненням навколишнього середовища в своїх підрозділах;
- передають дані і/або узагальнену інформацію для її комплексного оброблення в інформаційно-аналітичний центр екологічного моніторингу Укравтодору.

Інформаційно-аналітичний центр екологічного моніторингу Укравтодору забезпечує вдосконалення мереж спостережень за станом довкілля, уніфікацію методик спостережень і лабораторних аналізів, приладів і систем контролю, створення банків даних для їх багатоцільового колективного використання з допомогою єдиної комп'ютерної мережі, яка забезпечує автономне і спільне функціонування складових цієї системи та взаємозв'язок з іншими інформаційними системами, які діють в Україні і за кордоном.

Інформаційно-аналітичний центр виконує інформаційно-аналітичну та методичну функцію. А саме, здійснює:

- збір та аналіз даних інструментальних та лабораторних досліджень;
- збір та аналіз даних статистичної та іншої звітності;
- оцінку впливу на навколишнє середовище автомобільних доріг і технологічних процесів пов'язаних з їх будівництвом, ремонтом та утриманням;
- прогнозування стану забруднення навколишнього середовища;
- розробку заходів із зниження негативного впливу на навколишнє середовище;
- розробку пропозицій до проектів з будівництва, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг щодо покращення екологічного стану прилеглої до автомобільних доріг території;
- розробку природоохоронних заходів, методичних рекомендацій, інструкцій, положень тощо;
- надання інформації щодо оцінки стану навколишнього середовища іншим суб'єктам екологічного моніторингу, органам виконавчої влади та іншим зацікавленим особам (за погодженням з державною службою автомобільних доріг України) для широкого інформування про його стан і прийняття відповідних управлінських рішень.

Проектні організації розробляють Матеріали оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві автомобільних доріг та споруд на них.

Мережа атестованих (акредитованих) лабораторій (структурних підрозділів укравтодору або таких, що працюють за договорами) проводить прямі інструментальні визначення та лабораторні дослідження забруднення атмосферного повітря, вод, ґрунтів та фізичних факторів впливу, а також контроль роботи очисних споруд і визначення їх ефективності.

Інформаційно-аналітичний центр екологічного моніторингу спільно з іншими суб'єктами системи екологічного моніторингу встановлює спеціальні регламенти спостереження за екологічно небезпечними ділянками автомобільних доріг та штучних споруд, критерії визначення показників основних видів забруднень вздовж автомобільних доріг і втручання у разі виникнення (або загрози виникнення) надзвичайних екологічних ситуацій.

Попередження про виникнення або загрозу виникнення небезпечних явищ або процесів екологічного характеру та оцінювання їх розвитку покладається на робочу групу Укравтодору з контролю та координації системи екологічного моніторингу.

Основними завданнями суб'єктів системи моніторингу є:

- довгострокові систематичні спостереження за станом навколишнього середовища;

- аналіз та оцінка екологічного стану навколишнього середовища та прогнозування його змін;
- оцінка екологічної придатності дорожньо-будівельних матеріалів, показники яких не регламентуються чинними нормативними документами, та технологій, в яких передбачено їх використання;
- впровадження заходів щодо охорони навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів та попередження екологічно несприятливої обстановки;
- інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень у галузі охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки;
- інформаційне обслуговування Державної служби автомобільних доріг України;
- удосконалення нормативного та технічного забезпечення, збирання, оброблення та аналізу даних.

Система екологічного моніторингу ґрунтується на використанні існуючих організаційних структур суб'єктів моніторингу і функціонує на основі єдиного нормативного, організаційного, методологічного і метрологічного забезпечення, об'єднання складових частин та уніфікованих компонентів цієї системи.

Методологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу, згідно з [2], здійснюється на основі:

- єдиної науково-методичної бази щодо вимірювання параметрів і визначення показників стану навколишнього природного середовища і джерел антропогенного впливу на них;
- впровадження уніфікованих методів аналізу і прогнозування властивостей навколишнього середовища, комп'ютеризації процесів діяльності та інформаційної комунікації;
- загальних правил створення і ведення розподілених баз та банків даних і знань, картування і картографування екологічної інформації, стандартних технологій з використанням географічних інформаційних систем.

Методологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу покладається на інформаційно-аналітичний центр із залученням суб'єктів цієї системи.

Метрологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу згідно з [2] здійснюється на основі:

- єдиної науково-технічної політики щодо стандартизації, метрології та сертифікації вимірювального, комп'ютерного і комунікаційного обладнання;
- єдиної нормативно-методичної бази, що забезпечує достовірність і порівнянність вимірювань і результатів оброблення екологічної інформації в Державній системі моніторингу навколишнього природного середовища.

Всі лабораторні та інструментальні дослідження забруднення навколишнього середовища проводяться лабораторіями, які атестовані на право проведення робіт у цій галузі.

Лабораторії повинні мати відповідну до галузі атестації матеріально-технічну базу. При проведенні досліджень використовуються прилади, які входять до Держреєстру України. Засоби вимірювальної техніки, що використовуються під час досліджень, повинні проходити періодичну державну повірку.

Фінансування робіт зі створення і функціонування системи моніторингу та її складових частин здійснюється відповідно до порядку фінансування природоохоронних заходів за рахунок коштів, передбачених у державному та місцевих бюджетах на розвиток мережі, ремонт і утримання автомобільних доріг та виробничих підприємств, установ та організацій, що належать до сфери управління Державної служби автомобільних доріг України.

Покриття певної частини витрат на створення і функціонування складових частин і компонентів системи моніторингу може здійснюватися за рахунок інноваційних фондів у

межах коштів, передбачених на природоохоронні заходи, міжнародних грантів та інших джерел фінансування.

Взаємовідносини суб'єктів системи моніторингу ґрунтуються на:

- взаємній інформаційній підтримці рішень у галузі охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки;
- координації дій під час планування, організації та проведення спільних заходів з екологічного моніторингу навколишнього середовища вздовж автомобільних доріг загального користування, виникнення надзвичайних екологічних ситуацій та ліквідації їх наслідків;
- сприянні найбільш ефективному розв'язанню спільних завдань стосовно охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки;
- відповідальності за повноту, своєчасність і достовірність переданої інформації;
- колективному використанні інформаційних ресурсів та безкоштовному інформаційному обміні.

Інформація, одержана під час виконання екологічного моніторингу автомобільних доріг, зберігається в інформаційно-аналітичному центрі і використовується для прийняття рішень у галузі охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки суб'єктами екологічного моніторингу і надається їм безкоштовно.

Право володіння, користування і розпорядження інформацією належить Державній службі автомобільних доріг України та підприємствам, установам і організаціям, що входять до сфери її управління.

Відповідно до представленої вище системи екологічного моніторингу було розроблено тимчасове положення «Про Систему екологічного моніторингу при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг загального користування» (далі – тимчасове положення), яке затверджене Наказом Державної служби автомобільних доріг України від 13 квітня 2007 року № 165. Базуючись на зазначеному положенні, ДерждорНДІ виконано ряд робіт із дослідного впровадження представленої вище системи екологічного моніторингу, були досліджені ділянки автомобільних доріг різних категорій у Чернігівській та Львівській областях України.

Всі етапи моніторингу були здійсненні відповідно до структурної схеми системи екологічного моніторингу (рис. 1), згідно якої атестована лабораторія «Контролю екологічних параметрів» ДерждорНДІ та ВКП "Укрпроміндустрія" провели прямі інструментальні вимірювання та лабораторні дослідження. Обробку результатів спостережень, інструментальних вимірювань та лабораторних досліджень здійснено відділом екології та кам'яних матеріалів ДерждорНДІ. За результатами роботи було визначено результативність функціонування системи екологічного моніторингу та її недоліки, що представлено нижче.

1. Результати моніторингу показали відповідність визначених об'єктів моніторингу (атмосферне повітря, водні об'єкти, ґрунти, фізичні фактори впливу), що визначені тимчасовим положенням, направленості та основним задачам системи екологічного моніторингу.

2. Інструментальні вимірювання шуму і концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, а також відбір проб ґрунту та води проводився на потенційно екологічно небезпечних ділянках автомобільної дороги, до яких належать місця з підвищеною інтенсивністю руху автотранспорту, перехрестя доріг, мостові споруди, шляхопроводи, місця для зберігання протиожеледних матеріалів тощо. Результати оцінки екологічного стану автомобільної дороги та прилеглої до неї території показали: по-перше, правильність визначення потенційно екологічно небезпечних ділянок; і, по-друге, неможливість визначення зазначених ділянок фахівцями акредитованих лабораторій, профілювання яких носить загальний характер та не передбачає постійне спостереження екологічного стану автомобільних доріг.

3. Згідно з тимчасовим положенням пункти моніторингу та періодичність контролю об'єктів системи екологічного моніторингу визначаються Наказом Укравтодору. Виконання зазначеного пункту є можливим лише за умови наявності попередніх даних про їх екологічний стан. Наприклад, при проведенні екологічного моніторингу автомобільної дороги М 01 в межах Чернігівської області попередні дослідження її екологічного стану були відсутні, тому пункти моніторингу визначалися науковими співробітниками ДерждорНДІ візуально за результатами попередніх натурних обстежень. Враховуючи вищенаведене в тимчасове положення слід внести відповідні корективи щодо визначення пунктів моніторингу. Наказом Укравтодору можуть бути визначити автомобільні дороги (ділянки автомобільних доріг) на яких необхідно проводити екологічний моніторинг.

4. Вилучення із системи екологічного моніторингу інформаційно-аналітичного центру (основна відмінність між розробленою системою та системою, яка впроваджена тимчасовим положенням) ставить під сумнів можливість функціонування самої системи. у зв'язку з цим, залишається невизначеним питання про встановлення спеціальних регламентів спостережень за екологічно небезпечними ділянками автомобільних доріг та штучних споруд, а також критеріїв визначення показників основних видів забруднень у зоні впливу автомобільних доріг.

5. Згідно з розробленою системою екологічного моніторингу одними з основних завдань суб'єктів системи моніторингу є аналіз та оцінка екологічного стану навколишнього середовища та прогнозування його змін, а також подання пропозицій щодо удосконалення нормативного та технічного забезпечення, збирання, оброблення та аналізу даних. визначені у тимчасовому положенні суб'єкти системи моніторингу не виконують ці завдання та функції. взявши до уваги структурну схему впровадженої системи екологічного моніторингу можна передбачити, що вони повинні бути покладенні на робочу групу укравтодору, яка здійснює контроль та координацію системи екологічного моніторингу, розгляд проектів природоохоронних заходів, методичних рекомендацій, інструкцій, положень тощо. у цьому випадку ефективність впровадження системи екологічного моніторингу буде невизначено внаслідок об'єднання в одному структурному підрозділі виконавчих, контролюючих та координаційних функцій. тому для реалізації поставленої мети системи екологічного моніторингу необхідно визначити суб'єкт моніторингу функціональними обов'язками якого будуть:

- аналіз та оцінка екологічного стану навколишнього середовища та прогнозування його змін;
- розробка природоохоронних заходів, методичних рекомендацій, інструкцій, положень тощо;
- розробка пропозицій до проектів із реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг щодо покращення екологічного стану прилеглої до автомобільних доріг території.

Організація зазначеного інформаційно-аналітичного центру екологічного моніторингу Укравтодору дозволить забезпечити впровадження системи екологічного моніторингу, так як на його функціональні обов'язки, які зазначені вище, покладенні основні етапи моніторингу.

6. Зазначенні у структурній схемі системи екологічного моніторингу функціональні зв'язки між суб'єктами моніторингу не дають можливість реалізації передбаченої у тимчасовому положенні системи. Так, наприклад, не визначена чітка послідовність передачі результатів інструментальних та лабораторних досліджень з результатами оцінки впливу на навколишнє середовище автомобільної дороги проектним організаціям. Узагальнення функціональних зв'язків між суб'єктами моніторингу, що присутне у структурній схемі системи екологічного моніторингу, може призвести до не виконання покладених на них функцій.

ВИСНОВКИ:

1. Розроблена система екологічного моніторингу при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг загального користування має високу результативність її функціонування, оскільки базовий принцип цієї системи є інформаційний взаємозв'язок підприємств (установ) дорожньої галузі.

2. Після впровадження у 2007 році в Україні системи екологічного моніторингу не відбулося:

- підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан навколишнього середовища вздовж автомобільних доріг загального користування;

- підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;

- підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів у дорожньому господарстві та ефективності їх здійснення.

3. Не реалізація спрямованості системи екологічного моніторингу пов'язана із вилученням суб'єкта моніторингу – інформаційно-аналітичного центру, основними задачами якого є:

- збір та аналіз даних інструментальних та лабораторних досліджень;
- збір та аналіз даних статистичної та іншої звітності;
- оцінка впливу на навколишнє середовище автомобільних доріг і технологічних процесів пов'язаних з їх будівництвом, ремонтом та утриманням;

- прогнозування стану забруднення навколишнього середовища;

- розробка заходів із зниження негативного впливу на навколишнє середовище;

- розробка пропозицій до проектів з будівництва, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг щодо покращення екологічного стану прилеглої до автомобільних доріг території;

- розробка природоохоронних заходів, методичних рекомендацій, інструкцій, положень тощо;

- Надання інформації щодо оцінки стану навколишнього середовища іншим суб'єктам екологічного моніторингу, органам виконавчої влади та іншим зацікавленим особам (за погодженням з державною службою автомобільних доріг України) для широкого інформування про його стан і прийняття відповідних управлінських рішень.

4. Спрямованість України до євроінтеграції вимагає від органів державної влади перегляду стандартів та заходів природоохоронного характеру, тому укравтодору необхідно переглянути систему екологічного моніторингу, що була впроваджена, з врахуванням отриманого досвіду, а саме – створити на базі фахового науково-дослідного інституту (держдорнді) інформаційно-аналітичний центр екологічного моніторингу укравтодору і покласти на нього відповідні функції. запропонована пропозиція не потребує фінансування на створення центру, оскільки держдорнді має відповідну матеріальну, технічну, наукову базу та забезпечення відповідними кваліфікованими кадрами. витрати на утримання центру дозволять забезпечити розробку та впровадження заходів, які забезпечать сталий розвиток автомобільних доріг загального користування.

1. Закон України «про автомобільні дороги».

2. Постанова кабінету міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 «про затвердження положення про державну систему моніторингу довкілля».

3. Державна програма розвитку автомобільних доріг України на 2005-2010 роки. к.; укравтодор, 2005 р., 25 с.

4. Розпорядження кабінету міністрів України від 31 грудня 2004 р. № 392-р. «про схвалення концепції державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища».

1. Law of Ukraine “On automobile roads”. [in Ukrainian]

2. Resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine from 30 march 1998 № 391 "On approval of the state system of environmental monitoring." [in Ukrainian]
3. The state program of development of roads of Ukraine for 2005–2010. К.; Ukravtodor, 2005, 25 p. [in Ukrainian]
4. Resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine from 31 december 2004 № 392–р. "On approval of the concept of the state program of environmental monitoring." [in Ukrainian]

Н.А. Бородина

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕМОНТЕ И СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Представлена система экологического мониторинга при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог общего пользования, которая определяет субъекты и объекты мониторинга. Базовый принцип этой системы является информационная взаимосвязь предприятий (учреждений) дорожной отрасли. Приведены фактические материалы по внедрению указанной системы. Выполнен анализ внедрения системы экологического мониторинга при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог общего пользования и предоставлены соответствующие предложения, основным из которых является организация информационно-аналитического центра экологического мониторинга Укравтодора, что позволит обеспечить внедрение системы экологического мониторинга, поскольку на функциональные обязанности этого центра возложены основные этапы мониторинга.

N.A. Borodina

ANALYSIS OF IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM OF CONSTRUCTION, REPAIRMENT AND MAINTENANCE OF PUBLIC CAR ROADS

Introduced a System of environmental monitoring of construction, repairment and maintenance of public roads, which defines subjects and objects of monitoring was introduced. Basic principle of this system is an informational interconnection of the road sector enterprises (institutions). Actual materials for the implementation of the mentioned system are presented. Analysis of implementation of the environmental monitoring system of construction, repairment and maintenance of public roads was made and proposals were submitted, the main of which is organization of information–analytical center for environmental monitoring at "Ukravtodor", which will ensure the implementation of the environmental monitoring system, because it is the basic monitoring stages that are in range of functional responsibilities of the body.

УДК.504.556

В.В. ЯКОВЛЄВ¹, А.В. ТИПЦОВА²

¹ТОВ «Лабораторія якості води «ПЛАЯ», м. Харків

²Харківська національна академія міського господарства, м. Харків

ГІДРОГЕОЛОГІЧНЕ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БЮВЕТУ ДЖЕРЕЛЬНИХ ВОД НА ПРИКЛАДІ ДЖЕРЕЛА СУХА БАЛКА

Розглянуті природні умови джерела Суха Балка і запропонована конструкція його каптажу для децентралізованого водокористування. Обгрунтована окупність витрат на 3-му році функціонування каптажу за умови реалізації джерельної води за ціною 20 коп за літр.

З різних причин на Україні, як і в інших країнах зростає дефіцит якісної питної води. В той же час обізнаність населення у питанні якості води зростає і зростає на неї попит. Чиста природна вода поступово перетворюється на цінний ресурс з доволі високою ціною. Так вартість одного літру води, що розповсюджується автоцистернами у містах і селищах України на кінець 90-х років становила 10-15 коп, а станом на початок 2015 року вже становить 50-60 коп. Огляд можливих джерел придатної для питних цілей води показує, що одним з них є природні ключі, зони живлення яких знаходяться поза забудованими територіями [1]. Ці природні джерела води традиційно використовувалися і впорядковувалися або окремими місцевими мешканцями, або ж громадами найближчих поселень. За браком коштів і технічних засобів каптажі цих джерел у більшості випадків залишаються при наймі недостатньо впорядкованими з технічної і санітарної точок зору.

У даній роботі на основі виконаних автором досліджень зроблена спроба обгрунтувати доцільність облаштування бювету на базі одного з природних джерел Харківщини - Суха Балка. Розглянуті гідрогеологічні, технічні і економічні аспекти.

Джерело Суха Балка розташоване в Дергачівському районі Харківської області в 2 км на північний схід від районного центру м. Дергачі, поблизу с. Білаши (рис. 1).



Рис.1. Фото і схема розташування джерела Суха Балка з позначенням лінії геологічного розрізу.

Джерело приурочене до правого схилу балки, має вихід у вигляді ванни площею близько 1 м², обкладеної каменем, з якої витікає струмок (рис. 1). Джерело не має капітального каптажу. Дебіт джерела визначений тричі - у травні 2009 р., серпні 2010 р. і у березні 2013 р. не відрізнявся більше ніж на 10 % і у середньому становив 4,855л/с, або 419 450 л/добу, тобто це досить велике джерело. Схили балки круті, складені суглинком і чорноземом, під яким відкриваються зелено-сірі глисті алевроліти. Безпосередньо у місці витікання знаходяться характерні висипки зелено-сірого пісковиків, що свідчить про стратиграфічну приналежність водоносних порід до обухівської свити еоцену (див. рис 2). Природа джерел у цих відкладах пов'язана з літифікацією опоковидних порід, що включають аморфну кремнекислоту, і цим обумовлена тріщинуватість і значна проникність водовміщуючої товщі [2]. Практично, шари тріщинуватих порід обухівської свити відіграють роль ефективних колекторів для води, що фільтрується з поверхні землі крізь комплекс суглинистих і піщаних четвертинних і еоценових порід у межах древньої алювіальної тераси.

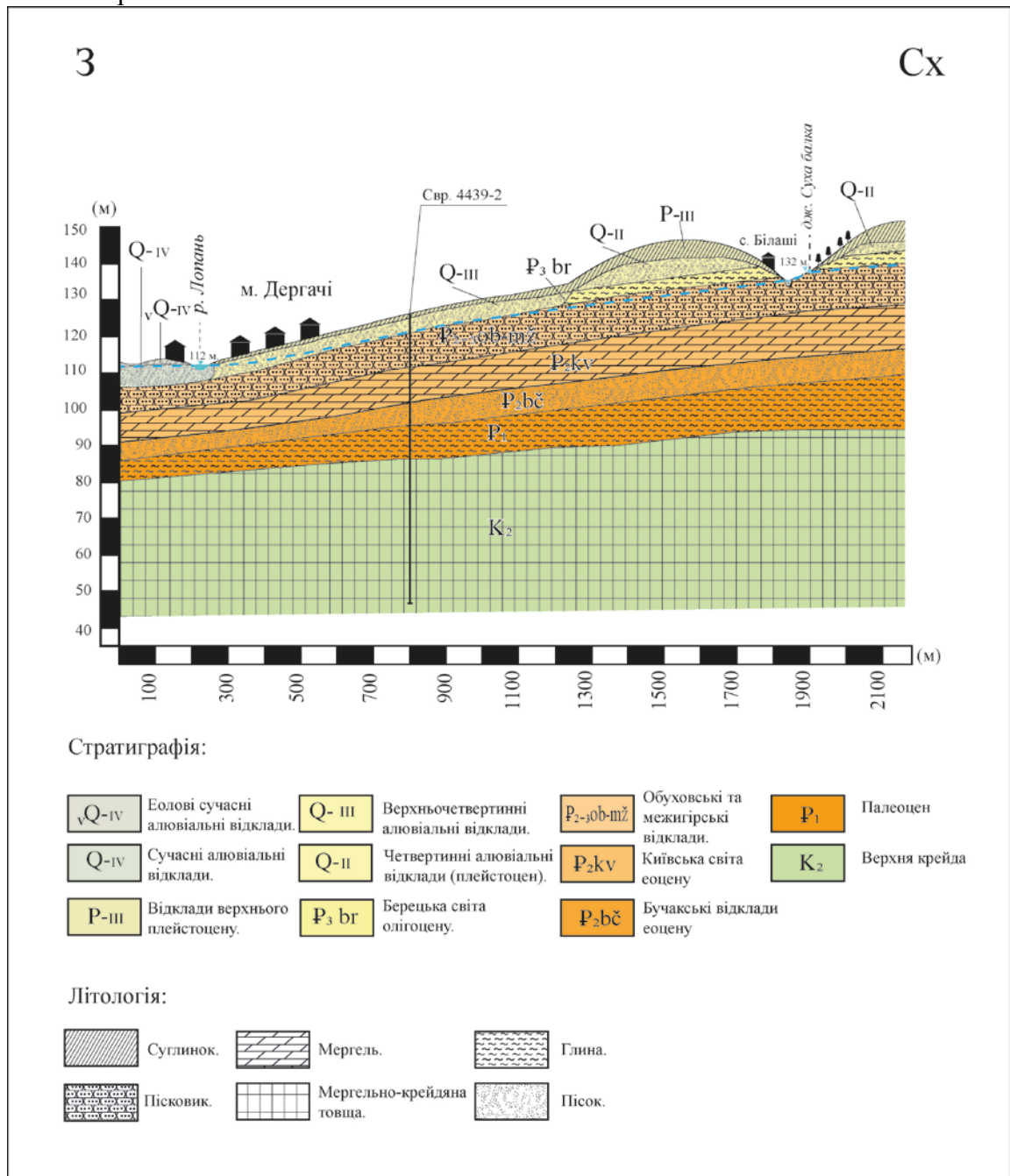


Рис. 2. Геологічний розріз.

В руслі вище джерела правий схил балки вкритий дубовим лісом, лівий - зайнятий дачним масивом. У зоні живлення джерела розташовані орні угіддя і дубовий ліс. Джерело діє щонайменше, весь час існування дачного кооперативу – 20 років. Користується великою популярністю, особливо влітку, коли до нього стоїть черга дачників і відвідувачів, що спеціально приїжджають за водою на машинах. Але відсутність підходів і каптажу призводить до стихійного, неупорядкованого і засміченого стану прилеглої ділянки.

Аналіз води джерела «Суша Балка» проведений у листопаді 2009 р. і березні 2013 р. лабораторією якості води «ПЛАЯ» представлений в табл. 1. З таблиці видно, що вода прісна, має сульфатно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий склад. При цьому показники є стабільними у часі і відповідають вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 щодо води каптажів і колодязів. Помітно підвищеним відносно природних значень є вміст нітратів, але допустима концентрація для питних вод (50 мг/дм³) не перевищена. Втім, цей показник необхідно надалі контролювати, і, зважаючи на сільськогосподарське використання угідь у зоні формування джерела, такий контроль потрібен також по вмісту пестицидів.

Таблиця 1. Результати аналізу води джерела «Суша Балка» виконаного ТОВ «Лабораторія якості води «ПЛАЯ»

| Показник | Одиниця вимірювання | Результат вимірювання на листопад 2009 р. | Результат вимірювання на березень 2013 р. | Вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 (для колодязів і каптажів) |
|---------------------|-----------------------------------|---|---|--|
| Запах | бали | немає | немає | 2 |
| Привкус | бали | немає | немає | 2 |
| pH | од pH | 6,64 | 6,58 | 6,5-8,5 |
| Окислюваність | мгО ₂ /дм ³ | 1,33 | 2,06 | не більше 5 |
| Сухий залишок | мг/дм ³ | 445 | 432 | не більше 1500 |
| Гідрокарбонати | мг/дм ³ | 278,2 | 270,32 | не регламент. |
| Сульфати | мг/дм ³ | 91,0 | 94,65 | не більше 500 |
| Хлориди | мг/дм ³ | 12,1 | 8,86 | не більше 350 |
| Кальцій | мг/дм ³ | 61,4 | 63,33 | не регламент. |
| Магній | мг/дм ³ | 13,1 | 13,38 | не регламент. |
| Натрій+Калій | мг/дм ³ | 61,4 | 65,6 | не регламент. |
| Жорсткість загальна | ммоль/дм ³ | 4,12 | 4,26 | не більше 10 |
| Карбонати | мг/дм ³ | <1,0 | <1,0 | не регламент. |
| Нітрити | мг/дм ³ | 0,005 | 0,005 | не більше 3,3 |
| Нітрати | мг/дм ³ | 28,46 | 28,7 | не більше 50 |
| Амоній | мг/дм ³ | 0,125 | 1,28 | не більше 2,6 |
| Фториди | мг/дм ³ | 0,64 | 0,38 | не більше 1,5 |
| Залізо загальне | мг/дм ³ | <0,05 | <0,05 | не більше 1,0 |
| Кремній | мг/дм ³ | Не визначався | 14,1 | не регламент. |

Таким чином, джерело Суша Балка має значний дебіт води досить високої якості, але при цьому не має належного благоустрою і облаштованих підходів для відвідувачів. Розрахуємо вартість благоустрою даного джерела.

Ключ Суша Балка є низхідним (безнапірним) джерелом. Згідно діючих нормативів для побудови каптажу низхідного джерела [3,4] необхідно: розчистити джерело; влаштувати шахту колодязь і пов'язати її з корінними водовміщуючими відкладами (див.рис.3); захистити споруду водовідвідною (нагорною) канавою і глиняним замком для

запобігання потрапляння забруднених вод, обладнати переливну трубу, розраховану на найбільший дебіт; встановити вентиляційну трубу з водоприймальною камери, поділеної навпіл для затримання осаду, облаштувати сходи і кришку, що замикається на замок; передбачити утеплення камери; виконати благоустрій території, огородити зону санітарної охорони суворого режиму і під'їзні шляхи.

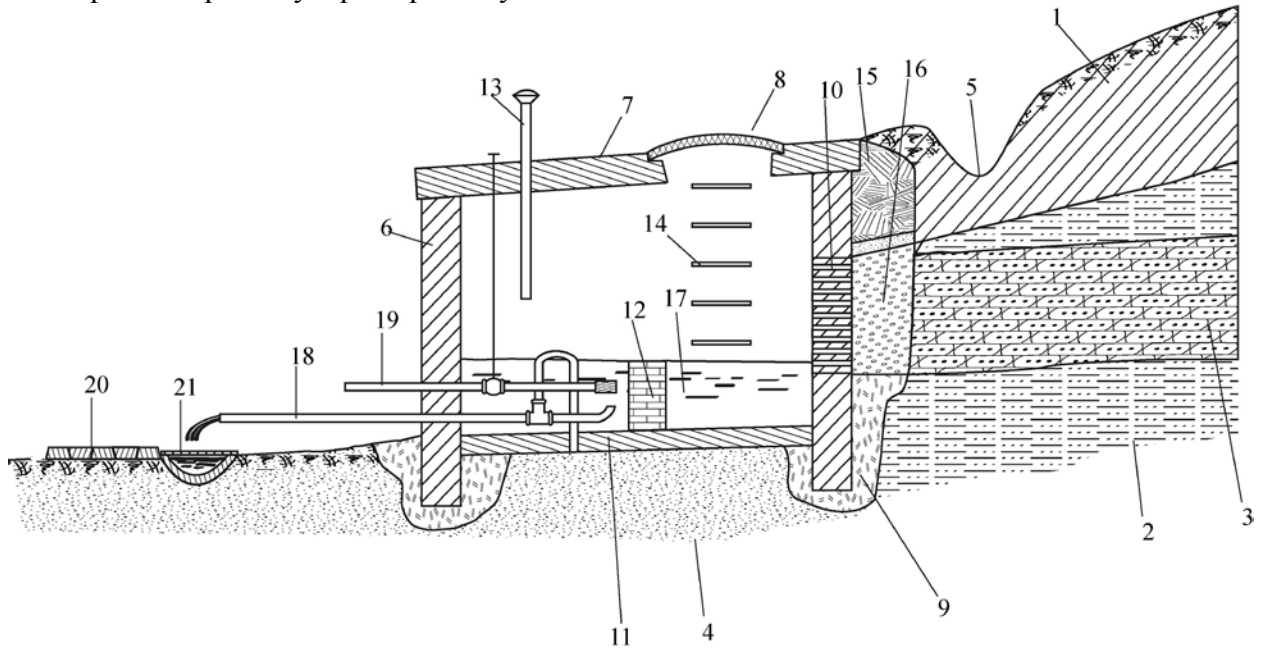


Рис. 3. Принципова конструкція каптажу джерела Суха Балка. 1) делювіальний суглинок; 2) алевроліти та глини; 3) пісковики і окремі опокіподібні алевроліти тріщинуваті водоносні; 4) піски і супіски балочні; 5) нагріна водовідвідна канава; 6) бетонна стіна; 7) бетонний дах; 8) люк; 9) бетон; 10) бетонна підпірна стінка з каналами для води; 11) бетонна основа; 12) роздільна стіна цегляна; 13) вентиляційна труба пластикова; 14) сходи чавунні; 15) глиняний замок; 16) гравійний фільтр з крупнопіщаною подушкою у кровлі; 17) басейн з водою; 18) труба переливна сталева; 19) труба водозабірنا сталева; 20) плитка тротуарна; 21) решітка чавунна і відвідний лоток пластиковий.

Оцінимо вартість робіт по благоустрою джерела Суха Балка (табл. 2).

Таблиця 2. Орієнтовна оцінка вартості будівельно-монтажних робіт по благоустрою каптажу для джерела Суха Балка (у цінах на 2014 р.)

| Вид робіт | Вартість | Орієнтовна оцінка вартості робіт при благоустрою каптажу |
|---|---------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Земляні роботи – копання в умовах водоприпливу і водовідведення | 300 - 400 грн./м ² | 25 м ² * 400 грн. = 11200 грн. |
| Покупка і доставка залізобетонних плит перекриття | 1600 грн./шт., Доставка – 200 грн. | 6 плит * 1600 грн. + 200 грн = 9800 грн.. |
| Оренда під'ємного крана для установки плит | 250 грн./год | 250грн. * 8 годин = 2000 грн. |
| Облаштування глиняного замка | 300 грн. | 300 грн. |
| Покупка і доставка гідроізоляційного матеріалу – бентонітових матів | 120 грн./м ² | 25 м ² * 120 грн./м ² = 3000 грн. |
| Покупка і доставка піщано-гравійної суміші і плит | 60 грн./т, Доставка – 200 грн. | 60 грн./т + 200 грн. = 260 грн. |

| | | |
|---|------------------------|---|
| Покупка і доставка труби d=108 мм | 227 грн./м | 15м*227 грн./м = 3400 грн. |
| Покупка і доставка пластмасової вентиляційної труби d=100 мм, 3 м | 35 грн./шт. | 35 грн. |
| Покупка і доставка полімерного люку оглядового колодязя | 350 грн./шт. | 350 грн. |
| Покупка і доставка 10 металевих сходів | 50 грн./шт. | 10*50 грн.=500 грн. |
| Монтаж павільйону | 65 грн./м ² | 25 м ² *65 грн./м ² =1650грн. |
| Монтаж водовідвідних рівчаків | 15 грн./м.п. | 40 м * 15 грн./м.п. = 600 грн. |
| Роботи по укладанню плитки при облаштуванні підходів | 55 грн./м ² | 200 м ² *55 грн./м ² = 11000 грн. |
| Монтаж огороження (забору) | 70 грн./пог. м | 500 м*70 грн./п. м. = 35000 грн. |
| Озеленення території найбільш швидкорослим сортом туї - західна Брабант | 410 грн./шт. | 15 шт.*410 грн./шт. = 6200 грн. |
| Встановлення лавок | 900 грн./шт. | 900 грн./шт. * 5 шт. = 4500 грн. |
| Резерв | 3 % від загальної суми | Загальна сума - 89800 грн. 3 % - 2700 грн. |
| ВСЬОГО: | | 92500 грн. |

Окрім того, після влаштування каптажу повинна проводитися його чистка не рідше одного разу на рік з одночасним поточним ремонтом устаткування і кріплення. На сьогоднішній день вартість чистки і дезінфекції каптажу складає близько 1000 грн.

Також потрібний спеціальний персонал для постійного спостереження за порядком на джерелі, його охорони, наведення ладу в зоні санітарної охорони поясу суворого режиму та реалізації води. Заробітна плата для цього персоналу обійдеться в суму близько 30 тис. грн. на рік.

Розрахуємо орієнтовний дохід від реалізації води після благоустрою джерела. Джерело Суха Балка використовується постійно 86 жителями с. Білаши, а також сезонно (влітку) власниками дачних ділянок (у дачному масиві знаходиться близько 35 дач). Припустимо, що джерело відвідується місцевими жителями щодня, при чому вода набирається в тару місткістю до 5 л. Власники дачних ділянок впродовж дачного сезону (травень-вересень) приїжджають до джерела на автомашинах і набирають близько 50 л води за раз. Отже, обсяг води, який забирають з джерела щорік складе:

$$86 \text{ чол.} \cdot 5 \text{ л} \cdot 365 \text{ діб} + 150 \text{ діб} \cdot 50 \text{ л} \cdot 35 \text{ чол.} = 419\,450 \text{ л/рік.}$$

Припустимо, що відпускна ціна на воду після благоустрою джерела складе 20 коп. за літр, тоді дохід від реалізації води складе:

$$0,20 \text{ грн.} \cdot 419\,450 \text{ л/рік} = 83\,890 \text{ грн./рік.}$$

Розрахуємо ефективність проекту по благоустрою джерела, використовуючи наступну формулу [5]:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

де NPV – показник чистої сучасної вартості;

t – рік з початку виконання проекту (за нуль приймається поточний рік);

B_t – економічна вигода (ефект, прибуток) від здійснення проекту в році t;

C_t – витрати на реалізацію проекту в році t ;

r – норма дисконту, прийємо рівною 0,15.

