

УДК 615.849

А.М. ОГОРОДНИК, канд. техн. наук, старший викладач Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕНЕСЕННЯ ПОЛЮТАНТІВ НА ТЕРИТОРІЇ ПРИЛЕГЛІЙ ДО ХВОСТОХОВИЩ ВИДОБУВНИХ І ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

На основі аналізу існуючих уявлень про прогнозування перенесення полютантів здійснено прогнозування пилового забруднення приземного шару атмосферного повітря на прилеглий території до хвостоховищ переробних підприємств.

Ключові слова: прогнозування, хвостоховище, дефляція, полютант, переробні підприємства, екологічна безпека.

Постановка проблеми, мета та задачі дослідження

Україна відноситься до держав з високим рівнем видобутку та переробки мінерально-сировинних ресурсів, що обумовлює експлуатацію значної кількості ставків-шламохвостоховищ з високим рівнем негативного екологічного впливу на приземний шар атмосфери [5, 6]. Пилове забруднення приземного атмосферного повітря, що формується в місцях складування пилоподібних відходів виробництв (вторинне) має аерозольну структуру, яка включає тверді і рідинні міграційно здатні частки.

Аналіз попередніх досліджень дозволяє констатувати наступне: при достатній вивченості особливостей проявів екологічної небезпеки, наявності науково-обґрунтованого системного підходу до вирішення проблем екологічної безпеки, розвиненої бази даних щодо прогнозування та засобів оптимізації рівня техногенної безпеки, сформованої джерелами викидів полютантів на промислових підприємствах вивчена недостатньо, у т.ч. внаслідок обмеженого використання фізико-математичних моделей шламо-хвостоховищ як складних природно-техногенних геосистем [3, 4, 12, 13].

В статті вирішується актуальне науково-практичне завдання встановлення особливостей формування екологічної небезпеки в індустріально розвиненому регіоні під впливом техногенного забруднення приземного шару атмосферного повітря з метою прогнозування перенесення полютантів при

дії дефляції на території прилеглої до хвостоховищ видобувних та переробних підприємств (на прикладі Миколаївського глиноземного заводу) [8, 9].

Розсіювання домішок в атмосфері відбувається за рахунок спільної дії двох факторів: турбулентної дифузії і вітрового перенесення. Дифузія домішок у повітрі є результатом впливу турбулентних вихрів на хмару викиду.

На сьогоднішній час не запропоновано єдиної фізико-математичної моделі, котра здатна пояснити і врахувати численні аспекти проблеми атмосферної дифузії. В діючий час існують два основних підходи до розв'язку задач про розсіювання речовин у рухомих рідких чи газоподібних середовищах в залежності від тих чи інших факторів, що характеризують середовище і джерело, – це теорія градієнтного перенесення (або напівемпірична теорія дифузії) і статистична теорія дифузії (методика Пасквілла–Брайанта [14]). Напівемпірична теорія заснована на властивостях руху домішки відносно системи координат, яка фіксована у просторі, і припускає пропорційність потоку домішки градієнту її концентрації у повітрі. Статистична (гаусова) теорія розглядає дифузію, як турбулентність у змінних Лагранжа. Між цими підходами існує близький зв'язок, вони описують одне і те саме явище, однак галузі їх застосування не завжди є однаковими. Існує ряд задач атмосферної дифузії, де розгляд можливий лише на підставі однієї з цих теорій. Так, гаусова модель призначена для визначення розсіювання домішок в атмосфері при миттєвих, короткочас-

них (від 20 хвилин до декількох годин) та безперервно діючих їх викидах. Модель градієнтного переносу використовується при розрахунку розсіювання домішок в умовах розвинутого турбулентного обміну та визначення лише разових двадцятихвилинних концентрацій. Це потрібно враховувати при постановці та рішенні задач з оцінки процесів розсіювання викидів в атмосферному повітрі.

Однак загальний вигляд прогнозованої об'ємної концентрації речовин у повітрі на певній відстані x від джерела викиду домішок можна представити у загальному вигляді для обох моделей формулою:

$$C_x = G_x(v, t, \eta) \cdot q, \quad (1)$$

де C_x – об'ємна концентрація забруднюючої речовини в приземному шарі атмосферного повітря на відстані x від джерела викиду ($\text{г}/\text{м}^3$); $G_x(v, t, \eta)$ – фактор метеорологічного розбавлення на відстані x від джерела викиду ($\text{с}/\text{м}^3$), що залежить від параметрів (лінійність, об'ємність та ін.) та виду (високе, низьке, наземне та ін.) джерела викиду – змінна η , від швидкості вітру v , тривалості дифузії t від джерела викиду; q – інтенсивність викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря від джерела викиду ($\text{г}/\text{с}$).

