**УДК 351:86**

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОСАДЖЕННЯ ШТУЧНО ІНІЦІЙОВАНИМИ АТМОСФЕРНИМИ ОПАДАМИ ГАЗОПОДІБНИХ ТА ДИСПЕРСНИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН, ЩО ПОТРАПЛЯЮТЬ В АТМОСФЕРУ УНАСЛІДОК ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ**

*М.В. Кустов, к.т.н., доцент, В.Д. Калугін, д.х.н., професор*

*Національній університет цивільного захисту України*

Проблема ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру є важливою державною функцією, а її актуальність обумовлена як проявами природних катастроф, так й експлуатацією широкого спектру підприємств важкої, хімічної та атомно-енергетичної промисловості. Особливо масштабні викиди відбуваються при виникненні на таких об'єктах масштабних аварій. Це становить значну загрозу для населення, території та навколишнього середовища, які є основними об’єктами системи цивільного захисту. Через великі масштаби зон атмосферних забруднень, які можуть поширюватися на висоти до декількох кілометрів, локалізація та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій представляє значні труднощі та вимагає залучення великої кількості сил та засобів. Існуючі методи та засоби запобігання надзвичайних ситуацій, що призводять до розповсюдження небезпечних речовин в атмосферному повітрі, які засновані на механізмах осадження шкідливих речовин розпиленою водою, здатні впливати на зону ураження на висотах не більше десятка метрів.

Осадження газоподібних небезпечних речовин атмосферними опадами описується залежністю [1, 2]:

. (1)

Швидкість зміни концентрації небезпечних речовин  визначається різницею швидкостей десорбції газу  та абсорбції газу . Різниця цих швидкостей є керуючим впливом на осадження небезпечних газоподібних речовин та визначає процес ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом осадження небезпечних газоподібних речовин.

Різниця швидкостей абсорбції та десорбції залежить від хімічних властивостей небезпечного газу (Кchem), метеорологічних умов протікання процесу осадження (Кmet) та характеристик опадів, які, в свою чергу, визначаються способами штучного ініціювання опадів (Kin). Іншими словами, вплив на осадження небезпечних газоподібних речовин можна представити як функціональну залежність:

, (2)

На характер взаємодії дисперсних часток істотно впливає розмір аерозольних часток. Характеристичним параметром розміру часток є число Кнудсена (Kn). Часткам з розміром rp ≈ 0,1 мкм відповідає Kn>>1. Такі частки характеризуються активним броунівським рухом та практичною відсутністю процесу седиментації. При розмірах крапель більше 1 мкм Kn>0. При таких розмірах зіткнення дисперсних часток з молекулами газів не чинять істотного впливу на рух часток, і вони переміщуються в просторі під дією повітряних потоків.

Процес осадження небезпечних речовин різної дисперсності, що викидаються в атмосферу у наслідок надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, залежно від дисперсності часток описується рівняннями [3, 4]:

 або . (3)

Ці частки можуть потрапляти в атмосферу у наслідок масштабних природних або техногенних пожеж, або при аваріях на об’єктах атомної промисловості з викидом радіоактивного графіту та пилу. Їх концентрація в атмосфері Cp визначається як інтенсивністю викиду цих речовин, так і інтенсивністю їх осадження із атмосфери штучно ініційованими опадами.

З представлених рівнянь видно, що керуючими параметрами, на які впливає процес штучного ініціювання опадів, є розмір крапель дощу (rd) та його інтенсивність (Cd).

Поєднуючи рівняння (1), (2) та (3) в одну систему отримаємо математичну модель:

. (4)

Отримана модель дозволяє визначити швидкість осадження газоподібних та дисперсних небезпечних речовин, що викидаються в атмосферу при надзвичайних ситуаціях природного та техногенного характеру.

Таким чином, математична модель осадження штучно ініційованими атмосферними опадами газоподібних та дисперсних небезпечних хімічних та радіоактивних речовин, що викидаються в атмосферу в наслідок надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, представляє собою систему з чотирьох залежностей. Перша залежність описує процес осадження газоподібних небезпечних речовин, що викидаються у наслідок надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. Друга залежність описує вплив на процес осадження газоподібних небезпечних речовин хімічних властивостей небезпечного газу, метеорологічних умов та обраного управлінського впливу на атмосферні процеси. Третя та четверта залежності описують процес осадження дисперсних небезпечних речовин в широкому діапазоні розмірів, що утворюються при надзвичайних ситуаціях природного та техногенного характеру, в залежності від обраного керуючого впливу на атмосферні процеси.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Кустов М.В. Современные способы искусственного инициирования осадков для ликвидации последствий чрезвычайных ситуацій: Монографія. Харьков. 2016. 130 с.

2. Кустов М.В., Калугин В.Д. Прогнозирование интенсивности осаждения газообразных токсичных химических веществ атмосферными осадками. East European Science Journal. Варшава, 2016. Вип. 2(6). С. 52–59.

3. Greenﬁeld S.M. Rain scavenging of radioactive particulate matter from the atmosphere. Journal of Meteorology. 1957. № 14. рр. 115–123.

4. Fuchs N. A. The Mechanics of Aerosols, Dover Publications, 1989. p. 421.