

2. Руководство по проектированию строительных конструкций убежищ гражданской обороны. М., Стройиздат, 1974
3. Расчет конструкций убежищ гражданской обороны. М., Стройиздат, 1986.
4. Демиденко Г.П., Кузьменко Е.П., Орлов П.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник. – К.; Вища школа. – 1989. – 287 с.
5. Котляревский В.А., Ганушкин В.И., Костин А.А. и др. Убежища гражданской обороны. Конструкции и расчет. – М.: Стройиздат, 1989. – 606 с.
6. Балаганский И.А., Мержиевский Л.А. Действие средств поражения и боеприпасов: Учебник. – Новосибирск: Издательство НГТУ. – 2004. – 408 с.
7. Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. Фугасные эффекты взрывов. – СПб.: ООО «Издательство «Полигон», 2002.- 272 с.

## УДК 351.861

*Кірючкін О.Ю., наук. співр., УЦЗУ,  
Мурін М.М., ст. викл., УЦЗУ,  
Тютюник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., УЦЗУ,  
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., УЦЗУ*

### **ОЦІНКА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ТА РЕГІОНІВ УКРАЇНИ** (представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

Проведено оцінку можливості застосування багатокритеріальної методи аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України, яка базується на використанні комбінованого методу прогнозування. Визначена загальна похибка методу. Розроблено прогноз щодо зміни загального хімічно небезпечного стану України на початок 2008 року

**Постановка проблеми.** Сучасний світ характеризується зростанням масштабів наслідків техногенних аварій та катастроф. Сучасні потенційно небезпечні промислові об'єкти спроектовані таким чином, що вірогідність крупної аварії на них оцінюється величиною порядку  $10^{-4}$  на рік. Втім реальна надійність механізмів,

приборів, матеріалів об'єктів даного класу, у наслідок зношеності виробничих фондів (від 80% до 100%), відсутності капітальних ремонтів обладнання та коштів на їх докорінну перебудову [2] визначається величиною на один два порядки нижчою, що дає право прогнозувати виникнення крупних аварій на хімічно небезпечних об'єктах України кожні 1-2 роки табл. 1 [2,3].

**Таблиця 1 – Статистичні дані щодо виникнення аварій та надзвичайних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах та кількості смертельно травмованих внаслідок останніх**

Рік	Кількість хімічно небезпечних об'єктів	Кількість випадків аварійного забруднення / кількість НС	Кількість смертельно травмованих внаслідок аварії
2005	1572	27/11	28
2006	1524	25/9	20

Зростання масштабів та концентрації промисловості призводить до накопичення потенційних небезпек. Про загальний стан останніх можна судити по удільним (або на душу населення, або на одиницю площі) величинам летальних для людини доз, що містяться у різних сферах промисловості. Так в країнах Європи налічується по миш'яку 0.5 мільярда доз, по барію – 5 мільярдів доз, а по хлору – 10 трильйонів доз [2,3]. Ці цифри роблять зрозумілим постійно зростаючий інтерес до забезпечення безпеки в першу чергу хімічно небезпечних підприємств.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Забезпечення надійного захисту від небезпек техногенного характеру не можливе без проведення постійного моніторингу та довгострокового прогнозування стану надійності небезпечних об'єктів, їх систем безпеки та можливих наслідків у разі виникнення аварії. Виходячи з доведеної необхідності суттєвого доопрацювання існуючої системи визначення категорії хімічної небезпеки об'єктів та територій України і як слід основних критеріїв, що покладенні до офіційної методи прогнозування наслідків від аварій та катастроф за участю хімічно небезпечних об'єктів [1,2] колективом авторів була запропонована багатокритеріальна методика проведення подібного аналізу [4]. Втім подальше застосування останньої неможливе без оцінки її ефективності та достовірності отриманих результатів прогнозування. Враховуючи додаткову статистичну інформацію

[2], досвід робіт з організації та проведення прогнозування поведінки чинників як загальних процесів [5,7,9], так і процесів, що мають місце під час аварії та надзвичайних ситуацій [3,6,8], було запропоновано провести дослідження ефективності багатокритеріальної методики шляхом визначення загальної похибки прогнозування, з подальшим уточненням виду та вагових коефіцієнтів апроксимуючих функцій для окремих регіонів.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою роботи є оцінка ефективності запропонованої багатокритеріальної методи аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та територій України, що базується на вивченні та аналізі динаміки (швидкості зростання або зменшення) прогнозуємих негативних збитків [4]. Цей показник враховує динаміку змін, як кількості так і якості хімічно небезпечних об'єктів (стан обладнання); вплив небезпечних хімічних речовин, що обертаються в їх технологічному процесі; наявність населення в зоні можливого зараження; наявність та якість систем безпеки та контролю за станом об'єктів та територій на яких вони розміщені; рівень професійної та психофізіологічної підготовки персоналу відповідних об'єктів, що дозволяє не тільки констатувати стан хімічної безпеки, але й прогнозувати її зміни з метою дієвого перерозподілу існуючих матеріальних та людських резервів.

