

В. М. Головка, Є. І. Петропавловський

ВП "Бюро аналітичних досліджень безпеки АЕС"  
Державного науково-технічного центру з ядерної  
та радіаційної безпеки

## Зовнішні загрози впливу хімічних речовин на безпеку АЕС

*Викладено підходи до аналізу зовнішньої небезпеки впливу хімічних речовин при розробці звітів з аналізу безпеки АЕС.*

В. М. Головка, Е. И. Петропавловский

### Внешняя опасность влияния химических веществ на безопасность АЭС

*Представлены подходы к анализу внешней опасности влияния химических веществ в ходе подготовки отчетов по анализу безопасности АЭС*

Україна належить до країн з розвинуеною хімічною промисловістю та розвинуеною мережею шляхів сполучення, у тому числі й міжнародних, якими ці речовини (а також ті, що експортуються, та транзитні) транспортуються. Хімічні речовини залежно від своїх хіміко-фізичних та токсикологічних властивостей, за певних умов, можуть становити суттєву загрозу нормальній експлуатації атомних електростанцій через ураження чи отруєння персоналу (у тому числі з летальними наслідками), а отже, через неможливість управління й обслуговування систем та механізмів, важливих для безпеки експлуатації. Для деяких робіт потрібна ідентифікація кожного значимого потенційного джерела та проведення його оцінки – визначення розміру можливої події, ймовірності її появи і відстані між місцем події та площадкою АЕС. Для кожного значимого потенційного джерела слід визначити відстань відбору, при перевищенні межі якої подію можна не розглядати [1].

До хімічних речовин, що можуть становити певну небезпеку, за прийнятою класифікацією [2, 3, 4] належать:

хімічна зброя (в інших джерелах – бойові отруйні речовини);

небезпечні хімічні речовини (в інших джерелах – сильнотоксичні отруйні речовини).

Найбільшу небезпеку для персоналу АЕС, безумовно, можуть становити **бойові отруйні речовини (БОР)**, оскільки до цієї категорії хімічних речовин відібрано речовини з великими уразливими токсикологічними властивостями стосовно отруєння, в тому числі й людського організму.

Україна офіційно на міждержавному рівні у 1998 р. ратифікувала Конвенцію про заборону розробки, виробництва, накопичення, застосування хімічної зброї та про її знищення (КХЗ), чим підтвердила факт відсутності на своїх теренах визначених БОР. У той же час на її території знаходяться і можуть бути знайдені застарілі та затоплені отруйні речовини, що не підпадають під юрисдикцію КХЗ. Певну загрозу можуть також становити сховища хімічної зброї поблизу кордону. Райони, де містяться (можуть міститися) БОР, та прикордонні райони сусідніх країн з БОР наведено нижче.

*Козачья бухта, 13 км південно-західніше м. Севастополь, та північне узбережжя Чорного моря.* У цьому регіоні під час другої світової війни перед здачею міста військами Чорноморського флоту затоплено хімічну зброю [5, 6] – іприт, люїзит та їх суміші в боеприпасах і сталевих резервуарах (близько двох залізничних ешелонів – орієнтовно 3200 т). Прийнята Програма пошуку та ліквідації затопленої хімічної зброї [5] не працює, про що яскраво свідчить Інтернет. Існує загроза виносу резервуарів на узбережжя під час штормів. Іноді їх виловлюють рибалки сітками. Речовини токсикологічних властивостей не втратили. Найближчою до узбережжя Чорного моря є Южно-Українська АЕС – біля 120 км; максимальна ж глибина розповсюдження зараженої хмари повітря, відповідно до [7], для цих речовин становить до 30 км. Реальну загрозу для АЕС затоплена хімічна зброя може становитиме лише у випадку терористичного застосування або загрози його застосування. Затоплена хімічна зброя ніяк не охороняється. Доступ до неї обмежений фактично лише глибиною знаходження, відсутністю розповсюдженої інформації щодо координат районів конкретного розташування, страхом отримання смертельної поразки безпосередньо при контакті з нею.