Проект вважається інвестиційно привабливим, якщо існує такий рік t , в якому $NPV > 0$.

Розрахунок NPV від благоустрою джерела представлений в табл.3

Капітальні витрати при спорудженні каптажу складають – 92500 грн./рік

Експлуатаційні витрати (заробітна плата спеціального персоналу) складають – 31 000 грн./рік.

Таблиця 3. Розрахунок NPV від благоустрою джерела

| Рік, t | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------|--------|-----------|----------|-----------------|----------|----------|-----------|
| Витрати, C_t , грн. | 92500 | 31000 | 31000 | 31000 | 31000 | 31000 | 31000 |
| Вигода, V_t , грн. | 0 | 83890 | 83890 | 83890 | 83890 | 83890 | 83890 |
| $C_t - V_t$ | 92500 | 52890 | 52890 | 52890 | 52890 | 52890 | 52890 |
| NPV_{0-9} | -92500 | 45991,30 | 39992,44 | 34776,03 | 30240,03 | 26295,68 | 22865,81 |
| Прибуток, NPV , грн. | -92500 | -46508,70 | -6516,26 | 28259,78 | 58499,81 | 84795,48 | 107661,29 |
| $(1+r)^t$ | 0,00 | 1,15 | 1,32 | 1,52 | 1,75 | 2,01 | 2,31 |

$$NPV_0 = \frac{0 - 92500}{(1 + 0,15)^0} = -92500 \text{ грн.}$$

$$NPV_1 = \frac{61390 - 11000}{(1 + 0,15)^1} = 45991,30 \text{ грн.}$$

$$NPV_2 = \frac{61390 - 11000}{(1 + 0,15)^2} = 39992,44 \text{ грн.}$$

$$NPV_3 = \frac{61390 - 11000}{(1 + 0,15)^3} = 34776,03 \text{ грн.}$$

$$NPV_4 = \frac{61390 - 11000}{(1 + 0,15)^4} = 30240,03 \text{ грн.}$$

$$NPV_5 = \frac{61390 - 11000}{(1 + 0,15)^5} = 26295,68 \text{ грн.}$$

$$NPV_6 = \frac{61390 - 11000}{(1 + 0,15)^6} = 22865,81 \text{ грн.}$$

Із табл. 3 видно, що проект по благоустрою джерела Суха Балка окупиться через 3 роки (NPV на 3-й рік складе 28 259,78 грн. >0). Отже, благоустрій даного джерела можна вважати економічно ефективним.

Якщо порівняти вартість води з джерела Суха Балка після його благоустрою з вартістю артезіанської води, яка масово розповсюджується за допомогою автоцистерн у обласному центрі - м. Харкові, передмістях і районних центрах і реалізується за роздрібною ціною 60 коп. за літр (на березень 2015 р.), то вийде, що джерельна вода коштуватиме у 2,75 разів менше, ніж розвізна. Це робить джерело Суха Балка привабливим для жителів міста Дергачі. Джерело знаходиться на відстані 2 км від міста, вода в ньому відповідає нормам і при цьому ціна на цю воду суттєво нижча, ніж на воду, яка розвозиться з артезіанських свердловин у Харкові і передмістях. Якщо джерелом почнуть користуватися і жителі найближчої до нього околиці міста Дергачі, то проект по благоустрою окупиться швидше, ніж за 3 роки.

Висновки

1. Джерело Суха Балка за кількістю і якістю води а також за екологічними умовами придатне для облаштування бювету і може використовуватися для децентралізованого питного водопостачання населення.

2. При відпускній ціні на воду 20 коп за літр окупність затрат наступить на 3-й рік функціонування бювету.

3. Зважаючи на недостатню захищеність водоносного горизонту обухівських відкладів при експлуатації джерела необхідно контролювати вміст у воді нітратів і пестицидів.

1. Дмитренко Т.В., Яковлев В.В. Первоочередные задачи изучения родников как возможного источника питьевого водоснабжения в Харьковской области// Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов» №74 – Киев «Техніка», 2006. – С. 211-214.
2. Дмитренко Т.В. Результаты исследования родников г. Харькова и перспективы их использования населением /Дмитренко Т.В., Шараевская Л.А., Яковлев В.В. //Вестник технического университета “Харьковский политехнический Институт”№3, Харьков, 2002. С. 211-221.
3. Державні санітарні правила і норми «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною» ДСанПін 2.2.4-171-10 – 2010.
4. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02-84), ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. - Москва «Стройиздат», 1989. – 271 с.
5. Методичні вказівки щодо порядку техніко-економічного обґрунтування балансової належності експлуатаційних запасів родовищ питних і технічних підземних вод. – Київ, 2010. – 20 с.

1. Dmitrenko T.V. Prior tasks of springs investigation as a possible source of drinking water in the Kharkiv region/ Dmitrenko T.V., Yakovlev V.V.// Scientific and technical collection “Utilities cities” №74 – Kiev “Machinery”, 2006. – P. 211–214. [in Russian]
2. Dmitrenko T.V. Results of the springs investigation in Kharkov and the prospects for their use by the public/ Dmitrenko T.V., Sharaevskaya L.A., Yakovlev V.V.// Technical University Bulletin "Kharkiv Polytechnic Institute" №3, Kharkiv, 2002. – P. 211–221. [in Russian]
3. State sanitary rules and norms "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" (STATE STANDARDS 2.2.4–171–10). Approved by the Ministry of Health of Ukraine of 12.05.2010 № 400. [in Ukrainian]
4. Design Manual for Groundwater Intake Structures (to the SNIP 2.04.02–84). Institute VODGEO Gosstroy USSR. – Moscow "Stroyizdat", 1989. – 271 p. [in Russian]
5. Guidance on the order of the feasibility accounting attribution of operational reserves and technical fields of drinking groundwater. – Kyiv, 2010. – 20 p. [in Ukrainian]

В.В. Яковлев, А.В. Типцова

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ БЮВЕТА РОДНИКОВЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ИСТОЧНИКИ СУХАЯ БАЛКА

Рассмотрены природные условия родника Сухая Балка и предложена конструкция его каптажа для целей децентрализованного водопользования. Обоснована окупаемость затрат на 3-й год функционирования каптажа при условии реализации родниковой воды по цене 20 коп за литр.

V.V. Yakovlev, A.V. Tiptsova

THE HYDROGEOLOGICAL, TECHNICAL AND ECONOMICAL JUSTIFICATION OF THE CAPTATION OF WATER SOURCE BY EXAMPLE OF SUKHA BALKKA SOURCE

The natural conditions of Sukha Balkka source are considered and its captation construction for the decentralized water supply is proposed. The cost recovery for 3-year captation operation is substantiated at the price of 0.2 hrn per water liter from spring.

УДК 504.03

О.О. КРИВЕЦЬ¹, Ю.В. ЮСЬКІВ²

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

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

ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Проведення реформи децентралізації влади порушило питання залучення територіальної громади до процесу управління природно-техногенною безпекою на місцевому рівні. В Хіозькій та Сендайській рамкових програмах дій ООН наведено механізми залучення територіальних громад до процесу управління природно-техногенною безпекою, створюючи спеціальні інтерактивні сайти-платформи та групи в соціальних мережах

Мета. Порівняльний аналіз вітчизняних та зарубіжних систем цивільного захисту населення.

Завдання. Визначення ролі територіальної громади в системі державного управління цивільного захисту та формування пропозиції щодо вдосконалення системи державного управління цивільного захисту населення на основі аналізу національної та міжнародної систем цивільного захисту населення.

Актуальність. Згідно досліджень ООН найефективніше управління природно-техногенною безпекою будь-якої країни можливе лише через безпосередню участь територіальної громади в даному процесі. Природно-техногенні катастрофи (прикладом 2015 року є: пожежа на нафтобазі у Василькові, вибухи на автозаправках в місті Переяслав-Хмельницькому та місті Бровари тощо) розкривають ситуації, в яких місцеве населення є абсолютно необізнане з питань захисту та поведіння в надзвичайних ситуаціях. Низький рівень знань природно-техногенних ризиків та небезпек призводить до більш швидкого темпу поширення паніки та збільшення кількості постраждалих в разі виникнення надзвичайної ситуації. Створення дієвої геоінформаційної аналітичної системи надасть можливість інформувати населення про природно-техногенні загрози та залучати місцеві громади до процесу управління природно-техногенною безпекою.

Основна частина. Для залучення громади до управління природно-техногенною безпекою створюють спеціальні сайти-платформи в інтернет мережі. Вони містять інформацію про всі можливі види загроз на всіх територіальних рівнях, а також мають діалогове вікно, за допомогою якого кожен користувач може дати запит, щодо отримання інформації про безпеку того чи іншого місця, об'єкту або надіслати інформацію про надзвичайну ситуацію. Саме такий діалог територіальної громади з представниками влади у галузі безпеки є ефективною взаємодією влади та населення у разі виникнення загроз та небезпек природно-техногенного характеру. Власниками інтернет платформ є міжнародні, урядові та неурядові організації, які працюють в сфері національної безпеки. Наприклад, в США, Канаді, Франції та Угорщині створені потужні відкриті геоінформаційні платформи, які інформують населення про стан природно-техногенної безпеки, відображають дані моніторингу навколишнього природного середовища та дають можливість діалогу кожного мешканця з управлінцями даної галузі. Громадяни мають змогу слідкувати за станом природно-техногенної безпеки свого будинку, подвір'я, вулиці, потенційно небезпечних об'єктів на всіх територіальних рівнях але і вчасно повідомити про локальні ризики і небезпеки, отримати інструктаж про дії в конкретній небезпечній ситуації.

Детальніше розглянемо існуючі дієві геоінформаційні платформи. Найпотужніша геоінформаційна платформа працює в інтернет порталі ООН – PreventionWeb, це проект

Департаменту ООН зі зменшення небезпеки лих (UN Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR)) [3].

У першій вкладці розглядаються ризики катастроф за такими складовими: ризики стихійних катастроф, лих, чутливість до впливу ризиків, уразливість. Виділяють наступні фактори впливу: зміна клімату, деградація навколишнього середовища, глобалізація економічного розвитку, бідність та нерівність, нераціональне планування розвитку міст, неефективна діяльність місцевого урядування. Також представлено основні концепції забезпечення природно-техногенної безпеки: максимальна гранично допустима стійкість території до небезпек та ризиків, детермінований та імовірнісний ризики, прямі й непрямі втрати, зниження ризику природно-техногенних небезпек та управління ризиками природно-техногенних катастроф, інтенсивний та екстенсивний ризики, стійкість до надзвичайних ситуацій, «суверенний» ризик. В другій вкладці надається інформація про Сендайську рамкову програму. В третій вкладці інтерактивна онлайн карта «Регіони-Країни», надаються у відкритому доступі карти всіх регіонів світу на яких позначено природні загрози та катастрофи в п'ятсот річному часовому розрізі. У вільному доступі надані національні геоінформаційні платформи з природно-техногенної безпеки, інформаційні ресурси (карти, статистичні дані, аналітичні звіти, урядові організації з надзвичайних ситуацій), що містять інформацію про стан природно-техногенної безпеки кожної країни. В четвертій вкладці «Теми та Питання» розміщені такі тематичні ресурси:

- розвиток потенціалу територіальних громад (містить інформацію про використання можливостей, оцінку потенціалу, навчання територіальних громад та інституційного навчання, планування розвитку, інституційне зміцнення і розвиток, функціональні можливості, технічні можливості),
- територіальні громади та неурядові організації (містить інформацію про громадянську активність, колективну дію спільноти, організацію дієвої громади, неурядові організації, волонтерські добровільні об'єднання громадян),
- зміна клімату (містить інформацію про адаптацію до зміни клімату, необхідні заходи для полегшення адаптації, адаптаційний потенціал, стійкість клімату, управління кліматичними ризиками),
- добровільні об'єднання громадян – спільноти, що беруть активну участь в управлінні ризиками (містить інформацію про спільноту, що бере активну участь в управлінні ризиками стихійних лих, оцінку уразливості громади, готовність громади до стихійних лих, зниження ризиків громади, оцінка місцевого потенціалу, локальне відображення ризику),
- багатокomпонентна оцінка надзвичайної ситуації (містить інформацію про багатоскладові природно-техногенні катастрофи, гуманітарну кризу, конфлікти),
- інфраструктура (містить інформацію про системи та мережі зв'язку, медичні установи, рятівні засоби, потужності та енергетику, притулки на випадок екстреної евакуації, фінансову інфраструктуру, школи, елементи транспортних систем, утилізацію відходів, водопостачання),
- культурна спадщина (містить інформацію про збереження спадщини, традиційні методи збереження культурної спадщини, ноу-хау в системі збереження культурної спадщини, традиційні житла, практики підвищення стійкості до небезпек місцевого населення, місцеве населення в системі раннього попередження небезпек та катастроф, механізми підвищення стійкості громад, матеріальну та нематеріальну спадщини, історичні будівлі, історичні міські райони, культурні ландшафти, археологічні пам'ятники, пам'ятники народної архітектури, культурний вимір та можливі ризики, оцінку ризику для національної спадщини та колективної пам'яті, ідентичності),
- управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій (зниження дії наслідків стихійних лих, підвищення готовності до стихійних лих, запобігання стихійних лих, план скорочення ризиків стихійних лих, планування на випадок непередбачених катастроф, управління ризиками стихійних лих),

- завчасне попередження катастроф та загроз (попередження катастроф та загроз задовго до можливого періоду враження) (розповсюдження інформації та попередження серед громадян; система попередження “End to end”, моніторинг, аналіз і прогнозування небезпек; люди в центрі системи раннього попередження),
- економіка зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (можливі руйнування спричинені катастрофами та оцінка втрат, фонди фінансування зниження ризику стихійних лих, фінансові збитки від лиха, бідність і ризику стихійних лих, соціально-економічні наслідки стихійних лих),
- освіта і школа безпеки (освітні програми з запобігання стихійних лих, безперервність освіти, безпечні школи, школа по ліквідації наслідків стихійних лих),
- навколишнє природне середовище (вирубка лісів, екосистеми та екологічний менеджмент, деградація навколишнього природного середовища, оцінка впливу на навколишнє природне середовище, Комплексне управління природними ресурсами, землекористування),
- продовольча безпека та сільське господарство (сільськогосподарські мікрокредити та фінанси, сільськогосподарське управління ризиками, «клімат-розумне» сільське господарство, розподіл врожаю, диверсифікована система землеробства, обсяг зберігання продуктів харчування, сільське планування землекористуванням, управління в тваринництві),
- гендер (гендерна вразливість, управління ризиками з урахуванням гендерних аспектів катастрофи),
- ГІС і картографія (географічні інформаційні системи, відображення експозиції небезпек, відображення уразливості, відображення ризиків),
- місцеве урядування (підзвітність, розширення прав і можливостей місцевого урядування, координація, політика скорочення ризиків стихійних лих і законодавство, Національна платформа щодо зниження ризику лих),
- здоров'я та послуги краси (функціональні можливості практикуючих лікарів, наслідки зміни клімату та навколишнього середовища на здоров'я людини, ризику виникнення надзвичайних ситуацій та їх вплив на здоров'я людини, заклади охорони здоров'я та надання послуг, забезпечення готовності закладів охорони здоров'я до небезпек, гендерне, психічне та громадське здоров'я; вплив санітарії та водопостачання на здоров'я, психологічна підтримка, безпека лікарень, профілактика травм),
- компетентність місцевого населення (реалізація заходів безпеки через систему раннього попередження населення, адаптація до місцевих умов, знань, традицій; продовольча безпека і сільськогосподарська практика, гірські екосистеми, керування річковими басейнами, управління водними ресурсами),
- управління інформацією (статистичні масиви інформації про небезпеки та стандарти обміну інформацією; бази даних про ризики та небезпеки та управління інформацією; інформаційні портали з небезпеки катастроф; управління розповсюдженням знань про зниження ризику стихійних лих, використання соціальних мереж і співтовариств; інформаційні та комунікаційні технології; інформація планування; обмін інформацією),
- страхування ризиків (страхування лих, мікро-страхування, кредити на відновлення різного майна, що постраждало внаслідок стихійних лих, фінансування ризиків, страхування ризиків),
- засоби масової інформації (пропаганда та підвищення обізнаності громадськості, звітність про ризики, інформування громадськості про зниження небезпеки катастрофи, інформування про ризики),
- державно-приватне партнерство (ділове партнерство для зниження ризику стихійних катастроф, громадянська діяльність та державно-приватне партнерство, корпоративна соціальна відповідальність влади і приватного сектора),

- відновлення (швидке відновлення пошкоджених будівель з урахуванням довгострокової перспективи, гуманітарне планування довгострокового зниження ризику, довгострокового відновлення та реконструкції, психо-соціальні проблеми та довгострокове планування відновлення наслідків стихійних лих, оцінка потреб населення),
 - ідентифікація та оцінка ризиків (оцінка небезпеки, оцінка ризиків, аналіз ризиків: уразливість території та людини),
 - соціальні наслідки і стійкість (потенціал, культура, втрата засобів існування, психологічні наслідки і стійкість, психологічна підтримка, соціальна вразливість),
 - космічні технології (супутникові знімки катастрофи),
 - структурна безпека (будівельні норми, будівельні матеріали, будівництво, модернізація),
 - міське планування і ризику (пружні міста, міське планування, управління міським господарством),
 - уразливі групи населення (уразливі групи населення, у тому числі: діти, діти-сироти, люди похилого віку, безхатченки, госпіталізовані люди, нелегальні іммігранти, медично або хімічно залежні, мігранти, людини з обмеженими можливостями),
 - вода (стійке управління водними ресурсами, в тому числі: питною водою, прісною водою, зрошення, водопостачання та санітарія)[3].

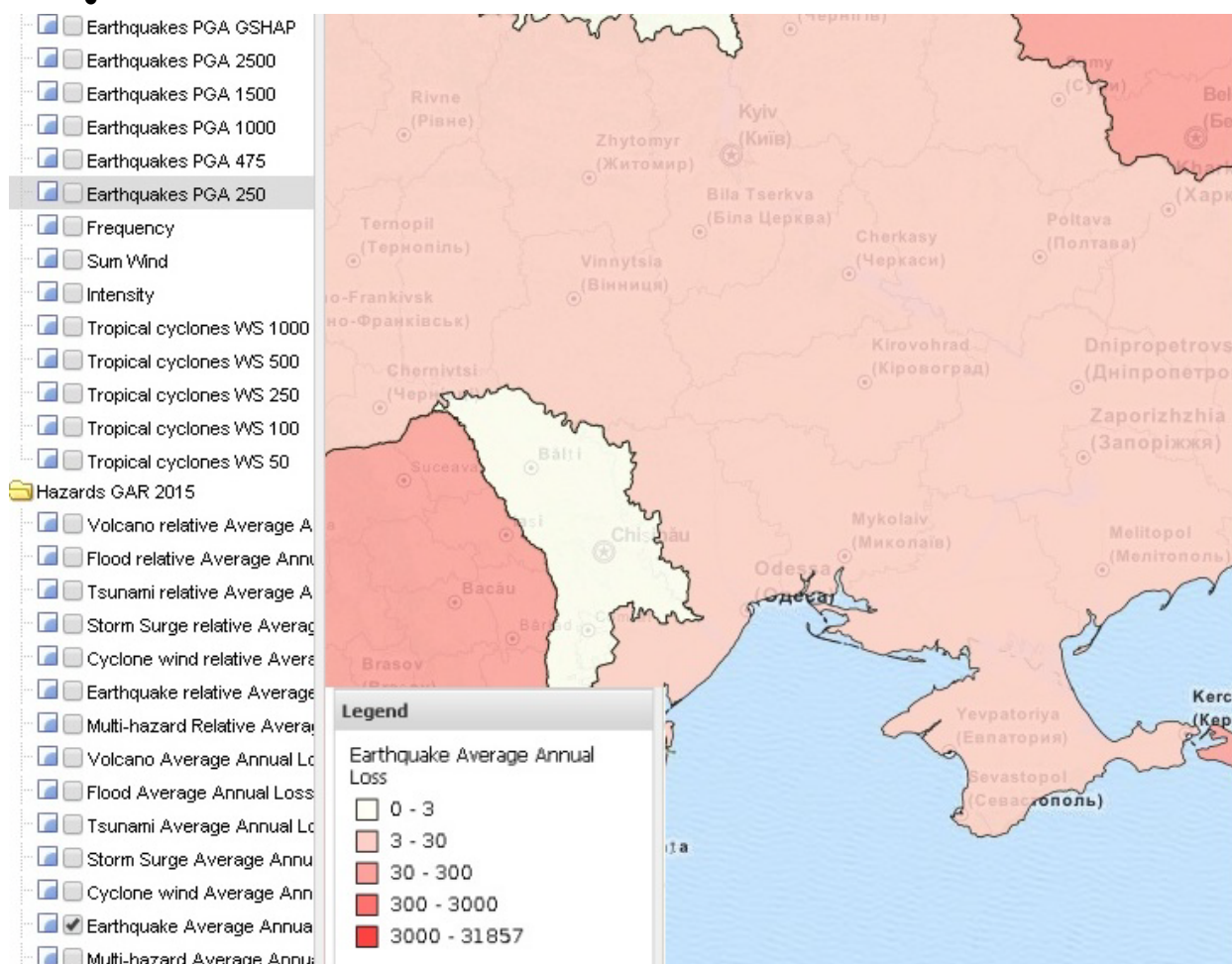


Рис. 1. Середньорічні втрати від землетрусів (Скріншот з сайту платформи PreventionWeb) [3]

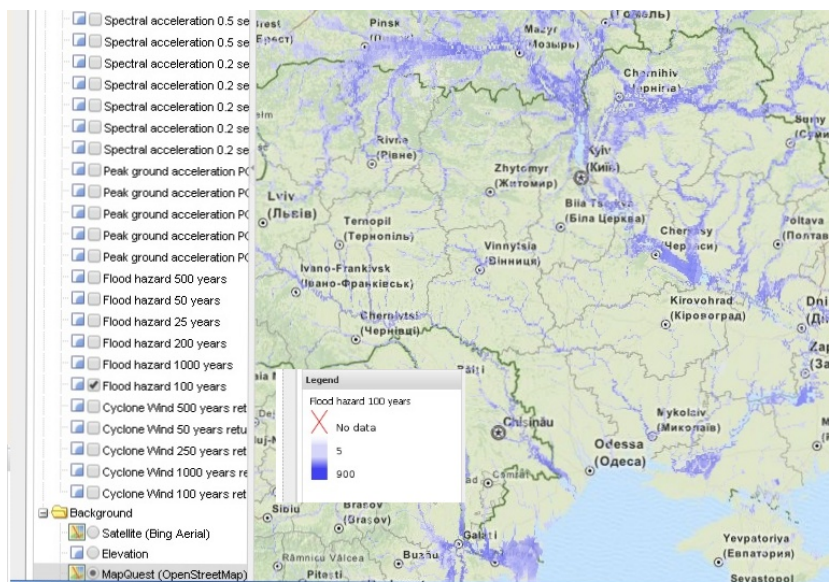


Рис. 2. Небезпека повені за останні 100 років (Скріншот з сайту платформи PreventionWeb) [3]

В Україні, на жаль, такі геоінформаційні системи не розроблені. Наразі є спроби Державна служба України з надзвичайних ситуацій створити геоінформаційну систему, але ця система не є функціональною та не передбачає можливості діалогу громади та управлінців у сфері природно-техногенної безпеки. Про необхідність створення сучасної геоінформаційної платформи ще у 2011 році зазначали Я.Б. Олійник, А.Л. Мельничук, О.Ю. Кононенко [1]. Для досягнення природно-техногенної безпеки на регіональному рівні вони запропонували такі заходи: регіональні програми, що дозволять запобігти та передбачити природно-техногенну безпеку; адресний моніторинг природних та техногенних небезпечних об'єктів; проведення тренінгів та роз'яснювальних робіт з населенням, яке знаходиться в зоні впливу небезпечних об'єктів; ефективні заходи щодо попередження катастроф на небезпечних об'єктах; облік фінансових, людських та матеріальних ресурсів з метою забезпечення необхідними медикаментами, обладнанням та засобами особистого захисту; проведення технологічної експертизи потенційно небезпечних об'єктів; стандартизація технологій безпеки та технологій виробництва; впровадження ефективної системи оподаткування, системи контролю за впливом на навколишнє природне середовище, системи стандартизації, метрології, сертифікації, ліцензування; надання суспільству об'єктивної інформації про природно-техногенну безпеку району через сучасну ГІС та через систему зворотного зв'язку [1].

В 2014 році Кабінет міністрів України видав постанову № 11 «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту», але вона не включає всі вищезазначені заходи. У постанові не залучені територіальні громади до механізму управління природно-техногенною безпекою регіону, їх розглядають як опосередкованого учасника процесу управління. В законі прописано лише обов'язок влади інформувати населення про виникнення небезпек, та евакуацію населення в разі виникнення такої потреби. Керуючись лише такими заходами владі не вдасться ефективно управляти природно-техногенною безпекою як на локальному так і на регіональному рівнях. Нами проаналізовано існуючий ієрархічний поділ в управлінні єдиної державної системи цивільного захисту. Управління здійснюється «згори-вниз»: Держава через Центральні органи виконавчої влади, Обласні державні адміністрації, Районні державні адміністрації, управляє міськими, селищними, сільськими радами та місцевими відділеннями Державна служба України з надзвичайних ситуацій, що в свою чергу безпосередньо співпрацюють з місцевою громадою. Також виявлені недоліки існуючого ієрархічного поділу в управлінні єдиної державної системи цивільного захисту: відсутність програм природно-техногенної безпеки регіонів; не проводиться адресний моніторинг природно-техногенних небезпечних об'єктів; не проводиться роз'яснювальна робота з місцевим населенням; не

проводяться тренінги з населенням на тематику ризиків та можливих небезпек та правил поведінки в разі виникнення надзвичайних ситуацій; не проводиться на належному рівні технологічна експертиза на потенційно небезпечних об'єктах, населення не забезпечується засобами особистого захисту, населенню не надається об'єктивна інформація про природно-техногенну безпеку на всіх територіальних рівнях.

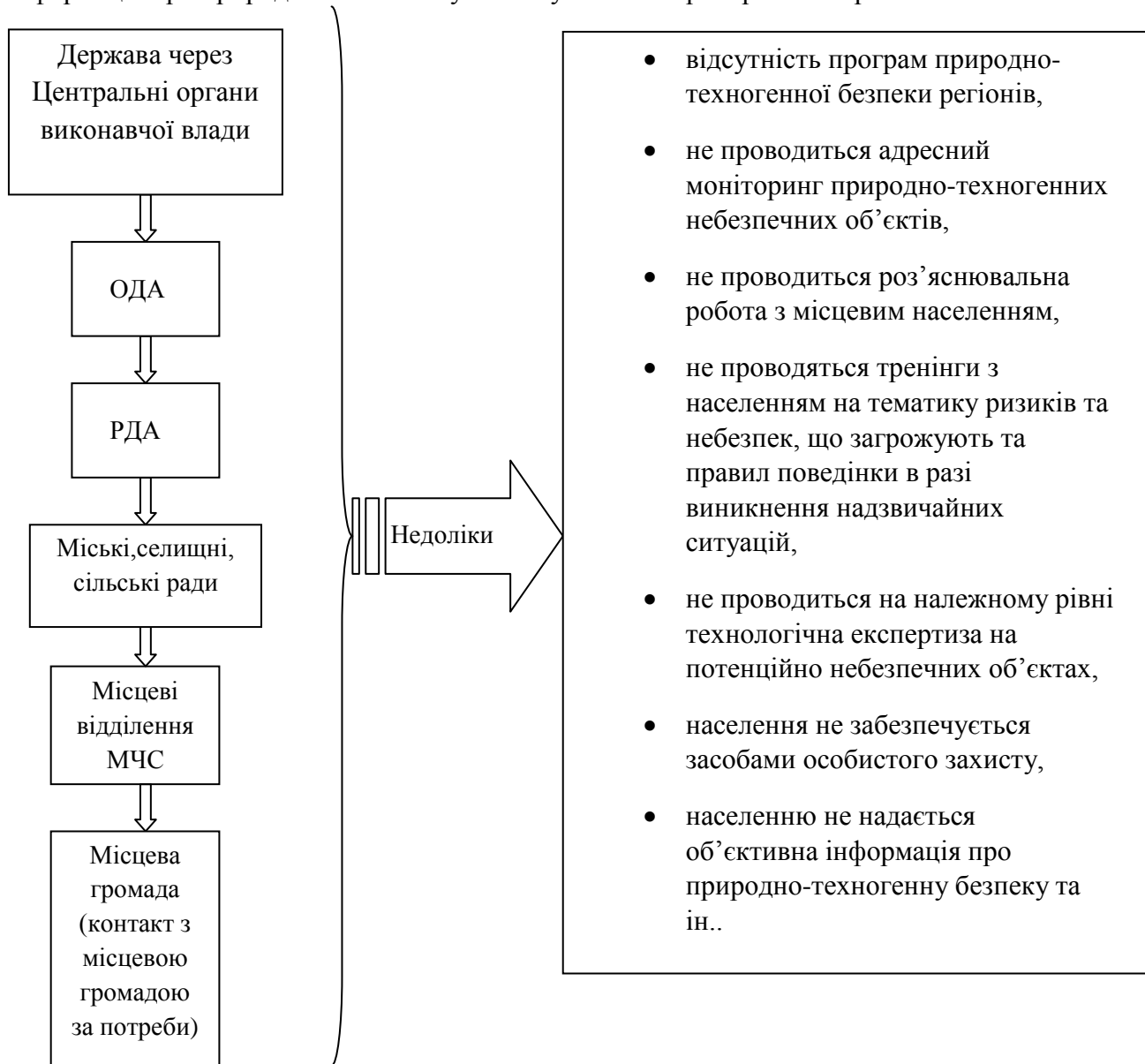


Рис. 3. Ієрархічний поділ в управлінні єдиної державної системи цивільного захисту. Управління здійснюється «згори-вниз» (побудовано Кривець О.О. на основі аналізу постанови № 11 «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту» [2])

Пропонуємо нову ієрархічну систему управління цивільного захисту населення «знизу-догори», її сутність полягає в тому що до управління системою безпеки залучається місцева громада, завдяки тісним взаємозв'язкам громади з органами управління: місцева громада безпосередньо веде діалог з працівниками місцевих відділень Державної служби України з надзвичайних ситуацій та міськими, селищними, сільськими радами через геоінформаційну платформу. А вже місцева влада співпрацює з районними та обласними державними адміністраціями, та центральними органами виконавчої влади. Запропонована система сформована на принципі субсидіарності, тобто управління в територіальних громадах максимально наближається до людей та не зазнає впливу центральних органів влади.



Рис. 4. Перспективна ієрархічна система управління цивільного захисту населення «знизу-догори». (розроблено Кривець О.О.)

Наведено переваги запропонованої системи: населенню надається об'єктивна інформація про природно-техногенну безпеку; проводиться роз'яснювальна робота з місцевим населенням (з використанням геоінформаційної платформи в мережі інтернет); проводяться тренінги з населенням на тематику ризиків та небезпек, що загрожують та правил поведінки в разі виникнення надзвичайних ситуацій; на основі інформації отриманої за допомогою ГІС, врахувавши небезпеки та загрози на локальному рівні, можливість створювати програми природно-техногенної безпеки регіонів; використовуючи діалогову функцію геоінформаційної системи, проводиться адресний моніторинг природно-техногенних небезпечних об'єктів.

Висновки. Для вдосконалення національної системи цивільного захисту населення необхідно затвердити на законодавчому рівні заходи забезпечення природно-техногенної безпеки як базові та обов'язкові до виконання. Проведення реформи з децентралізації влади базується на основі створення спроможних територіальних громад – здатність територіальної громади самостійно або через відповідні органи місцевого самоврядування забезпечити належний рівень надання послуг, зокрема, у сфері освіти, культури, охорони здоров'я, соціального захисту, житлово-комунального господарства – з урахуванням кадрових ресурсів, фінансового забезпечення та розвитку інфраструктури відповідної адміністративно-територіальної одиниці» [4]. Обізнаність та активне залучення громадян

до процесу управління природно-техногенною безпекою дасть можливість сформувати більш стійку до ризиків і загроз територіальну громаду.

1. Yaroslav Oliynyk, Anatoliy Melnychuk, Olena Kononenko Geographical Principles of The Regional Natural and Manmade Disaster Security Management in Ukraine "Geography, Environment, Sustainability" Content 4 (4) 2011 PP. 84-97. (in English)

2. Постанова Кабінету міністрів України № 11 від 9 січня 2014 р «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту»

3. Сайт національної французької геоінформаційної платформи з природно-техногенної безпеки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.preventionweb.net/risk>

4. Методика формування спроможних територіальних громад // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=248117469&cat_id=246711250

1. Yaroslav Oliynyk, Anatoliy Melnychuk, Olena Kononenko Geographical Principles of The Regional Natural and Manmade Disaster Security Management in Ukraine "Geography, Environment, Sustainability" Content 4 (4) 2011 PP. 84–97. (in English)

2. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 11 dated January 9, 2014 "On Approval of Regulation on unified civil protection state system " [in Ukrainian]

3. Prevention Website of national French heoinformational platform on natural and technogenic disaster – Access to the resource: <http://www.preventionweb.net/risk>

4. Methods of capable communities formation // The Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine – Access to the resource:

http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=248117469&cat_id=246711250 [in Ukrainian]

О.А. Кривец, Ю.В. Юськів

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В СФЕРЕ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В УКРАИНЕ И МИРЕ

Проведение реформы децентрализации власти поставило вопрос привлечения территориальной общины к процессу управления природно–техногенной безопасностью на местном уровне. В Хиогской и Сендайской рамочных программах действий ООН приведены механизмы привлечения территориальных общин к процессу управления природно–техногенной безопасностью, создавая специальные интерактивные сайты–платформы и группы в социальных сетях.

О.О. Krivets, Y. Yuskiv

STATE ADMINISTRATION IN THE SPHERE OF CIVIL PROTECTION IN UKRAINE AND IN THE WORLD

Conduction of decentralization reform has raised the question of the territorial community involvement in the management process of natural and technogenic safety at the local level. Sendai and Hyogo Frameworks for Action of the UN contain involvement of territorial communities in the process of environment safety management with creation an interactive special platform (sites) and groups in social networks.