Фактор метеорологічного розбавлення $G_x(v, t, \eta)$ визначається виходячи з поставленої задачі за гаусовою чи градієнтною моделлю перенесення домішок у повітрі. У випадку винесення в атмосферне повітря поллютантів шламосховища припущено, що шламосховище представляє собою об'ємне наземне джерело викиду. Враховано, що для таких джерел максимум приземної концентрації знаходиться безпосередньо в районі розташування джерела, і значення максимуму є тим більше, чим слабшим є вертикальне і горизонтальне розсіювання, тобто чим більшою є стійкість приземного шару атмосфери і меншою є швидкість вітру v .

Приблизний розрахунок концентрацій від наземних джерел виконується на основі аналітичних або числових розв'язків рівнянь турбулентної дифузії. Однак враховуючи особливість і неможливість цих розв'язків при несприятливих метеорологічних умовах (при приземній інверсії температури і ослабленні швидкості вітру до нуля), коли

концентрація домішок у повітрі буде безмежно зростати на всіх відстанях від джерела викиду, то визначення фактору метеорологічного розбавлення $G_x(v, t, \eta)$ виконано за формулою, запропонованою М. Берляндом [1] при тривалості дифузії t ($t \leq \min(T_1, T_2)$, де T_1 – час дії винесення екополлютантів з поверхні шламосховища за рахунок дефляції, T_2 – час збереження метеорологічних умов) та враховуючи методику розрахунку викидів від неорганізованих джерел [7] (враховуючи той факт, що до неорганізованих викидів відносять викиди у вигляді не спрямованих потоків, котрі виникають в тому числі через недостатню роботу засобів пилопригнічення у місцях збереження пиляного продукту, тобто на складах, хвостосховищах підприємств [6]):

$$G_x = \frac{A \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_5}{10^4 \cdot x^3}, \quad (2)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери та визначає умови горизонтального розсіювання атмосферних домішок ($\text{с}^{2/3} \cdot \text{О}$) (прийнято $A=0,16$ за [2] для України); t – тривалість дефляції, с (прийнято $t = 6 \text{ год.} = 21600 \text{ с}$); k_1 – коефіцієнт, який враховує місцеві метеорологічні умови; k_2 – коефіцієнт, який враховує місцеві умови, рівень захищеності хвостосховища від зовнішніх впливів, умови пилопригнічення (прийнято $k_2 = 1,0$ – для умов 4-х бічної просторової відкритості хвостосховища); k_3 – коефіцієнт, який враховує вологість матеріалу шламу (прийнято $k_3 = 1,0$ – для умов сухого шламу, тобто вологість шламу не перевищує 1 %); k_4 – коефіцієнт, який враховує профіль поверхні хвостосховища і визначається як відношення $\frac{F_{\text{факт}}}{F}$ (величина

k_3 знаходиться в межах 1,3 - 1,6 залежно від гранулометричного складу матеріалу і рівня заповнення хвостосховища); k_5 – коефіцієнт, який враховує гранулометричний склад матеріалу (прийнято $k_5 = 1,0$); $F_{\text{факт}}$ – фактична поверхня хвостосховища з врахуванням рельєфу його перерізу (враховується площа, яка пилить), м^2 ; F – поверхня пилення у плані, м^2 .

Обчислення фактору метеорологічного розбавлення G_x за формулою (2) здійснено для відстані $x=5$ км (найближчий населений

пункт від шламосховища червоних шламів Миколаївського глиноземного заводу у напрямку переважного напрямку вітру за розою вітрів – Північ) для об'ємної концентрації пилу в приземному шарі атмосфери.