*Брянська обл., м. Почеп.* Тут, на відстані 70 км від державного кордону та близько 520 – 550 км від РАЕС, ХАЕС

та ЗАЕС, розташовано склад хімічної зброї [8] — 7520 т (18,8 %) запасів хімічної зброї Російської Федерації (загальні запаси оцінюються у 40 000 т). При цьому склад містить 23,3 % сучасних видів БОР — Ві-ікс, зарин, зоман (загальні запаси РФ 32 200 т). Максимальна глибина розповсюдження зараженої хмари повітря у разі розгерметизації (підриву) боєприпасів, споряджених найбільш небезпечною отруйною речовиною — Ві-ікс, відповідно до [7], може становити біля 50 км; при цьому значні лісові масиви на шляху розповсюдження та постійна зміна швидкості й напрямку приземного вітру суттєво обмежують цю глибину. Проте глибину розповсюдження зараженої хмари повітря при одноразовому викиді в навколишнє середовище у максимально можливій кількості (7520 т) у відкритих джерелах не описано і не досліджено. Російський уряд запевняє, що при зберіганні виконуються всі необхідні умови стосовно безпечного зберігання БОР згідно з [9], але насторога уряду країни існує [6].

В Україні функціонує понад 1500 об'єктів промисловості [10], на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності близько 300 тис. т **небезпечних хімічних речовин** (НХР), у тому числі понад 9 тис. т хлору і 200 тис. тон аміаку. Ризик виникнення надзвичайної ситуації у хімічній та нафтохімічній промисловості оцінюється  $1,29 \cdot 10^{-3}$  та  $9,7 \cdot 10^{-4}$  відповідно і знаходиться на межі між прийнятним і неприйнятним рівнем ( $10^{-3}$ ). Проведений відповідно до [3] аналіз свідчить про відсутність у радіусі 30 км навколо АЕС підприємств із запасами, у тому числі значними, НХР. За проведеними згідно з [3] розрахунками та рекомендаціями МАГАТЕ [1] щодо визначення відстані відбору розташування площадки АЕС від підприємств хімічної промисловості (8–10 км) можна зробити висновок, що наслідки аварій на підприємствах хімічної промисловості, пов'язані з викидом в атмосферу НХР, на умови нормальної експлуатації атомних електростанцій не вплинуть. Віртуальну загрозу для АЕС можуть становити лише наслідки аварій на шляхах можливого транспортування НХР. Такими шляхами є:

- автомобільні дороги загального користування;
- залізниці загального користування;
- судноплавні шляхи загального користування;
- морські шляхи;
- трубопровідний транспорт (нафтопроводи, нафтопродуктопроводи, газопроводи та аміакопроводи).

При аваріях на продуктопроводах (аміакопроводах тощо) кількість НХР, що може бути викинута зовні, приймається за її кількість між відсікачами (для продуктопроводів маса НХР береться у межах 300–500 т [3]). Загрозу від наслідків аварій на трубопровідному транспорті та морських шляхах відповідно до проведених стосовно [3] розрахунків та рекомендацій МАГАТЕ [1] теж доцільно вилучити з подальшого розгляду через їх безпечну віддаленість.

Відомості, необхідні для проведення аналізу:

основні характеристики транспортних магістралей (залізничних, автомобільних і річкових) та їх відстань від АЕС; токсикологічні характеристики хімічних речовин, що можуть перевозитися по магістралях;

кількість НХР, що може потрапити у довкілля внаслідок аварії;

статистика аварій, пов'язаних з викидом НХР та визначенням глибин розповсюдження НХР;

відомості про експлуатаційну протяжність автомобільних, судноплавних шляхів та залізниць;

відомості про стійкість повітря та напрями його руху у приземних шарах атмосфери в районах площадок АЕС.

Протяжність експлуатаційної довжини залізничних, автомобільних і річкових шляхів [11] становить відповідно 22,1, 169,7 та 2,3 тис. км.