УДК 621.31:519.872

С.М. ЧУМАЧЕНКО¹, С.В. КАРМАЗИН¹, О.М. ФУРСЕНКО²

¹Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, м. Київ

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

ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЗАГРОЗ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Досліджено методологічні підходи до оцінювання ризиків і загроз та їх ранжування на об'єктах критичної інфраструктури на основі методів експертних оцінок систем підтримки прийняття рішень. В статті вирішуються питання: віднесення підприємств, установ, організації (як державних, так і приватних) до списку об'єктів критичної інфраструктури; здійснення кількісного підрахунку можливих загроз критичній інфраструктурі. Метод аналізу ієрархій Т. Сааті, розглянутий у науковій статті, було застосовано для оцінки ризиків та загроз виникнення надзвичайних ситуацій в газотранспортній системі України, а саме визначення найбільш потенційно небезпечних елементів даної системи, для попередження виникнення аварій на різноманітних ділянках як ГТС, так і всього паливно-енергетичного комплексу України.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Захист важливої інфраструктури життєдіяльності суспільства стає одним із найважливіших пріоритетів держави. Важливість безпечного функціонування критичної інфраструктури, а саме її ключових об'єктів, є головним чинником забезпечення національної безпеки, сталого функціонування економіки, добробуту та захисту населення країни. У той же час, виникає проблема аналізу та виокремлення об'єктів критичної інфраструктури України, та оцінки реальних і потенційних загроз за допомогою наукових методів підтримки та прийняття рішень. Допоміжними важелями захисту критичної інфраструктури виступають саме показники оцінювання ризиків та загроз на таких об'єктах. Відповідно виникає кілька ключових питань: як виокремити підприємства, установи, організації (як державних, так і приватних) в список таких об'єктів; і друге запитання: яким чином здійснити кількісний підрахунок можливих загроз для об'єктів критичної інфраструктури, яке ми детальніше й розглянемо.

Аналіз публікацій. Питання критичної інфраструктури актуальне для всіх, без виключення, країн світу. Безліч фахівців та науковців займаються проблемою оцінювання потенційних та реальних загроз, це і: A.Wenger, V.Mauer and M.Cavelty «International critical information infrastructure protection», G.Giannopoulos, R.Filippini, M.Schimmer «Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection», A.Survey «Critical Infrastructure Interdependency Modeling», а також вітчизняні: Бірюков Д.С., Кондратов С.І. «Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні», Кононов А.А., Стрельцов А.А., Черешкін Д.С. «Защита критических секторов региональной информационной инфраструктуры», Коротков А.В., Зінов'єва Е.С. «Безопасность критических информационных инфраструктур в международном гуманитарном праве».

Проблема оцінки техногенних впливів на навколишнє середовище гостро стоїть перед людством. За останні 25 років накопичено великий фактографічний і методичний матеріал, який недостатньо використовується для вирішення технічних і технологічних проблем при пошуках підходів до забезпечення природно-техногенної безпеки різних видів антропогенної в тому числі і військової діяльності[1-5].

У спеціальній екологічній літературі поки що переважають підходи до оцінки розмірів порушення природного середовища та концентрацій шкідливих речовин у тих чи

інших абіотичних складових екосистеми, справедливо ставиться проблема деградації тих чи інших компонентів ландшафтів[6-8].

Для одержання екологічної інформації останнім часом широко застосовуються найсучасніші методи моніторингових спостережень за станом природного середовища, включаючи й космічні [10,11]. Саме завдяки цим методам вдалося оцінити масштабність реального руйнування біосфери Землі.

З другої половини ХХ століття науковцями-екологами затрачувалися значні зусилля на створення методів об'єктивної оцінки техногенного впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище. В науковій літературі [4-13] описано цілий ряд таких методів екологічної оцінки, серед яких найбільше поширення отримали [9-14]:

- картографічні методи (метод нашарування та сполученого аналізу карт, метод контрольних списків);
- матричні методи (матриця Леопольда, матриця Петерсона, матриця взаємодіючих компонентів, східчаста матриця Соренсена);
- методи на основі мережних діаграм;
- статистичні методи;
- адаптивні методи (метод Сондхейма, аналіз рішень, метод Холлінга);
- методи моделювання (імітаційно-оптимізаційні моделі, моделі на основі концепції бази знань, логіко-інформаційні моделі).

Проте, до цього часу ще не розроблено загальноприйнятого універсального методу оцінки впливу на навколишнє середовище. В США і Європі, наприклад, крім зазначених вище, застосовуються в різних випадках і регіонах ще біля 50 різних методів [9-11].

Виділення невирішеної проблеми. Що ж до публікацій та наукових праць, які стосуються проблеми оцінки ризиків та загроз на об'єктах критичної інфраструктури, то нажаль, на даний момент, вони відсутні.

Метою статті є дослідження методологічних підходів до оцінювання ризиків і загроз та їх ранжування на об'єктах критичної інфраструктури на основі методів експертних оцінок систем підтримки прийняття рішень.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день відомі такі визначення «критичної інфраструктури» в провідних країнах світу:

- системи та об'єкти, фізичні чи віртуальні, настільки життєвоважливі для держави, що недієздатність або знищення таких систем або об'єктів підриває національну безпеку, економіку, здоров'я або безпеку населення, або має своїм результатом будь-яку комбінацію з переліченого вище (законодавство США (USA Patriot Act 26.10.2001р.));

- об'єкти, порушення (або припинення) функціонування яких призводить до втрати управління, руйнування інфраструктури, незворотних негативних змін (або руйнування) економіки країни, суб'єкту або адміністративно-територіальної одиниці, або суттєвому погіршенню безпеки життєдіяльності населення, що мешкає на цих територіях, на тривалий період часу (законодавство Російської Федерації);

- система, спадкоємність якої важлива для функціонування держави, втрата або порушення якої мало б або могло б піддавати загрози життя громадян, могло б нанести серйозні негативні економічні або соціальні наслідки для суспільства чи її великої частини (законодавство Великобританії).

За відсутності дефініції терміну «критична інфраструктура» у національному законодавстві у подальшому розгляді будемо спиратися на його наступне визначення: на наш погляд, під «*критичною інфраструктурою*» розуміється – системоутворююча інфраструктура держави, що включає до свого складу об'єкти, які відіграють ключову роль для забезпечення національної безпеки, функціонування економіки держави та безпеки життєдіяльності її громадян.

При оцінці ризиків, пов'язаних із загрозами природного, техногенного та соціально-політичного (в т.ч. терористичного) характеру виявляється, що найбільш складним

завданням є оцінка саме кількісного ступеня ризиків, що обумовлено самою природою інформації та даних, які використовуються при цьому.

Основною особливістю оцінки ризиків небезпек, існуючих для об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), є неможливість, у більшості випадків, використовувати апарат теорії ймовірностей через нестачу статистичних даних. В таких умовах оцінювати ризики і управляти ними, можна тільки аналізуючи можливі причинно-наслідкові зв'язки їх виникнення.

У більшості випадків неможливо визначити точне значення збитку ОКІ, який може бути нанесений в результаті тієї чи іншої події. Це складно зробити й тому, що число потенційних загроз та ризиків надзвичайно велике, і тому, що в багатьох випадках збиток не зводиться лише до матеріального, який може бути виражений в грошовому еквіваленті, але вимагає врахування нематеріальної складової збитку. Не менш складно визначити точне значення ймовірності події ризику. Тому можна говорити тільки про оцінки цих величин. Для фіксації оцінки цих величин по окремим можливим подіям пропонується використовувати шкалу ранжування через матрицю оцінки ризику (табл. 1).

Таблиця 1. Матриця оцінки ризику

| Очікувана частота ризиків | Категорія ризиків | | | |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|
| | I Катастрофічний | II Критичний | III Граничний | IV Незначний |
| Частий (A) | | | | 4A |
| Можливий (B) | | | 3B | 4B |
| Випадковий (C) | | 2C | 3C | 4C |
| Віддалений (D) | 1D | 2D | 3D | 4D |
| Неймовірний (E) | 1E | 2E | 3E | 4E |

Що ж до методології оцінки ризиків та загроз, на нашу думку, влучним вирішенням даної проблеми буде саме використання методів експертних оцінок (Делфі) та/або аналізу ієрархій Т. Сааті. Вони ґрунтуються на припущенні, що на основі думок експертів можна збудувати адекватну модель майбутньої оцінки розвитку об'єкта прогнозування.

Постійний брак коштів на проведення повномасштабних регулярних хіміко-аналітичних досліджень, складність проблеми формалізації повного переліку чинників впливу загроз, необхідність проведення термінових і оперативних оцінок загроз і впливів приводять до необхідності розвитку методів оперативного експертного екологічного оцінювання [14-18].

Припустимо, що нам відомі усі параметри чинників загроз, тобто вектор:

$$F^T (F_1^T, \dots, F_n^T), \quad (1)$$

де $F_i^T (f_{i1}, \dots, f_{i1}, \dots, f_{iK})$ - спектри, що є компонентами вектору потоку загроз, а f_{ij} - чинники впливу загроз, що є компонентами спектрів загроз.

Якщо природно-техногенні явища чи процеси не можуть бути формалізовані й приведені до математичного моделювання, то застосовують евристичне моделювання, яке базується на узагальненні висновків групи незалежних експертів. Ці методи використовують математичну обробку оцінок експертів з метою узагальнення та об'єктивізації думки висококваліфікованих спеціалістів.

Для проведення оцінки і ранжування природно-техногенних загроз застосовують декілька підходів [12], найчастіше – порівняння загроз з універсальними стандартами. Стандарти можуть бути кількісними чи носити характер якісних норм (наприклад,

обмеження на визначені види діяльності в межах певної території, що має природоохоронний статус).

Порівняння величини впливів загроз зі стандартами, з усередненими значеннями для регіону та з характерними фоновими значеннями ϵ , в деякій мірі, «об'єктивним» прийомом оцінки і ранжування загроз (хоча стандарти, в певному сенсі, можуть розглядатися і як суб'єктивна величина) [12].

Огляд сучасних підходів до системного аналізу складних систем і процесів та аналіз математичного апарату, що застосовується при цьому, дозволяють зробити висновок: аналіз і оцінка природно-техногенних загроз повинні бути багатofакторними [12,15-19], а системний аналіз сукупності джерел природно-техногенних загроз доцільно проводити з урахуванням ряду факторів оцінки, що є визначальними при формуванні цільових функцій для критеріїв оцінки загроз.

На сьогоднішній день серед відомих прикладів застосування експертних методів оцінки і ранжування загроз можна назвати:

– авторську методику канадських вчених Thorpe J. та Godwin R. для оцінки загроз біорізноманіттю в канадській провінції Saskatchewan [18];

– методику оцінки і ранжування загроз для територій збереження глобально-вразливих видів вчених із США Richard Margoluis та Nick Salafsky, опубліковану в роботі «Керівництво з оцінки і зменшення загроз для збереження біорізноманіття» [19];

– методика ранжування загроз біорізноманіттю за їх пріоритетністю [19].

Узагальнений аналіз підходів, що були реалізовані в цих методиках, дозволяє сформулювати послідовність процедур виконання певних дій при проведенні оцінки різнотипних загроз [20]:

1. Ідентифікація загроз для об'єктів критичної інфраструктури та їх класифікація.
2. Вибір і обґрунтування критеріїв для оцінки загроз.
3. Поділ території для виділення типових об'єктів критичної інфраструктури з відносно однорідним складом природних та техногенних чинників впливу.
4. Системний аналіз природно-техногенних геосистем із застосуванням ГІС – технологій.
5. Визначення й формування комплексних критеріїв оцінки загроз.
6. Проведення аналізу загроз за вибраними критеріями щодо природно-техногенних геосистем.
7. Проведення ранжування загроз.
8. Визначення кількості високорівневих загроз щодо природно-техногенних геосистем
9. Аналіз високорівневих загроз за типами загроз.
10. Розробка плану дій щодо зменшення загроз.

Для побудови логіко-інформаційної моделі оцінки військово-техногенної загрози використовуємо три групи критеріїв, що визначаються згідно із методологією побудови концептуальної моделі оцінки ризиків [21]: джерело загрози, шлях проходження загрози, об'єкт впливу (реципієнта) загрози.

Система критеріїв (див. рис. 1) сформована таким чином, щоб врахувати різноаспектні оцінки впливу військово-техногенних загроз на екосистеми ВТГС через відповідні фактори, що входять до складу часткових критеріїв.

Інтегральний критерій (узагальнена цільова функція) є інструментом для уникнення невизначеності шляхом зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної. Цей критерій представляє собою скалярну функцію векторного аргументу [15, 16]:

$$J_{\Sigma}(e) = f(J_1(e_1), J_2(e_2), \dots, J_n(e_n)), \quad (2)$$

де $J_{\Sigma}(e)$ - цільова інтегральна функція критерію оцінки загроз, $J_i(e_i), i = \overline{1, n}$ - цільові функції складових критеріїв оцінки і ранжування загроз.

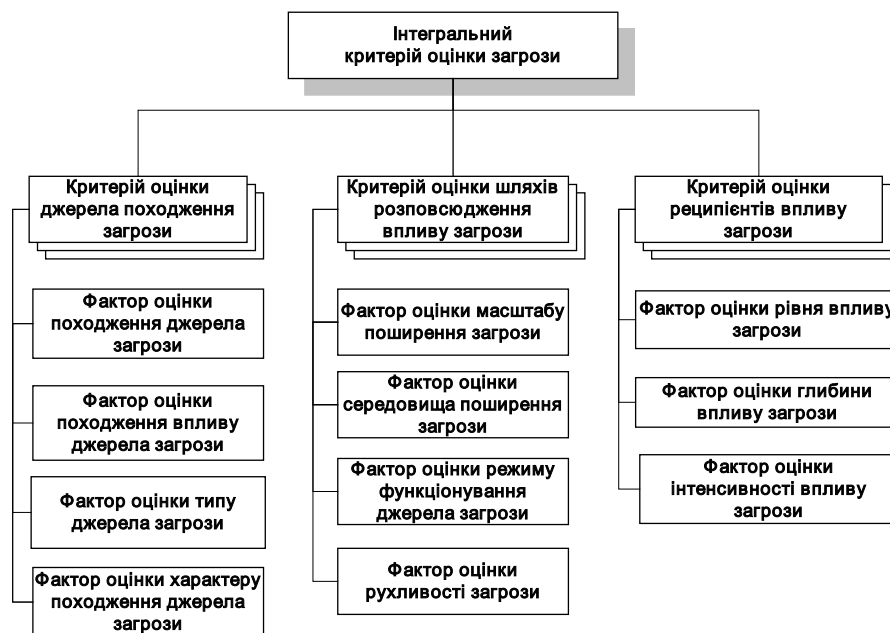


Рис. 1. Система критеріїв оцінки природно-техногенних загроз

Вид функції (6) визначається внеском кожної складової критерію в інтегральний критерій. При оперативному розв'язанні багатокритеріальної задачі щодо інтегральної оцінки військово-техногенних загроз природному середовищу доцільно перейти до скалярної задачі, використовуючи адитивну:

$$J_{\Sigma}(e) = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{S_i} J_i(e_i), \quad (3)$$

або мультиплікативну:

$$J_{\Sigma}(e) = 1 - \prod_{i=1}^p \left(1 - \frac{\beta_i}{S_i} \cdot J_i(e_i) \right) \quad (4)$$

узагальнену цільову функцію [15, 16].

У цих формулах коефіцієнти α_i, β_i відображають відносний внесок складових критеріїв в інтегральний, а коефіцієнти S_i забезпечують оцінку інформативності складових критеріїв. Вагові коефіцієнти α_i, β_i, S_i , аргументи цільової функції e_i , (фактори в оцінках загроз за відповідними критеріями) визначаються експертними оцінками за шкалою Сааті в безрозмірному вигляді. Далі розглянемо застосування методу Т. Сааті на конкретному прикладі – газотранспортній системі України.

1. Етап розрахунку глобального вектору пріоритетів.

Відповідно альтернативами методу аналізу ієрархій виступають елементи ГТС (рис. 2):

1) магістральні газопроводи;

- 2) компресорні станції;
- 3) підземні газосховища;
- 4) газовимірювальні станції;
- 5) газорозподільчі станції.

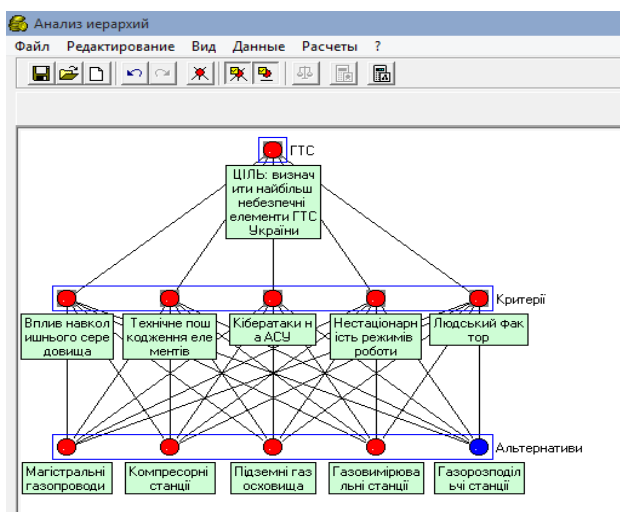


Рис. 2. Ієрархія ГТС за методом Т. Сааті

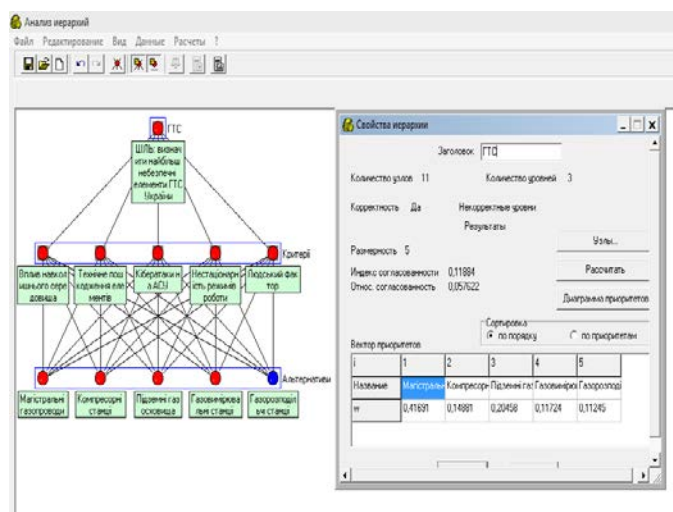


Рис. 3. Оцінка загроз і ризиків виникнення НС на ГТС

Критерії методу аналізу ієрархій (загрози виникнення аварій на ГТС) рис. 3:

- 1) вплив навколишнього (природного) середовища;
- 2) технічне пошкодження елементів ГТС;
- 3) кібернетичні атаки на автоматизовану систему управління газотранспортною системою;
- 4) нестационарність режимів роботи ГТС;
- 5) людський фактор.

Отже, після побудови ієрархії ГТС перейдемо безпосередньо до експертної оцінки ризиків та загроз наведених вище. З рисунку 4 можемо дійти до висновку, що головним пріоритетом захисту елементів ГТС будуть саме – *магістральні газопроводи*, так як вони мають найбільший коефіцієнт безпеки виникнення аварій - 0,417; далі розташувались: підземні газосховища - 0,205; компресорні станції - 0,1; газовимірювальні станції - 0,117; газорозподільчі станції - 0,112.

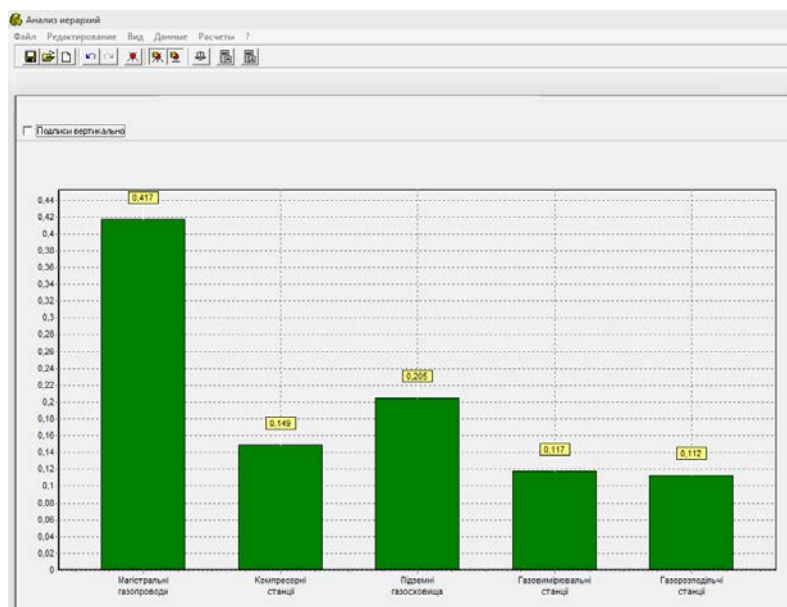


Рис. 4. Діаграма результатів МАІ елементів ГТС

Висновки

Метод було застосовано для оцінки ризиків та загроз виникнення надзвичайних ситуацій в газотранспортній системі України, а саме визначення найбільш потенційно небезпечних елементів даної системи, для попередження виникнення аварій на різноманітних ділянках як ГТС, так і всього паливно-енергетичного комплексу України.

В подальшому планується здійснити аналіз інших об'єктів критичної інфраструктури, в основу яких покласти дані розрахунку загроз і ризиків, та створити інструментальне середовища моделювання, що дозволяє в інтерактивному режимі будувати та досліджувати різноманітні модельні схеми для вивчення характеристик компонентів програмних рішень у складі інформаційно-управляючих систем. Його необхідність зумовлена й тим, що, в реальних умовах експлуатації об'єктів критичної інфраструктури проведення будь-яких експериментів вельми ускладнено, а досить часто і просто неможливо, тому що такі системи, як правило, працюють у безперервному робочому циклі і їх навіть незначна зупинка або переведення в режим тестування загрожують виникненням аварійних ситуацій або ведуть до значних економічних втрат.

1. Романченко І.С., Сбітнев А.І., Бутенко С.Г. Екологічна безпека: екологічний стан та методи його моніторингу.-К.: МО України, ЦНДІ ЗС України, 2006. – 560 с.
2. Романченко І.С., Лисенко О.І. Чумаченко С.М., Бутенко С.Г., Турейчук А.М. Математичні моделі та інформаційні технології оцінки і прогнозування стану природного середовища випробувальних полігонів. Монографія.- К.: МО України, ЦНДІ ЗС України, 2009. – 166 с.
3. Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України/ За редакцією О.І. Лисенка, С.М. Чумаченка, Ю.І. Ситника,- К.: ННДЦ От І ВВ України, 2006.-424 с.
4. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, Індикатори, приклади. Книга 1.- К.: ЗАТ «Нічлава».- 2005. – 384 с. Чумаченко С.М. Результати цільового дослідження індексу живої планети(LPI) і стану популяцій видів, притаманних відкритим ландшафтам, на прикладі Яворівського військового полігону Сил України. С. 141-165.

5. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, Індикатори, приклади. Книга 2/за редакцією академіка НАН України та УААН О.О. Созінова, В.І. Придатка, О.І. Лисенка.- К.: ЗАТ «Нічлава».- 2005. – 592с.
 6. Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л., Хміль Г.А. Природний, техногенний та екологічний ризики:аналіз, оцінка, управління. – К.: Наукова думка, 2008. – 542 с.
 7. Лисиченко Г.В., Хміль Г.А., Барбашев С.В. Методологія оцінювання екологічних ризиків. -Одеса .: «Астропринт», 2011. – 368 с.
 8. Вторжение в природную среду. Оценка воздействия / Пер. с англ. А.Ю. Ретеюма. - М.: Прогресс, 1983. – 193с.
 9. Семенова Л.А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду // В кн.: Географическое обоснование экологических экспертиз. - М., Изд-во МГУ, 1985. - С. 17-32.
 10. О.М. Черп, В.Н. Виниченко, М.В. Хотулёва, Я.П. Молчанова, С.Ю. Дайман. Экологическая оценка и экспертиза. - М: Эколайн, 2000, URL: <http://www.ecoline.ru/mc/books/>. – 202 с.
 11. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под ред. К.С.Холлинга. - М.: Мир. 1981. – 397 с.
 12. О.І. Лисенко, І.В. Чеканова, С.М. Чумаченко, А.М. Турейчук. Про розвиток поняття воєнна екологія.// Наука і оборона. - 2004.- №3.-С. 45-49.
 13. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. –К.: НІСД, 2001. – 312 с.
 14. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. - М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
 15. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. -М.: Наука, 1981. – 487 с.
 16. Thorpe J., Godwin R. Threats to Biodiversity in Saskatchewan. - Saskatoon: Saskatchewan Research Council, SRC Publication No. 11158-1C99, 1999. – 75 с.
 17. Margoluis R., Salafsky N. A Guide to Threat Reduction Assessment for Conservation. - Washington, D.C.: Biodiversity Support Program, www.BSPonline.org, 2001. – 43 с.
 18. Чумаченко С.М., Дудкін О.В. Методика ранжування загроз біорізноманіттю за їх пріоритетністю//Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України. Під ред. Дудкіна О.В. К.: Хімджест, 2003. – 400 с.
 19. Чумаченко С.М., Дудкін О.В., Коржнев М.Н., Яковлев Є.О. Методичні аспекти оцінки і ранжування загроз для біорізноманіття в Україні. / К.: УІДНСП РНБОУ, Екологія і ресурси, Випуск 7, 2003, С. 77-86.
 20. Соціальні ризики та соціальна безпека в умовах природних і техногенних надзвичайних ситуацій та катастроф/ Відп. Редактор В.В. Дурдинець, Ю.І. Саєнко, Ю.О. Привалов. – К.: Стилос, 2001. – 497 с.
1. Romanchenko I.S., Sbitnev A.I., Butenko S.H. Environmental safety, environmental condition and methods of monitoring. –К.: MD of Ukraine, CRI of Armed Forces of Ukraine, 2006. – 560 p. [in Ukrainian]
 2. Romanchenko I.S., Lysenko O.I. Chumachenko S.M., Butenko S.H., Tureichuk A.M. Mathematical models and information technology for assessment and forecasting of the natural environment test sites. Monograph.– К .: MD of Ukraine, CRI Armed Forces of Ukraine, 2009. – 166 p. [in Ukrainian]
 3. Areas of improvement of environmental protection activities in the Armed Forces of Ukraine / Edited by O.I. Lysenko, S.M. Chumachenko, Yu.I. Sytnyk, – К .: SEI DT MS of Ukraine, 2006.–424 p. [In Ukrainian]
 4. Agrobiodiversity of Ukraine: theory, methodology, indicators, examples. Book 1.– К .: JSC "Nichlava" .– 2005. – 384 p. Chumachenko S.M. Results of aimed investigation of living

- planet index (LPI) and the state of species populations, characteristic of open landscapes on the example of Yavoriv military test site of Defence Forces of Ukraine. P. 141–165. [in Ukrainian]
5. Agrobiodiversity of Ukraine: theory, methodology, indicators, examples. Book 2/ edite 2/за редакцією академіка НАН України та УААН О.О. Sozinov, V.I. Prydatok, d by O.I. Lyseno.– K.: JSC "Nichlava".– 2005. – 592p. [in Ukrainian]
 6. Lysychenko H.V., Zabulonov Yu.L., Khmil H.A. Natural, technological and environmental risk analysis, assessment and management. – K.: Naukova Dumka, 2008. – 542 p. [in Ukrainian]
 7. Lysychenko H.V., Khmil H.A., Barbashev S.V. The methodology for assessment of environmental risks. – Odesa.: "Astroprint", 2011. – 368 p. [in Ukrainian]
 8. Invasion into the environment. Impact assessment / Trans. from English. A.Yu. Reteium. – M.: Progress, 1983. – 193 p. [in Russian]
 9. Semenova L.A. Foreign experience of environment impact assessments // In book.: The geographical substantiation of environmental impact assessments. – M., Moscow University Press, 1985. – P.17–32. [in Russian]
 10. O.M. Cherp, V.N. Vinichenko, M.V. Khotuleva, Ya.P. Molchanova, S.Yu. Dayman. Environmental assessment and examination. – M.: Ecoline 2000, URL: <http://www.ecoline.ru/mc/books/>. – 202 p. [in Russian]
 11. Ecological systems. Adaptive assessment and management / Edited by K. S.Kholling. – M.: Mir. 1981. – 397 p. [in Russian]
 12. O.I. Lysenko, I.V. Chekanova, S.M. Chumachenko, A.M. Turejchuk. About the development of concept of military ecology.// Science and defense. – 2004.– №3.–P. 45–49. [in Ukrainian]
 13. Kachynskiy A.B. Environmental safety of Ukraine: systematic analysis of prospects for improvement. K.: NISI, 2001. – 312 p. [in Ukrainian]
 14. Perehudov F.Y., Tarasenko F.P. Introduction to system analysis. – M.: Higher School, 1989. – 367 p. [in Russian]
 15. Moiseev N.N. Mathematical problems of system analysis. –M.: Nauka, 1981. – 487 p. [in Russian]
 16. Thorpe J., Godwin R. Threats to Biodiversity in Saskatchewan. – Saskatoon: Saskatchewan Research Council, SRC Publication No. 11158–1C99, 1999. – 75 p.
 17. Margoluis R., Salafsky N. A Guide to Threat Reduction Assessment for Conservation. – Washington, D.C.: Biodiversity Support Program, www.BSPonline.org, 2001. – 43 p.
 18. Chumachenko S.M., Dudkin O.V. Methods of threats ranging to biodiversity in their priority areas // Evaluation and reduction of threats to biodiversity Ukraine. Under edition of Dudkin O.V. K.: Himdzhest, 2003. – 400 p. [in Ukrainian]
 19. Chumachenko S.M., Dudkin O.V., Korzhniev M.N., Yakovlev Ye.O. Methodological aspects of evaluation and ranging of threats to biodiversity in Ukraine. / K.: UIER NSDC, Environment and Resources, Volume 7, 2003, P. 77–86. [in Ukrainian]
 20. Social risks and social security in terms of natural and man-made emergencies and disasters / Editor V.V. Durdynets, Yu.I. Saienko, Yu.O. Pryvalov. – K.: Stylos, 2001. – 497 p. [in Ukrainian]

С.Н. Чумаченко, С.В. Кармазин, А.Н. Фурсенко

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА УГРОЗ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ УКРАИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Исследованы методологические подходы к оценке рисков и угроз и их ранжирование на объектах критической инфраструктуры на основе методов экспертных оценок систем поддержки принятия решений. В статье решаются вопросы: отнесение

предприятий, учреждений, организации (как государственных, так и частных) в список объектов критической инфраструктуры; осуществления количественного подсчета возможных угроз критической инфраструктуре. Метод анализа иерархий Т. Саати, рассмотрен в научной статье, были применены для оценки рисков и угроз возникновения чрезвычайных ситуаций в газотранспортной системе Украины, а именно определение наиболее потенциально опасных элементов данной системы, для предупреждения возникновения аварий на различных участках как ГТС, так и всего топливно-энергетического комплекса Украины

S.M. Chumachenko S.V. Karamzin, O.M. Fursenko

EXPERT ASSESSMENT OF THREATS FOR OBJECTS OF CRITICAL INFRASTRUCTURE OF UKRAINE'S GAS TRANSPORTATION SYSTEM USING HIERARCHY ANALYSIS METHOD

Methodological approaches to assess risks, threats and their ranking on critical infrastructure based on expert assessments methods of decision support systems are investigated. The article solves following questions: classification of enterprises, institutions and organizations (both public and private) in the list of critical infrastructure; implementation of quantitative calculation of possible threats to critical infrastructure. The method of hierarchies analysis of T. Saaty is considered in scientific article. This method was used to assess the risks and threats of emergencies in gas transportation system of Ukraine – identification of the most potentially dangerous elements of the system for prevention of accidents in different parts of both the GTS and the entire fuel and energy complex of Ukraine

УДК 614.841; 551.515

М.В. КУСТОВ

Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ АТМОСФЕРЫ ОТ ТВЁРДЫХ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ

На основе особенностей образования аэрозолей при горении целлюлозосодержащих материалов, нефтепродуктов и искусственных полимеров рассмотрена структура и основные физико-химические свойства частиц сажи и золы. Учитывая поверхностные свойства сажи и золы, определена их эффективность в качестве ядер каплеобразования в верхних слоях тропосферы. Определены особенности конденсации водяного пара на твердых продуктах горения в зависимости от вида горючего материала. С помощью теоретических моделей рассчитана скорость вымывания аэрозольных продуктов горения из нижней тропосферы за счет атмосферных осадков различной интенсивности. Полученные результаты позволяют прогнозировать динамику поведения аэрозольных продуктов горения, как в зоне осадкообразования, так и в приземном слое с учетом основных метеорологических условий.

Введение.

При возникновении крупных техногенных и природных пожаров в атмосферу попадает большое количество продуктов горения. Конвективными потоками такие опасные вещества поднимаются в верхнюю тропосферу, где воздушными массами распространяются на значительные расстояния. Хотя наибольшую степень опасности представляют газообразные продукты горения, однако твёрдые частицы – сажа и зола негативно влияют на органы дыхания, загрязняют почву и водоемы, затрудняют движение воздушного транспорта. Кроме того по причине своей инерционности твёрдые продукты горения гораздо медленнее рассеиваются в атмосфере, особенно в зоне плотной застройки населенных пунктов. Ярким подтверждением этого являются пожары на нефтебазе в июне 2015 года и торфяников в августе 2015 года в Киевской области Украины. Практически единственным методом очистки воздуха от твердых продуктов горения является вымывание атмосферными осадками. Однако для прогнозирования эффективности данного процесса необходимо изучить кинетику процесса сорбции сажи и золы каплями воды.

Анализ последних достижений и публикаций.

В атмосфере при нормальных условиях содержится большой спектр аэрозольных частиц [1 – 3]. При возникновении крупных пожаров в атмосферу попадает значительное количество частиц с различной физической и химической структурой, которые в общем виде относят к сажам и золам [4, 5]. Естественно качественный и количественный состав аэрозолей в продуктах горения существенно зависит от вида горючего материала и от условий его сжигания. Так как газообразные и жидкие углеводороды используются в качестве топлива для транспортных средств, то изучению процесса горения углеводородов и выделяемых при этом продуктов уделено большое внимание [6 – 8]. Так как осаждение сажи и золы на стенках энергоустановок влияет на эффективность их работы, значительное внимание уделяется изучению продуктов горения углей [9, 10]. Обобщенный анализ качественного и количественного состава атмосферных и техногенных аэрозолей проведен в работах [11 – 13]. На основе анализа отмечено, что сажа представляет собой пористо-слоистые углеродные комплексы, а основными

компонентами золы есть оксиды щелочных и щелочноземельных металлов. В работах [14, 15] отмечается, что за счёт низкой плотности и малых размеров аэрозольные продукты горения могут находиться в атмосфере до нескольких месяцев и распространяться на значительные расстояния. При этом очистка воздуха происходит за счёт вымывания атмосферы естественными осадками. Однако по причине малой изученности физико-химических особенностей абсорбции сажевых и зольных частиц прогнозирование эффективности данного процесса вызывает ряд трудностей и имеет низкую точность.

Постановка задачи и её решение.

Целью работы является установление физико-химических закономерностей адсорбции и абсорбции аэрозольных продуктов горения атмосферными осадками.

Протекание процесса сорбции сажи и золы каплями воды определяется их физико-химическими свойствами. Поскольку частицы сажи и золы имеют различную и сложную структуру и химический состав, которые зависят от вида топлива и условий горения, рассмотрим отдельно основные свойства сажевых частиц и золы.

1. Физико-химические свойства сажи и золы.

Общий механизм образования сажи можно разделить на несколько отдельных этапов (рис. 1):

1. Пиролиз (образование ненасыщенных углеводородов). При недостатке окислителя или при плохом перемешивании окислителя с горючим веществом происходит неполное окисление топлива с образованием ненасыщенных стабильных углеводородов (алкенов, алкилов и др.) [16 – 18];

2. Образование циклов. При взаимодействии незамещенных углеводородов происходит их присоединение с образованием бензольных циклов;

3. Образование полициклических углеводородов. В обедненной кислородом среде происходит соединение бензольных циклов с образованием полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Кроме того к ПАУ могут присоединяться единичные незамещенные углеводороды. При этом образуются комплексы с размерами $d \approx 0,5$ нм, в состав которых входят 20 – 40 молекул углерода [16].

