

Затинайченко Дмитро Олегович

**Прогнозування забруднення атмосфери та р. Дніпро
у випадку аварії на аміакопроводі “Тольятті –Одеси”**

Вступ.

Транспортування рідкого аміаку з Тольятті (місто, де виробляється аміак, Росія), до Одеського морського порту (Україна) проводиться в аміакопроводі, який відомий як аміакопровод " Тольятті - Одеса", (мал.1).

Цей аміакопровод був побудований на території колишнього СРСР у відповідності з проектом США. Ця труба перетинає 14 річок на 2424 км маршруту і тільки один раз вона перетинає річку над поверхнею води- це річка Дніпро, яка є основним джерелом водопостачання України (мал.2).

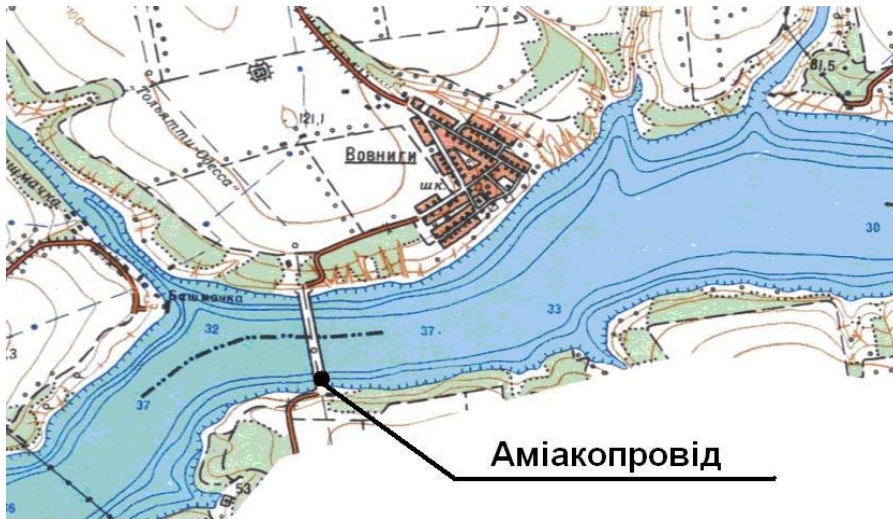


Рис.1 Положення аміакопроводу " Тольятті - Одеса" через річку Дніпро (Україна).



Рис.2 Аміакопровод " Тольятті - Одеса" перетинає річку Дніпро.

Нормативна методика прогнозу наслідків при аваріях на промислових об'єктах і транспорті

В даний час прогноз наслідків аварій, що призводять до викиду небезпечних речовин, здійснюється на базі нормативної (емпіричної) методики. Згідно даній методиці, прогноз виконується для двох випадків:

- оперативний (довгостроковий) прогноз;
- аварійний прогноз.

В першому випадку здійснюється прогнозування наслідків для можливої аварії на тому чи іншому об'єкті, а в другому випадку - для конкретної аварії. Методика служить основою для планування заходів щодо захисту населення від поразення. Основними розрахунковими залежностями даної методики є: формула для розрахунку ширини зони хімічного забруднення:

$$Ш = 0.3\Gamma^n$$

де Γ - глибина зони (визначається за таблицями для конкретного небезпечної речовини, стан атмосфери); n - параметр, що залежить від стану атмосфери, $n = 0,6 \quad 0,95$;

формула для розрахунку площі зони можливого хімічного забруднення:

$$S = 8.72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \varphi$$

де φ - коефіцієнт, що залежить від швидкості вітру (наприклад, $= 360^\circ$, при $V < 1 \text{ м / с}$; $= 45^\circ$, при $V > 2 \text{ м / с}$);

формула для розрахунку фактичної площі зони хімічного забруднення:

$$S_n = K \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}$$

де K - коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості атмосфери, $K < 1$ (приймається за таблицю);
 N - час, для якого розраховується глибина прогнозованої зони хімічного забруднення;

1. Моделювання забруднення атмосфери при аварії на аміакопроводі.

На першому етапі розглядається задача викиду аміаку на ділянці аміакопроводу, яка відкрито перетинає р. Дніпро (рис. 3).