Відомості стосовно одноразової максимальної кількості НХР, що може перевозитися залізничним транспортом, наведено у [12], об'єми резервуарів для транспортування хлору — у [13]. Щодо автомобільного транспорту єдиних нормативних величин, крім як для хлору, стосовно завантаження та вантажопідйомних можливостей немає. Такі відомості можна отримати проведенням експертної оцінки джерел інформації, наведених у вимогах державних документів щодо перевезення НХР [14, 15, 16], можливостей базових шасі автомобілів [17, 18] та консультацій у відповідних державних структурах (Державне підприємство “Укрінтер-автосервіс”, Укравтодор, науково-дослідні заклади). У результаті проведених досліджень встановлено, що вантажопідйомність автомобільного транспорту, що перевозить НХР, становить 22–25 т. При цьому вимоги до умов і особливостей перевезення НХР наведено в [19].

Вимоги до судноплавних шляхів України визначено у [20].

**Методика проведення розрахунків.** Частота впливу НХР на площадку АЕС без урахування метрологічної складової визначається формулою

$$\lambda = (n/t) l/L,$$

де  $n$  — кількість випадків техногенних аварій (що приводять до розгляду зовнішнього впливу) на території України;  $t$  — період спостереження, років;  $l$  — ділянка дороги між крайніми точками, починаючи з яких викид НХР може становити загрозу АЕС, км;  $L$  — експлуатаційна довжина шляхів України, км.

Для прямолінійної ділянки дороги, що проходить поблизу АЕС, відстань між крайніми точками, починаючи з яких викид НХР може становити загрозу АЕС, визначається за формулою

$$l = 2 \sqrt{D^2 - d^2},$$

де  $D$  — глибина зони ураження, км;  $d$  — відстань до транспортних мереж, км.

Для ділянок нерівної дороги, що проходить поблизу АЕС, величина  $l$  визначається за картою. Частота виникнення певних метрологічних умов у районі площадки АЕС враховується при визначенні величини  $l$ , тому що глибина зони ураження  $D$  залежить від цих умов.

Статистичні відомості про аварійність транспорту з НХР на шляхах України у 1997–2004 рр. [21] наведено в табл. 1.

В Україні з 1997 по 2004 рр. на транспорті зафіксовано 72 аварії, пов'язані з викидом (витоком) у довкілля НХР, з них: на залізниці — 49 випадків; на автомобільних шляхах — 23.

При визначенні глибин зон ураження найбільш небезпечними НХР, наведеними в методиці МНС, застосовується та сама методика [3]; при цьому доцільно брати найбільш консервативні метрологічні умови:

ступінь вертикальної стійкості повітря — інверсія;

швидкість повітря — 1 м/с;

температура повітря — 20 °С.

Ступінь вертикальної стійкості повітря у конкретному районі наведено у довідковій літературі, наприклад [23, 24].

Ступінь заповнення резервуарів береться як 70 % паспортного об'єму. Вилив речовини у піддон, наявність лісів та забудов зменшують глибину розповсюдження хмар [3] відповідно до наведених у табл. 2 і 3 коефіцієнтів.

Таблиця 1. Статистичні відомості про аварійність

Найменування НХР	Кількість аварій			Підлягає аналізу
	Залізнична	Автомобільні дороги	Усього	
Разом	49	23	72	
Аміак (у тому числі рідкий)	16	1	17	+
Аргон рідкий	2		2	*
Ацетальдегід	1		1	
Бензол	4	1	5	*
Бром		2	2	
Вініл ацетат	1		4	*
Вініл хлорид	4		4	
Диметилдихлорсінал		1	1	*
Діхлоретан	1		1	*
Карбамідноаміачна суміш	1		1	
Кислота:	1	2	3	
олеум	1		3	+
азотна		2	2	*
сірчана	5	2	7	*
соляна	2		2	+
вуглекислота		1	1	
оцет		1	1	*
Метанол	4		4	*
Монометиланілін		1	1	
Оларин (газ)	1		1	
Піридин	1		1	*
Синілтрихлорсінал		1	1	
Тетрахлоретилен	1	1	2	*
Фенілтрихлорсінал		1	1	*
Формалін		2	2	*
Етанол		1	1	
Бензин		1	1	*
Бутан	1		1	*
Мазут	1		1	*
Пропан	1		1	*
Присадка КМТА		1	1	
Скrapлений газ		1	1	

Примітка: знаком (+) позначені речовини, перелік яких наведено в методичі МНС [3]; знаком (\*) – речовини, перелік яких наведено в Правилах безпеки при перевезенні на залізничному транспорті [22].