4. Рост поверхности и коагуляция. За счет роста размеров ПАУ они постепенно становятся зародышами сажевых частиц, которые за счёт механической коалесценции (под действием электростатических сил) образуют сферические частицы с размером $d \approx 10$ – 50 нм;

5. Агрегация и агломерация. Сферические частицы агрегируют между собой с образованием цепей и слоистых структур с размером $d \approx 0,1$ – 10 мкм. В некоторых случаях, особенно при горении сырой нефти и древесины, размеры агломераций могут достигать до $d \approx 100$ мкм [16].

Как уже отмечалось выше химический состав сажи существенно зависит от состава топлива и от условий горения, поэтому данные различных исследователей несколько разнятся [20 - 22]. Обобщая эти данные можно сделать вывод, что основными компонентами является углерод (60 – 85 % масс.) и кислород (10 – 25 % масс.), кроме этого в незначительных количествах содержатся азот, водород, сера (до 5 % масс.). Также в структуру сажи могут быть включены остатки углеводородов и оксиды металлов (золы).

По своей структуре сажа представляет собой комплекс из графитоподобных слоев, которые, в отличие от графита, связаны между собой химически. На поверхности сажи содержатся различные функциональные группы, такие как ангидриды, карбонилы, алкил-кетоны и др. [23 – 25]. При этом массив частицы сажи представляет собой пористую структуру с удельной площадью пор около $100 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ [26].

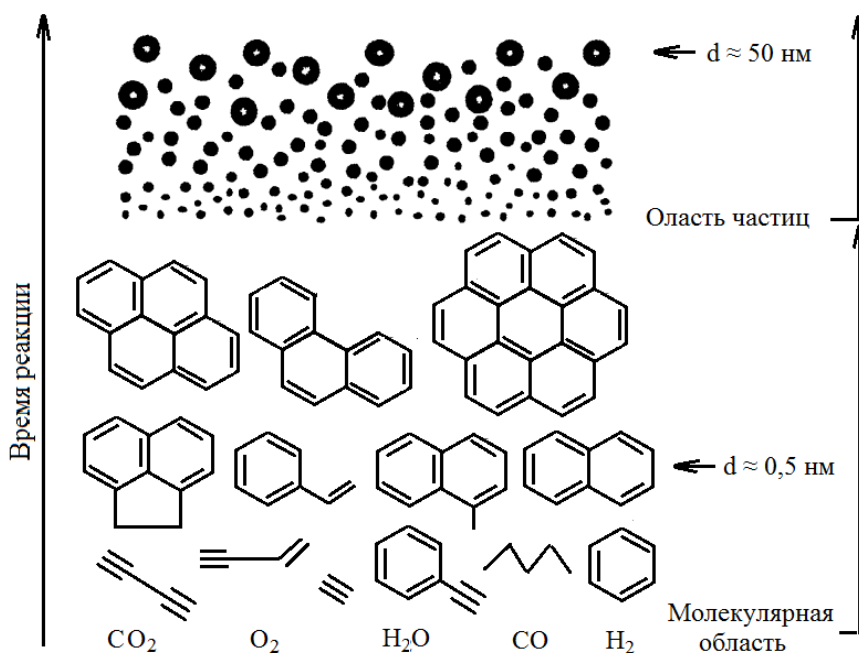


Рис. 1. Схематическое изображение процесса сажеобразования в гомогенных системах [19]

Большое содержание углерода, наличие на поверхности частицы функциональных групп и высокая пористость частицы будут определять особенности абсорбции сажи водными осадками.

Частицы золы имеют совершенно отличную от сажи химическую природу и представляют собой комплексы из оксидов металлов со сферической пористой структурой [10] (рис. 2).

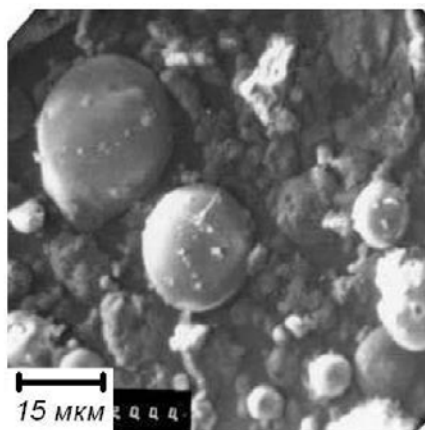


Рис. 2. Микрофотографии золы

Химический состав золы также определяется видом горючего вещества и условиями горения, однако если при формировании сажи ключевыми являлись именно условия горения, то для золы содержание окислителя и температурный режим играют значительно меньшую роль, состав золы, в основном, определяется видом горючего материала [13]. Так если горючие материалы разделить по группам, то химический состав золы, образующейся при их горении, можно представить следующим образом:

– целлюлозосодержащие горючие материалы – CaO (до 40%), SiO_2 (до 32%), Fe_xO_y (до 20%), Al_2O_3 (до 8%), MgO (до 3%), Na_2O (до 2%), оксиды титана, марганца, фосфора и др. (до 1%);

- нефтепродукты – V_xO_y (до 25%), NiO (до 8%), Te_xO_y (до 5%), оксиды свинца, хрома, цинка и др. (до 1%);
- искусственные полимеры – CaO (до 32%), SiO_2 (до 14%), Fe_xO_y (до 8%), V_xO_y (до 7%), Al_2O_3 (до 4%), MgO (до 2%), TiO_2 (до 2%), NiO (до 2%), оксиды свинца, хрома, цинка и др. (до 1%).

Из приведенных данных видно, что основными компонентами золы, образующейся при горении природных и искусственных полимеров, являются оксиды кальция, кремния и железа, тогда как при горении нефтепродуктов образуется зола с большим содержанием оксида ванадия.

Среди оксидов железа в золе значительную часть представляет магнетит (Fe_3O_4) [10] с сильными магнитными свойствами, что также влияет на процессы сорбции золы атмосферными осадками.

2. Механизм сорбции аэрозольных продуктов горения атмосферными осадками.

В работах [27 – 29] установлено, что мощными конвективными потоками, возникающими над крупными пожарами, продукты горения могут подниматься на высоты до 10 км. В дальнейшем, при остывании воздушных потоков, на расстоянии ~ 1 км от очага горения они оседают и в зависимости от метеорологических условий витают на высотах до 3 км. Поскольку основные процессы осадкообразования протекают на высотах 3 – 5 км, то в процессе образования осадков над зоной горения принимают участие и аэрозольные продукты горения. Однако основная масса аэрозольных частиц находится ниже зоны осадкообразования, где процесс конденсации водяного пара на сажевых и зольных частицах практически не протекает, а происходит их сорбция каплями воды. Исходя из этого, рассмотрим два различных механизма – сорбция молекул воды твердой частицей аэрозоля и сорбция аэрозольной частицы каплей воды.

2.1. Конденсация водяного пара на поверхности сажи.

При попадании частицы сажи в атмосферу при определенных условиях (температура, давление, влажность) на ее поверхности происходит конденсация водяного пара. На углеродных частицах, к которым и относится сажа, первичная адсорбция молекул воды происходит на активных центрах, которыми могут быть кислородсодержащие и другие функциональные группы, рассмотренные выше [30]. При этом в работе [31] установлено, что процесс адсорбции паров воды на поверхности сажи может происходить и при достаточно низкой влажности, что свидетельствует о доминировании электрической природы взаимодействия функциональной группы на поверхности капли и дипольной молекулой воды. Однако электрические силы функциональных групп быстро убывают с расстоянием, а также экранируются молекулами воды, поэтому такой механизм конденсации позволяет адсорбировать до 10 монослоев молекул воды, после чего конденсация прекращается. По этой причине сажи относятся к частицам с гидрофобными свойствами и, соответственно, являются малоактивными ядрами каплеобразования в атмосфере. Однако образовавшиеся в результате первичной конденсации комплексы сажи с водяной оболочкой, должны обладать схожими с каплями воды поверхностными свойствами. При этом размеры таких комплексов соизмеримы с размерами частиц сажи и могут достигать до $d \approx 100$ мкм. Обладая указанными физико-химическими свойствами аквакомплексы частиц сажи, попадая в верхние слои тропосферы с соответствующими метеорологическими условиями, могут выступать в роли ядер каплеобразования. Поэтому при учете влияния сажевых частиц на процессы осадкообразования их можно рассматривать как частицы с поверхностными свойствами воды. Интенсивность конденсации на таких частицах определяется из соотношения [32]:

$$S_r = \exp\left(\frac{2\sigma \cdot M}{\rho \cdot N_A \cdot k \cdot T \cdot r}\right). \quad (1)$$

где: S - степень пересыщения пара относительно давления насыщения при той же температуре без ядра конденсации; k – постоянная Больцмана, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж·К⁻¹; N_A – число Авогадро, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹; ρ – плотность воды, кг·м⁻³, T – температура водной оболочки сажи; r – радиус частицы, на которую конденсируется пар (ядро конденсации), м; σ – коэффициент поверхностного натяжения, Дж·м⁻². M – молярная масса воды, $M = 0,018$ кг·моль⁻¹.

Кроме этого в работе [33] установлено, что некоторые сажи имеют аномально высокую гигроскопичность. По мнению авторов это объясняется наличием на поверхности сажевых частиц растворимых серосодержащих соединений. При первичной конденсации на поверхности частицы образуется слой водного раствора серосодержащих соединений. Такие сажи образуются при горении нефтепродуктов и в соответствии со своими свойствами могут выступать активными центрами каплеобразования. Интенсивность конденсации воды на поверхности растворов определяется из закона Рауля [34]:

$$S'_r = \exp\left(\frac{2\sigma' \cdot M'}{N_A \cdot k \cdot \rho'_k \cdot T \cdot r'}\right) \cdot \left(1 + \frac{m}{\frac{4}{3}\pi \cdot r'^3 \cdot \rho'_k - m}\right)^{\frac{\rho_k}{\rho'_k}}, \quad (2)$$

где: σ' – коэффициент поверхностного натяжения раствора, Дж·м⁻²; M' – мнимая молярная масса раствора кг·моль⁻¹; ρ'_k – плотность капли раствора, кг·м⁻²; r' – радиус капли раствора, м; m – масса растворённого вещества, кг; ρ_k – плотность воды, кг·м⁻².

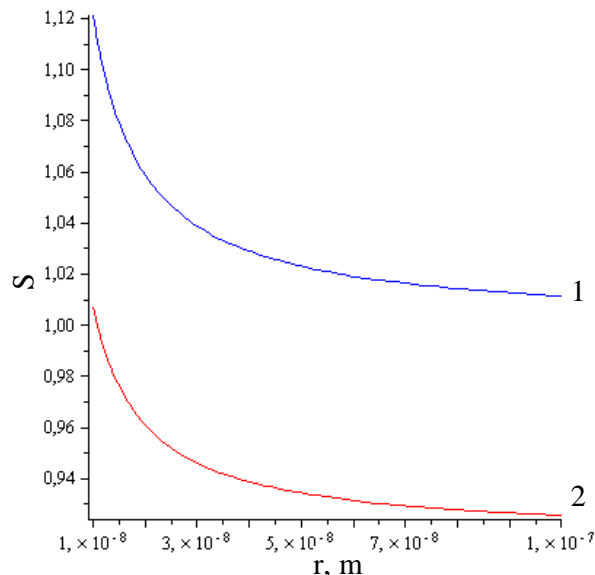


Рис. 3. Влияние критической степени пересыщения от размеров ядра конденсации: 1 – сажа с водной оболочкой на поверхности; 2 – сажа с 10%-ным раствором серной кислоты на поверхности

Из рис. 3 видно, что сажевые частицы, содержащие на поверхности растворимые остатки серной кислоты, имеют более низкую критическую степень пересыщения. Таким образом можно отметить, что сажевые частицы могут выступать в роли ядер конденсации

при осадкообразовании, при этом большей активностью обладают частицы сажи, образованные при горении нефтепродуктов. Поведение в зоне осадкообразования сажи, полученной при горении целлюлозосодержащих материалов, аналогично поведению крупных водных капель, которые также при определённых условиях являются центрами каплеобразования.

Выше (1, 2) нами рассматривалось поведение сажи в атмосфере без учета динамики первичной стадии конденсации. Такой упрощенный подход можно принять для реальных атмосферных условий, где на поверхности сажи, поднимающейся в конвективном потоке на высоту 3 – 5 км (зона осадкообразования), успевает пройти первичная стадия конденсации. Для более строго рассмотрения кинетики конденсации пара на поверхности сажи, необходимо обладать информацией о физико-химических свойствах конкретной сажи. Как уже отмечалось выше, эти свойства зависят, как от вида горючего вещества, так и от условий горения. Кроме этого, свойства отдельных частиц сажи в одном массиве продуктов горения также могут несколько различаться. В связи с этим задача более точного математического описания процесса конденсации на частице сажи для реальных пожаров представляет значительные трудности и на сегодняшний день не решена.

2.2. Конденсация водяного пара на поверхности золы.

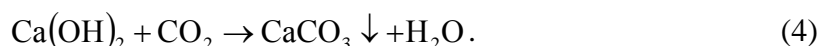
Как указано в разделе 1, частицы золы представляют собой комплексы из оксидов металлов. Процесс гидратации таких комплексов является сложным многофакторным процессом, поэтому для получения оценочных данных упростим рассматриваемый состав. Доминирующими компонентами комплексов золы являются 1) CaO, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃ для продуктов горения природных и искусственных полимеров и 2) V_xO_y, NiO для золы, образованной при сжигании нефтепродуктов. Математическое описание кинетики гидратации даже двойных комплексов вызывает значительные трудности и погрешности, поэтому при изучении таких процессов в основном проводятся экспериментальные исследования [35], либо, для получения оценочных данных, из комплекса выбирается наиболее активный при реакции с водой компонент.

В первом комплексе SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃ с водой не реагируют и в воде не растворяются, тогда как CaO достаточно хорошо гидратируется по реакции:



Учитывая высокую пористость частиц золы, CaO поглощает большое количество влаги, причем, за счет химической природы процесса, гидратация происходит даже при очень низкой влажности. Поэтому процесс по реакции (3) проходит даже в нижних слоях тропосферы и в зону осадкообразования частицы оксида кальция попадают со сформировавшимся на свободной поверхности слоем гидроксида кальция. Гидроксид кальция является слабо растворимым основанием (растворимость при 0°C – 0,173 г/100 г H₂O), в связи с чем для оценки активности таких частиц в качестве ядер каплеобразования можно использовать выражение (2).

Также Ca(OH)₂ в атмосфере вступает в реакцию с углекислым газом, в результате чего происходит его карбонизация:



Однако, как показали результаты рентгенограммы, представленные в работе [36], содержание карбоната кальция при гидролизе золы незначительно.

Рассматривая второй комплекс (nV_xO_y·mNiO), необходимо отметить, что в оксидах ванадий может иметь степень окисления от +1 до +5. Стойкость оксидов ванадия

возрастает с увеличением степени окисления и, соответственно, в процессе формирования золы в частицах оксиды ванадия в основном представлены V_2O_5 . При этом V_2O является крайне нестабильным в атмосферных условиях и практически отсутствует в частицах золы. Оксиды ванадия гигроскопичны и хорошо реагируют с водой, особенно ярко это проявляется для VO_2 и V_2O_5 :



Оксид никеля NiO проявляет амфотерные свойства, с водой практически не реагирует, поэтому в процессах каплеобразования на частицах золы нефтепродуктов основную роль будут играть оксиды ванадия.

Таким образом, можно утверждать, что частицы золы являются активными центрами каплеобразования, особенно это относится к золе, полученной при горении целлюлозосодержащих материалов. Однако рассмотренные приближенные методы оценки не позволяют достаточно надежно прогнозировать динамику процесса осадкообразования при попадании золы в верхние слои тропосферы. Учитывая сложную физико-химическую структуру золы при реальных масштабных пожарах для получения более достоверных результатов необходимо проведение экспериментальных исследований.

2.3. Вымывание аэрозольных продуктов горения осадками

На поверхности твердых частиц продуктов горения, находящихся ниже зоны осадкообразования, протекает лишь первичный этап конденсации с образованием тонкого водного слоя. Дальнейшее развитие капли, по причине низкой влажности, не происходит. Соответственно при вымывании твердого аэрозоля из атмосферы осадками происходит взаимодействие крупной водной капли ($d \approx 0,1 - 3$ мм) и мелких частиц сажи и золы ($d \approx 0,1 - 10$ мкм) (рис. 4).

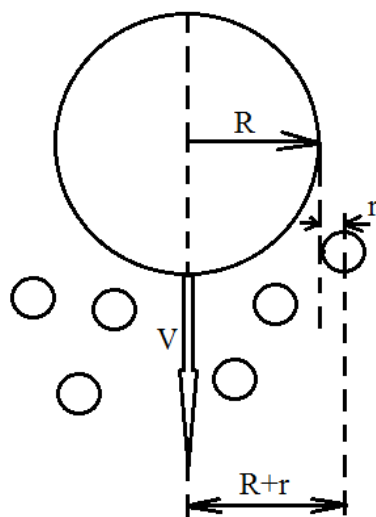


Рис. 4. Схема вымывания твердого аэрозоля осадками

Такое взаимодействие можно отнести к инерционному осаждению на падающей капле [3, 14]. Сущность этого процесса состоит в следующем: капля дождя с радиусом R , под действием сил тяжести выпадает из облака и движется вниз с некоторой скоростью V . Мелкие аэрозольные частицы с радиусом r , под действием конвективных потоков витают

в воздухе ($V_0 \approx 0$). При падении крупной капли ее обтекает поток воздуха, который увлекает за собой мелкие аэрозольные частицы. Однако, поскольку аэрозольные частицы обладают отличной от нуля массой, на них действуют инерционные силы, стремящиеся сохранить прямолинейную траекторию. Вероятность столкновения крупной каплей с мелкой частицей аэрозоля (ε_1) зависит от размеров капель и частиц, вязкости среды (η) и от скорости движения.

Кроме этого вокруг падающей капли за счет испарения образуется подушка из водяного пара, которая препятствует слиянию капли с частицей. Эффективность слияния (ε_2) зависит от упругости водяного пара (влажности воздуха), относительной скорости движения частиц и от их массы. Произведение этих параметров называется коэффициентом захвата: $\varepsilon_3 = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$.

Вопросу определения коэффициента захвата посвящено множество публикаций, в том числе И. Ленгмюра, Ф. Альбрехта, Н.С. Шишкина, В.М. Волощука и других исследователей [37, 38], где коэффициент захвата определяется как:

$$\varepsilon_3 = \left(1 + \frac{3}{4} \ln \frac{2k}{k - 1,214} \right)^{-2}, \quad (7)$$

где

$$k = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \rho V}{R \eta}, \quad (8)$$

где: ρ – плотность частицы аэрозоля.

Результаты оценочных расчетов эффективности захвата представлены на рисунке 5.

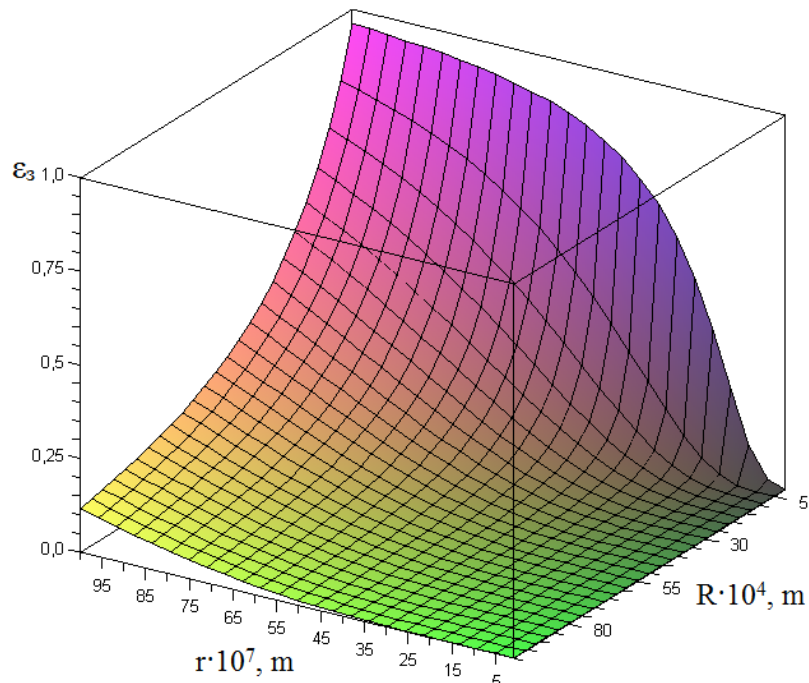


Рис. 5. Зависимость эффективности захвата от размеров капель осадков и аэрозольных частиц

Из представленной на рис. 5 зависимости видно, что эффективность захвата частиц падает с увеличением размеров капель. Это связано с тем, что крупные капли создают

вокруг себя более мощные обтекающие потоки воздуха, которые относят мелкие частицы в сторону. Также следует отметить, что в некоторой области мелких аэрозольных частиц зависимость стремится к нулю и видно, что аэрозольные частицы с $r < 0,1$ мкм с атмосферными осадками практически не контактируют.

Для решения задачи оценки эффективности вымывания аэрозольных продуктов горения важно определить число захваченных аэрозольных частиц одной каплей за единицу времени, которая с учетом (7, 8) будет определяться как: N

$$\bar{N} = \varepsilon_3 \cdot S \cdot |V| \cdot n(r) dr, \quad (9)$$

где: $S = \pi(R + r)^2$ – площадь сечения столкновения; $n(r)$ – функция распределения частиц аэрозоля по размерам.

Как видно из (9) интенсивность вымывания зависит от интенсивности осадков, дисперсности аэрозоля и его концентрации в воздухе.

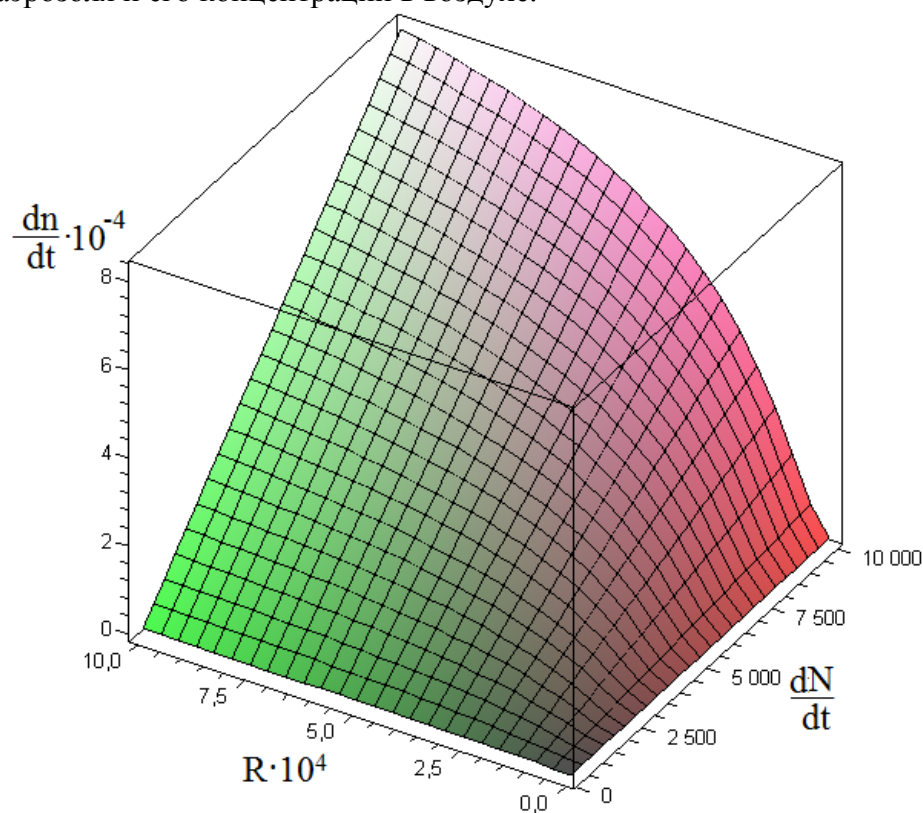


Рис. 6. Зависимость интенсивности вымывания аэрозольных продуктов горения (dn/dt , $r = 5$ мкм, $n_0 = 10^6$) от интенсивности осадков (R , dN/dt)

Графическая зависимость (рис. 6) прогнозируемо демонстрирует повышение эффективности вымывания с ростом интенсивности осадков. Однако при этом наблюдается особенность увеличения интенсивности вымывания с ростом дисперсности потока при одинаковой интенсивности осадков, что объясняется увеличением свободной поверхности капель.

Распределение абсорбированных аэрозольных частиц по объему капли также существенно зависит от их поверхностных свойств. Очевидно, что гидрофобные частицы сажи с малым количеством функциональных групп, полученные при горении растительных материалов, будут скапливаться на поверхности капли. Тогда как менее гидрофобные сажи, полученные при горении нефтепродуктов, могут проникать вглубь

капли, а гидрофильные частицы золы, за счет хорошей смачиваемости, равномерно распределяются по всему объему капли.

Выводы.

В работе рассмотрены морфологическая структура и физико-химические свойства сажи и золы, которые определяют эффективность вымывания твердых продуктов горения атмосферными осадками. Проведена оценка эффективности аэрозольных частиц, как ядер каплеобразования. Установлено, что наибольшую активность каплеобразования проявляют частицы золы, а именно CaO , VO_2 и V_2O_5 . Среди сажевых частиц относительно активными центрами каплеобразования являются продукты горения нефтепродуктов, тогда как сажа, полученная при горении целлюлозосодержащих материалов, может конденсировать на себе влагу лишь в условиях высокой влажности. Рассмотренные в работе расчетные методы оценки эффективности вымывания продуктов горения позволяют прогнозировать время очистки атмосферы при определенной интенсивности осадков. Однако, поскольку думы реальных пожаров представляют собой смесь золы и сажи с различным дисперсионным и химическим составом, адекватность применение рассмотренных моделей необходимо проверять экспериментально.

1. Аэрозоль и климат. Под ред. акад. К.Я. Кондратьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 542 с.
2. Пришивалко А.П., Астафьева Л.Г. Человек в мире аэрозолей. – М.: Наука и техника, 1989. – 158 с.
3. Грин Х. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. – Л.: Химия, 1969. – 428 с.
4. Гордия М.П., Волощенко О.Г. Забруднення атмосфери сажею. 2-е вид., випр. і доп. – Київ: Здоров'я, 1982 – 36 с.
5. Андронова А.В., Костина Е.М., Кутов А.С. Оптические и микрофизические свойства аэрозолей, полученных при горении различных материалов // Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана. – 1988. – Том 24. №3. – С.14 – 88.
6. Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ / пер. с англ. Г.Л. Агафонова; под ред. П.А. Власова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 352 с.
7. Miller J.A., Melius C.E. Kinetics and thermodynamics issues in the formation of aromatic compounds in flames in aliphatic fuels // Combust. Flame. – 1992. – V. 91. – pp. 21 – 39.
8. Marinov N.M., Pitz W.J., Westbrook C.K. The formation of aromatics and PAH's in laminar flames // Joint of meeting of the British, German and French sections. – 1999. – p. 7.
9. Кизельштейн Л.Я., Дубов И.В., Шпицглюз А.Л., Парада С.Г. Компоненты зол и шлаков ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 176 с.
10. К.В. Буваков, А.С. Заворин, В.Е. Гладков Морфологические особенности золы от энергетического сжигания бурого угля // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. № 5. – С. 136 – 140.
11. Пашенко С.Э., Сабельфельд К.К. Атмосферный и техногенный аэрозоль // Институт кинетики и горения. – Новосибирск.: ВЦ СО РАН, 1992 – Ч-1. – 328 с.
12. Мансуров З.А. Сажеобразование в процессах горения (обзор) // Физика горения и взрыва. – 2005. – Т. 41, № 6. – С. 137 - 156.
13. Кустов М.В. Химически опасные выбросы в атмосферу при техногенных авариях на предприятиях Украины // Безопасность в техносфере. – М., 2015. – № 3. – С. 16 – 21.
14. Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А. Физика атмосферных аэрозольных систем. – СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999. – 194с.

15. Meszaros E. Fundamental of Atmospheric Aerosol Chemistry // Budapest, Ak. Kiado. – 1999. – p. 308.
16. Violi A., D'Anna A., D'Alessio A. Modeling of particulate formation in combustion and pyrolysis // Chemical Engineering Science. – 1999. – V. 54. – pp. 3433 – 3442.
17. Hall-Roberts V.J., Hayhurst A.N., Knight D.E., Taylor S.G. The origin of soot in flames: Is the nucleus an ion? // Combustion Flame. – 2000. – V. 120, I. 4. – pp. 578 – 584.
18. Kreatinin A.V. Detailed modeling of soot formation in hydrocarbon pyrolysis // Combustion Flame. – 2000. – V. 121. – pp. 513 - 524.
19. Bockhorn H. (ed). Soot formation in combustion // Springer, Berlin/Heidelberg. – 1994. – p. 124.
20. Neri G., Bonaccorsi L., Donato A., Milone C., Musolino M.G., Visco A.M. Catalytic combustion of diesel soot over metal oxide catalysts // Applied Catalysis B: Environmental. – 1997. – V. 11. – pp. 217 – 231.
21. Stanmore B.R., Brillhac J.F., Gilot P. The oxidation of soot: a review of experiments, mechanisms and models // Carbon. – 2001. – V. 39. – pp. 2247 – 2268.
22. Courcot D., Abi-Aad E., Capelle S., Aboukais A. Investigation of copper-cerium oxide catalysts in the combustion of diesel soot // Studies in Surface Science and Catalysis. – 1998. – V. 116. – pp. 625 – 634.
23. Akhter M.S., Chughtai A.R., Smith D.M. The Structure of Hexane soot II: Extraction Studies // Applied Spectroscopy. – 1985. – V. 39. – pp. 154 – 167.
24. Sergides C.A., Jassim J.A., Chughtai A.R., Smith D.M., The Structure of Hexane soot III: Ozonation Studies // Applied Spectroscopy. – 1987. – V. 41. – pp. 482 – 492.
25. Akhter M.S., Chughtai A.R., Smith D.M. The Structure of Hexane soot I: Spectroscopic Studies // Applied Spectroscopy. – 1985. – V. 39. – P. 143 – 153.
26. Rockne K.J., Taghon G.L., Kosson D.S. Pore structure of soot deposits from several combustion sources // Chemosphere. – 2001. – V. 41. – pp. 1125 – 1135.
27. Morton B.R., Taylor G.T., Turner Y.S. Turbulent Gravitational Convection from Maintained and Instantaneous Sources // Proc. Royal Soc. A. – 1956. – Vol. 234, № 1196. – pp. 1 – 23.
28. Копылов Н.П., Рыжов А.М., Хасанов И.Р. Математическое моделирование крупномасштабного экспериментального пожара // Физика горения и взрыва. – 1985. – № 5. – С. 51 – 54.
29. Музафаров И.Ф., Утюжников С.В. Численное моделирование конвективных колонок над большим пожаром в атмосфере // Теплофизика высоких температур. – 1995. – № 4. – С. 594 – 601.
30. Dubinin, M.M. Water vapor adsorption and the microporous structures of carbonaceous adsorbents// Carbon. – 1980. – № 18. – p. 355.
31. Ferry D., Suzanne J., Nitsche S., Popovicheva O.B., and Shonija N.K. Water adsorption and dynamics on kerosene soot under atmospheric conditions // J.Geophys. Res. – 2002. – № 107(D23). – p. 4734.
32. Мейсон Б.Дж. Физика облаков. – Л.: Гидрометиздат, 1962. – 541 с.
33. Popovicheva O.B., Persiantseva N.M., Lukhovitskaya E.E., Shonija N.K., Zubareva N.A., Demirdjian B., Ferry D., Suzanne J. Aircraft engine soot as contrail nuclei. // Geophys. Res. Lett. – 2004. – № 31. – pp. 11104.
34. Стромберг А.Г. Семченко Д.П. Физическая химия. – М.: Высшая школа, 1999. – 527 с.
35. Торопов Н.А., Барзановский В.Н. и др. Диаграммы состояния силикатных систем. – Л.: "Наука". – 1972. – 448 с.
36. Каракулов В.М. Предварительная гидратация золы Канско-Ачинских углей в производстве силикатного кирпича. // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 59 – 63.

37. Довгальук Ю.А., Ивлев Л.С. Физика водных и других атмосферных аэрозолей. – Изд. 2-е. СПб, Изд. СПбГУ. – 1998. – 321 с.
 38. Волощук В.М. Кинетическая теория коагуляции. – Л., Гидрометеиздат. – 1984. – 284 с.
1. Aerosol and climate. Ed. By K. Y. Kondratyev. – L.: Gidrometeoizdat, 1991. – p. 542. [*in Russian*]
 2. Prishivalko A. P., Astafieva L. G. Person in the world of aerosols. – M.: Science and technology, 1989. – p. 158. [*in Russian*]
 3. H. Green. Particulate clouds: dusts, smokes and mists. – L.: Khimiya, 1969. – p. 428. [*in Russian*]
 4. Gordina M. P., Voloschenko, O. G. Pollution of the atmosphere by soot. 2–nd edition., Reviewed and added – Kiev: Zdorovia, 1982 – p. 36 [*in Ukrainian*]
 5. Andronov V. A., Kostina E. M., Corners A. S. Optical and microphysical properties of aerosols obtained by burning of different materials // *Izvestiya AS SSR. Physics of atmosphere and ocean.* – 1988. – Vol. 24. No. 3. – pp. 14 – 88. [*in Russian*]
 6. Warnatz J., Maas U., Dibble R., Combustion. Physical and chemical aspects, simulation, experiments, pollutants formation / translated from english G. L. Agafonov; edited by P. A. Vlasov. – M.: FIZMATLIT, 2003. – p. 352. [*in Russian*]
 7. Miller J. A., Melius C. E. Kinetics and thermodynamics issues in the formation of aromatic compounds in aliphatic flames in fuels // *Combust. Flame.* – 1992. – V. 91. – p. 21–39.
 8. Marinov N. M., Pitz W. J., Westbrook C. K. The formation of aromatics and PAH"s in laminar flames // of the Joint meeting of the British, German and Franch sections. – 1999. – p. 7.
 9. Kiselstein L. Ya., Dubov I. V., Szpirglas A. L., Parada S. G. Components of ashes and slags from TPPs. – M.: Energoatomizdat, 1995. – 176 p. [*in Russian*]
 10. K. V. Bugakov, A. S. Zavorin, V. E. Gladkov Morphological features of the ash from the energy of combustion of brown coal // proceedings of the Tomsk Polytechnic University. – 2006. – Vol. 309. No. 5. – P. 136 – 140. [*in Russian*]
 11. Pashchenko S. E., Sabelfeld K. K. Atmospheric and technogenic aerosol / Institute of kinetics and combustion. – Novosibirsk.: COMPUTING CENTER OF RAS, 1992 – Vol.1. – 328 p. [*in Russian*]
 12. Z.A. Mansurov Soot formation in combustion processes (review) // *Physics of combustion and explosion.* – 2005. – V. 41, № 6. – P. 137 – 156. [*in Russian*]
 13. M.V. Kustov Chemically hazardous emissions into the atmosphere during anthropogenic accidents at the enterprises of Ukraine // *Safety in the technosphere.* – M., 2015. – №. 3. – p. 16 – 21. [*in Russian*]
 14. Ivlev L.S., dovgaluk Yu. a. Physics of atmospheric aerosol systems. – SPb.: NIIH St. Petersburg state University, 1999. – p 194. [*in Russian*]
 15. Meszaros E. Fundamental of Atmospheric Aerosol Chemistry // Budapest, Ak. Kiado. – 1999. – p. 308.
 16. Violi A., D’Anna A., D’Alessio A. Modeling of particulate formation in combustion and pyrolysis // *Chemical Engineering Science.* – 1999. – V. 54. – P. 3433 – 3442.
 17. Hall–Roberts V.J., Hayhurst A.N., Knight D.E., Taylor S.G. The origin of soot in flames: Is the nucleus an ion? // *Combustion Flame.* – 2000. – V. 120, I. 4. – P. 578 – 584.
 18. Kreatinin A.V. Detailed modeling of soot formation in hydrocarbon pyrolysis // *Combustion Flame.* – 2000. – V. 121. – P. 513 – 524.
 19. Bockhorn H. (ed). Soot formation in combustion // Springer, Berlin/Heidelberg. – 1994. – p. 124.