Прогнозування здійснено на базі комбінованого методу [5], що поєднує прогнозування на підставі пропорційних залежностей та багатofакторного регресивного аналізу в частині визначення коефіцієнту зміни хімічно небезпечного стану регіонів. Особливо слід звернути увагу на припущення, що мали місце: по-перше, процеси виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного характеру на хімічно небезпечних об'єктах взаємопов'язані, і по-друге, мають певну інерційність. Останнє означає, що вага практично будь-якого показника в момент аналізу ( $m$ ) залежить відповідним чином від його минулого стану в моменти ( $m-1, \dots, m-n$ ). На практиці останнє припущення не завжди виконуються в наслідок не передбачаємих рішень в нестабільно працюючій економіці (збільшення небезпечних хімічних речовин в Закарпатській області з 0,027 тис. тонн до 22,35 тис. тонн при фактичному скороченні хімічно небезпечних об'єктів; збільшення кількості хімічно небезпечних об'єктів у 3,5 рази у Херсонській області при фактичній стабільності систем вияву небезпечних факторів аварій тощо).

Також на безпосередню поведінку факторів, які можуть призвести до аварійної ситуації, окрім їх „історії”, вагомий вплив мають випадкові процеси пов’язані, як з технологією обертання небезпечних речовин так і безвідмовністю систем моніторингу та контролю, психофізіологічні обставини.

Основні рівняння, отримані у [4], мають наступний вигляд.

Очікувані збитки  $Y_{прог}^m$  :

$$Y_{прог}^m = Y_o^{m-1} * K_{зхнс}^m ,$$

де  $Y_o^{m-1}$  – збитки за останній звітний період ( $m-1$ );  $K_{зхнс}^m$  – коефіцієнт зміни хімічно небезпечного стану у прогнозованому періоді ( $m$ ), який визначається за формулою

$$K_{зхнс}^m = K_{инф}^m * \frac{K_{влN}^m * \Delta N^m * K_{влQ}^m * \Delta Q^m * K_{влL}^m * \Delta L^m * K_{влП}^m * \Delta П^m * K_{влB}^m * \Delta B^m}{K_{влSб}^m * \Delta S_b^m} ,$$

де:

$K_{инф}^m$  – коефіцієнт очікуваної інфляції (знецінення) у  $m$  період;

$K_{влN}^m$  – коефіцієнт небезпечних властивостей технологічного обладнання у  $m$  період;

$K_{влQ}^m$  – коефіцієнт небезпечних властивостей сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), які присутні у технологічному процесі;

$K_{влL}^m$  – коефіцієнт нерівномірності впливу небезпечних факторів хімічних аварій на населення;

$K_{влП}^m$  – коефіцієнт психофізіологічної небезпеки;

$K_{влB}^m$  – коефіцієнт очікуваного небезпечного впливу зовнішніх факторів навколишнього середовища;

$K_{влSб}^m$  – коефіцієнт безпеки пов’язаної з відмовами систем моніторингу та контролю за хімічно небезпечним станом об’єктів у  $m$  період;

$\Delta N^m$  – характеристика зміни кількості хімічно небезпечних об’єктів у період  $m$ ;

$\Delta Q^m$  – характеристика зміни кількості хімічно небезпечних речовин, що обертаються в технологічному процесі об'єктів у період  $m$ ;