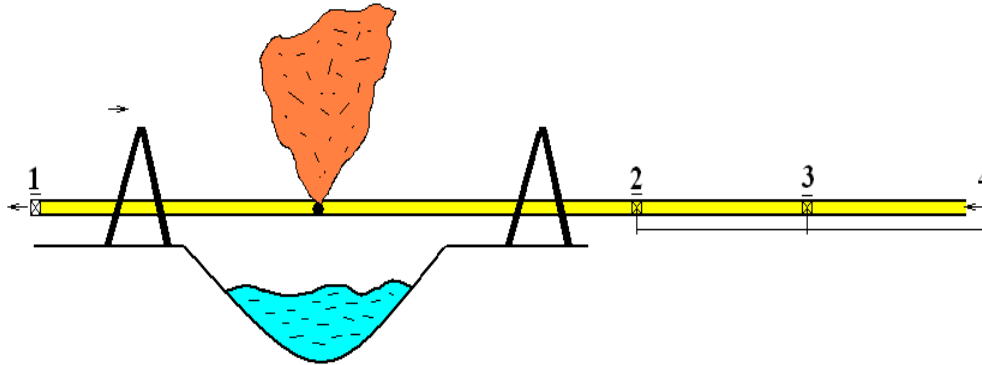


Рис.3 Схема викиду NH₃ р аміакопроводу.

У цьому випадку для імітації процесу розсіювання NH₃ в атмосфері використовується рівняння переносу забруднюючих (Г.І. Марчук)

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} + \sigma C = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \sum Q_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i) \quad (1)$$

де u, v, w - є компоненти швидкості вітру, C - це концентрація NH₃; σ - це параметр, що враховує процес вимивання NH₃;

μ_x, μ_y, μ_z є турбулентні коефіцієнти дифузії; x_i, y_i, z_i є координатами точки джерела викидів NH₃; $Q_i(t)$ - є інтенсивність викидів NH₃; $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i)$ - це дельта-функція Дірака.

Для вирішення завдання про забруднення атмосфери при аварії на аміакопроводі використовується аналітичне рішення рівняння (1). Це рішення має вигляд

$$C(x, y, z, t, x_0, y_0, z_0, t_0, Q_0) = \frac{Q_0 \theta(-t_0)}{\sqrt{\pi \mu (-t_0)}} \exp(-\sigma(-t_0)) \left\{ \exp\left(-\frac{(x-x_0-u(-t_0))^2 + (y-y_0-v(-t_0))^2 + (z-z_0-w(-t_0))^2}{4\mu(-t_0)}\right) + \exp\left(-\frac{(x-x_0-u(-t_0))^2 + (y-y_0-v(-t_0))^2 + (z+z_0+w(-t_0))^2}{4\mu(-t_0)}\right) \right\} \quad (2)$$

де, θ - функція Хевісайда.

Формула (2) була запрограмована і була використана для проведення розрахунків з оцінки рівня забруднення атмосфери при аварійному викиді на аміакопроводі. Застосування формули (2) дозволило виконати розрахунок з урахуванням часу викиду з аміакопроводу тобто моделювалася ситуації відмінна від тієї, яка зазвичай розглядаються у роботах ГІАП. У роботах ГІАП при розгляді аварії на аміакопроводі вважалось, що викид точковий і миттєвий або точковий і постійно діючий. У даній роботі застосовується модель (2), яка дозволяє вважати джерело викиду як «точкове + полунепреривне». Час дії джерела, при моделюванні враховується за допомогою функції Хевісайда.

Розрахунок рівня забруднення атмосфери з помощью моделі (2) виконувався при наступних вихідних даних:

- Швидкість вітру $V = 7 \text{ м/с}$ (за даними МНС у Дніпропетровській обл.) ;
- Коефіцієнти турбулентної дифузії прийняті $\mu = 0,5 \cdot V$ (згідно Г.І. Марчуку)
- Час витoku аміаку – 30 хвилин (за даними МНС у Дніпропетровській обл.)
- $\sigma = 0$ – тобто відсутні опади.

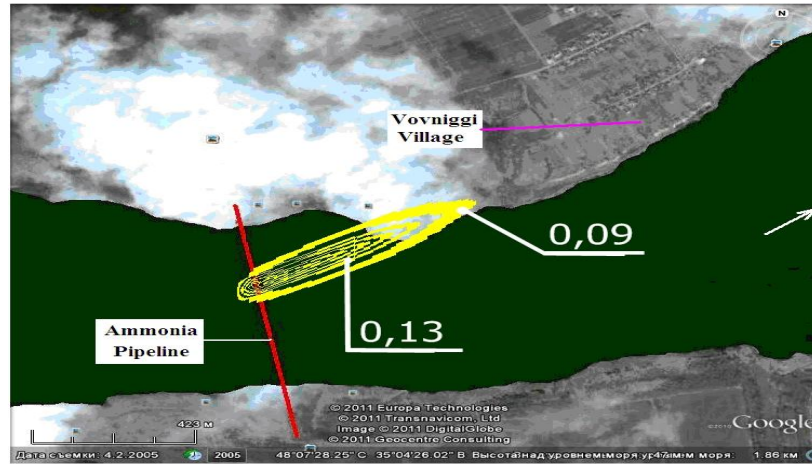


Рис.4 Забруднення повітря після аварії на аміакопроводу ($t = 10$ хв після аварії).