20. Neri G., Bonaccorsi L., Donato A., Milone C., Musolino M.G., Visco A.M. Catalytic combustion of diesel soot over metal oxide catalysts // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 1997. – V. 11. – P. 217 – 231.
21. Stanmore B.R., Brilhac J.F., Gilot P. The oxidation of soot: a review of experiments, mechanisms and models // *Carbon*. – 2001. – V. 39. – P. 2247 – 2268.
22. Courcot D., Abi-Aad E., Capelle S., Aboukais A. Investigation of copper–cerium oxide catalysts in the combustion of diesel soot // *Studies in Surface Science and Catalysis*. – 1998. – V. 116. – P. 625 – 634.
23. Akhter M.S., Chughtai A.R., Smith D.M. The Structure of Hexane soot II: Extraction Studies // *Applied Spectroscopy*. – 1985. – V. 39. – P. 154 – 167.
24. Sergides C.A., Jassim J.A., Chughtai A.R., Smith D.M., The Structure of Hexane soot III: Ozonation Studies // *Applied Spectroscopy*. – 1987. – V. 41. – P. 482 – 492.
25. Akhter M.S., Chughtai A.R., Smith D.M. The Structure of Hexane soot I: Spectroscopic Studies // *Applied Spectroscopy*. – 1985. – V. 39. – P. 143 – 153.
26. Rockne K.J., Taghon G.L., Kosson D.S. Pore structure of soot deposits from several combustion sources // *Chemosphere*. – 2001. – V. 41. – P. 1125 – 1135.
27. Morton B.R., Taylor G.T., Turner Y.S. Turbulent Gravitational Convection from Maintained and Instantaneous Sources // *Proc. Royal Soc. A*. – 1956. – Vol. 234, № 1196. – P. 1 – 23.
28. Kopylov N. P., Ryzhov, A. M., Khasanov I. R. Mathematical modeling of large-scale experimental fire // *Physics of combustion and explosion*. – 1985. – No. 5. – P. 51 – 54. [*in Russian*]
29. I.F. Muzafarov, S. V. Utyuzhnikov, Numerical modeling of convective columns above a large fire in the atmosphere // *thermal physics of high temperatures*. – 1995. – No. 4. – P. 594 – 601. [*in Russian*]
30. Dubinin, M. M. Water vapor adsorption and the microporous structures of carbonaceous adsorbents // *Carbon*. – 1980. – No. 18. – p. 355.
31. Ferry D., Suzanne, J., Nitsche, S., Popovicheva O. B., and N. K. Shonija, Water adsorption and dynamics on kerosene soot under atmospheric conditions // *J. Geophys. Res.* – 2002. – No. 107(D23). – p. 4734.
32. Mason B. J. Upton. The physics of clouds. – L.: Gidrometizdat, 1962. – 541 p. [*in Russian*]
33. Popovicheva O. B., Persiantseva N. M., Lukhovitskaya E. E., Shonija N. K., Zubareva N. A., Demirdjian B., Ferry D., Suzanne J. Aircraft engine soot as contrail nuclei. // *Geophys. Res. Lett.* – 2004. – No. 31. – P. 11104.
34. Stromberg A. G., Semchenko D. P. Physical chemistry. – M.: Higher school, 1999. – 527 p. [*in Russian*]
35. Toropov N. And., Baranowski V. N. etc. Phase diagrams of silicate systems. – L.: "Nauka". – 1972. – 448 p. [*in Russian*]
36. Karakulov M. V. Pre-hydration of the ash from Kansk–Achinsk coal in the production of silica brick. // *Polzunov Vestnik*. – 2011. – № 1. – P. 59 – 63. [*in Russian*]
37. Dovgaluk Yu., Ivlev L. S. Physics of water and other atmospheric aerosols. – Ed. 2. St. Petersburg, St. Petersburg state University. – 1998. – 321 p. [*in Russian*]
38. V.M. Voloshchuk Kinetic theory of coagulation. – L., Gidrometeoizdat. – 1984. – 284 p. [*in Russian*]

М. В. Кустов

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ АТМОСФЕРИ ВІД ТВЕРДИХ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ

На основі особливостей утворення аерозолів при горінні целюлозомістячі матеріалів, нафтопродуктів і штучних полімерів розглянута структура та основні фізико-хімічні властивості частинок сажі і золи. Враховуючи поверхневі властивості сажі та золи, визначена їх ефективність в якості ядер краплин у верхніх шарах тропосфери. Визначено особливості конденсації водяної пари на твердих продуктах горіння в залежності від виду горючого матеріалу. За допомогою теоретичних моделей розрахована швидкість вимивання аерозольних продуктів горіння з нижньої тропосфери за рахунок атмосферних опадів різної інтенсивності. Отримані результати дозволяють прогнозувати динаміку поведінки аерозольних продуктів горіння, в зону опадоутворення, так і в приземному шарі з урахуванням основних метеорологічних умов

M. Kustov

THE PREDICTION OF ATMOSPHERE PURIFICATION EFFICIENCY FROM PARTICULATE PRODUCTS OF COMBUSTION

Structure and main physicochemical properties of soot particles and ash are considered on the basis of features of aerosol formation during combustion of cellulose-containing materials, petroleum products and synthetic polymers. Efficiency of soot and ash (taking into account their surface properties) as nuclei drop into the upper troposphere was defined. Peculiarities of vapor condensation on the solid products of combustion, depending on the type of combustible material were determined. Run-off rate of aerosol products of combustion from the lower troposphere by precipitation of varying intensity was calculated by theoretical models. The obtained results help to predict the dynamics behavior of combustion aerosol products in zone of sedimentation, and in the surface layer with the account of fixed meteorological conditions

УДК 351.861

В.В. ТЮТЮНИК, О.М. СОБОЛЬ, В.Д. КАЛУГІН, Ю.В. ТЮТЮНИК

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

ОСНОВИ МЕТОДОЛОГІЇ ТЕРИТОРІАЛЬНО-ЧАСОВОГО ФОРМУВАННЯ ДЖЕРЕЛ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ НА ЛОКАЛЬНІЙ ТЕРИТОРІЇ

Розроблено основи методології оцінки територіально-часових умов формування джерел надзвичайних ситуацій (НС) та екологічної безпеки на локальній території за наявності взаємозв'язків типу: стаціонарний – стаціонарний; стаціонарний – рухомий; рухомий – рухомий потенційно небезпечні об'єкти (ПНО). Представлено математичний підхід до оцінки рівня безпеки локальної території в умовах: випадкового територіального розподілу стаціонарних ПНО; імовірносних маршрутів руху (динаміки місця знаходження) рухомих ПНО; взаємного накладення енергетичних зон підвищеного ризику, які формуються навколо ПНО при прояві НС, пов'язаних з пожежами, вибухами та іншими процесами швидкого вивільнення великої кількості руйнівної енергії

Обґрунтування проблеми. Територія України є системою з рознесеними у просторі та часі різного роду джерел небезпек, що створює передумови для виникнення НС, руйнівна енергія яких негативно впливає на нормальні умови життєдіяльності та рівень екологічної безпеки держави [1 – 3].

У цих умовах край важливо встановити, чи може система життєдіяльності нейтралізувати негативні впливи НС, що виникли, тобто чи достатньо буде у розпорядженні системи безпеки енергії противодії для зниження рівня природно-техногенно-соціальних руйнувань та екологічної безпеки на навколишнє середовище. Тому, в умовах прояву різного роду небезпек виникає необхідність розробки ефективних заходів із забезпечення раннього моніторингу, попередження та ліквідації НС різної природи [4 – 6]. Однак, реалізація такого підходу не можлива без проведення наукових досліджень, спрямованих на вивчення процесів зародження попередніх чинників небезпек, їх розвитку до рівня катастроф, розповсюдження цих катастроф та їх взаємного впливу (взаємної генерації) в умовах існування природно-техногенних, техногенно-техногенних та техногенно-природних взаємозв'язків. В основі цих досліджень є представлення про енергетичну оцінку проявлення та розвиток НС різного походження на локальній території.

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій. Для досягнення мети дослідження в основу формування територіально-часових умов виникнення джерел НС на території України у роботах [7, 8] закладені уявлення про локальну територію з динамічними розмірами, які змінюються від розміра елементарної точки простору (пікселя) до розмірів об'єкта, міста, регіона та більше. Головним фактором оцінки безпеки локальної території є просторо-часова функціональна поверхня, горизонтальні проекції якої співпадають з конфігурацією локальної території, а її випуклості відповідають рівням безпеки в містах з конкретними географічними координатами.

Модельне представлення процесів зародження джерел НС та їх територіально-часового розподілу на локальній території представлено на рис. 1, де джерело інтегральної безпеки в точці $A(x, y, z)$ локальної території нелінійно об'єднує джерела природної безпеки [9 – 11]: 1' – процеси у атмосфері; 2' – процеси у біосфері; 3' – процеси у літосфері; 4' – процеси у гідросфері; джерела техногенної безпеки [12]: 1'' – аварії на промислових об'єктах і транспорті; 2'' – вибухи; 3'' – пожежі; 4'' – вивільнення інших

видів енергії; джерела соціальної небезпеки [13]: 1''' – психологічні особливості особи та особливості виховання; 2''' – несприятливе положення особи; 3''' – соціальна несправедливість; 4''' – напруженість в міжгрупових, міжконфесійних і міжнаціональних стосунках; 5''' – негативні соціальні процеси, що призводять до руйнування етичних засад, соціальної стійкості особи та законслухняності; джерела воєнної небезпеки [14]: 1'''' – наявність гострих суперечностей, розв'язання яких є можливим лише із застосуванням воєнної сили; 2'''' – наявність у однієї із сторін достатньої кількості військових сил і засобів для розв'язання суперечності на свою користь або здатність держави створити такі сили в перспективі; 3'''' – наявність у лідерів або урядів політичної волі або рішучості піти на застосування сили, здатності використовувати збройні сили для вирішення можливого конфлікту; 4'''' – наявність надійних союзників серед держав, їх коаліцій або інших суб'єктів військово-політичних відносин; 5'''' – сприятливі геополітичні умови та реальна (або прогнозована) військово-політична обстановка для здійснення військових акцій.

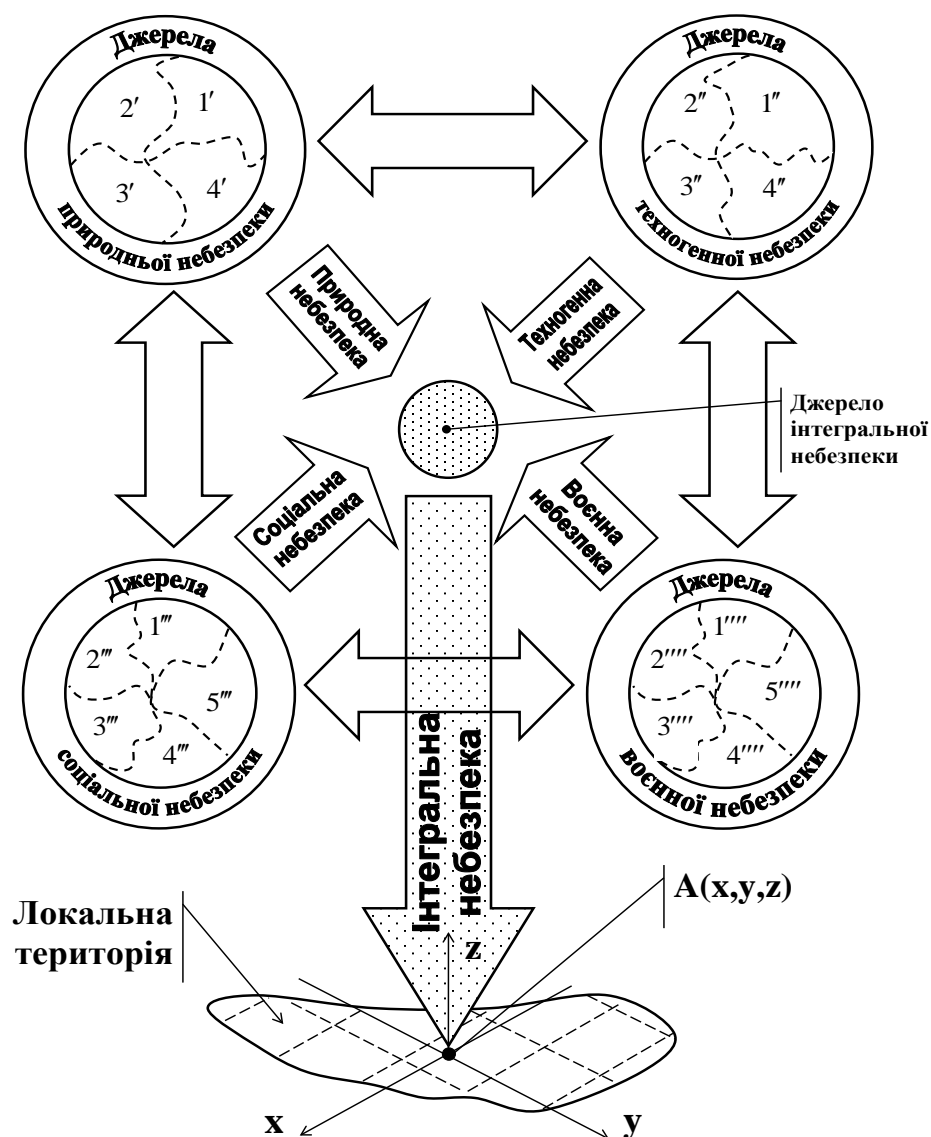


Рис. 1. Модельне представлення процесів зародження на локальній території джерел НС різного походження на локальній території

Стан стабільності функціонування локальної території в умовах прояву НС природного, техногенного, соціального та воєнного характерів та функціонування системи моніторингу, попередження та ліквідації НС – $F_{\text{СМПЛНС}}$, можливо, базуючись на основних постулатах теорії катастроф та синергетики [15 – 18], записати у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} K_{\text{НС}}^{\text{Прир.}} = f_{\text{НС}}^{\text{Прир.}}(F_{\text{Прир.}}, F_{\text{Техн.}}, F_{\text{Соц.}}, F_{\text{Воєн.}}, F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Прир.}}), \\ K_{\text{НС}}^{\text{Техн.}} = f_{\text{НС}}^{\text{Техн.}}(F_{\text{Прир.}}, F_{\text{Техн.}}, F_{\text{Соц.}}, F_{\text{Воєн.}}, F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Техн.}}), \\ K_{\text{НС}}^{\text{Соц.}} = f_{\text{НС}}^{\text{Соц.}}(F_{\text{Прир.}}, F_{\text{Техн.}}, F_{\text{Соц.}}, F_{\text{Воєн.}}, F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Соц.}}), \\ K_{\text{НС}}^{\text{Воєн.}} = f_{\text{НС}}^{\text{Воєн.}}(F_{\text{Прир.}}, F_{\text{Техн.}}, F_{\text{Соц.}}, F_{\text{Воєн.}}, F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Воєн.}}), \end{cases} \quad (1)$$

де $K_{\text{НС}}^{\text{Прир.}}$, $K_{\text{НС}}^{\text{Техн.}}$, $K_{\text{НС}}^{\text{Соц.}}$, $K_{\text{НС}}^{\text{Воєн.}}$ – кількісні показники виникнення НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру; $f_{\text{НС}}^{\text{Прир.}}$, $f_{\text{НС}}^{\text{Техн.}}$, $f_{\text{НС}}^{\text{Соц.}}$, $f_{\text{НС}}^{\text{Воєн.}}$ – функціонали, які визначаються властивостями локальної території до прояву НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру; $F_{\text{Прир.}}$, $F_{\text{Техн.}}$, $F_{\text{Соц.}}$, $F_{\text{Воєн.}}$ – природні, техногенні, соціальні та воєнні джерела НС; $F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Прир.}}$, $F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Техн.}}$, $F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Соц.}}$, $F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Воєн.}}$ – функції системи моніторингу, попередження та ліквідації НС в умовах прояву НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру.

Базуючись на запропонованому у роботах [7, 8] енергетичному підході щодо оцінки прояву різного роду джерел небезпек і їх дестабілізуючого впливу на умови життєдіяльності, у роботах [19 – 32] проведені спроби розв'язання системи рівнянь (1) щодо аналізу НС природного та техногенного характеру. Так, у роботах [19 – 24] аналіз умов виникнення та розвитку джерел НС природного характеру проведені на основі досліджень енергетичних процесів виникнення та розповсюдження сейсмічної нестабільності по кулі Землі та їх впливу на стан сейсмічної безпеки території України.

Дослідження використання енергетичного підходу до оцінки рівня техногенної безпеки території України проведено у роботах [25 – 30], де за допомогою багатомірних статистичний методів проведено аналіз безпеки життєдіяльності населення України в режимі повсякденного функціонування та в умовах прояву НС техногенного походження. Додатково до цього у роботах [31, 32] проведені оцінки відносної інтенсивності між НС природного та техногенного характеру.

Одним із напрямків подальшого розвитку розробленого у вигляді системи рівнянь (1) та схематично представленого на рис. 1 підходу до оцінки рівня безпеки локальної території є встановлення умов формування НС всередині локальної території та розвиток геометричних уявлень про територіальний розподіл ПНО та можливості накладення енергетичних зон підвищеної безпеки, які формуються навколо цих об'єктів, усередині яких в результаті прояву НС, пов'язаних з крупними пожежами, вибухами та іншими процесами швидкого виділення великої кількості руйнівної енергії, спостерігається рівень підвищеної безпеки для життєдіяльності території. Останнє обумовлює мету роботи.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою дослідження є розвиток уявлень про динаміку і енергетику функціонування території України з рознесеними у просторі та часі різного роду джерелами небезпек і їх дестабілізуючого впливу на умови безпеки життєдіяльності та екологічної безпеки локальної території при накладенні енергетичних зон підвищеної безпеки, які формуються навколо ПНО та пов'язані з крупними пожежами, вибухами та іншими процесами швидкого виділення великої кількості руйнівної енергії. Нерівномірність розподілу ПНО по території приводить до ситуацій геометричного накладення зон безпеки – рис. 2. Усередині цих зон виникають

ефекти нелінійних взаємодій між небезпечними факторами різного роду НС [7, 8], унаслідок чого виникає необхідність розгляду можливостей прояву, в першому наближенні, сумарного ефекту взаємодії зон при оцінці загального рівня техногенного навантаження на умови життєдіяльності території.

Математичне моделювання випадкового розподілу ПНО по локальній території та можливість накладення зон підвищеної небезпеки, які формуються навколо ПНО, проведено у роботі в межах наступних уявлень.

Нехай у двомірному евклідовому просторі R^2 задано локальну територію S_0 , яка у загальному випадку є не випуклий багатокутник, що заданий координатами вершин у глобальній системі координат (x, y) – рис. 2.

Цій локальній території належать центри кругів $S_i(x_i, y_i)$, тобто $S_i(x_i, y_i) \in S_0$, де $i = 1, \dots, n$. Дані круги мають радіуси R_i . У загальному випадку $R_i \neq R_j$, $i \neq j$, $i, j \in \{1, \dots, n\}$. Кожен з кругів є областю можливої небезпечної дії від ПНО, місце розташування якого збігається з центром відповідного круга. Слід зазначити, що допускається пересічення двох та більше заданих кругів одночасно. Необхідно визначити сумарну площу пересічення кругів $S_i(x_i, y_i)$, $i = 1, \dots, n$.

Локальну територію S_0 та зони підвищеної небезпеки $S_i(x_i, y_i)$, $i = 1, \dots, n$, представимо у наступному вигляді [33, 34]:

$$g = (\{s\}, \{m\}, \{p\}), \quad (2)$$

де $\{s\}$ – форма відповідного об'єкту, $\{m\}$ – метричні характеристики об'єкту, $\{p\}$ – параметри розміщення об'єкту.

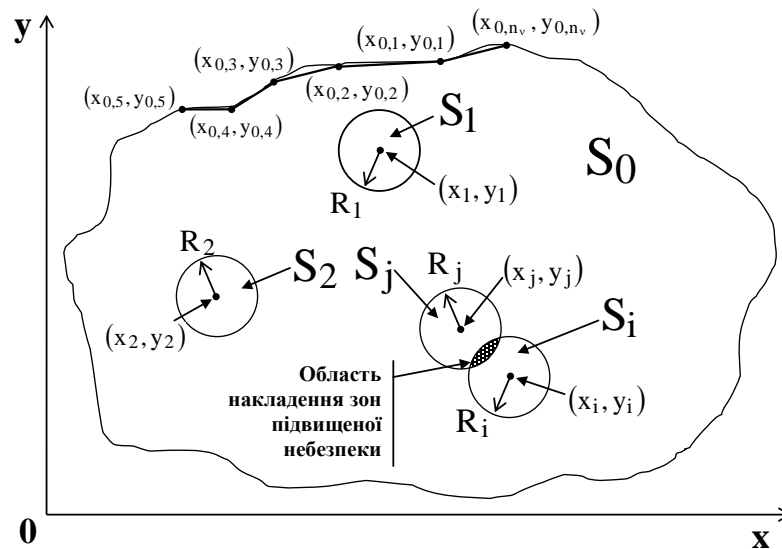


Рис. 2. Геометричне представлення розподілу ПНО по локальній території та можливості накладення зон підвищеної небезпеки, які формуються навколо ПНО

Таким чином, математичне представлення локальної території S_0 в просторі R^2 , має вигляд:

$$g_0 = (\{\text{багатокутник}\}, \{x_{0,1}, y_{0,1}; \dots; x_{0,n}, y_{0,n}\}, \{0,0\}), \quad (3)$$

де $\{x_{0,1}, y_{0,1}; \dots; x_{0,n_v}, y_{0,n_v}\}$ – координати вершин багатокутника в системі координат (x, y) , загальна кількість яких дорівнює n_v . Необхідно відзначити, що нумерація вершин здійснюється проти годинникової стрілки.

Геометричну інформацію про зони підвищеної небезпеки навколо ПНО $S_i(x_i, y_i)$, $i = 1, \dots, n$, можливо записати наступним чином:

$$g_i = (\{\text{круг}\}, \{R_i\}, \{x_i, y_i\}), \quad i = 1, \dots, n. \quad (4)$$

Для визначення сумарної площі пересічення заданої безлічі зон підвищеної небезпеки необхідно, перш за все, сформувати підмножини $S'_q \subset \bigcup_{i=1}^N S_i$, $q = 1, \dots, N_g$, які задовольняють наступним вимогам: 1) підмножини не перетинаються між собою, тобто $S'_q \cap S'_w = \emptyset$, $q = 1, \dots, N_g - 1$, $w = q + 1, \dots, N_g$; 2) в межах q -тої підгрупи круги перетинаються, тобто $S_i \cap S_j = \emptyset$, $S_i \in S'_q$, $S_j \in S'_q$, $i \neq j$, $i, j \in \{1, \dots, n\}$. При цьому допустима і наступна ситуація: $S_i \cap S_k = \emptyset$, $S_i \in S'_q$, $S_k \in S'_q$, $i \neq k$, $i, k \in \{1, \dots, n\}$.

Для формування підмножин S'_q , $q = 1, \dots, N_g$, необхідно для кожної пари зон підвищеної небезпеки $S_i(x_i, y_i)$ і $S_j(x_j, y_j)$, $i = 1, \dots, n - 1$, $j = i + 1, \dots, n$, записати Φ -функцію [32, 33], яка володіє наступною властивістю: за відсутності перетинання (якщо $clS_i(x_i, y_i) \cap clS_j(x_j, y_j) = \emptyset$) $\Phi(x_i, y_i, x_j, y_j) > 0$; за наявності торкання (якщо $clS_i(x_i, y_i) \cap clS_j(x_j, y_j) \neq \emptyset$ і $intS_i(x_i, y_i) \cap intS_j(x_j, y_j) = \emptyset$) $\Phi(x_i, y_i, x_j, y_j) = 0$; за наявності накладення (якщо $intS_i(x_i, y_i) \cap intS_j(x_j, y_j) \neq \emptyset$) $\Phi(x_i, y_i, x_j, y_j) < 0$.

При визначенні умов накладення зон підвищеної небезпеки введені наступні позначення: $clS_i(x_i, y_i)$ – замикання точкової безлічі $S_i(x_i, y_i)$; $intS_i(x_i, y_i)$ – внутрішність точкової безлічі $S_i(x_i, y_i)$.

Визначення зон сумарної небезпеки життєдіяльності, незалежних зон підвищеної небезпеки, які виникають у результаті територіального накладення від окремих ПНО, здійснюється шляхом формування, в рамках виконання умови $\Phi(x_i, y_i, x_j, y_j) < 0$, підмножин S'_q , $q = 1, \dots, N_g$. Для визначення сумарної площі перетинання зон підвищеної небезпеки розроблено наступний підхід: для кожної q -ї групи зон підвищеної небезпеки ($q = 1, \dots, N_g$) формується габаритний прямокутник зі сторонами A_q і B_q (рис. 3); задаються параметри прямокутної сітки N_A і N_B (кількість вузлів) та визначається кількість вузлів N_q , які належать зоні небезпеки у q -й групі; шляхом збільшення кількості вузлів визначається площа області перетинання $S^q = \frac{N_q}{N} S_{AB}$ із заданою точністю ε (считається, що відношення площі перетинання кругів S^q до площі габаритного прямокутника S_{AB} пропорційно відношенню кількості вузлів N_q до їх загальної кількості N).

Реалізація цього підходу щодо визначення зон сумарної небезпеки життєдіяльності від стаціонарних ПНО та формування підмножин $S'_q \subset \bigcup_{i=1}^N S_i$, $q = 1, \dots, N_g$ має вигляд [35]:

1) Кількість підмножин $N_g = 0$. Задається масив номерів кругів $Numb[i] = i$, $i = 1, \dots, n$.

2) $i = 1$ (номер круга, з якого починається формування підмножин).

- 3) $j = i + 1$ (номери кругів, для яких виконується перевірка умови накладення зон підвищеної небезпеки).
- 4) Якщо $j \leq n$, то Крок 5, інакше – $\text{Numb}[i] = 0$, Крок 17.
- 5) Якщо $\text{Numb}[j] \neq 0$, то Крок 6, інакше – $j = j + 1$, Крок 4.
- 6) Перевірка умови накладення зон підвищеної небезпеки для кругів з номерами i та j . Якщо умова виконується, то $N_g = N_g + 1$, $\text{Nm}[N_g][1] = i$, $\text{Nm}[N_g][2] = j$, $\text{Numb}[j] = 0$, $N = 2$, Крок 9, інакше – Крок 7.
- 7) $j = j + 1$. Якщо $j \leq n$, то Крок 5, інакше – Крок 8.
- 8) $\text{Numb}[i] = 0$, $i = i + 1$. Якщо $i \leq n$, то Крок 3, інакше – Крок 17.
- 9) $j = j + 1$. Якщо $j \leq n$, то Крок 10, інакше – Крок 11.
- 10) Якщо $\text{Numb}[j] \neq 0$, то виконується перевірка умови накладення зон підвищеної небезпеки для кругів з номерами i та j . Якщо умова виконана, то $\text{Numb}[j] = 0$, $N = N + 1$, $\text{Nm}[N_g][N] = j$. Крок 9.
- 11) $k = 2$ (номер поточного елемента у підмножині).
- 12) $j = 1$.
- 13) Якщо $\text{Numb}[j] \neq 0$, то Крок 14, інакше – Крок 15.14) Перевірка умови відсутності перетинання зон підвищеної небезпеки для кругів, з номерами $\text{Nm}[N_g][k]$ та j . Якщо умова виконується, то $\text{Numb}[j] = 0$, $N = N + 1$, $\text{Nm}[N_g][N] = j$. Крок 15.
- 15) $j = j + 1$. Якщо $j \leq n$, то Крок 13, інакше – Крок 16.
- 16) $k = k + 1$. Якщо $k \leq N$, то Крок 12, інакше – Крок 17.
- 17) Якщо існує відмінний від нуля елемент масиву Numb , то змінна i набуває значення першого ненульового елемента, Крок 3, інакше – Крок 18.
- 18) Якщо $N_g = 0$, то пересічення кругів відсутні, інакше – кількість підмножин кругів, в яких реалізуються пересічення, дорівнює N_g .

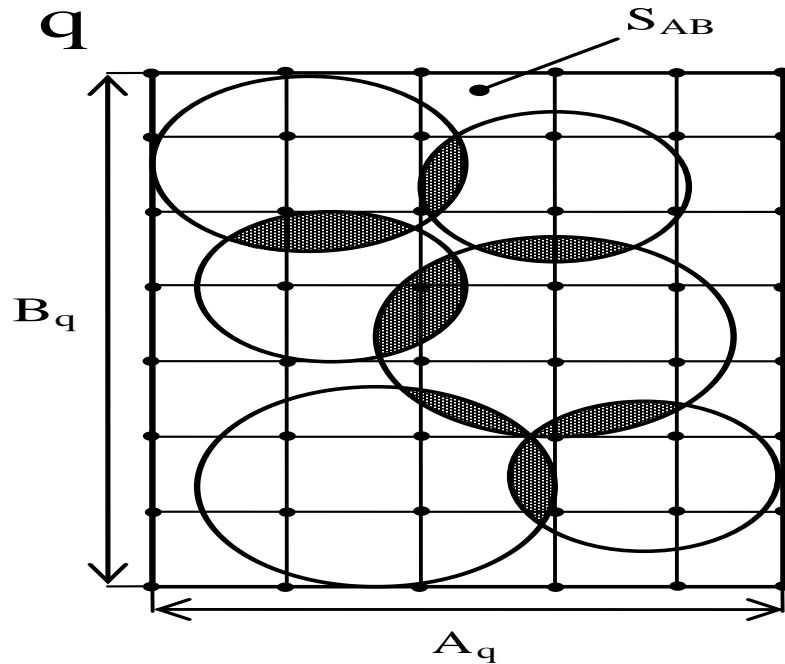


Рис. 3. Геометричне визначення сумарної площі перетину зон сумарної небезпеки на локальній території

Після формування підмножин $S'_q \subset \bigcup_{i=1}^N S_i$, $q=1, \dots, N_g$, визначення сумарної площі перетинання зон сумарної небезпеки життєдіяльності території (площі перетинання кругів $S_i(x_i, y_i)$, $i=1, \dots, n$) здійснюється в рамках наступного математичного підходу:

- 1) Якщо $N_g > 0$, то Крок 2, інакше – Крок 13.
- 2) $q=1$ (лічильник кількості підмножин), $S=0$ (сумарна площа перетинання кругів), задаємо похибку обчислення площі перетинання – ε .
- 3) $S^q = 0$ (площа перетинання кругів у q -ій підмножині).
- 4) Визначаємо параметри A_q і B_q габаритного прямокутника для q -ої підмножини кругів – рис. 3.

5) Задаємо параметри прямокутної сітки N_A і N_B , яка накладається на габаритний прямокутник, де N_A і N_B – кількість точок сітки по осях габаритного прямокутника.

6) Обчислюємо кількість вузлів N_q , що належать області пересічення кругів q -ої підмножини (перевірка приналежності області перетинання здійснюється таким чином: якщо вузол належить більш ніж одному кругу, то він належить області перетинання).

7) $N_A = 2N_A$, $N_B = 2N_B$.

8) $S^q = \frac{N_q}{N} S_{AB}$.

9) Якщо $\frac{|S^q - S^q|}{S^q} \leq \varepsilon$, то Крок 10, інакше – $S^q = S^q$, Крок 7.

10) $S = S + S^q$.

11) $q = q + 1$. Якщо $q \leq N_g$, то Крок 3, інакше – Крок 13.

12) $S = 0$.

Так, послідовне застосування представлених математичних апаратів дозволить визначити кількість та сумарну площу перетинання зон підвищеної небезпеки локальної території – кругів, які формуються навколо стаціонарних потенційно небезпечних об'єктів.

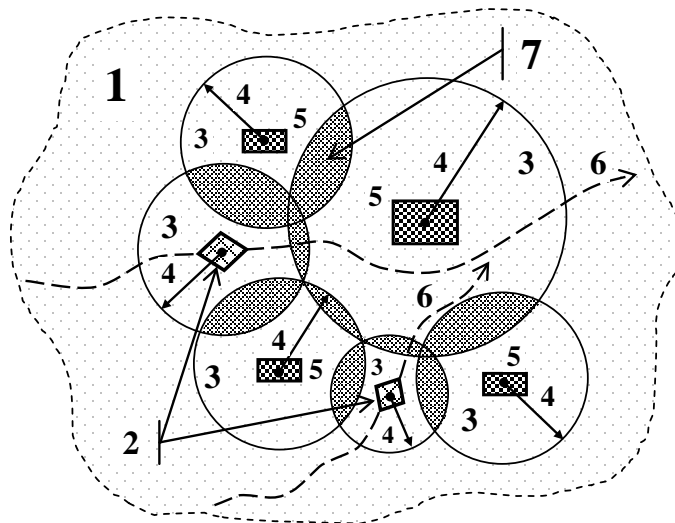


Рис. 4. Функціональна схема формування зон підвищеної небезпеки навколо стаціонарних і рухливих ПНО: 1 – локальна територія, де випадково розміщені стаціонарні та рухомі ПНО; 2 – рухомі ПНО; 3 – зони

підвищеної небезпеки навколо ПНО в процесі прояву НС, які пов'язані з пожежами, вибухами та іншими небезпечними процесами; 4 – радіуси зон підвищеної небезпеки; 5 – стаціонарні ПНО; 6 – траси рухомих ПНО; 7 – зона взаємної небезпеки від стаціонарних і рухомих ПНО, яка сформована у процесі накладання окремих зон підвищеної небезпеки

Оцінка можливості територіального накладення зон підвищеної небезпеки, які радіально формуються навколо стаціонарних і рухомих ПНО, виконана у роботі з врахуванням уявлень про існування (рис. 4): випадкового територіального розподілу стаціонарних ПНО; випадкових маршрутів руху (динаміки місць розташування) рухомих ПНО; взаємного накладення зон підвищеної небезпеки.