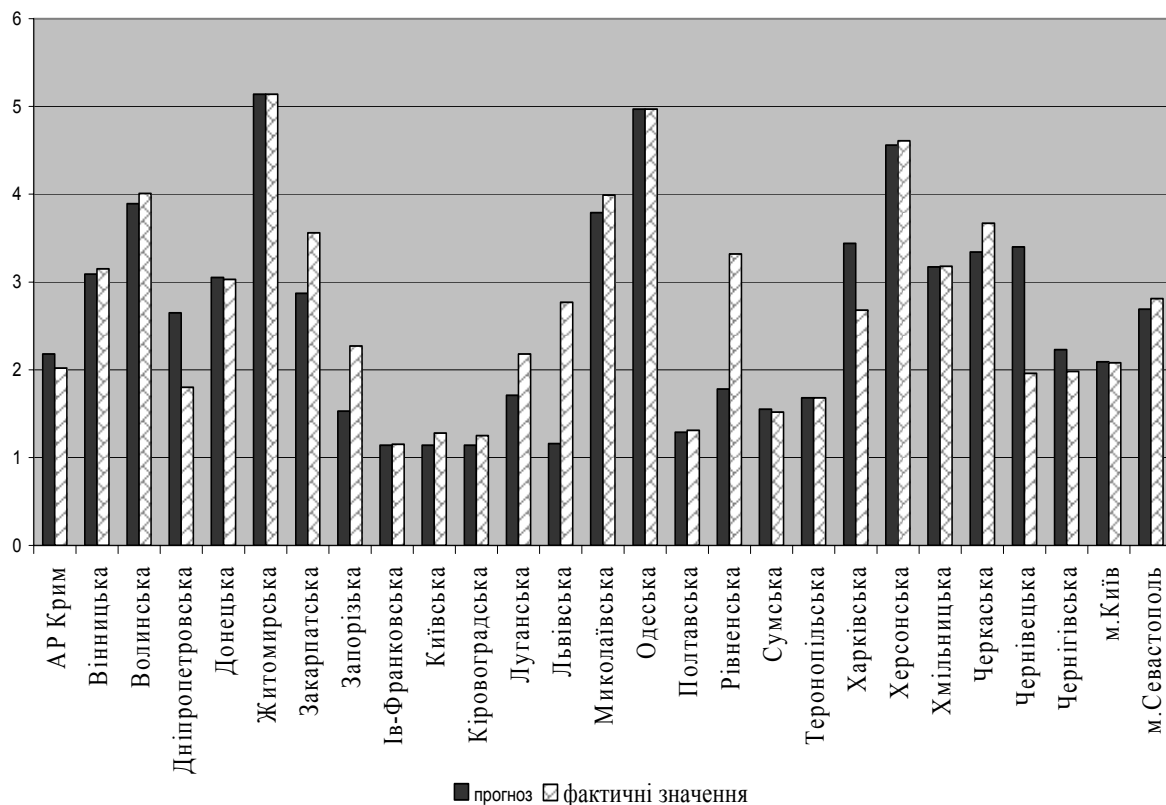
$\Delta L^m$  – характеристика зміни кількості населення, яка мешкає на території можливих зон хімічного враження від хімічно небезпечних об'єктів у період  $m$ ;

$\Delta \Pi^m$  – характеристика зміни кількості обслуговуючого персоналу на хімічно небезпечних об'єктах у період  $m$ ;

$\Delta B^m$  – характеристика зміни кількості надзвичайних ситуацій природного характеру у період  $m$ ;

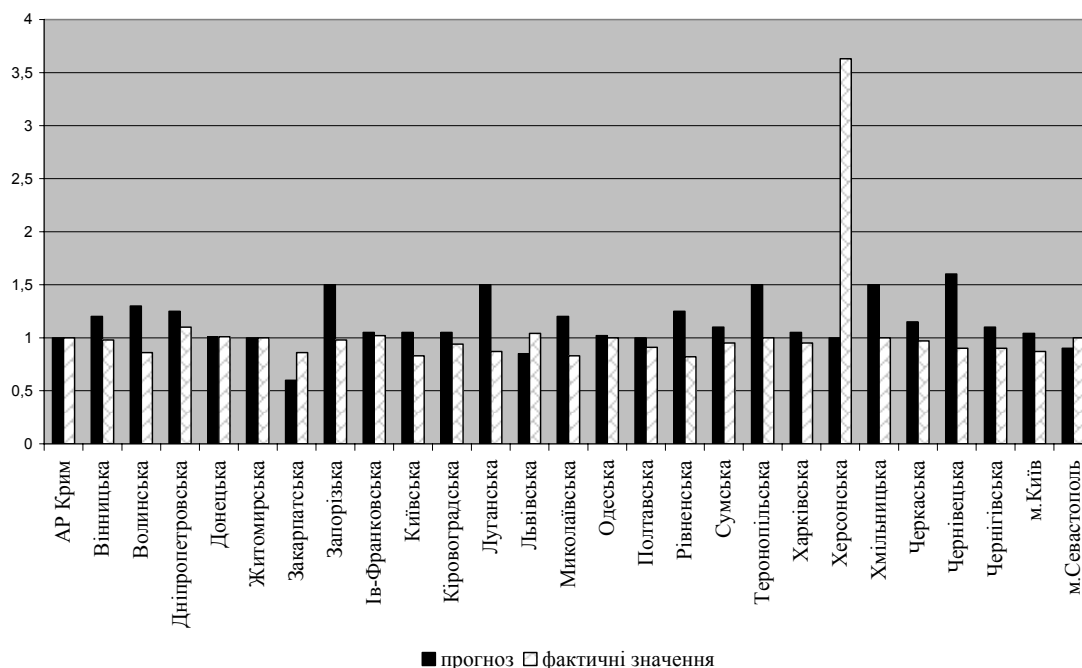
$\Delta S_{\sigma}^m$  – характеристика зміни кількості систем виявлення небезпечних хімічних речовин у період  $m$ .