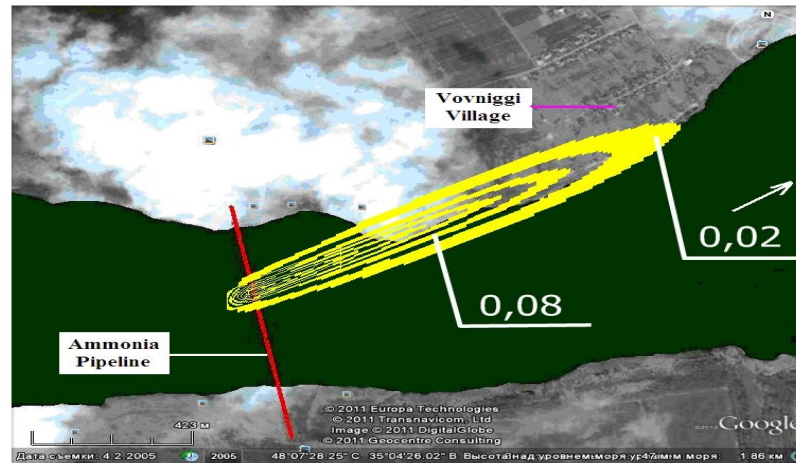


Рис.5 Забруднення повітря після аварії на аміакопроводі ($t = 20$ хв після аварії).

Ми бачимо що приблизно через 20 хв. після аврії почнеться інтенсивне забруднення атмосфери біля с. Вовніги. Таким чином розрахунки показують, що в разі аварії на аміакопроводі станеться небезпечне забруднення атмосфери і створиться загроза ураження людей в с. Вовніги.

В табл.1 наведені прогнозні дані щодо величини концентрації аміаку в повітрі на різній відстані від місця аварії (рівень $z=8\text{м}$, час 8 хв. після аварії)

Таблиця 1. Значення концентрації аміаку.

X, м	200	400	600
C, г/м ³	0,28	0,077	0,035

Так як ПДК для аміаку дорівнює 20 мг/м³, то ми бачимо з табл.1 що на відстані 600 м. (с. Вивніги) від місця аварій, концентрація NH₃ перевищує ПДК. Тобто, виникає загроза токсичного ураження людей в селище.

2. Моделювання забруднення р.Дніпро при аварії на аміакопроводі

Розглядається сценарій, коли аміакопровод впав у річку. У цьому випадку має місце потрапляння аміаку у річку. Забруднення річки відбувається за рахунок виділення NH_3 з труби. Бульбашки аміаку рухаються у воді та досягають поверхні води. Це призводить до формування NH_3 зони забруднення у річці. (рис.6)

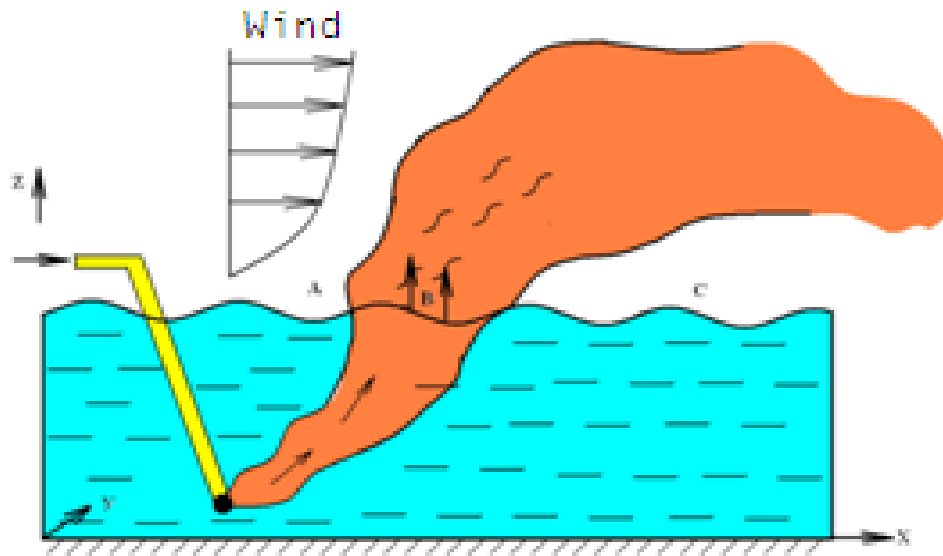


Рис.6 Схема викиду NH_3 з аміакопроводу, який знаходиться в річці.