Нехай, як і при оцінці зон підвищеної небезпеки від стаціонарних ПНО, у евклідовому просторі R^2 задано локальну територію S_0 , яка у загальному випадку є не випуклий багатокутник, що заданий координатами вершин у глобальній системі координат. Цій локальній території належать центри зон підвищеної небезпеки $S_i(x_i, y_i)$, з фіксованими параметрами розміщення $(x_i, y_i) \in S_0$, $i = 1, \dots, n$, а також центри зон небезпеки $S_j(x_j(t), y_j(t))$ із змінними параметрами розміщення $(x_j(t), y_j(t))$, $j = i+1, \dots, N$, які залежать від часу t .

Ці круги мають радіуси R_i і R_j відповідно, причому, у загальному випадку, $R_i \neq R_j$, $i = 1, \dots, n$, $j = i+1, \dots, N$, $R_i \neq R_k$, $i \neq k$, $i, k \in \{1, \dots, n\}$, $R_j \neq R_\xi$, $j \neq \xi$, $j, \xi \in \{n+1, \dots, N\}$. Кожна із зон підвищеної небезпеки є областю можливої небезпечної дії об'єкту, місце розташування якого збігається з центром відповідної зони (як стаціонарного, так і рухомого). Слід зазначити, що допускається перетинання двох і більше зон підвищеної небезпеки одночасно.

В зв'язку з цим необхідно у будь-який момент часу t визначити сумарну площу перетину $S_p(x_p(t), y_p(t))$ кругів, де $p = 1, \dots, N$, $\forall p \in \{1, \dots, n\}$: $(x_p(t), y_p(t)) = (x_p, y_p)$.

Для вирішення поставленого завдання необхідно у будь-який момент часу t , перш за все, сформулювати підмножини $S'_q \subset \bigcup_{p=1}^N S_p$, $q = 1, \dots, N_g$, які задовольняють наступним

вимогам: 1) підмножини не перетинаються між собою, тобто $S'_q \cap S'_w = \emptyset$, $q = 1, \dots, N_g - 1$, $w = q+1, \dots, N_g$; 2) в межах q -тої підгрупи зони підвищеної небезпеки перетинаються, тобто $S_p \cap S_v \neq \emptyset$, $S_p \in S'_q$, $S_v \in S'_q$, $p \neq v$, $p, v \in \{1, \dots, N\}$. При цьому допустима і наступна ситуація: $S_p \cap S_m = \emptyset$, $S_p \in S'_q$, $S_m \in S'_q$, $p \neq m$, $p, m \in \{1, \dots, N\}$.

Для визначення у момент часу моніторингу t сумарної площі перетинання зон підвищеної небезпеки $S_p(x_p(t), y_p(t))$, $p = 1, \dots, N$, розглянемо наступний підхід [36]:

- 1) Якщо $N_g > 0$, то Крок 2, інакше – Крок 18.
- 2) $q = 1$ (лічильник кількості підмножин), $S = 0$ (сумарна площа перетинання кругів).
- 3) $S^q = 0$ (площа перетинання зон підвищеної небезпеки у q -ій підмножині).

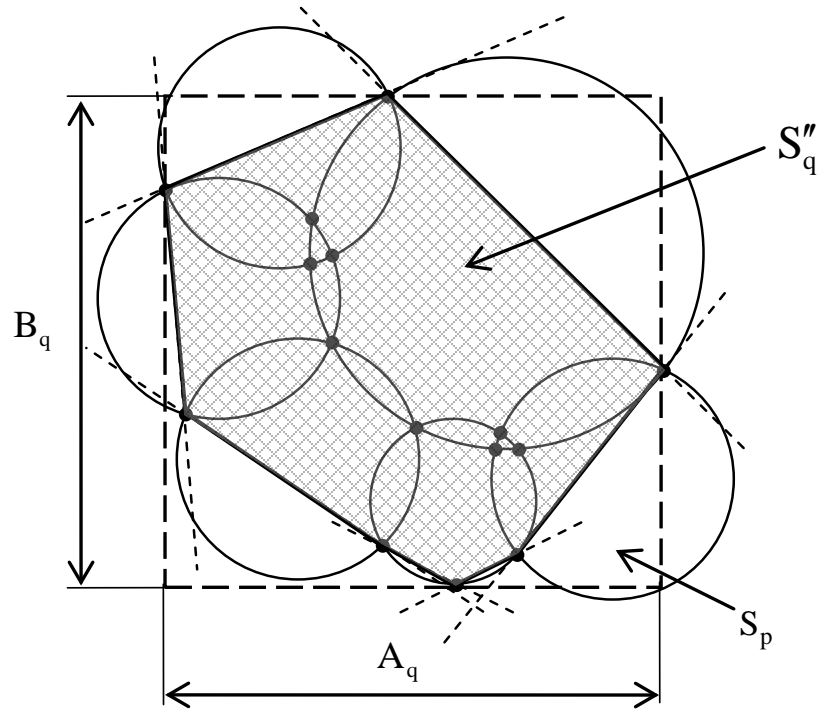


Рис. 5. Приклад побудови за зовнішніми точками перетину на момент часу моніторингу t зон підвищеної безпеки від стаціонарних і рухомих ПНО та сумарної зони взаємної безпеки у вигляді випуклої оболонки S''_q

4) Для q -ої підмножини зон підвищеної безпеки визначаємо їх точки перетинання $D_c(x_{q,c}, y_{q,c})$, $C = 1, \dots, N_{q,c}$ як:

$$\begin{cases} x_{q,c}^2(t) + y_{q,c}^2(t) = R_p^2; \\ x_{q,c}^2(t) + y_{q,c}^2(t) = R_v^2; \end{cases} \quad (5)$$

де $p \neq v$; $p, v \in \{1, \dots, N\}$; $\forall p \in \{1, \dots, n\}$: $(x_p(t), y_p(t)) = (x_p, y_p)$; $\forall v \in \{1, \dots, n\}$: $(x_v(t), y_v(t)) = (x_v, y_v)$.

Нехай кількість зон підвищеної безпеки, що належать підмножині S'_q , рівна N_q . Тоді кількість систем рівнянь вигляду (5), які необхідно вирішити для визначення всіх точок пересічень зон безпеки підмножини S'_q , дорівнює $C_{N_q}^2$.

Якщо в результаті розв'язання системи (5) точок перетинання для деякого круга $S_m \in S'_q$ не знайдено, то $S^q = S^q + \pi R_m^2$.

5) Для отриманого набору точок перетинання необхідно побудувати випуклу оболонку S''_q . Тому, обчислюються параметри A_q і B_q габаритного прямокутника для цього набору точок. У якості початкової точки розглядається будь-яка точка, що належить габаритному прямокутнику. Наступний крок – знаходження такої точки, щоб пряма, яка проходить через початкову та поточну точки, залишала інші точки у відповідній напівплощині. Таким чином, стартовою стає поточна точка, а процес побудови оболонки S''_q завершується при її замиканні (рис. 5).

б) Для побудови межі області перетинання зон $S_m \in S'_q$ вибираємо будь-яку вершину $D_f(x_{q,f}, y_{q,f})$, $f \in \{1, \dots, N_{q,c}\}$, випуклої оболонки S''_q . Напрямок обходу межі області пересічення кругів – проти годинникової стрілки (рис. 6).

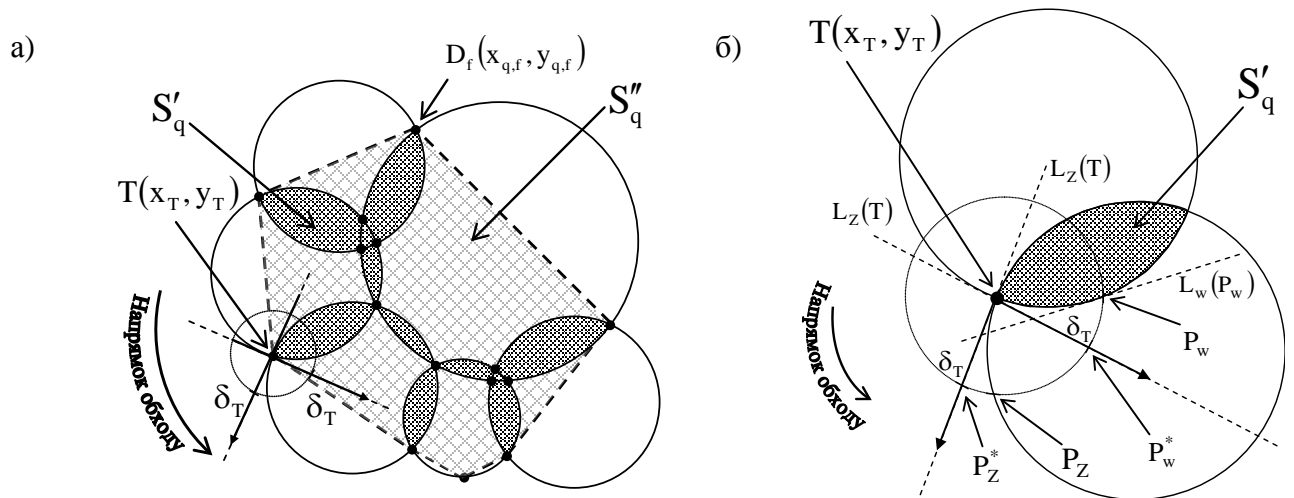


Рис. 6. Приклад побудови у середині випуклої оболонки S''_q в момент часу моніторингу t зони взаємної небезпеки від стаціонарних і рухомих ПНО у вигляді області S'_q : а) загальна схема; б) схема в околицях точки $T(x_T, y_T)$

7) Записуємо координати поточної точки побудови контуру $T(x_T, y_T)$: $x_T = x_{q,f}$, $y_T = y_{q,f}$.

8) Визначаємо набір зон $S_T \subset S_m$, $S_m \in S'_q$, $m \in \{1, \dots, N\}$, яким належить точка $T(x_T, y_T)$.

9) Для кожної зони з S_T проводимо дотичні $L_Z(T) = 0$.

10) Робимо крок завдовжки δ_T по дотичних уздовж їх направляючих векторів, який співпадає з напрямком обходу контуру. Визначаємо координати точок P_Z . Виключаємо з розгляду дотичні, а також P_Z , для яких точки, які знаходяться на відповідній дузі зони на відстані δ_T від $T(x_T, y_T)$, належать лише одній зоні з S_T .

11) Визначаємо точку P_w^* , для якої $L_Z(P_w^*) \geq 0$, $z = 1, 2, \dots$, $w \in \{1, 2, \dots\}$.

12) Переходимо по дузі зони, до якої проведена дотична $L_w(P_w) = 0$, до найближчої для $T(x_T, y_T)$ точці з $D_C(x_{q,c}, y_{q,c})$, $C \in \{1, \dots, N_{q,c}\}$.

13) Перевірка: якщо межа області перетинання зон підвищеної небезпеки $S_m \in S'_q$ замкнута, то Крок 15, інакше – Крок 14.

14) $x_T = x_{q,c}$, $y_T = y_{q,c}$, $C \in \{1, \dots, N_{q,c}\}$. Крок 8.

15) Обчислюємо площу S^q області перетинання зон підвищеної небезпеки $S_m \in S'_q$ як: $S^q = S^{q'} + S^q$.

16) $S = S + S^q$.

17) $q = q + 1$. Якщо $q \leq N_g$, то Крок 3, інакше – Крок 19.

18) $S = 0$.

З вище викладеного витікає, що одним з перспективних напрямків забезпечення стабільності функціонування локальної території являється моніторинг (контроль) стану стаціонарних і рухомих ПНО в умовах прояву попередніх факторів небезпеки з метою оцінки генерації зон взаємних небезпек. Це обумовлено тим, що попередження та ліквідація НС та джерел екологічної небезпеки на локальній території неможливе без визначення географічного місцезположення стаціонарних ПНО та прогнозу переміщення рухомих ПНО [4 – 6, 35, 36].

Висновки

1. На базі уявлення про локальну територію з динамічними розмірами, які змінюються від розміра елементарної точки простору (пікселя) до розмірів об'єкта, міста, регіона та більше розроблено принцип оцінки формування територіально-часових умов виникнення надзвичайних ситуацій та екологічної небезпеки на території України.

2. Обґрунтовано використання функціональної поверхні, горизонтальні проекції якої співпадають з конфігурацією локальної території, а її випуклості відповідають інтегральному рівню природної, техногенної, соціальної та воєнної небезпеки в містах з конкретними географічними координатами.

3. На основі результатів аналізу умов формування надзвичайних ситуацій та екологічної небезпеки на локальних територіях показано, що основними напрямками забезпечення стабільності функціонування локальної території є: ранній моніторинг стану стаціонарних і рухомих потенційно небезпечних об'єктів в умовах прояву попередніх факторів небезпеки, прогноз виникнення надзвичайних ситуацій, оцінка можливості виникнення зон взаємної небезпеки та визначення географічного місцезположення та прогнозу переміщення рухомих потенційно небезпечних об'єктів. Вказані напрямки забезпечення стабільності базуються на оцінці взаємозв'язків типу: стаціонарний – стаціонарний; стаціонарний – рухомий; рухомий – рухомий об'єкти.

4. За допомогою запропонованих у роботі математичних засобів визначено кількість та сумарну площу перетинання зон підвищеної небезпеки локальної території, які формуються навколо стаціонарних і рухомих потенційно небезпечних об'єктів.

1. Баришполец В.А. Системный анализ катастроф, происходящих в мире / В.А. Баришполец // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2010. – Т. 2. – № 1 – 2. – С. 162 – 176.

2. Биченок М.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні / М.М. Биченок, О.М. Трофимчук – К.: РНБОУ, 2002. – 153 с.

3. 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: Зб. наук. праць. – Х.: Університет цивільного захисту України, 2009. – Вип. 9. – С. 146 – 157.

4. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9(116). – С. 204 – 216.

5. Тютюник В.В. Розробка науково-технічних основ створення системи моніторингу за зонами взаємного ризику від стаціонарних і рухомих потенційно небезпечних об'єктів / В.В. Тютюник, О.М. Соболь, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко, В.Д. Калугін // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – № 3(39). – С. 150 – 156.

6. Тютюник В.В. Розробка науково-технічних основ системи моніторингу зони надзвичайної ситуації, яка включає доставку автоматизованих пристроїв контролю повітряними безпілотними засобами / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – № 3 (16). – С. 41 – 44.
7. Тютюник В.В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. праць. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – Вип. 14. – С. 171 – 194.
8. 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-Европейський журнал передових технологій. – 2012. – 1/6 (55). – С. 59 – 70.
9. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.
10. Черногор Л.Ф. О нелинейности в природе и науке / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2008. – 528 с.
11. Тютюник В.В. Аналіз факторів, які провокують виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2011. – Вип. 4(94). – С. 280 – 284.
12. ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.fireman.ru/bd/gost/22-0-05/22-0-05-94.htm#n_3_1_2
13. Михайлов Л.А. Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них / Л.А. Михайлов, В.П. Соломин – СПб.: Питер, 2008. – 235 с.
14. Ліпкан В.А. Національна безпека України / В.А. Ліпкан [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://westudents.com.ua/knigi/368-natsionalna-bezpeka-ukrani-lpkan-va.html>
15. Арнольд В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 128 с.
16. Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен – М.: Изд. «Мир», 1980. – 414 с.
17. Бабурина В.Л. Пространство циклов: Мир – Россия – регион / Под ред. В.Л. Бабурина, П.А. Чистякова. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – 320 с.
18. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент / Г.Г. Малинецкий – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 312 с.
19. Тютюник В.В. Дослідження механізму цепного розвитку процесу розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах Землі / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 1(30). – С. 178 – 184.
20. Тютюник В.В. Оцінка ризику функціонування природно-техногенно-соціальної системи при сезонних коливаннях сейсмічної активності / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист – Київ-Кременчук, 2012, 2013. – Вип. 5. – С. 165 – 179.
21. Тютюник В.В. Оцінка територіально-часового розподілу кількості землетрусів по земній кулі / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Геоінформатика – Київ: Інститут геологічних наук НАН України, 2012. – № 4(44). – С. 53 – 60.

22. Калугін В.Д. Оцінка співвідношення між рівнями сейсмічної небезпеки півкуль земної кулі / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 7 (105). – С. 277 – 287.
23. Тютюник В.В. Оцінка впливу тектонічної активності земної кулі на сейсмічність території України / В.В. Тютюник, Ю.О. Гордієнко, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ: ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління», 2012. – Вип. 3(23). – С. 210 – 216.
24. Тютюник В.В. Оцінка ризику сейсмічної небезпеки на території України / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – Вип. 15. – С. 196 – 213.
25. Тютюник В.В. Оценка уровня техногенной опасности территории по основным показателям жизнедеятельности методами факторного анализа и анализа главных компонент / В.В. Тютюник, Н.В. Бондарев, Р.И. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС РФ, 2014. – № 3(22). – С. 47 – 57.
26. Тютюник В.В. Кластерный анализ территории Украины по основным показателям повседневного функционирования и проявления техногенной опасности / В.В. Тютюник, Н.В. Бондарев, Р.И. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин // Геоінформатика. – Київ: Інститут геологічних наук НАН України, 2014. – 4(52). – С. 63 – 72.
27. Тютюник В.В. Деревя класифікації території України за основними показниками повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки / В.В. Тютюник, М.В. Бондарев, Р.І. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – Вип. 9(125). – С. 228 – 237.
28. Тютюник В.В. Особливості класифікації території України за основними показниками повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки / В.В. Тютюник, М.В. Бондарев, Р.І. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист – Київ: НАН України, МНС України, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», 2014. – Вип. 7. – С. 107 – 118.
29. Тютюник В.В. Дискримінантний та канонічний аналізи результатів кластеризації території України за основними показниками повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки / В.В. Тютюник // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – № 1(41). – С. 173 – 178.
30. Тютюник В.В. Нейромережеве прогнозування залежності рівня техногенної небезпеки регіонів України від умов життєдіяльності / В.В. Тютюник // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – № 1 (18). – С. 191 – 196.
31. Андронов В.А. Комплексні показники оцінювання стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України / В.А. Андронов, Ю.П. Бабков, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2010. – Вип. 12. – С. 9 – 20.
32. Тютюник В.В. Оцінка відносної інтенсивності між надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру в регіонах України / В.В. Тютюник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2015. – Вип. 21. – С. 112 – 120.

33. Стоян Ю.Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. – К.: Наук. думка, 1986. – 265 с.
 34. Комяк В.М. Постановка задачи побудови 0-рівня Ф-функції для геометричних об'єктів з нелінійною границею / В.М. Комяк, О.М. Соболев, А.В. Попова // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка» – К.: КНУБА, 2011. – Вип. 87. – С. 202 – 206.
 35. Тютюник В.В. Моделирование энергетических зон суммарного риска от стационарных потенциально опасных объектов / В.В. Тютюник, А.В. Попова, А.Н. Соболев, В.Д. Калугин, Е.А. Сушко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. – Вып. 1(33). – С. 159 – 166.
 36. Тютюник В.В. Моделирование процесса формирования энергетических зон суммарного риска от стационарных и подвижных потенциально опасных объектов / В.В. Тютюник, Ю.С. Чапля, А.Н. Соболев, В.Д. Калугин, Е.А. Сушко // Фундаментальные исследования. – Москва: Академия естествознания, 2014. – № 11. – Ч. 4. – С. 799 – 803.
1. Barishpolets V.A. System analysis of accidents occurring in the world / V.A. Barishpolets // Electronics. Nanosystems. Information Technology. – 2010. – V. 2. – № 1 – 2 – P. 162 – 176. [in Russian]
 2. Bychenok M.M. Problems of natural and technogenic safety in Ukraine / M.M. Bychenok, O.M. Trofymchuk – K.: NSDC, 2002. – 153 p. [in Ukrainian]
 3. Tiutiunyk V.V. Evaluation of individual danger of Ukraine population in regions emergencies conditions / V.V. Tiutiunyk, R.I. Shevchenko, O.V. Tiutiunyk // Problems Emergencies: Collection of scientific works. – Kh.: University of Civil Defense of Ukraine, 2009. – Vol. 9. – P. 146 – 157. [in Ukrainian]
 4. Kaluhin V.D. Development of scientific and technical basis for the creation of monitoring, prevention and elimination system of natural and man-made disasters and environmental safety / V.D. Kaluhin, V.V. Tiutiunyk, L.F. Chornohor, R.I. Shevchenko // Information processing systems. – Kharkiv: Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2013 – Vol. 9 (116). – P. 204 – 216. [in Ukrainian]
 5. Tiutiunyk V.V.. Development of scientific and technological basis of system for monitoring of mutual risk areas from stationary and movable potentially hazardous objects / V.V. Tiutiunyk, O.M. Sobol, L.F. Chornohor, R.I. Shevchenko, V.D. Kaluhin // Weapons systems and military equipment. – Kharkiv: Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2014. – № 3 (39). – P. 150 – 156. [in Ukrainian]
 6. Tiutiunyk V.V. Development of scientific and technical basis of monitoring system of emergency zone, which includes the delivery of automated control devices by unmanned means / V.V. Tiutiunyk, V.D. Kaluhin, L.F. Chornohor, R.I. Shevchenko // Science and Technology of the Air Force of Ukraine. – Kharkiv, Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2014. – № 3 (16). – P. 41 – 44. [in Ukrainian]
 7. Tiutiunyk V.V. System approach to risk assessment of life in territorial and temporal distribution of energy sources emergencies / V.V. Tiutiunyk, L.F. Chornohor, V.D. Kaluhin // Problems Emergencies: Collection of scientific works. – Kh.: National University of Civil Defense of Ukraine, 2011. – Vol. 14 – P. 171 – 194. [in Ukrainian]
 8. Kaluhin V.D. System approach to risk assessment of emergencies Ukraine / V.D. Kaluhin, V.V. Tiutiunyk, L.F. Chornohor, R.I. Shevchenko // East European journal of advanced technologies. – 2012 – 1/6 (55). – P. 59 – 70. [in Ukrainian]

9. Chernohor L.F. Physics and ecology of disaster / L.F. Chernomor – Kh.: KhNU named after V.N. Karazin, 2012. – 556 p. [*in Russian*]
10. Chernohor L.F. About non-linearity in nature and science / L.F. Chernomor – Kh.: KNU named after V.N. Karazin, 2008. – 528 p. [*in Russian*]
11. Tiutiunyk V.V. Analysis of the factors that provoke emergency situations of natural character / V.V. Tiutiunyk, V.D. Kaluhin // Information processing systems. – Kh.: Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2011. – Vol. 4 (94). – P. 280 – 284. [*in Ukrainian*]
12. GOST R 22.0.05–94. Safety in emergencies. Man-made emergencies. Definitions [Electronic resource] – Mode of access: http://www.fireman.ru/bd/gost/22-0-05/22-0-05-94.htm#n_3_1_2 [*in Russian*]
13. Mikhaylov L.A. Emergency situations of natural, technogenic and social character and protection against them / L.A. Mikhaylov, V.P. Solomin – SPb.: Peter, 2008. – 235 p. [*in Russian*]
14. Lipkan V.A. National Security of Ukraine / VA Lipkan [Electronic resource] – Mode of access: <http://westudents.com.ua/knigi/368-natsionalna-bezpeka-ukrani-lpkan-va.html> [*in Ukrainian*]
15. Arnol'd V.I. Catastrophe Theory / V.I. Arnold – M.: Science. Chief editor of physical and mathematical literature, 1990. – 128 p. [*in Russian*]
16. Khaken G. Synergy / G. Haken – M.: Publishing "Mir", 1980. – 414 p. [*in Russian*]
17. Baburin V.L. Space cycles: World – Russia – Region / Edited by V.L. Baburin, P.A. Chistyakov. – M.: Publishing House of BCG, 2007. – 320 p. [*in Russian*]
18. Malinetskiy G.G. Mathematical basics of synergetics: Chaos, structures, computational experiment / G.G. Malinetskiy – M.: Book House "LIBROKOM", 2012. – 312 p. [*in Russian*]
19. Tiutiunyk V.V.. Investigation of the process mechanism of spread instability chain in seismically dangerous regions of the Earth / V.V. Tiutiunyk, V.D. Kaluhyn // Scientific works of Kharkiv Air Force University – Kharkiv, Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2012. – Vol. 1 (30). – P. 178 – 184. [*in Ukrainian*]
20. Tiutiunyk V.V. Risk assessment of functioning of natural and industrial-social system with seasonal fluctuations in seismic activity / V.V. Tiutiunyk, V.D. Kaluhyn, L.F. Chornohor // technogenic and ecological safety and civil protection – Kyiv–Kremenchuk, 2012, 2013. – Vol. 5. – P. 165 – 179. [*in Ukrainian*]
21. Tiutiunyk V.V. Assesment of territorial and temporal distribution of the number of earthquakes around the globe / V.V. Tiutiunyk, V.D. Kaluhyn, L.F. Chornohor // Geoinformatics – Kyiv Institute of Geological Sciences of Ukraine, 2012. – № 4 (44). – P. 53 – 60. [*in Ukrainian*]
22. Kaluhin V.D. Assessment of correlation between levels of seismic hazard hemispheres of the globe / V.V. Tiutiunyk, V.D. Kaluhyn, L.F. Chornohor, R.I. Shevchenko // Information processing systems. – Kharkiv: Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2012– Vol. 7 (105). – P. 277 – 287. [*in Ukrainian*]
23. Tiutiunyk V.V. Assessment of world tectonic activity impact on the seismicity in Ukraine / V.V. Tiutiunyk, Yu.O. Hordiienko, V.D. Kaluhin, L.F. Chornohor // Control systems, navigation and communication. – Kyiv State Enterprise "Central Research Institute of Navigation and Management", 2012. – Vol. 3 (23). – P. 210 – 216. [*in Ukrainian*]
24. Tiutiunyk V.V. Risk assessment of seismic hazard in Ukraine / V.V. Tiutiunyk, V.D. Kaluhyn, L.F. Chornohor // Problems of emergencies. – Kharkiv: NUCPU, 2012. – Vol. 15 – P. 196 – 213. [*in Ukrainian*]
25. Tiutiunyk V.V. Assessment of technogenic hazard of area on the main indicators of lifeactivity by methods of factor analysis and principal component analysis / V.V. Tiutiunyk, N.V. Bondarev, R.Y. Shevchenko, L.F. Chornohor, V.D. Kaluhyn // Scientific and educational

civil protection issues. – Khimki: Academy of Civil Protection from Emergency Situations of Ministry, 2014. – № 3 (22). – P. 47 – 57. [in Russian]

26. Tiutiunyk V.V. Cluster analysis of the territory of Ukraine on the main indicators of daily functioning and existence of man-made hazard / V.V. Tiutiunyk, N.V. Bondarev, R.Y. Shevchenko, L.F. Chernohor, V.D. Kaluhyn // Geoinformatics. – Kyiv: Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Ukraine, 2014. – 4 (52). – P. 63 – 72. [in Russian]

27. Tiutiunyk V.V. Classification of Ukraine territory by the main indicators of daily operation and display of hazard / V.V. Tiutiunyk, M.V. Bondariev, R.I. Shevchenko, L.F. Chornohor, V.D. Kaluhin // Information processing systems. – Kharkiv, Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2014. – Vol. 9 (125). – P. 228 – 237. [in Ukrainian]

28. Tiutiunyk V.V. Classification. features of the territory of Ukraine by the main indicators of daily operation and display of hazard / V.V. Tiutiunyk, M.V. Bondariev, R.I. Shevchenko, L.F. Chornohor, V.D. Kaluhin // Technogenic and ecological safety and civil protection – Kyiv: NAS of Ukraine, Ministry of Emergencies of Ukraine, State Institution "Institute of Environmental Geochemistry NAS of Ukraine", 2014. – Vol. 7. – P. 107 – 118. [in Ukrainian]

29. Tiutiunyk V.V. Discriminant and canonical analysis of results of Ukraine territory clustering by the main indicators of daily operation and display of hazard / V.V. Tiutiunyk // Weapons systems and military equipment.– Kharkiv, Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2015. – № 1 (41). – S. 173 – 178. [in Ukrainian]

30. Tiutiunyk V.V. Neural network forecast of dependence of hazard regions of Ukraine from living conditions / V.V. Tiutiunyk // Science and Technology of the Air Force of Ukraine. – Kharkiv, Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, 2015. – № 1 (18). – P. 191 – 196. [in Ukrainian]

31. Andronov V.A. Comprehensive performance of evaluation of the natural-hazard administrative units of Ukraine / V.A. Andronov, Yu.P. Babkov, V.V. Tiutiunyk, R.I. Shevchenko // Problems emergencies. – Kh.: National University of Civil Defense of Ukraine, 2010. – Vol. 12 – P. 9 – 20. [in Ukrainian]

32. Tiutiunyk V.V. Assessment of relative intensity between emergencies of natural and man-made disasters in regions Ukraine / V.V. Tiutiunyk // Problems of emergencies. – Kharkiv National University of Civil Defense of Ukraine, 2015. – Vol. 21 – P. 112 – 120. [in Ukrainian]

33. Stoian Yu.H. Mathematical models and optimization methods of the geometrical design / Yu.H. Stoian, S.V. Yakovlev. – K.: Scientific thought, 1986. – 265 p. [in Russian]

34. Komiak V.M. Problem statement of 0-level F-functions construction for geometry with nonlinear boundary / V.M. Komiak, O.M. Sobol, A.V. Popova // Scientific and technical book "Applied geometry and engineering graphics" – K.: KNUCA, 2011. – Vol. 87 – P. 202 – 206. [in Ukrainian]

35. Tiutiunyk V.V. Modeling of the energetic zones of total risk from stationary potentially dangerous objects / V.V. Tyutyunik, A.V. Popova, A.N. Sobol', V.D. Kalugin, E.A. Sushko // Scientific Bulletin of Voronezh State Architecture and Construction University. Construction and architecture. – Voronezh: Voronezh State Architecture and Civil Engineering University, 2014 – Vol. 1 (33). – P. 159 – 166. [in Russian]

36. Tiutiunyk V.V. Modeling of the energetic zones formation of total risk from stationary and movable potentially dangerous objects / V.V. Tyutyunik, Yu.S. Chaplya, A.N. Sobol', V.D. Kalugin, E.A. Sushko // Basic Research. – Moscow: Academy of Natural Sciences, 2014. – № 11. – Part 4 – P. 799 – 803. [in Russian]

В.В. Тютюник, А.Н. Соболев, В.Д. Калугин, Ю.В. Тютюник
**ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ВРЕМЕННОГО
ФОРМИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Разработаны основы методологии оценки территориально-временных условий формирования источников чрезвычайных ситуаций (ЧС) и экологической опасности на локальной территории при наличии взаимосвязей типа: стационарный – стационарный; стационарный – подвижный; подвижный – подвижный потенциально опасные объекты (ПОО). Представлен математический подход для оценки уровня опасности локальной территории в условиях: случайного территориального распределения стационарных ПОО; вероятностных маршрутов движения (динамики места положения) подвижных ПОО; взаимного наложения энергетических зон повышенного риска, формирующихся вокруг ПОО при возникновении ЧС, связанных с пожарами, взрывами и другими процессами быстрого высвобождения большого количества разрушительной энергии.

V.V. Tiutiunik, A.N. Sobol, V.D. Kalugin, Yu.V. Tiutiunik
**METHODOLOGY BASICS OF TERRITORIAL AND TIME FORMATIONS OF
EMERGENCY SOURCES OF SITUATIONS AND ECOLOGICAL DANGER ON THE
LOCAL TERRITORY**

Methodology basics of territorial and time conditions assessment of sources formation of the emergency situations and ecological danger in the local territory in presence of interrelations of type are developed: the stationary – stationary; the stationary – mobile; the mobile – mobile, the potentially dangerous objects (PDO). Mathematical approach for an assessment of level of danger of the local territory in conditions is presented: casual territorial distribution of stationary PDO; probabilistic routes of the movement (dynamics of a point position) of mobile PDO; mutual imposing of power zones of the increased risk, PDO which are formed around at emergence of the emergency bounded with the fires, explosions and other processes of fast release of a large amount of destructive energy

УДК 614.8.084

О.М. МИРОШНИК, О.В. БАС

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

В статті проведений аналіз засобів захисту населення від небезпечних факторів надзвичайних ситуацій. Розглянуто класифікацію колективних та індивідуальних засобів захисту, наведені їх тактико-технічні характеристики та особливості застосування. Зроблені висновки щодо ефективності їх застосування під час надзвичайних ситуацій техногенного характеру, що супроводжуються пожежами та викидами в повітряний простір небезпечних отруйних речовин.

Вступ

Основним завданням Єдиної державної системи цивільного захисту України є захист населення від надзвичайних ситуацій (НС) [1]. Він досягається застосуванням різних технологій та систем захисту населення і визначається кількісним показником НС та їх наслідками.

В Україні щороку виникає більше ста НС. Лише у 2014 р. зареєстровано 143 НС. Із них техногенного характеру – 74, природного характеру – 59 та соціального характеру – 10. Унаслідок цих надзвичайних ситуацій загинуло 287 осіб (з них 39 дітей) та 680 – постраждало (з них 235 дітей). Порівняно з 2013 роком загальна кількість НС не змінилася, але на 13,4 % збільшилася кількість загиблих в НС. Окрім цього варто зазначити, що у 2014 році, порівняно із 2013 роком, спостерігається збільшення кількості НС, пов'язаних із аваріями на системах життєзабезпечення та НС, унаслідок пожеж (вибухів) та аварій на транспорті [2].

Внаслідок пожежі, яка виникла 8 червня 2015 року на території нафтобази "БРСМ-Нафта" у селі Крячки Васильківського району Київської області згоріло 15 млн. тонн. Топлива. Разом із димовими газами у повітря потрапили бензопірен, сірчистий і сірчаний ангідриди, оксид вуглецю, оксид азоту. Критичним є перевищення по бензопірену: у зразках ґрунту, відібраного при в'їзді до села Путрівка, перевищення у 1,5 рази, безпосередньо на території згорілої нафтобази – у 26 разів. У пробах води із озер і криниць Путрівки виявлені поліароматичні вуглеводні, у концентрації 1,6 та 1,5 мікрограм на літр [3].

Вищезазначені факти вказують на недосконалість системи життєзабезпечення населення в Україні. Умови функціонування даної системи повинні мати комплексний підхід і передбачати захист населення, яке безпосередньо знаходиться в епіцентрі НС так і в зоні дії небезпечних факторів.

Постановка задачі

Найбільшу небезпеку для життя і здоров'я людини становлять пожежі на хімічних підприємствах, металургійних заводах, АЕС, нафтобазах та інших об'єктах подібного роду. При спалюванні рідкого палива (мазуту) разом з димовими газами в атмосферне повітря потрапляють сірчистий і сірчаний ангідрид, оксид вуглецю, оксиди азоту, газоподібні і тверді продукти неповного згорання палива, сполуки ванадію, солі натрію та інше. Горіння нафтопродуктів супроводжується викидами оксиду сірки, який є причиною виникнення «кислотних дощів», що містять сірчану кислоту, сульфіти і сульфати амонію. В повітря потрапляє велика кількість отруйних формальдегідів і сажі [4].