На підставі вище наведеного були отримані результати прогнозу основних показників, що визначають хімічно небезпечний стан регіонів України на початок 2007 року, та відповідні значення цих показників на підставі офіційно оприлюдненої статистичної інформації рис. 1- 8.

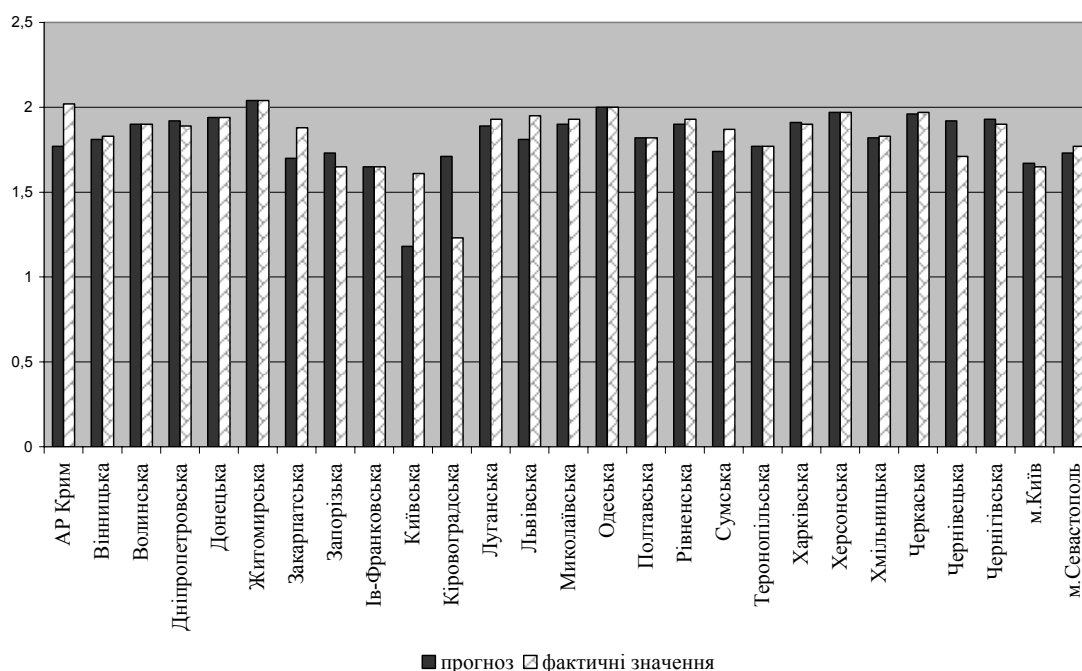


**Рис. 1 – Порівняльний аналіз прогнозуємих та фактичних значень коефіцієнту небезпечних властивостей технологічного обладнання за станом на початок 2007 року**

Кірючкін О.Ю., Мурін М.М., Тютюник В.В., Шевченко Р.І.

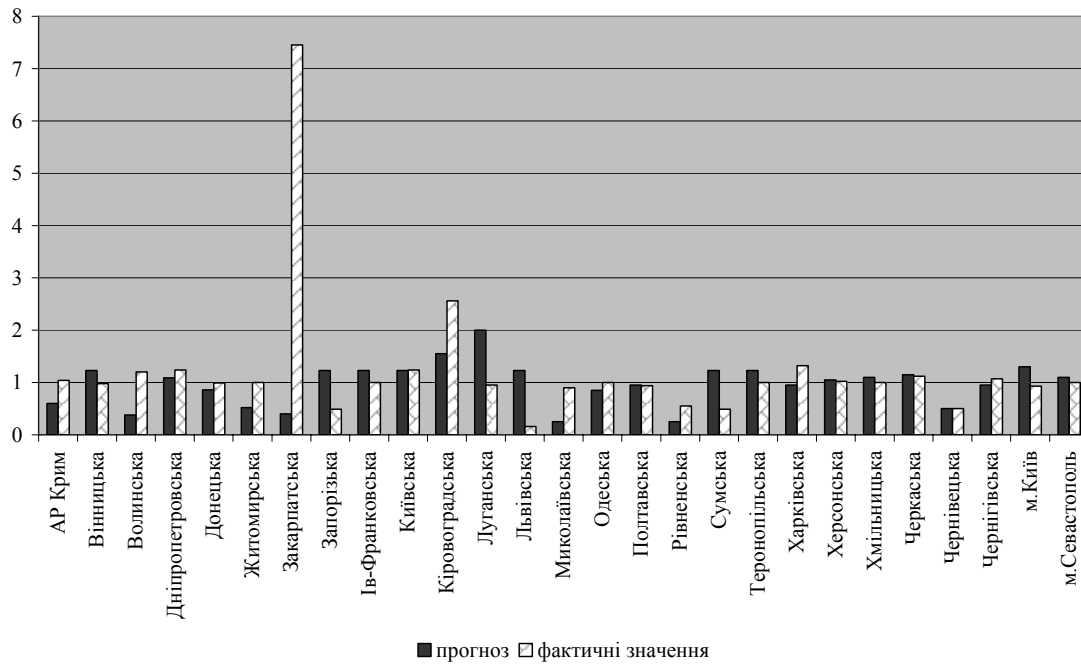


**Рис. 2 – Порівняльний аналіз прогнозуємої та фактичної зміни кількості хімічно небезпечних об'єктів за станом на початок 2007 року**