Для моделювання процесу забруднення річки для розглянутої ситуації використовується рівняння переносу виду (1), але осереднене по глибині річки, тобто розглядається двомірне рівняння. У цьому випадку аналітичне рішення для двомірного рівняння, має вигляд

$$C(x, y, t, x_i, y_i, t_i, Q_i) = \frac{Q_i \theta(-t_i)}{2\sqrt{\pi\mu(-t_i)}} \exp\left\{-\sigma(-t_i)\right\} \cdot \exp\left(-\frac{(-x_i - u(-t_i))^2 + (-y_i - v(-t_i))^2}{4\mu(-t_i)}\right) \quad (3)$$

де u, v - є компоненти швидкості течії у річці; σ - коефіцієнт, що враховує процес хімічної взаємодії забруднювача з водою. Для експрес прогнозу можна вважати $\sigma = 0$.

При практичному застосуванні формули (3) для розрахунку процесу забруднення акваторії річки необхідно задати ряд параметрів: інтенсивність викиду, місце викиду, швидкість водного потоку і коефіцієнт дифузії.

Для розрахунку швидкості потоку на поверхні води емпіричної моделі використовується

$$u_0 \approx 1,11 \cdot \frac{C}{C-1} \cdot V_{cp}$$

де V_{cp} - це середня швидкість потоку води (0.1 м/с – за даними проектного інституту Дніпрогіпродгосп)

Коефіцієнт дифузії в річці розраховується з використанням емпіричної формули

$$\mu = \frac{9,81 \cdot V \cdot H}{2 \cdot C^{1,76}}$$

де V – ширина річки, V - середня швидкість течії, C - коефіцієнт Шезі.

Для розрахунку необхідно також визначити ряд параметрів, що відбивають специфіку задачі:

- *Розмірність* міхур у воді розраховується як

$$d = \sqrt{\frac{6d_0\sigma}{\rho_w - \rho_g g}}$$

де d_0 діаметр аміакопроводу; ρ_w є щільність води, ρ_g щільність газу; σ - коефіцієнт поверхневого натягу.

- *Швидкість* росту міхура NH₃ у воді розраховується за емпіричною моделі

$$\omega_s = \sqrt{g \cdot r_0}$$

де r_0 радіус NH₃ газових бульбашок

- *Інтенсивність викиду* NH₃ з труби в річку розраховується на основі формули гідравліки.

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gH}$$

μ - коефіцієнт витрати

ω - площа отвору

H - напір у трубопроводі.

При розрахунках приймалося, що площа отвору дорівнює площі поперечного перерізу аміакопроводу, тобто стався гільйотиний розрив труби. Напір в аміакопроводі приймався $H = 300\text{м}$ (по даним МНС). Коефіцієнт витрати приймався рівним 0,62 (середнє значення коефіцієнта витрати для круглого отвору згідно довідковим даними з гідравліки).

На базі формули (3) розроблена комп'ютерна програма, за допомогою якої був виконаний прогноз рівня забруднення акваторії р. Дніпро для розглянутої аварійної ситуації. Результати розрахунку представлені на мал. 7 - 8. На цих малюнках зображена зона забруднення акваторії річки для різних моментів часу.

Розроблений код був використаний для моделювання інтенсивності забруднення атмосфери після можливих аварій на аміакопроводу.