Небезпечні фактори НС впершу чергу вражають людей, які знаходяться в епіцентрі події. Потім хмара з токсичними продуктами, під дією зовнішніх факторів [5] розповсюджується у певному напрямку завдаючи шкоди життю та здоров'ю людей, що попадають у забруднену зону.

Будівельними нормами передбачено ряд систем протипожежного захисту об'єктів: пожежна сигналізація, автоматичні установки пожежогасіння, димовилучення та ін [6,7]. Вони призначені для раннього виявлення пожежі, автоматичного гасіння та вилучення продуктів горіння. Останній різновид цілеорієнтований на безпечну евакуацію людей із будівлі. В той же час, питання захисту людей в конкретній будівлі (наприклад в багатоповерховій житловій) від надходження токсичних продуктів горіння або хмари небезпечної хімічної речовини (НХР) зовні лишилося поза увагою вчених. Тому метою даної роботи став аналіз засобів захисту населення від НС техногенного характеру, які супроводжуються викидом у повітряний простір токсичних продуктів горіння або НХР.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз засобів колективного захисту населення;
- провести аналіз засобів індивідуального захисту;
- визначити ефективність застосування засобів захисту населення в умовах НС, які супроводжуються викидом у повітряний простір токсичних продуктів горіння чи НХР.

Проведений аналіз дозволить зробити висновки щодо ефективності застосування засобів захисту населення під час НС техногенного характеру, які супроводжуються викидом у повітряний простір токсичних продуктів горіння або НХР.

Вирішення задачі

Для захисту населення від вражаючих факторів НС у мирний час і воєнний період, рятувальників при ліквідації НС та працівників від небезпечних і шкідливих виробничих факторів широко застосовуються засоби захисту. За останні роки номенклатура захисних засобів значно розширилася, з'явилися принципово нові засоби, підвищилися їх захисні властивості, покращилися ергономічні характеристики [8].

Засобами захисту населення від небезпечних факторів присвячені роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, серед них: Стоянов В.У., Бакуліна М.В., Малышев В.П, Акимов В.А та Балаханов М.В. Розробка систем захисту здійснюється у двох напрямках – розробка колективних та індивідуальних засобів захисту. Кожен різновид засобів захисту має свої особливості використання, а також переваги та недоліки.

Колективні засоби захисту.

Колективні засоби захисту призначені для захисту людей від сучасних засобів ураження [12]. Їх класифікація наведена на рис.1.

Спеціально побудовані захисні споруди забезпечують надійний захист людей від ударної хвилі, світлового випромінювання, проникаючої радіації і радіоактивного зараження при ядерних вибухах, від отруйних речовин і бактеріальних засобів, а також від високих температур і шкідливих газів у зонах пожеж. Вони складні у технічному відношенні споруди, обладнані комплексом різних інженерних систем та вимірювальних приладів, які повинні забезпечити необхідні нормативні умови життєзабезпечення людей протягом розрахункового часу [9].

Улаштування найпростіших укриттів (підвальних приміщень) призначених для захисту населення виконується відповідно до вимог [10]. У них можуть захиститися працівники підприємства та населення, яке знаходиться на відстані не більше 500 м.

Поряд зі спеціально побудованими захисними спорудами і приміщеннями, пристосованим під захисні споруди, фонд яких створюється завчасно, для екстреного захисту людей в умовах воєнного часу від вражаючих факторів сучасної зброї можуть

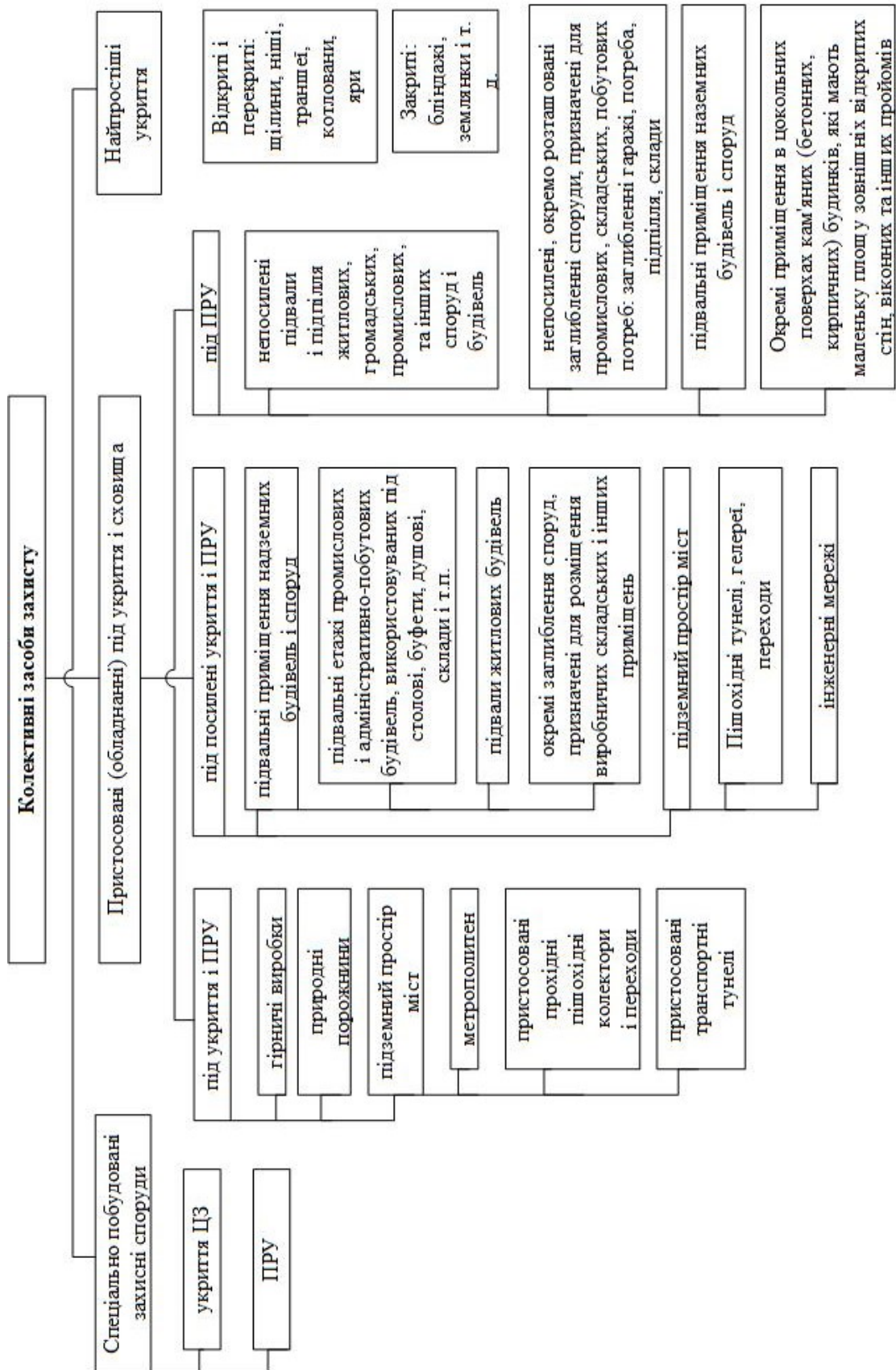


Рис.1. Класифікація колективних засобів захисту

використовуватися різні найпростіші укриття як вимушена міра. Наприклад, при раптовому нападі, аварії, коли необхідний фонд швидкоспоруджуваних захисних споруд ще не створений.

Найдоступнішим засобом захисту від сучасних засобів ураження є найпростіші укриття. Вони виконуються у вигляді щілин і траншей. Протягом перших 12 годин вони виринаються, за наступні 12 годин – перебиваються, і до кінця другої доби дообладнуються і перетворюються в основному в протирадіаційні укриття. Місткість найпростіших укриттів 10-40 чел. Однак прості укриття не забезпечують повний захист від бойових отруйних речовин, аварійно хімічно небезпечних речовин і бактеріальних засобів без використання засобів індивідуального захисту органів дихання і шкіри.

Усі захисні споруди повинні утримуватися в постійній готовності до прийому людей. В мирний час вони можуть використовуватися під господарські потреби (склади речові, кабінет охорони праці, клас цивільної оборони та ін.), а у разі необхідності приводяться у готовність до використання за призначенням.

Приведення захисних споруд у готовність виконуються підготовчі роботи. У першу чергу проводиться розчищення підходів до захисних споруд, встановлюються написи – покажчики і світлові сигнали «Вхід». Відкриваються всі входи і виходи для провітрювання приміщень. Видаляється з них все обладнання і майно, яке зберігається в мирний час. Розконсервація проводиться інженерно-технічного обладнання. Перевіряється система вентиляції, опалення, водо- та енергопостачання, радіо і зв'язок, вимикаючі пристрої (крани, засувки, рубильники та ін.) [12].

Індивідуальні засоби захисту.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) поділяють на засоби індивідуального захисту органів дихання, засоби індивідуального захисту очей та засоби індивідуального захисту шкіри. За принципом захисної дії засоби індивідуального захисту органів дихання та шкіри поділяються на фільтруючі та ізолюючі [11].

У рятувальних підрозділах для захисту органів дихання використовуються загальновійськові та цивільні протигazi, респіратори, а також протигazi ізолюючої дії. До загальновійськових фільтруючих протигазів відносяться: протигazi малого габариту ПМГ і ПМГ-2, протигazi масочні коробкові ПМК та ПМК-2. Такі протигazi призначені для захисту органів дихання, очей та обличчя від токсичних хімікатів. Крім того, при використанні плівкових засобів захисту очей забезпечується захист очей від сильнодіючих отруйних речовин.

Принцип дії протигазів полягає в ізоляції органів дихання від навколишнього середовища та очищення вдихуваного повітря від аерозолів і парів токсичних речовин у фільтруючій системі. Протигazi можна використовувати в атмосфері, що містить не менше 17 % кисню (по об'єму).

Захисні властивості цивільних протигазів, які використовуються населенням, ГП-5, ГП-5М, ГП-7 без додаткових патронів і з додатковими патронами ДПГ-1 і ДПГ-3 наведено в табл. 1.

На відміну від фільтруючих протигазів ізолюючі дихальні апарати призначені для захисту органів дихання, обличчя та очей від шкідливих домішок в повітрі незалежно від концентрації, при виконанні робіт в умовах нестатку або відсутності кисню, а також при наявності шкідливих домішок, які не затримуються фільтруючими протигазими. Їх принцип дії базується на ізоляції органів дихання, очищення видихуваного повітря від діоксиду вуглецю та води і збагаченні його киснем без обміну з навколишнім середовищем.

Тактико-технічні характеристики ізолюючих апаратів наведені в таблиці 2.

Таблиця 1. Захисні властивості цивільних протигазів

| Назва хімічної речовини | Концентрація мг/л | Час захисної дії, хв | | |
|-------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | | ГП-5, ГП-7 | ГП-5, ГП-7 +ДПГ-1 | ГП-5, ГП-7 +ДПГ-3 |
| Аміак | 2,3 | 0 | 60,0 | 80,0 |
| | 5,0 | 0 | 30,0 | 60,0 |
| Двоокис азоту | 1,0 | 0 | 30,0 | 0 |
| Окис вуглецю | 3,0 | 0 | 40,0 | 0 |
| Сірководень | 10,0 | 25,0 | 50,0 | 50,0 |
| Соляна кислота | 5,0 | 20,0 | 30,0 | 30,0 |
| Хлор | 5,0 | 40,0 | 60,0 | 100,0 |
| Етил меркаптан | 5,0 | 40,0 | 120,0 | 120,0 |

Таблиця 2. Тактико-технічні характеристики ізолюючих дихальних апаратів

| Марка протигазу | Маса комплекта, кг | Регенативний патрон | Час захисної дії, хв | | |
|-----------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------|-------|
| | | | навантаження | | |
| | | | тяжке | середнє | легке |
| П-4 | 3,4 | РП-4 | 40 | 75 | 180 |
| П-46 | 4,6 | РП-46 | 50 | 60 | 180 |
| П-46М | 5,5 | РП-46 М | 50 | 60 | 180 |
| КП-8 | 10 | РП-8 | – | 100 | 120 |

Робота з протигазом потребує певної підготовки. Повнота захисту залежить від правильності підбору розміру протигазу. Правильно підібрана шолом-маска повинна щільно прилягати до обличчя і виключати можливість проникнення повітря під маску.

Справність ЗІЗ і збереження їх захисних властивостей значною мірою залежать від правильного їх зберігання і заощадження. До вступу в користування ЗІЗ звичайно зберігаються на складах. Вони утримуються при певних температурі і вологості повітря, які підтримуються у приміщеннях, захищених від дії прямих сонячних променів. Такі умови забезпечують тривале збереження захисних властивостей засобів захисту, постійну придатність їх до використання. При виникненні загрози застосування противником засобів масового ураження ЗІЗ видаються на руки особовому складу та населенню. У цьому випадку збереження засобів захисту придатними до ефективного використання цілком буде залежати від правильності зберігання їх власниками.

Засоби індивідуального та колективного захисту, що застосовуються для запобігання або зменшення впливу на працюючих і решти населення небезпечних і шкідливих виробничих факторів та вражаючих факторів у НС мирного часу і на воєнний період, повинні перш за все відповідати вимогам системи стандартів безпеки праці на засоби захисту працюючих, безпеки в НС, будівельним нормам та правилам проектування інженерно-технічних заходів цивільної оборони та попередження НС. Вони повинні забезпечувати оптимальні умови для трудової діяльності, не служити джерелом небезпечних і шкідливих виробничих факторів, забезпечувати високу ступінь захисної ефективності, зручність експлуатації (застосування, використання) і відповідати вимогам технічної естетики та ергономіки. Велике значення мають вимоги щодо збереження експлуатаційних властивостей засобів захисту в процесі їх використання.

Висновки

Таким чином, засоби захисту в умовах техногенної небезпеки займають провідне місце у системі заходів щодо забезпечення безпеки життєдіяльності населення.

Колективні засоби захисту забезпечують надійний захист людей від НС техногенного характеру, що супроводжуються утворенням небезпечних продуктів горіння та НХР, але затратний час на їх зведення може призвести до тяжких наслідків.

Індивідуальні засоби захисту органів дихання значно підвищують захист людей, але не дають повної гарантії безпеки. Так, несправні протигази, неправильного підбраного розміру, старі, що втратили свої захисні властивості, знижують ймовірність захисту людей від ураження. Час захисної дії протигазу залежить від технічних характеристик, а також від температури навколишнього середовища.

Ефективність використання засобів захисту залежить від багатьох факторів, і в першу чергу від раціонального вибору і грамотного застосування конкретних засобів захисту з урахуванням специфічних особливостей умов праці, виробничого процесу, типу вражаючих факторів джерел НС.

1. Кодекс цивільного захисту України (ЗУ від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI)
2. Національна доповідь ДСНС України про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році.
3. http://healthinfo.ua/articles/novosti_zdorovia/22219
4. http://www.bbc.com/ukrainian/society/2015/07/150714_brsm_oil_environment_impact_sd/
5. Землянський О.М. Інформаційна технологія прогнозування концентрації небезпечної хімічної речовини при аварійному викиді в умовах невизначеності: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Землянський Олег Миколайович; ЧДТУ. – Черкаси. – 163 с.
6. ДБН В. 1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»
7. ДБН В.2.5-56-2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту.
8. Коллективные и индивидуальные средства защиты. Контроль защитных свойств: Энциклопедия «Экометрия» из серии справочных изданий по экологическим и медицинским измерениям. — М.: ФИД «Деловой экспресс», 2002 — 408 с.
9. Владимиров В.А. Радиационная и химическая безопасность населения / Монография / В.А. Владимиров, В.И. Измалков, А.В. Измалков; МЧС России. — М.: Деловой экспресс, 2005. — 544 с.
10. Наказ МНС України від 09.10.06 №653 «Про затвердження Інструкції щодо утримання захисних споруд цивільної оборони у мирний час».
11. Перепечаев В.Д. Газодымозащитная служба пожарной охраны / В.Д. Перепечаев, В.Ю. Береза. – Чернигов: РИК «Деснянська правда», 2000. – 486 с. с ил.
12. ДБН В 2_2_5_97. Захисні споруди цивільної оборони.

1. Civil protection code of Ukraine (law of Ukraine from 2 October 2012 № 5403–VI) [in Ukrainian]
2. National report SSE of Ukraine On the state of technogenic and natural safety in Ukraine in 2014. [in Ukrainian]
3. http://healthinfo.ua/articles/novosti_zdorovia/22219
4. http://www.bbc.com/ukrainian/society/2015/07/150714_brsm_oil_environment_impact_sd
5. Zemlyansky A. M. Information technology for prediction of hazardous chemicals concentration during accidental release under conditions of uncertainty: thesis of candidate of technical sciences: 05.13.06 / Zemlyansky Oleg Nikolaevich – Cherkassy. – 163. [in Ukrainian]
6. SCN V. 1.1–7–2002 “Fire safety of construction objects” [in Ukrainian]

7. SCN V. 2.5–56–2010 “Engineering equipment of buildings and structures. The fire protection system.” [in Ukrainian]
8. Collective and individual means of protection. Control protective properties: an encyclopedia "Ecometry" series of reference books on environmental and medical measurements. — Moscow: FID "Business Express", 2002 — p. 408 [in Russian]
9. Vladimirov V. A. Radiation and chemical safety of the population / Monograph / V. A. Vladimirov, V. S. Izmailkov, V. A. Izmailkov; Ministry of emergency situations of Russia. — Moscow: Business Express, 2005. — 544 p. [in Russian]
10. The order of the MES of Ukraine dated 09.10.06 №653 "On approval of the Instruction on maintenance of protective constructions of civil defense in peacetime". [in Ukrainian]
11. Perepechaev V. D. Rescue service fire protection / Perepechaev V. D., V. Bereza. — Chernigov: RICK "Desnyanska pravda", 2000. — 486 p. with illustration [in Russian]
12. SCN 2_2_5_97. Protective constructions of civil defense [in Ukrainian]

О.Н. Мирошник, О.В. Бас

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В статье проведен анализ средств защиты населения от опасных факторов чрезвычайных ситуаций. Рассмотрена классификация коллективных и индивидуальных средств защиты, приведены их тактико-технические характеристики и особенности применения. Сделаны выводы относительно эффективности их применения во время чрезвычайных ситуаций техногенного характера, сопровождающихся пожарами и выбросами в воздушное пространство опасных ядовитых веществ

O. Miroshnik, O. Bas

THE ANALYSIS OF PROTECTION MEANS OF POPULATION FROM FACTORS OF HAZARDOUS EMERGENCIES

The article describes the analysis of protection means of population from factors of hazardous emergencies. The classification of collective and individual means of protection is given, their performance characteristics and application features are described. Conclusions about the effectiveness of their application during emergency situations of technogenic character, accompanied by fires and emissions in the airspace hazardous poisonous substances are done

УДК 504.06:502.55

О.О. ПОПОВ, В.О. КОВАЧ, С.О. БУРЛАКА, А.В. ЯЦИШИН

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

НОВІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Робота присвячена моніторингу навколишнього природного середовища в умовах надзвичайної ситуації техногенного характеру. Описано причини та наслідки виникнення таких надзвичайних ситуацій. Наведено їх класифікацію за масштабами наслідків, галузевою ознакою та швидкістю розповсюдження. Виконано детальний аналіз стадій їх розвитку. Розглянуто особливості використання системи моніторингу та прогнозування для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій. Досліджено існуючі методи моніторингу навколишнього природного середовища. Показано, що на сьогоднішній день спостерігається відсутність методів моніторингу навколишнього природного середовища в умовах надзвичайних ситуацій техногенного характеру, які б дозволяли комплексно вирішувати відповідні задачі з точки зору теорії управління. Для вирішення цієї проблеми в роботі запропоновано нові методи моніторингу навколишнього природного середовища, які отримали назву інформаційно-технічні методи. В статті представлено та описано їх типову структуру та переваги використання.

Вступ

Одна з ключових проблем, що стоять перед людством, – це протиріччя між потребами соціально-економічного розвитку і необхідністю збереження середовища проживання.

Науково-технічний прогрес не тільки сприяє підвищенню продуктивності і поліпшенню умов праці, зростанню матеріального добробуту та інтелектуального потенціалу суспільства, а й призводить до зростання ризику аварій великих технічних систем. Останнє пов'язано з ускладненням їх конструкції, збільшенням їх кількості, зростанням одиничних потужностей агрегатів на промислових і енергетичних об'єктах, їх територіальною концентрацією.

Досить назвати аварії на АЕС в Три-Майл-Айленд (США), в Чорнобилі (Україна), в Фукусімі (Японія), на хімічних підприємствах Фліксборо (Великобританія), Севезо (Італія), Бхопалі (Індія), великі транспортно-промислові катастрофи в Арзамасі, Свердловську, під Уфою, розливи нафти в результаті аварії танкерів. Також можна згадати нещодавно пожежу на нафтобазі в Васильківському районі Київської області [1].

Руйнівну силу техногенних катастроф і стихійних лих у деяких випадках можна порівняти з військовими діями, а кількість постраждалих значною мірою залежить від типу, масштабів, місця і темпу розвитку ситуації, особливостей регіону і населених пунктів, що опинились в районі події, об'єктів господарської діяльності. Несподіваний розвиток подій веде до значного скорочення часу на підготовку рятувальних робіт і їх проведення.

Управління техногенним ризиком неможливо без інформаційної підтримки підготовки та прийняття управлінських рішень щодо попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). Для управління ризиком здійснюється моніторинг стану природного середовища та об'єктів техносфери, аналіз ризику і прогнозування НС.

Функціонування системи моніторингу НС ґрунтується на використанні різних підходів і методів. У даній статті на концептуальному рівні розглядається питання розробки інформаційно-технічних методів моніторингу зовнішньої природного

середовища в умовах НС техногенного характеру.

Літературний огляд

Вагомий внесок у вирішення теоретичних і практичних питань попередження та ліквідації НС природного та техногенного характеру зробили такі науковці, як В.М. Шоботов, В.С. Сергєєв, В.А. Акімов, Г.Л. Кофф, Б.С. Мастрюков, С.О. Гур'єв та ін. [1-8]. Але в роботах даних вчених висвітлюються переважно питання організаційного характеру, та не приділяється увага розробці методів моніторингу навколишнього природного середовища в умовах НС техногенного характеру з точки зору теорії управління.

Метою статті є розробка типової структури та описання можливостей використання нових інформаційно-технічних методів моніторингу навколишнього природного середовища в умовах НС техногенного характеру.

Виклад основного матеріалу дослідження

Зростання масштабів господарської діяльності і кількості великих промислових комплексів, концентрація на них агрегатів та установок великої і надвеликої потужності, використання у виробництві потенційно небезпечних речовин у великих кількостях – все це збільшує ймовірність виникнення техногенних аварій. НС техногенного походження містять у собі загрозу для людини, економіки і природного середовища або здатні створити її внаслідок ймовірного вибуху, пожежі, затоплення або забруднення (зараження) навколишнього середовища.

НС виникають, як правило, на потенційно техногенно-небезпечних виробництвах. До них належать в першу чергу хімічно небезпечні об'єкти, радіаційна небезпечні об'єкти, вибухо- та пожежонебезпечні об'єкти, а також гідродинамічні небезпечні об'єкти. У останні роки значно зросла також небезпека від аварій і катастроф на транспорті.

НС техногенного характеру прийнято класифікувати за такими основними ознаками [9]:

- за масштабами наслідків (об'єктового, місцевого, регіонального і загальнодержавного рівня);

- за галузевою ознакою (НС у сільському господарстві; у лісовому господарстві; у заповідній території, об'єкти особливого природоохоронного значення; у водоймах; матеріальних об'єктах – об'єктах інфраструктури, промисловості, транспорті, житлово-комунального господарства та населення).

- за швидкістю поширення (раптові: вибухи, транспортні аварії; стрімкі: пожежі, гідродинамічні аварії, аварії з викидом небезпечних хімічних речовин, застосування хімічної зброї; помірні: аварії з викидом радіоактивних речовин; плавні: аварії на промислових очисних спорудах, забруднення ґрунту і води шкідливими речовинами, застосування етнічної та генної зброї).

Аварії техногенного характеру класифікуються також з урахуванням критеріїв розміру заподіяних чи очікуваних економічних збитків.

Внаслідок техногенних аварій та катастроф утворюється НС, раптове виникнення якої призводить до значних соціально-екологічних і економічних збитків, виникає необхідність захисту людей від дії шкідливих для здоров'я факторів, проведення рятувальних, невідкладних медичних і евакуаційних заходів, а також ліквідації негативних наслідків, які сталися.

Техногенна НС в своєму розвитку проходить чотири характерні стадії: зародження, ініціювання, кульмінація і загасання. Розглянемо зміст кожної з стадій [1, 4].

На стадії зародження створюються передумови майбутньої НС: активізуються несприятливі природні процеси, накопичуються технологічні неполадки і проектно-виробничі дефекти, відбуваються збої в експлуатації обладнання, роботі інженерно-технічного персоналу і т.д. До їх числа також відносяться великі обсяги зберігання і

переробки матеріалів (вогнебезпечних, горючих, нестабільних, корозійних (їдких), високореактивних, токсичних, пилоподібних, інертних та інших речовин) і екстремальні фізичні умови виробничого процесу (високі і низькі температури, високий тиск, вакуум, циклічні зміни температури і тиску, гідравлічні удари і т.п.).

Тривалість стадії зародження може бути визначена досить приблизно з використанням методології теорії надійності технічних систем, теорії ризику, теорії катастроф, теорії регулярної статистики відмов, теорії «локальних» аварій і т.д.

На стадії ініціювання НС виникають технологічні порушення, пов'язані з виходом параметрів процесу (тиску, температури, концентрації, швидкості реакції, витрати речовини і т.д.) за критичні значення. Відбуваються спонтанні реакції, розгерметизація трубопроводів, резервуарів, можлива відмова прокладок, корозійне пошкодження стінок.

Можливе порушення роботи обладнання (насосів, клапанів, вимірювальних приладів, датчиків, блокувань). Виявляється несправність систем забезпечення (електричної, водопостачання, охолодження, теплообміну, вентиляції і т.п.). Не можна виключати зовнішні події, до числа яких слід віднести екстремальні погодні умови, стихійні лиха, акти вандалізму, диверсії і т.п. Найбільш істотним є людський фактор, оскільки більше 60% аварій відбувається через помилки при проектуванні, в процесі будівництва і експлуатації, при технічному обслуговуванні.

На стадії кульмінації вивільняються великі кількості енергії і маси, причому навіть невелика ініціююча подія може привести в дію ланцюговий механізм аварій з багаторазовим збільшенням потужності і масштабів («ефект доміно»). На цій стадії дуже важливо передбачити сценарій розвитку аварії, що дозволить вжити дієвих заходів захисту, уникнути людських жертв або зменшити їх кількість, а також скоротити збиток, що наноситься.

Стадія загасання НС триває від моменту усунення джерела небезпеки до повної ліквідації наслідків аварії, що може тривати роки і навіть десятиліття (наприклад, Чорнобильська катастрофа).

Знання причинно-наслідкового ланцюга формування НС в конкретних умовах зменшить ризик виникнення такої ситуації в майбутньому і, отже, підвищить безпеку в умовах НС.

Забезпечення безпеки життєдіяльності в умовах НС є комплексом організаційних, інженерно-технічних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя і здоров'я людини в усіх сферах її діяльності.

Основними напрямками в розв'язанні задач забезпечення безпеки життєдіяльності в умовах НС є: прогнозування і оцінка можливих наслідків НС; планування заходів щодо запобігання або зменшення ймовірності виникнення НС, а також масштабів їх наслідків; забезпечення, сталої роботи об'єктів народного господарства в НС; навчання персоналу і населення спеціальних дій в НС; ліквідація наслідків НС [1, 2, 4].

Моніторинг навколишнього природного середовища в умовах техногенних НС

У сучасному світі система моніторингу і прогнозування НС стає на перше місце в боротьбі з техногенними катастрофами і природними катаклізмами. Перспектива цього напрямку очевидна. В області захисту населення і територій моніторинг і прогнозування НС відіграє важливу роль, так як спостереження, аналіз і оцінка стану і зміни виявлених і потенційних джерел НС, а також прогноз впливу на безпеку населення, організацій, навколишнє середовище дозволяє розробляти і реалізовувати заходи, спрямовані на попередження та ліквідацію НС, мінімізацію соціально-економічних і екологічних наслідків [10, 11].

Результати моніторингу та прогнозування НС є одним з визначальних критеріїв при прийнятті управлінських рішень в діяльності органів і підрозділів з НС. Точна і оперативна інформація про небезпечний природне явище, аварії або небезпечному

техногенному подію і т.д., випереджаючи відображення ймовірності виникнення і розвитку НС на основі аналізу можливих причин її виникнення, її джерела в минулому і сьогодні дозволяють якісно і ефективно розробляти програми і плани, приймати дієві рішення щодо попередження та ліквідації НС [1, 12].

Тому моніторинг і прогнозування НС – одне з пріоритетних напрямків діяльності відповідних міністерств і департаментів промислово розвинених держав [11, 13].

Моніторинг НС – це система безперервних спостережень, лабораторного та іншого контролю для оцінки стану захисту населення і територій та небезпечних процесів, які можуть призвести до загрози або виникнення НС, а також своєчасне виявлення тенденцій до їх зміни.

Спостереження, лабораторний та інший контроль включають збирання, опрацювання і передавання інформації про стан навколишнього природного середовища, забруднення продуктів харчування, продовольчої сировини, фуражу, води радіоактивними та хімічними речовинами, зараження збудниками інфекційних хвороб та іншими небезпечними біологічними агентами.

Залежно від масштабу НС розрізняють п'ять рівнів (ступенів) моніторингу: глобальний, національний, регіональний, місцевий, локальний. Кожен нижче наступний рівень моніторингу входить складовою частиною у вище перерахований рівень [1, 2].

Для здійснення моніторингу зовнішнього природного середовища в результаті техногенної НС використовуються різні методи і засоби вимірювання параметрів її основних компонентів (повітря, водного, ґрунту) [7, 14].

За допомогою приладів зазвичай вимірюють фізичні та хімічні параметри середовища: величини і спектр шумів, температуру, характеристики електромагнітних полів, характеристики радіоактивного забруднення середовища, характеристики геофізичних явищ, концентрації хімічних забруднень повітря, води, ґрунту та ін.

За допомогою приладів також визначають і численні характеристики біологічних систем. Широко застосовується дистанційне дослідження екологічних систем з літаків, штучних супутників Землі, космічних кораблів.

Методи моніторингу поділяють на якісні і кількісні. Завданням якісного аналізу є виявлення певного хімічного елемента або сполуки чи встановлення складу досліджуваної речовини, кількісного – визначення кількісного вмісту речовини в досліджуваній пробі або встановлення кількісних співвідношень між складовими частинами речовини. Якісний аналіз зазвичай передуює кількісним визначенням.

На основі вимірюваних параметрів методи кількісного аналізу поділяють на хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні. На рис. 1 представлена більш детальна класифікація методів кількісного аналізу [14].

Хімічні методи ґрунтуються на використанні хімічних реакцій для визначення складу системи. Так, використовуючи реакцію, характерну для певного іона з утворенням пофарбованого комплексу, осаду, малодисоційованої сполуки, можна провести якісний і кількісний хімічний аналіз.

Фізико-хімічні методи ґрунтуються на залежності фізичної властивості від хімічного складу аналізованого середовища.

Фізичними методами визначається властивість, що безпосередньо залежить від природи атомів та їхньої концентрації в системі, наприклад інтенсивність радіоактивного випромінювання [4, 6].

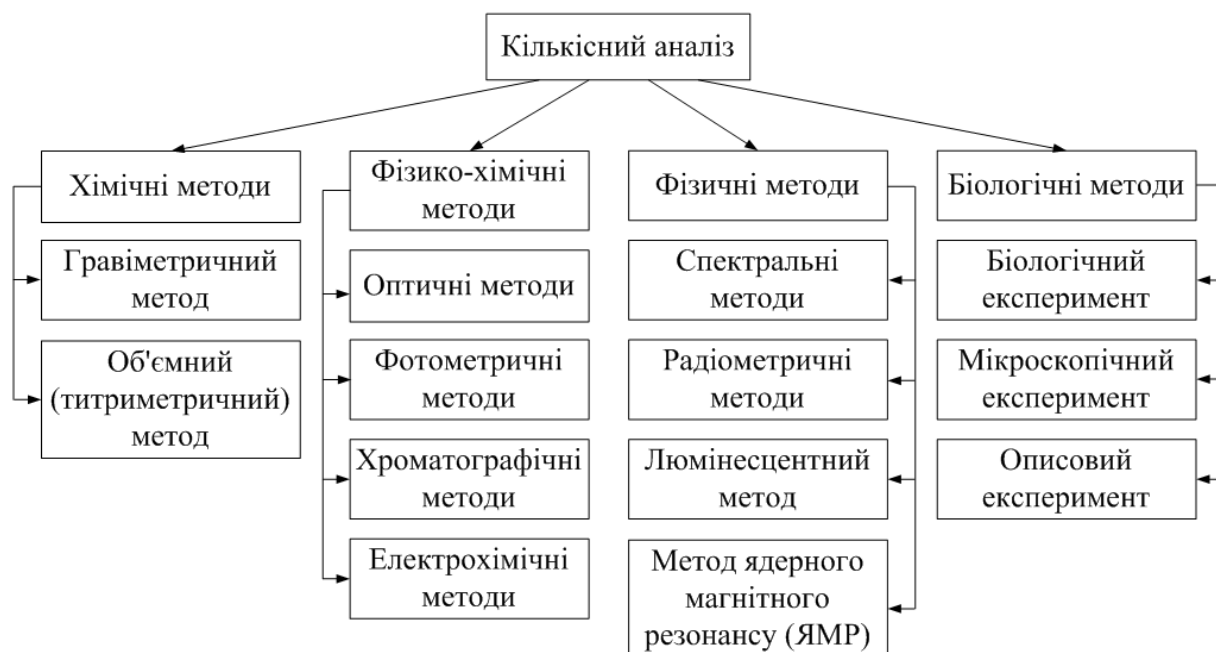


Рис. 1. Класифікація методів кількісного аналізу

Основу біологічних та біохімічних методів дослідження становлять реакції рослин, тварин і мікроорганізмів на дію певного чинника.

Таким чином, існуючі методи моніторингу навколишнього природного середовища є вузько направлені і стосуються питань вимірювання необхідних параметрів. Спостерігається відсутність методів, що розглядають інформаційну та технічну складову об'єкту та процесу дослідження з точки зору теорії управління. В зв'язку з чим авторами пропонується нові методи моніторингу НПС, які отримали назву інформаційно-технічні методи.

Інформаційно-технічні методи моніторингу

Типова структура ІТМ моніторингу НПС в умовах НС техногенного характеру має вигляд:

1. фізична модель об'єкту дослідження;
2. математична модель об'єкту дослідження;
3. інформаційно-обчислювальні процедури;
4. алгоритм управління;
5. апаратно-програмні засоби.

Фізична модель – установка, пристрій або пристосування, що дозволяє досліджувати систему шляхом заміщення досліджуваного фізичного процесу подібним йому процесом тієї ж або іншої фізичної природи.