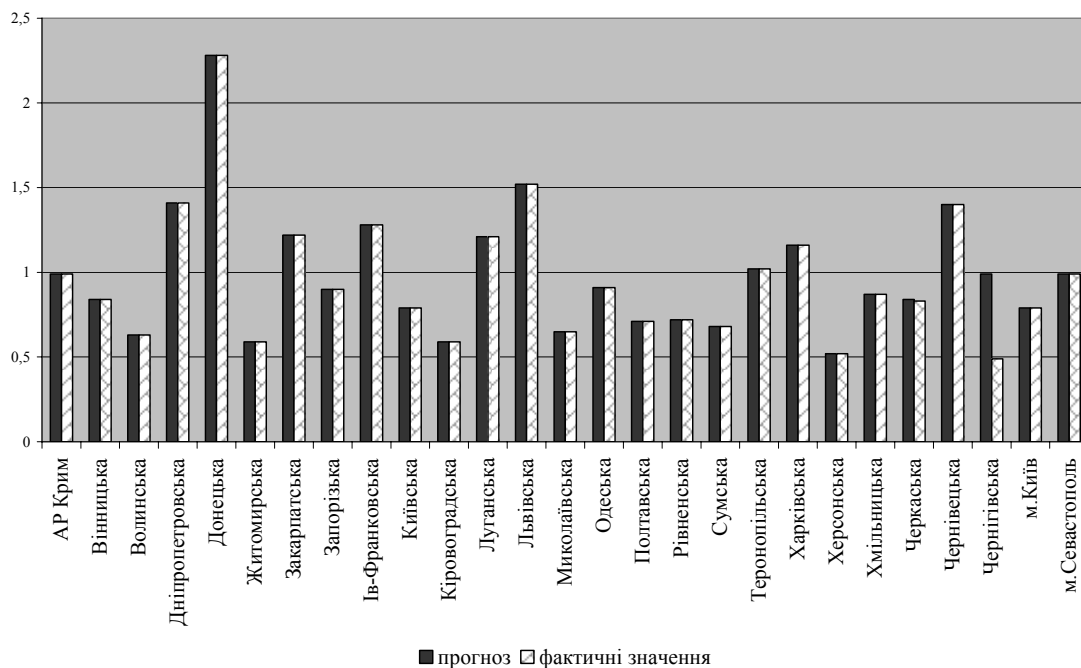


**Рис. 3 – Порівняльний аналіз прогнозуємих та фактичних значень коефіцієнту небезпечних властивостей сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), які присутні у технологічному процесі за станом на початок 2007 року**

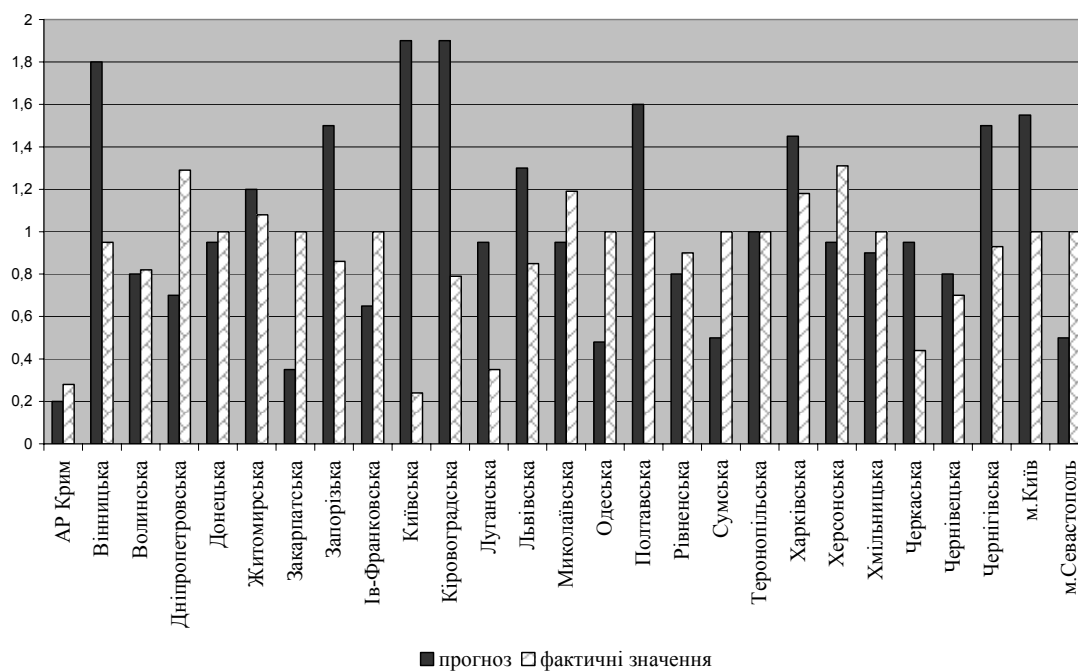
Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України