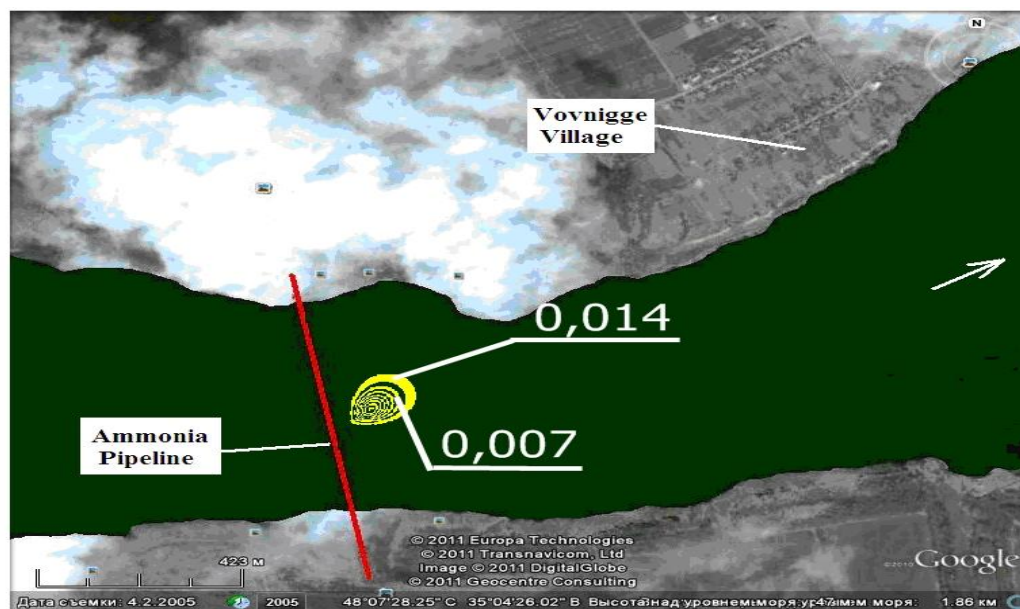


Рис.7 Забруднення води в р. Дніпро після аварії ($t = 20\text{ хв}$).

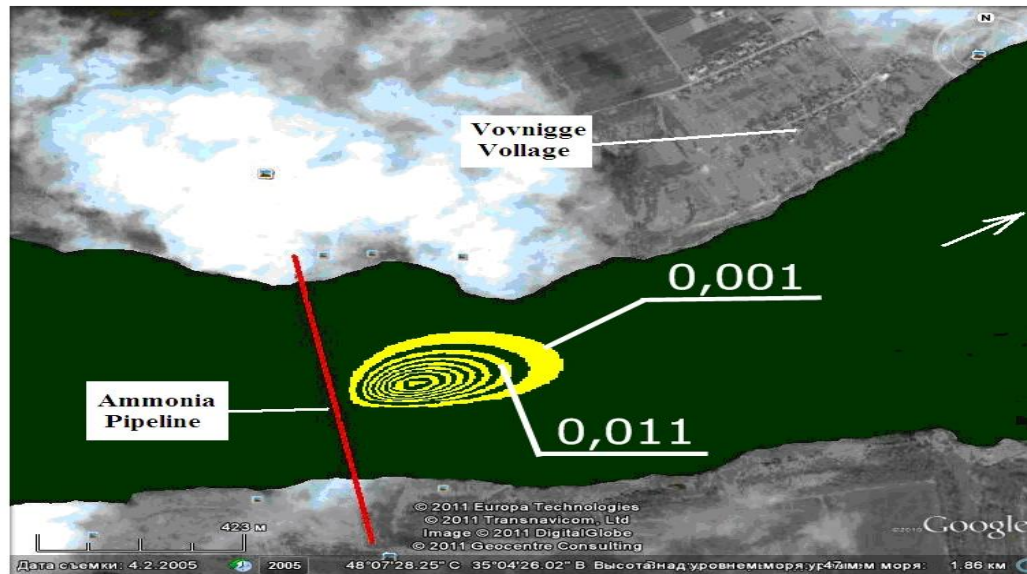


Рис.8 Забруднення води в р. Дніпро після аварії ($t = 30\text{хв}$).

Як показують розрахунки для моменту часу 30хв після аварії довжина зони забруднення в річці складе порядку 300м, ширина - близько 220м.

Висновки.

1. На основі аналітичного рішення тривимірного рівняння переносу домішок, вирішена задача про забруднення атмосфери при аварії на аміакопроводі Тольятті-Одеса. Рішення отримано для аварійної ситуації яка може мати місце на відкритій ділянці аміакопроводу розташований біля с. Вовніги.
2. Розрахунки показали що в разі аварії на відкритій ділянці аміакопроводу шлейф токсичного газу швидко досягне с. Вовніги і створює загрозу токсичного ураження людей в даному селі.
3. На основі аналітичної моделі виконано розрахунок забруднення р. Дніпро при падінні труби аміакопроводу в річку.
4. В у разі можливого, швидкого, токсичного ураження людей в селі Вовніги, необхідно передбачити заходи екстреного захисту населення від ураження (індивідуальні засоби захисту, а так само звукова сигналізація як сигнал про аварію).

Дякую за увагу