Для інших хімічних речовин визначення глибин зон ізоляції провадиться згідно з [22] (розраховано для максимальної можливої кількості речовини, що може перевозитися залізницею), при цьому глибина зон ізоляції для переважної більшості речовин має показники у межах сотень метрів.

Уразливі та допустимі концентрації деяких НХР (мг/м<sup>3</sup>) відповідно до [25] наведено у табл. 4.

Визначаючи частоту ураження НХР площадок АЕС, при аваріях на транспорті доцільно використовувати перелік НХР, наведений в [3]. Перелік НХР може бути уточнений в бік зменшення, якщо по результатах запиту в Міністерстві промислової політики (Департамент хімічної промисловості) та Міністерстві природи, що видає дозволи на перевезення НХР в межах України, дозволи на певні речовини взагалі ніколи не видавались.

Таблиця 2. Коефіцієнти зменшення глибини розповсюдження хмари НХР при виливі речовини у піддон

Найменування НХР	Висота обвалування, м		
	1	2	3
Хлор	2,1	2,4	2,5
Аміак	2,0	2,25	2,35
Сірковий ангідрид	2,5	3,0	3,1
Сірководень	1,6	—	—
Соляна кислота	4,6	7,4	10,0
Хлорпікрин	5,3	8,8	11,6
Формальдегід	2,1	2,3	2,5

Таблиця 3. Коефіцієнти зменшення глибин розповсюдження хмари НХР для міської, сільської забудови та лісових масивів

Ступінь вертикальної стійкості повітря	Міська забудова	Лісові масиви	Сільське будівництво
Інверсія	3,5	1,8	3
Ізотермія	3	1,7	2,5
Конвекція	3	1,5	2

Таблиця 4. Уразливі та допустимі концентрації деяких НХР

№ відповідно до [25]	Найменування НХР	Гранично допустимі концентрації, мг/м <sup>3</sup>		
		Максимальна разова	Середньодобова	Клас небезпечності
40	Аміак	0,2	0,04	4
400	Сірководень	0,03	0,005	2
92	Соляна кислота	0,2	0,2	2
44	Сірчаний ангідрид	0,5	0,05	3
478	Формальдегід	0,035	0,003	2
484	Хлор	0,1	0,03	2

У результаті проведених досліджень встановлено, що найбільшу потенціальну загрозу можуть становити аварії на залізничному транспорті, тому що на ньому перевозиться велика загальна кількість цих речовини речовини у значних за розмірами резервуарах. Речовини, глибина розповсюдження яких менша за відстань до АЕС, у подальшому не розглядаються, оскільки не становлять для них загрозу. Для більшого консерватизму доцільно також провести розрахунки для інших НХР, перелік яких наведено у [3], з вилученням з розгляду таких, що не становлять загрози. Для інших НХР глибини зон ізоляції складають сотні метрів, наприклад глибина зони ізоляції для азотної кислоти дорівнює 800 м. Через незначні глибини зон ізоляції НХР, у порівнянні з відстанями до АЕС, у подальшому ці речовини виключаються з розгляду.

Відповідно до [26], автомобільні перевезення НХР, частота яких менша 10 за рік, та залізничні перевезення, частота яких менша 30 за рік, можуть не аналізуватися і далі не розглядатися.

Імовірність аварій з НХР, наведеними у [21], по яких в Україні з 1997 по 2004 рр. аварійних подій не зафіксовано, консервативно можна оцінити з використанням даних про найбільш високу аварійність НХР, наведених у Методиці, на даному виді транспорту.