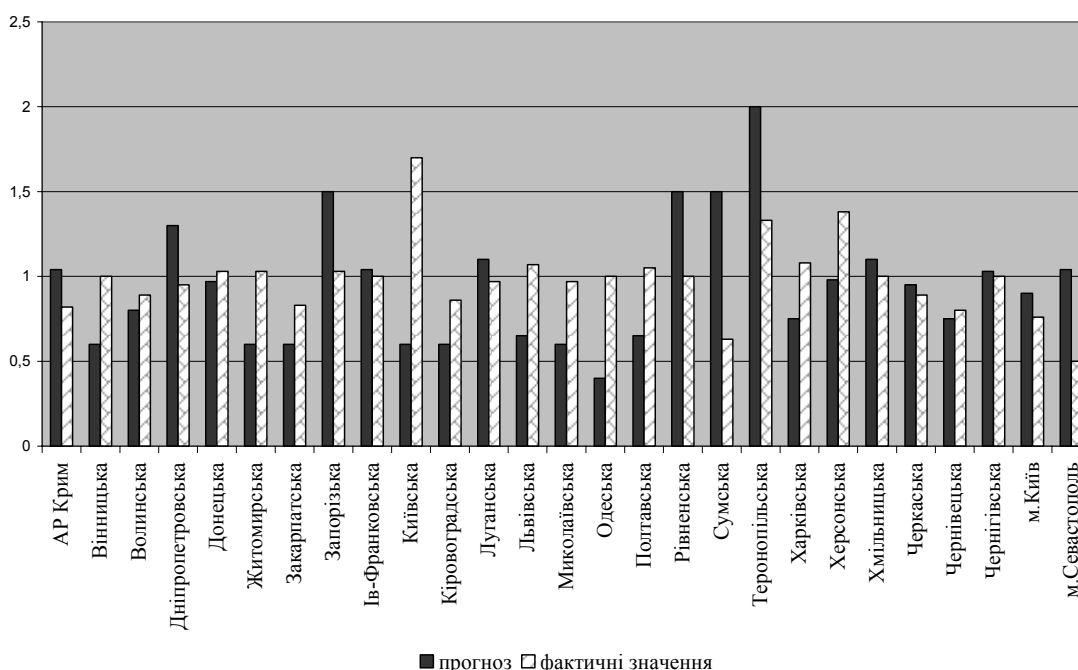
**Рис. 4 – Порівняльний аналіз прогнозуємої та фактичної зміни кількості хімічно небезпечних речовин, що обертаються в технологічному процесі об'єктів за станом на початок 2007 року**



**Рис. 5 – Порівняльний аналіз прогнозуємих та фактичних значень коефіцієнту нерівномірності впливу небезпечних факторів хімічних аварій на населення за станом на початок 2007 року**



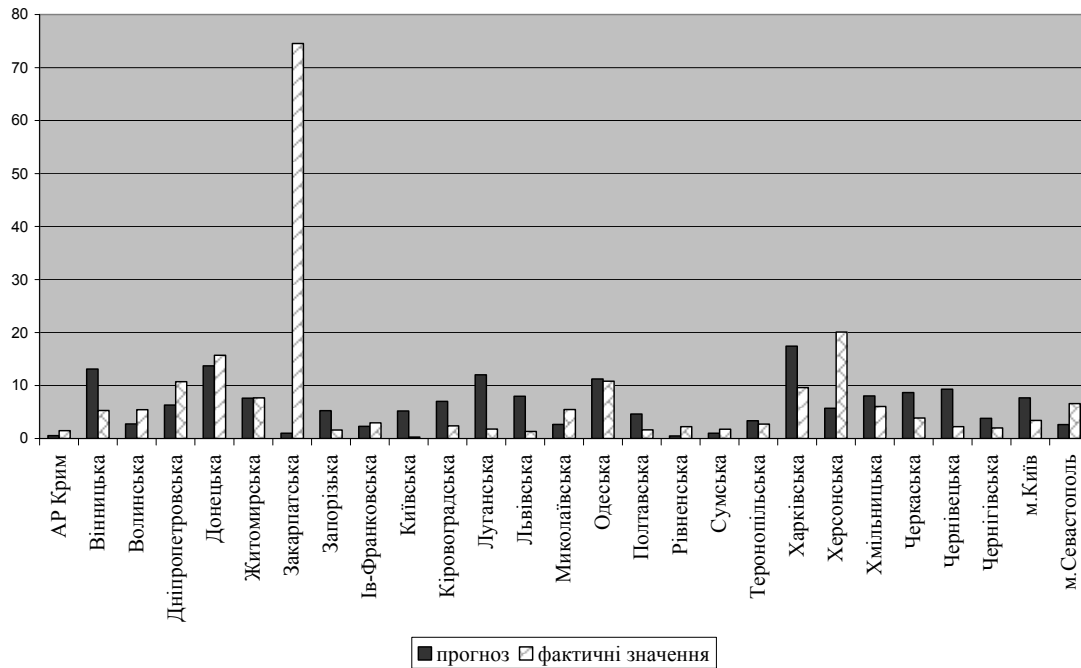
**Рис. 6 – Порівняльний аналіз прогнозуємої та фактичної зміни кількості населення, яка мешкає на території можливих зон хімічного враження від хімічно небезпечних об’єктів за станом на початок 2007 року**