Ці моделі можуть бути як статичними, так і динамічними. В останньому випадку в них можна реалізувати фізичні явища або процеси подібні процесам оригіналу. При цьому процеси можуть мати одну і ту ж фізичну природу, але можуть мати й іншу фізичну природу. Як правило, подібність між фізичними процесами встановлюється методами теорії подібності, за допомогою спеціальних критеріїв подібності.

Фізична модель лише якісно описує об'єкт дослідження. На її основі для отримання аналітичних залежностей будується математична модель.

Математична модель – наближене описання об'єкта моделювання, виражене за допомогою математичної символіки.

Адекватна математична модель об'єкта дозволяє:

- зрозуміти, як влаштований об'єкт дослідження, яка його структура, основні

властивості, закони розвитку і взаємодії з навколишнім світом (розуміння);

- навчитися управляти об'єктом (або процесом) і визначити найкращі способи управління при заданих цілях і критеріях (управління);

- прогнозувати прямі і непрямі наслідки реалізації заданих способів і форм впливу на об'єкт (прогнозування) [8].

Після побудови відповідних моделей розробляються інформаційно-обчислювальні процедури методу, які описують послідовність дій для вирішення поставлених задач комплексного моніторингу для розв'язання задач попередження НС на територіях розташування техногенних об'єктів.

Далі, розробляється алгоритм управління – це сукупність дій (правил) для отримання бажаних характеристик протікання процесу або досягнення цілей управління.

І кінцевим етапом є розробка апаратно-програмних засобів, які реалізують процедури за відповідним алгоритмом. Апаратно-програмний комплекс – сукупність технічних і програмних засобів, що дозволяє автоматизувати виконання комплексу завдань моніторингу НПС.

Використання ІТМ моніторингу НПС дозволить відповідальним особам приймати ефективні управлінські рішення щодо попередження НС техногенного характеру, а в разі їх виникнення – отримувати рекомендації щодо швидкої ліквідації даних ситуацій.

Висновки та перспективи подальших досліджень у даному напрямку

Отже, проведене дослідження показало, що на сьогоднішній день існують різні методи моніторингу НПС, які використовуються для попередження та ліквідації НС техногенного характеру. Але всі вони є вузькоспеціалізованими, направлені лише на вимірювання необхідних параметрів компонентів НПС для прийняття управлінських рішень.

На сьогоднішній день спостерігається відсутність методів моніторингу НПС в умовах НС техногенного характеру, які б дозволяли комплексно вирішувати відповідні задачі з точки зору теорії управління. Все це значно знижує ефективність управління щодо попередження та ліквідації відповідних НС.

Для подолання вищезазначеної проблеми автори розробили нові методи моніторингу НПС, які отримали назву ІТМ. В роботі представлено та описано їх типову структуру. Використання даних методів в умовах НС техногенного характеру дозволить значно зменшити час прийняття управлінських рішень, що збільшить ефективність ліквідації даної ситуації.

Подальший розвиток даної тематики автори вбачають в розробці ІТМ моніторингу відповідних компонентів НПС (повітря, водне середовище, ґрунт).

1. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / Б.С. Мاستрюков. – М. : Академия, 2003. – 336 с.

2. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник / В. М. Шоботов. – вид. 2-ге, перероб. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.

3. Сергеев В.С. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / В.С. Сергеев. – М. : Академический Проект, 2004. – 429 с.

4. Акимов В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радаев. – М. : ЗАО ФИД, 2001. – 344 с.

5. Кофф Г.Л. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций / Г.Л. Кофф, А.А. Гусев, Ю.Л. Воробьев. – М. : РЭФИА, 1997. – 364 с.

6. Реагування на виникнення надзвичайних ситуацій / під ред. С.О. Гур'єва / ІДУСЦЗ НУЦЗУ; УНПЦ ЕМД та МК. – Вінниця, 2010. – 412 с.

7. Федотов А.В. Анализ методов оценки и мониторинга эколого-экономических последствий чрезвычайных ситуаций / А.В. Федотов // Горный информационно-

аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – № 5. – С. 194–198.

8. Горюнкова А.А. Подходы и методы моделирования принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / А.А. Горюнкова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 11. – С. 267–275.

9. Коротинський П.А. Класифікація надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру / П.А. Коротинський // Надзвичайна ситуація. – 2004. – № 8. – С. 8–11.

10. Горбунов С.В. Анализ технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / С.В. Горбунов, Ю.Д. Макиев, В.П. Малышев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2011. – Т. 1. – № 1. – С. 43–53.

11. Резников В.М. Перспективы развития системы мониторинга и разведки чрезвычайных ситуаций / В.М. Резников, С.А. Запорожец // Технологии гражданской безопасности. – 2004. – № 4. – С. 92–97.

12. Попов О.О. Прогнозування аварійного ризику / О.О. Попов // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2013. – № 6. – С. 28–33.

13. Лисицкий Д.В. Концепция создания картографо-информационной системы для мониторинга и управления чрезвычайными ситуациями / Д.В. Лисицкий, А.А. Колесников, Е.В. Комиссарова // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2014. – Т. 7. – С. 34–41.

14. Яцишин А.В. Методи вимірювання параметрів навколишнього природного середовища / А.В. Яцишин, О.О. Попов, В.О. Артемчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2014. – №40(1083) – С. 130–137.

1. Mastriukov B.S. Safety in emergency situations: textbook for High Schools/ B.S. Mastriukov . –M. Academy, 2003. – 336 p. [*in Russian*]

2. Shobotov V.M. Civil defence: textbook / V.M.Shobotov – 2 ed, rem. . – K.: Center of educational literature, 2006. – 438 p. [*in Ukrainian*]

3. Serheev V.S. Protection of population and territories in emergency situations : textbook for High Schools / V.S.Serheev. – M. : Academic Project, 2004. . – 429 p. [*in Russian*]

4. Akimov V.A. Natural and technogenic emergency situations : dangers, threats, risks / V.A. Akimov, V.D.Novikov, N.N.Radaev. – M. : ZAO FID, 2001. – 344 p. [*in Russian*]

5. Koff G.L. Assesment of emergency situation consequences / G.L. Koff, A.A. Gusev, Yu L.Vorobiev. – M. : REFIA, 1997. – 364 p. [*in Russian*]

6. Reaction on emergency situation occurrence / und.red. S.O. Gurieva / IDUSCHZ NUCHZU; UNPC EMD and MK – Vinnitsia, 2010. – 412 p [*in Ukrainian*]

7. Fedotov A.V. Analysis of methods of environmental and economical consequences of emergency situations assessment and monitoring / A.V. Fedotov // Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2008. – № 5. – P. 194–198. [*in Russian*]

8. Goriunkova A.A. Approaches and methods of modeling of decision-making in emergency situations / A.A.Goriunkova // News of the Tula State University. Technical sciences. – 2013. – № 11. – P. 267–275. [*in Russian*]

9. Korotinskyi P.A. Classification of emergency situations of technogenic and natural characters / P.A.Korotinskyi // Emergency situation. – 2004. – № 8. – P. 8–11. [*in Ukrainian*]

10. Gorbunov S.V. Analysis of technology for natural and technogenic emergency situation prognousing / S.V.Gorbunov, Yu.D.Makiev, V.P.Malishev // Civil protection strategy: problems and investigations. – 2011. – Т. 1. – № 1. – P. 43–53. [*in Russian*]

11. Reznikov V.M. Perspectives of monitoring and investigation emergencies systems development / V.M.Rezhikov, S.A.Zaporozhets // Civil safety technologies. – 2004. – № 4. – P.

92–97. [in Russian]

12. Popov .O.O. Emergency risk prognosing / O.O. Popov // Technogenic and environmental safety, civil protection – 2013. – № 6. – P. 28–33. [in Ukrainian]

13. Lisichskyi D.V. Conception of creation of cartographic information system for monitoring and managing of emergency situations / D.V.Lisichskyi, A.A.Kolesnikov, E.V.Komissarova // INTERECSP0 GEO-SIBIR – 2014. – Т. 7. – P. 34–41. [in Russian]

14. Yachishin A.V. Methods of environmental parameters measurements / A.V.Yachishin, O.O. Popov, V.O. Artemchuk // Proceedings of the National Technical University«KhPI» Collection of scientific papers. Series: Mechanical and technological systems and complexes. – 2014. – №40(1083) – P. 130–137. [in Ukrainian]

А.А. Попов, В.Е. Ковач, С.А. Бурлака, А.В. Яцишин

НОВІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Работа посвящена мониторингу окружающей среды в условиях чрезвычайной ситуации техногенного характера. Описаны причины и последствия возникновения таких чрезвычайных ситуаций. Приведена их классификация по масштабам последствий, отраслевому признаку и скорости распространения. Выполнен детальный анализ стадий их развития. Рассмотрены особенности использования системы мониторинга и прогнозирования для предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Исследованы существующие методы мониторинга окружающей природной среды. Показано, что на сегодняшний день наблюдается отсутствие методов мониторинга окружающей природной среды в условиях чрезвычайных ситуаций техногенного характера, позволяющих комплексно решать соответствующие задачи с точки зрения теории управления. Для решения этой проблемы в работе предложены новые методы мониторинга окружающей природной среды, которые получили название информационно-технические методы. В статье представлены и описаны их типовая структура и преимущества использования

A.A. Popov, V.E.Kovach, S.A. Burlaka, A.V. Yatsyshyn

NEW METHODS OF ENVIRONMENTAL MONITORING FOR TECHNOGENIC EMERGENCY SITUATION PREVENTION

Work is dedicated to environmental monitoring in technogenic emergency situation condition. Reasons and consequences of emergency situations occurrence is described. Classification by scales of consequences, branch principles and propagation speed is shown. Detailed analysis of technogenic emergency situation stages is done. Peculiarities of monitoring systems using for prevention and liquidation of emergency situations is considered. Existed methods of environmental monitoring is researched.

Showed that at present time is observed absence of methods for environmental monitoring that allows in complex solve corresponding tasks from the management theory standpoint, and under the technogenic emergency character conditions. For solution of given problem in work new methods of environmental monitoring (are called information and technical methods) is proposed. In article their typical structure and advantages is presented and described.

УДК 504.062.2

Л.В. МАСЛОВСЬКА

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

РТУТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ МІСТА КИЄВА В ЗОНІ ВПЛИВУ КОЛИШНЬОГО ЗАВОДУ «РАДИКАЛ»

Досліджені особливості забруднення ртуттю ґрунтів промислового майданчика заводу «Радикал», динаміка його зміни в процесі екологічної санації та обсяги відходів, що підлягають видаленню. Приведена оцінка можливих негативних впливів на навколишнє середовище під час проведення робіт з вилучення відходів.

Вступ

ВАТ «Радикал» (раніше – підприємство п/с 172, Київський завод хімікатів, ГПО «Радикал») почало виробничу діяльність у 1951 році з введенням в експлуатацію виробництва ДДТ. Основний напрямок роботи підприємства – виготовлення хлору, каустичної соди, сірчаної та соляної кислот, бертолетової солі тощо.

У 1996 році в цеху електролізу обвалився дах, внаслідок чого сталося руйнування емностей з ртуттю та вилучення сотень тонн цього металу. В цьому ж році було розпочато процедуру банкрутства ВАТ «Радикал», яка завершилась у 2000 році. Фактично завод "Радикал" припинив свою роботу з 15 липня 1996 року, проте з його території не були вивезені залишки шкідливих хімічних речовин, що спричинило виникнення надзвичайної екологічної ситуації.

Частина його будівельних конструкцій та ґрунти навколо них знаходяться в аварійному стані, забруднені небезпечною високотоксичною речовиною – ртуттю, створюють надзвичайно небезпечну екологічну ситуацію і становлять загрозу здоров'ю мешканців м. Києва, що є вагомою підставою для проведення дослідження та розробки реабілітаційних природоохоронних заходів.

Сьогодні промисловий майданчик ВАТ «Радикал» входить до інфраструктури Київської міської агломерації, асанітарно-захисна зона навколо нього навантажена забудованими об'єктами торговельного і культурного призначення, в безпосередній близькості функціонують відкриті ринки, торгові комплекси, церква. У зв'язку з цим, метою даної роботи було надати наукове обґрунтування та рекомендації для проведення заходів з вилучення токсичних відходів з території ВАТ «Радикал».

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження є промисловий майданчик ВАТ «Радикал» (колишній Київський завод хімікатів), який розташований на території промислової зони Деснянського району м. Києва (рис.1). Його юридична адреса: 02100, м. Київ, вул. Червоноткацька, 61.

У більшості діючих на підприємстві виробництв використовувалися або утворювалися речовини 1 і 2 класів небезпеки, а також вибухові та пожежонебезпечні продукти. Частина цих речовин має високу стійкість і здатність накопичуватися в об'єктах навколишнього середовища, не зменшуючи своїх токсичних та інших небезпечних властивостей протягом багатьох років. Зокрема, у великих кількостях використовувалася металева ртуть - надзвичайно небезпечна речовина першого класу небезпеки. При роботі цеху відбувалися втрати ртуті і за 42 роки експлуатації виробництва, за оцінками СП «Єврохім», розрахункова балансова загальна втрата ртуті склала приблизно 700 т, з яких близько половини знаходиться в різних об'єктах (ґрунти, будівельні конструкції, шлами тощо) на території промайданчика ВАТ «Радикал». Ртуть та її сполуки мають

високу стабільність і не зменшують свою токсичність у навколишньому середовищі на протязі тривалого (багатовікового) часу.

Результати еколого-геохімічних обстежень, що періодично проводились на території промислового майданчика ВАТ «Радикал» з 1990 р. виявили значні перевищення ГДК ртуті в ґрунтах, будівельних конструкціях, поверхневих та підземних водах, а також повітрі приземного шару атмосфери не тільки в межах санітарно-захисної зони, але й за її межами.

За чинними нормативами ГДК ртуті для ґрунтів становить 2,1 мг/кг; ГДК ртуті у воді водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового водокористування складає 0,0005 мг/л (для неорганічних сполук); середньодобова ГДК в атмосферному повітрі складає 0,0003 мг/м³ [3].

Поверхнєве забруднення ґрунтів ртуттю по території промислового майданчика ВАТ «Радикал» проілюстровано на схемі, складеній незалежною організацією КНДІ «СІНТЕКО» станом на 2002 рік (рис.2). Аналіз схеми забруднення ртуттю промислового майданчика ВАТ «Радикал» та прилеглих територій дав підстави визнати цей стан, як надзвичайну ситуацію регіонального масштабу, що має характер техногенної локальної ртутної аномалії в поверхневому шарі ґрунтів потужністю переважно до 3 метрів і площею близько 1,2 км² (площа промайданчика ВАТ «Радикал» складає 0,6 км²), що має тенденцію до розширення за рахунок геофільтраційної міграції ртуті з підземними водами та переносу в приземному шарі атмосфери за рахунок випаровування.

У 2000 році було розпочато процедуру банкрутства підприємства, а з середини 2001 року почала здійснюватись поетапна процедура екологічної санації, що передбачає здійснення заходів з модернізації екологічно забрудненого підприємства та очищення забруднених територій. Необхідність санації була зумовлена перевищеннями гранично допустимих норм викидів забруднювальних речовин та їхнього високого вмісту в об'єктах довкілля, проте з 2012 року процедура санації була припинена.

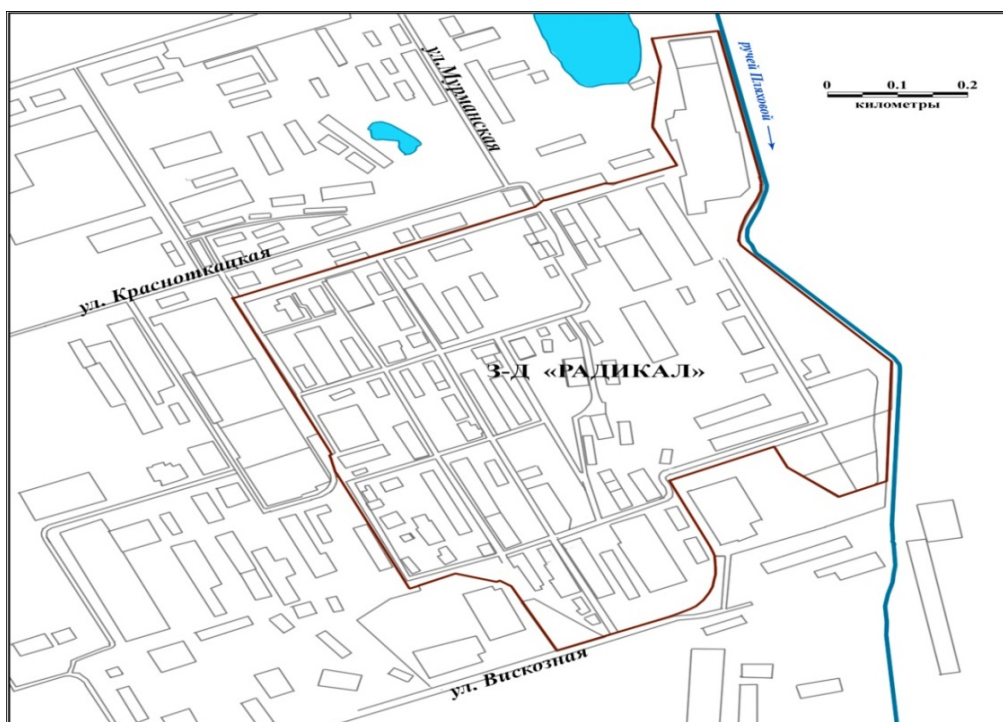


Рис.1. Схема розташування промислового майданчика ВАТ «Радикал» у Деснянському районі м. Києва (периметр майданчика виділено коричневою лінією)

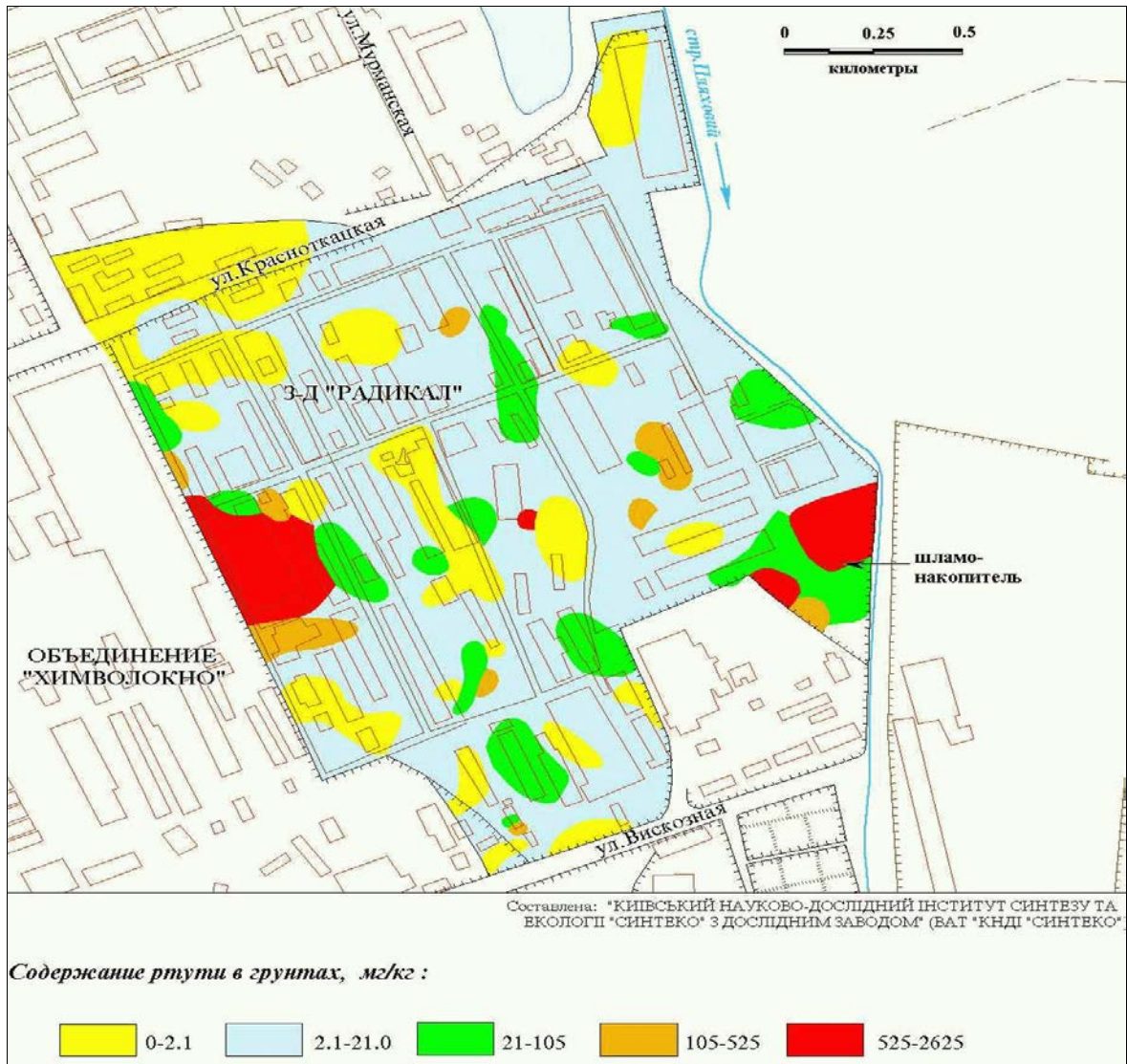


Рис.2. Схема поверхневого забруднення ґрунтів ртуттю по території промислового майданчика ВАТ «Радикал», станом на 2002 рік(за матеріалами КНДІ «СИНТЕКО»)

Три найбільш великі осередки, що мають рівень забруднення значно вище 10 ГДК (21 мг/кг), охоплюють сумарну площу близько 0,08 км². Найбільша інтенсивність і глибина забруднення ґрунтів ртуттю (порядку г/кг) зафіксована в межах виробничих корпусів хлорного виробництва (вміст ртуті в бетонних підлогах цеху електролізу сягає більше 10 г/кг, великі концентрації ртуті також фіксуються в межах розташування шламонакопичувача.

Основними формами знаходження ртуті в ґрунтах та підлогах цехів хлорного виробництва є елементарна ртуть, а також сульфід і оксиди ртуті, що розлита по поверхні.

Розрахункові обсяги твердих відходів, що підлягають демеркуризації, наведено в табл. 1.

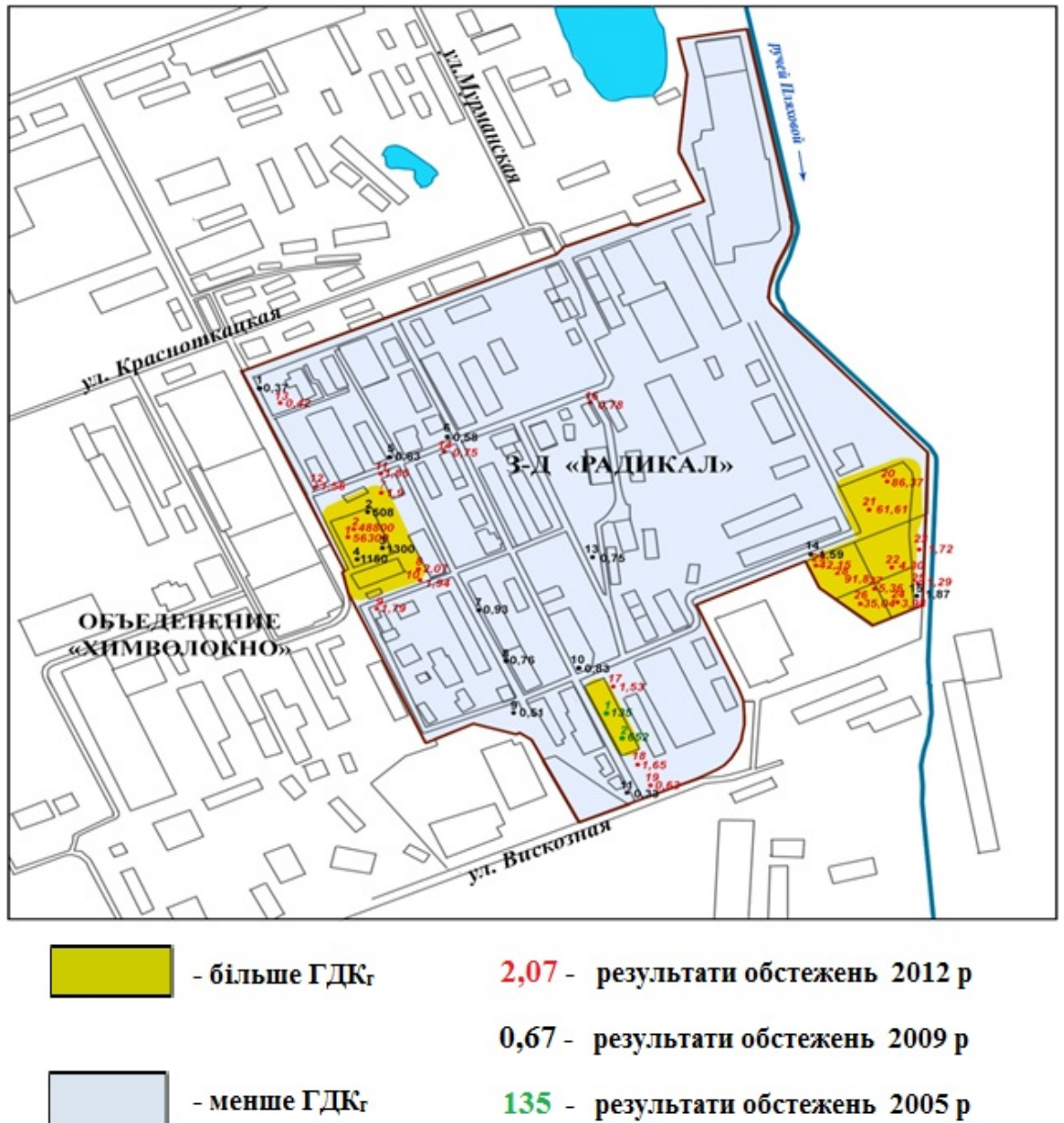


Рис. 3. Схема поширення зон перевищень гранично допустимих концентрацій поверхневого забруднення ґрунтів ртуттю території ВАТ «Радикал» на 2012 год.

Таблиця 1. Обсяги твердих відходів, що підлягають демеркуризації

| Найменування показника | Значення показника |
|---|-----------------------|
| Будівля цеху електролізу | |
| Габарити будівлі в плані | 142x66м |
| Габарити виробничої частини будівлі | 114,6x61,5x1 6,5м; |
| Обсяг будівельних матеріалів наземної частини будівлі | 6500 м ³ |

| | |
|---|----------------------|
| Обсяг будівельних матеріалів підлоги будівлі | 3500м ³ |
| Обсяг ґрунтів, що забруднені ртуттю, під підлогою будівлі | 10500 м ³ |
| Обсяг ґрунтів, що забруднені ртуттю, на прилеглий території | 2000 м ³ |
| Шламонакопичувач | |
| Обсяг матеріалів обвалування карт шламонакопичувача | 32000 м ³ |
| Обсяг матеріалів донних екранів та дренажних систем | 20000 м ³ |
| Обсяг шламів | 20000 м ³ |
| Обсяг будівельного сміття на картах шламонакопичувача | 4000м ³ |
| Склад солі | |
| Обсяг солі на складі | 2500 м ³ |
| Обсяг шламу в відстійниках | 30 м ³ |
| Ґрунти на території проммайданчика | |
| Обсяг забруднених ґрунтів, які підлягають вилученню (крім ґрунтів з майданчиків зазначених вище об'єктів) | ≈200м ³ |

Обговорення результатів

Проаналізувавши зібрану інформацію, можна означити основні негативні фактори проведення процедури демеркуризації. Основним негативним фактором є умови виконання робіт, а саме – ртутне забруднення території промислового майданчика ВАТ «Радикал». Другим негативним фактором планованої діяльності є ризик подальшого забруднення території промислового майданчика ВАТ «Радикал» у результаті некваліфікованого виконання робіт. Третім негативним фактором планованої діяльності є відсутність в Україні діючих підприємств, що спроможні в повній мірі забезпечити демеркуризацію відходів, які планується вилучити з території промислового майданчика ВАТ «Радикал».

Вивезення відходів на полігон в межах України для тимчасового зберігання також є неприпустимим, оскільки в даному випадку існує високий ризик забруднення цих територій (такі дії замість ліквідації об'єкту підвищеної небезпеки призведуть до появи нового об'єкту підвищеної небезпеки). Створення нових підприємств великих потужностей, діяльність яких передбачатиме демеркуризацію відходів, з економічної точки зору є недоцільною, оскільки в Україні таких відходів незначна кількість (в масштабах країни). Після виконання робіт такі новоутворені підприємства повинні в декілька десятків разів зменшити свої потужності або приймати на утилізацію відходи, що вміщують ртуть, з інших країн. Взвзявши до уваги, що будь-яка технологія з демеркуризації відходів, що вміщують ртуть, потребує створення полігону для захоронення високотоксичних відходів, можна зробити висновок, що створення нових підприємств великих потужностей, діяльність яких передбачатиме демеркуризацію відходів, є екологічно нераціональною. Виходячи з вищенаведеного, повну демеркуризацію відходів, які планується вилучити з території проммайданчика ВАТ «Радикал», необхідно проводити на спеціалізованих підприємствах поза межами України.

При вилученні відходів ВАТ «Радикал» аварійні ситуації для населення, працівників і навколишнього середовища можуть виникнути у результаті:

- порушення техніки безпеки, у тому числі вимог щодо поводження з небезпечними відходами;
- застосування екологічно небезпечних технологій;
- порушення технологічних режимів демеркурації.

З метою запобігання можливості виникнення та розвитку аварійних ситуацій необхідно при розробці проектної документації на вилучення відходів ВАТ «Радикал» розробити «План локалізації і ліквідації аварій», а також прийняти екологічні, санітарно-гігієнічні, протипожежні, містобудівельні та територіальні обмеження згідно з чинними законодавчо-правовими актами і нормативними документами України.

Висновки

Ртуть (її пари та солі) представляють велику небезпеку для життєдіяльності людини та навколишнього природного середовища. Вилучення відходів ВАТ «Радикал» є природоохоронним заходом, проведення якого становить підвищену екологічну небезпеку. Існуючий рівень забруднення на території промислового майданчика ВАТ «Радикал» представляє велику загрозу для довкілля в місцевому та регіональному масштабі.

Перед вилученням відходів рекомендується провести додаткові еколого-геохімічні обстеження промислового майданчика з метою кореляції обсягів відходів, які потрібно вилучити із території підприємства.

Повну демеркурацію відходів, які планується вилучити з території промислового майданчика ВАТ «Радикал», необхідно проводити на спеціалізованих підприємствах поза межами України, так як в межах країни відсутні підприємства, що спроможні в повній мірі забезпечити демеркурацію відходів.

Дуже важливим є встановлення чітких та суворих вимог до організації, що проводитиме заходи, щодо демеркурації, задля запобігання подальшого забруднення території у результаті некваліфікованого виконання робіт.

По завершенню вилучення відходів ВАТ «Радикал» необхідно провести контрольні еколого-геохімічні обстеження промислового майданчика ВАТ «Радикал», та встановити санітарно-захисну смугу підприємства.

Вплив на навколишнє середовище під час збору відходів матиме тимчасовий характер. Виконання порядку проведення збору відходів, використання засобів індивідуального захисту та дотримання вимог безпеки дозволить мінімізувати можливі негативні впливи під час збору відходів.

1. Барщевский Н. Е. Рельеф Киевского Приднепровья (морфогенетический анализ) / Н. Е. Барщевский. – Київ: Наукова думка, 1993. – 200 с.

2. Глосарій термінів з хімії // Й. Опейда, О. Швайка. Ін-т фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет — Донецьк: "Вебер", 2008. — 758 с.

3. МВ 10.1-115-2005 Визначення вмісту ртуті в об'єктах виробничого, навколишнього середовища і біологічних матеріалах. Методичні вказівки (затверджено МОЗ України від 10.06.2005 №263).

4. Оцінка впливу ртутного забруднення підземних вод території заводу «Радикал» на питні підземні води м. Києва (за договором №3д 8/240600/10 від 25.12.2001 р.). Кн.1. Державне регіональне геологічне підприємство «Північгеологія», комплексна гідрогеологічна партія, Київ, 2002, 105 с. (автори Нікіташ О.П., Приходько В.Л.).

5. Паничкин В.Ю., Илющенко М.А., Постолов Л.Е. Прогноз распространения ртутного загрязнения за пределами промышленной площадки ОАО «Радикал», г. Киев и

обоснование сети мониторинга подземных вод. Киев: СП «Еврохим», 2007. – 25 с.

6. Отчет по бюджетной теме «Разработать рекомендации по увеличению водозабора подземных вод для водоснабжения городов Киева, Львова, Хмельницкого» К.: ИГН АН УССР, 1978. -220с. (авторы Шестопалов В.М., Рыбин В.Ф., Лисиченко Г.В., Лютый Г.Г. и др.).

1. Barshevskyy NE, 1993. Relief of the Kiev Pridneprovya (morphogenetic analysis. – К. : Science. view, 200 p. [in Russian]

2. Glossary of chemistry // Opeyd J., A. Shvayko. Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal them L.M. Litvinenko National Academy of Sciences of Ukraine –Donetsk National University - Donetsk: "Weber", 758 pp. [in Ukrainian]

3. CF 10.1-115-2005 Determination of mercury in the production facilities, the environment and biological materials. Guidance (approved by the Ministry of Health of Ukraine of 10.06.2005 № 263). [in Ukrainian]

4. Assessing the impact of mercury contamination of water inside the plant "Radical" in drinking water, the underground city. Kyiv (the contract №3d 8/240600/10 from 25.12.2001 g.). Kn.1. State regional geological enterprise "Pivnich heolohiya" complex hidroheolohichna party, Kyiv, 2002, 105 p. (Nikitash AP, Prikhodko VL.). [in Ukrainian]

5. Panychyn VY, Ylyuschenko MA, Postolova LE, 2007. Distribution forecast of mercury pollution outside the industrial site of JSC "Radikal", Kiev and justification of the groundwater monitoring network. Kiev: JV "EuroChem", 2007. - 25 p. [in Russian]

6. The report on the budgetary theme "Develop recommendations to increase the intake of underground water to supply the cities of Kyiv, Lviv, Khmelnytsky" К. : UkrSSR IGN, 1978. -220s. (Authors Shestopalov VM, Rybin VF, Lisichenko GV, Deep GG et al.). [in Russian]

Л.В. Масловская

РТУТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ БЫВШЕГО ЗАВОДА «РАДИКАЛ» В ГОРОДЕ КИЕВЕ

Исследованы особенности загрязнения ртутью почв промышленной площадки завода «Радикал», динамика его изменения в процессе экологической санации и объемы отходов, подлежащих удалению. Приведена оценка возможных негативных воздействий на окружающую среду при проведении работ по извлечению отходов.

L.V. Maslovska

MERCURY CONTAMINATION OF SOIL IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE FORMER FACTORY "RADICAL" IN KIEV

Describes the features of the mercury contamination of soil industrial area of the factory "Radical", the dynamics of their changes in the process of ecological restoration and the volume of waste to be removed. The assessment of possible environmental impacts during the work on the removal of mercury contaminated waste.