Процес оцінки площадки АЕС має проходити протягом усього часу роботи об'єкта — від вибору площадки АЕС, її проектування, спорудження, експлуатації до виводу з експлуатації. Доцільно також враховувати той суттєвий фактор, що технології в хімічній та нафтопереробній промисловості, а також щільність проходження транспортних засобів розвиваються дуже швидко [1].

## Література

1. Внешние события техногенного происхождения в оценке площадки для атомных электростанций. Руководство по безопасности. № NS-G-3.1. IAEA. — Вена, 2004. — 61 с.
2. В. Н. Александров. Отравляющие вещества. — М.: Воениздат, 1990. — 197 с.
3. Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті: Затверджено наказом МНС № 73/82/64/122 від 27.03.01 — 30 с.
4. Сильнодействующие ядовитые вещества. — М.: Воениздат, 1989. — 107 с.
5. Программа поиска и обезвреживания остатков химического оружия, затопленного в исключительной (морской) экономической зоне, на 1997—2002 год / Кабинет Министров Украины, № 14/15 от 25 ноября 1996 г.
6. Россия глубоко проигнорировала заявление украинского МИДа о химическом оружии на границе // Интернет-сайт: <http://gu-obkom.net.ua>.
7. Методика оценки радиационной и химической обстановки по данным разведки гражданской обороны. — М.: Воениздат, 1980. — 96 с.
8. Брянские экологи утверждают: Брянщина живет на «химической» бочке... // Интернет-сайт: <http://www.gccnews.ru>.
9. Конвенція про заборону розробки, виробництва, накопичення, застосування хімічної зброї та про її знищення від 13 січня 1993 року (ратифіковано Законом України № 187-XIV (187-14) від 16.10.98). — 141 с.
10. Б. М. Данилишин та ін. Наукові основи прогнозування природно-техногенної (екологічної) безпеки. — К.: Лекс Дім, 2004. — 552 с.
11. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році. — К., 2004. — 436 с.
12. Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР. — М.: Транспорт, 1982. — 113 с.
13. Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (ПБХ-93) / Госнадзорхрантруда Украины. — 1995. — 96 с.
14. Закон України від 6 квітня 2000 р. № 1644-III “Про перевезення небезпечних вантажів” // Відомості Верховної Ради. — 2000. — № 28). — 12 с.
15. Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 26.07.2004 № 822 “Про затвердження Правил дорожнього перевезення небезпечних вантажів”. — 12 с.
16. Постанова КМУ від 18.01.2001 № 30. “Про проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами” та “Зміни і доповнення, що вносяться до Правил дорожнього руху”. — 4 с.
17. Краткий автомобильный справочник. — М.: АО Трансколсалтинг, — 1994. — 397 с.
18. Краткий автомобильный справочник. — Т. 2: Грузовые автомобили. М.: Финпол, 2004. — 411 с.
19. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ). — Т. 1. — Нью-Йорк; Женева, 2002.
20. Постанова КМУ від 12 червня 1996 р. № 640 “Перелік внутрішніх водних шляхів, що належать до категорії судноплавних”.
21. Лист управління прогнозування МНС від 24.03.05 р. № 24-128/01.
22. Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом: Затверджено наказом Міністерства транспорту України від 16.10.2000 р. № 567 та наказом Міністерства юстиції України від 23.11.2000 р. № 857/5078.
23. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии. Климатическое пособие / Под ред. В. Н. Бабиченко; УкрНИГМИ. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 223 с.
24. Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. Вітрове навантаження і вітрові енергетичні ресурси в Україні. — Львів, 1998. — 1 1132 с.
25. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами): Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України 9 липня 1997 р. № 201. — 60 с.
26. Assumptions for Evaluating the Habitability of a Nuclear Power Plant Control Room During a Postulated Hazardous Chemical Release. Document: REG GUIDE 1.78. Publication Date: 6/1/1974.