**Рис. 7 – Порівняльний аналіз прогнозуємої та фактичної зміни кількості систем виявлення небезпечних хімічних речовин за станом на початок 2007 року**

Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об’єктів та регіонів України





**Рис. 8 – Порівняльний аналіз прогнозованих та фактичних значень коефіцієнту зміни хімічно небезпечного стану регіону на початок 2007 року**

Як свідчить аналіз наведених даних, мають місце не прогнозовані «виброси» окремих показників в тих регіонах, де протягом року виникали випадкові процеси пов'язані з багаторазовим збільшенням хімічно-небезпечних речовин.

Для формування подальшого прогнозу необхідно оцінити значення похибки, що має місце у разі застосування в якості апроксимуючих функцій:

$$f_1(x) = 14,7662 * \ln(x) + 2,02564;$$

$$f_2(x) = 2,3613 * x^{3,6753};$$

$$f_3(x) = 4,86 \cdot 10^{-6} * \exp(10,5469 * x) + 2,7888,$$

де в якості базового показнику  $x$  прийнято – зростання внутрішнього валового продукту  $\Delta ВВП^m = \frac{ВВП_{m-1}}{ВВП_m}$  – характеристика змі-

ни зростання внутрішнього валового продукту,  $ВВП_{m-1}$  – приріст ВВП у період  $(m-1)$ ,  $ВВП_m$  – приріст ВВП, який прогнозується у період  $t$  (рис. 9).

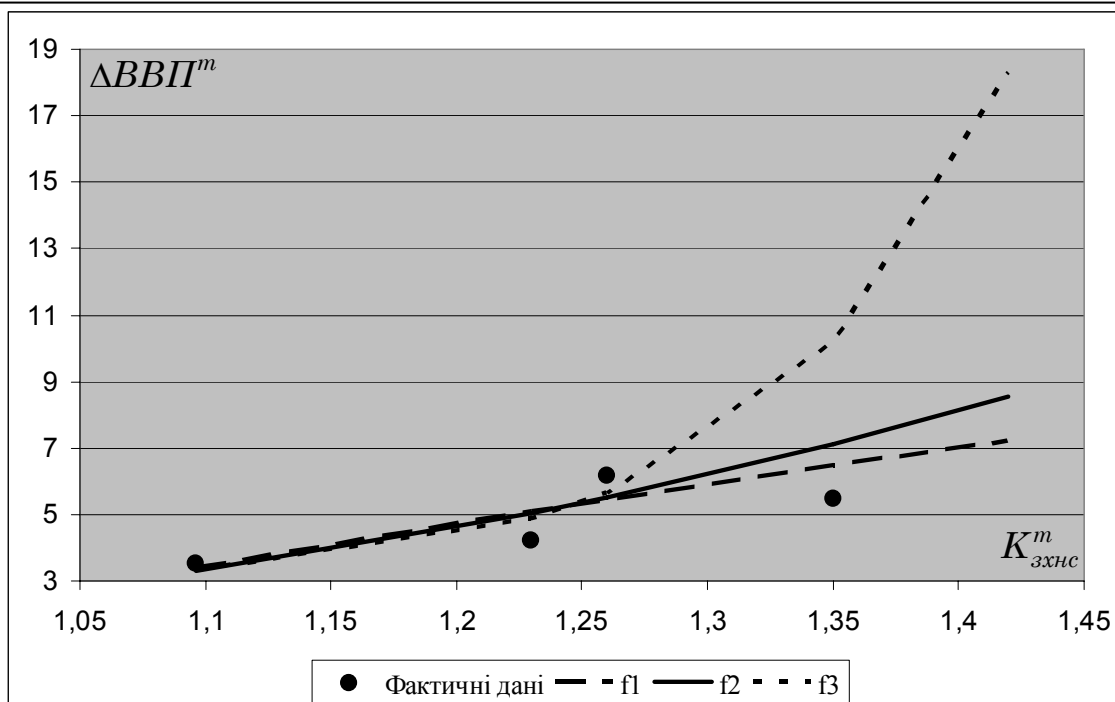


Рис. 9 – Динаміка зміни  $K_{зхнс}^m$  у відповідності до зміни  $\Delta ВВП^m$  у 2003-2007 рр., та прогноз змін на початок 2008 року

За результатами розрахунку отримані дані, які наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Аналіз результатів прогнозу значень коефіцієнту зміни хімічно небезпечного стану України

Рік	$\Delta ВВП^m$	Фактичне значення $K_{зхнс}^m$	Прогноз $K_{зхнс}^m$			Відхилення від фактичного значення $K_{зхнс}^m - f_i$		
			$f_1$	$f_2$	$f_3$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$
2003	1,096	3,53	3,379	3,307	3,298	0,150	0,222	0,231
2004	1,23	4,21	5,082	5,053	4,882	0,872	0,843	0,672
2005	1,26	6,16	5,438	5,521	5,662	0,721	0,638	0,497
2006	1,35	5,45	6,457	7,115	10,21	1,007	1,665	4,762
2007	1,42		7,203	8,568	18,32			
$\Delta f_i$						1,522	1,985	4,841

Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України

У цій таблиці  $\Delta f_i$  – загальна похибка прогнозування, яка визначається наступним чином

$$\Delta f_i = \sqrt{\sum_j (K_{зхис}^m - f_i)^2}, \quad (j = 2003 \dots 2006).$$

Застосування запропонованої моделі до визначення хімічно небезпечного стану регіонів дозволяє дати досить сталий прогноз в умовах обмеженості статистичної інформації, у разі виключення факторів не планованого переміщення хімічно небезпечних речовин. Найменшу загальну похибку отримано за використання, в якості базової апроксимуючої функції – функції виду  $f(x) = a * \ln(x) + b$ , що дозволяє на далі використовувати її у разі визначення коефіцієнтів зміни хімічно небезпечного стану регіонів України, за виключенням Закарпатської та Херсонської областей, де необхідно провести додаткові дослідження та визначити тривалість та подальший перебіг процесів з переміщенням хімічно небезпечних речовин. В разі збереження існуючої тенденції, в даних регіонах за базовий слід прийняти «пісемістичний» прогноз який визначається функцією виду -  $f(x) = a * \exp(x) + b$  з подальшим уточненням вагових коефіцієнтів. Слід також зазначити, що загальна тенденція щодо хімічно небезпечного стану України погіршується. Особливо, це стосується підприємств з використанням аміачно-холодильних установок, підприємств нафтопереробної галузі та об'єктів на яких обертаються речовини, які вміщують хлор. До найбільш небезпечних регіонів слід віднести Харківську, Луганську, Донецьку, Одеську та Дніпропетровську області.

**Висновки.** Проведено аналіз хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України на підставі використання багатокриптеріальної методики що поєднує прогнозування на підставі пропорційних залежностей та багатфакторного регресивного аналізу в частині визначення коефіцієнту зміни хімічно небезпечного стану регіонів, який на 2008 року визначено, у разі «оптимістичного» прогнозу, - 7,2 (збільшення прогнозуємих збитків у 1,3 рази), у разі «пісемістичного» прогнозу, - 18,32 (збільшення прогнозуємих збитків у 3,3 рази). Загальна похибка прогнозування  $\Delta f_i$ , для різних видів прогнозу знаходиться у межах (1,522 ... 4,841). Для більшості регіонів де має місце інерційність щодо процесів обертання хімічно небезпечних речовин найбільш доцільним є застосування в

якості базової апроксимуючої функції – функції виду  $f(x) = a * \ln(x) + b$ , з загальною похибкою прогнозування 1,55, що в умовах обмеженості інформації, дає відповідну достовірність щодо прогнозу хімічно небезпечного стану України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2006. – 275 с.
2. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2007. – 235 с.
3. Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та інші Моніторинг надзвичайних ситуацій. – Харків: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
4. Абрамов Ю.О., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Аналіз хімічно небезпечного стану регіонів України // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2006. - № 4. – С. 16 – 29.
5. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы – М.: «Финансы и статистика», 1998, - 340 с.
6. Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. – 2002. - № 2. – С. 12-20.
7. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Наука, 1968.
8. Топольский Н.Г., Блудчий Н.П. Потенциальная опасность массового поражения при крупных техногенных авариях – М.: ВИПТШ МВД России, 1994. – 75 с.
9. Тюрин Н.И. Введение в метрологию. Учебное пособие. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 248 с.