В результаті задача, яка виникає при обчисленні прогнозованої об'ємної концентрації C_x політантів хвостосховища в приземному шарі атмосферного повітря на відстані x від хвостосховища зведена до визначення інтенсивності q винесення забруднюючих речовин в атмосферне повітря з поверхні хвостосховища, яка є функцією дефляції Q та фактичної площі пилення з хвостосховища:

$$q = f(Q, F_{\text{факт}}). \quad (3)$$

У розрахунках прийнято, що фактична площа пилення (142 га) не перевищує 10 %

Таблиця 1. Рівень дефляції та об'ємна концентрація пилу в приземному шарі атмосферного повітря

					Варіант 1	Варіант 2
№	n	V, м/с	Q, мг/(м·с)	Q', мг/(м·с)	C, мг	C, мг
1	27	1	2,32	0,46	2,81	7,87
2	27	2	3,30	0,66	3,99	1,12
4	27	4	4,68	1,56	9,43	2,64
5	27	5	6,65	1,33	8,03	2,25
6	27	6	9,43	1,88	1,14	3,19
7	27	7	13,39	2,67	1,62	4,53
8	27	8	19,00	3,80	2,30	6,43
9	27	9	26,96	5,39	3,26	9,12
10	27	10	38,27	7,65	4,62	1,29
11	27	11	54,30	10,86	6,56	1,84
12	27	12	77,06	15,41	9,31	2,61

Розрахувавши рівень дефляції та враховуючи залежність її інтенсивності для легкого суглинку хвостосховища від ширини дефлюючого поля [6] підставляємо у (1) вираз (3), з врахуванням встановленої величини повної площинної дефляції Q для шламу в цілому, г/(м²·с) [9, 10, 11]:

$$Q_{\text{ч.ш.}}(v, Q_i) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 k_i \cdot Q_i(v)$$

від загальної площі хвостосховища $F_{\text{факт}} = 14,2$ га.

Рівень дефляції Q розраховано для різних фракцій червоного шламу та відносним вмістом кількості певної фракції (таблиця 1) у шламі визначено як інтегральний показник інтенсивності дефляції червоного шламу $Q_{\text{ч.ш.}}$ (за різними фракціями):

$$Q_{\text{ч.ш.}} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 k_i \cdot Q_i,$$

де $Q_{\text{ч.ш.}}$ – інтенсивність дефляції червоного шламу (за різними фракціями), кг/(м·с); k_i – відносний показник кількості фракції i у шламі ($i = 1 \div 3$): $k_1=0,84$, $k_2=0,14$, $k_3 = 0,02$; Q_i – інтенсивність дефляції фракції i червоного шламу, кг/(м·с).

та вираз (2) отримаємо вираз для визначення і прогнозування об'ємної концентрації політантів хвостосховища червоних шламів у приземному шарі атмосферного повітря на відстані x від хвостосховища:

$$C_x = 0,52 \cdot \frac{A \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_s \cdot e^{0,7 \cdot v} \cdot F_{\text{факт}}}{x^3}$$

Результати прогнозування відображено на рисунку 1.

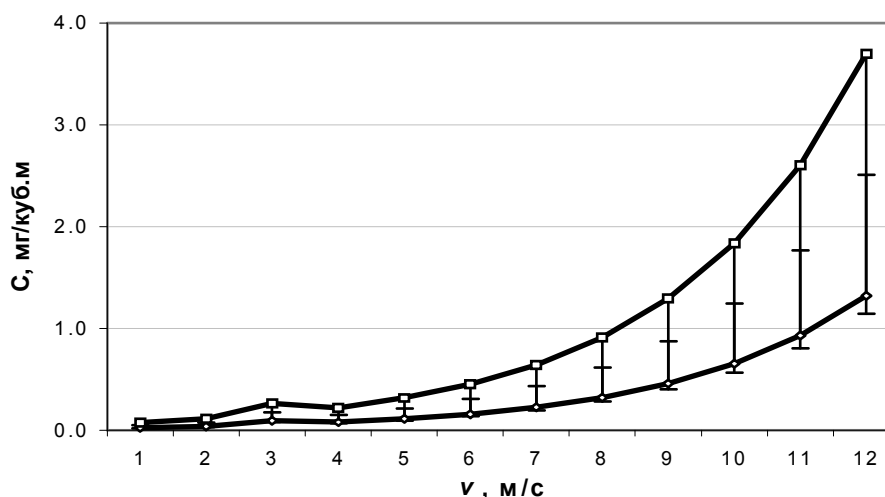


Рисунок 1 – Прогнозування поля об’ємної концентрації пилу C , $\text{мг}/\text{м}^3$ в приземному шарі атмосферного повітря на відстані 5 км від хвостосховища Миколаївського глиноземного заводу

Як видно з рисунку, прогнозування об’ємної концентрації пилу в приземному шарі атмосферного повітря на відстані 5 км від хвостосховища за рахунок дефляційних процесів на шламсховищі показало, що об’ємна концентрація пилу склала $0,08 - 3,7 \text{ мг}/\text{м}^3$, а рівень ГДК пилу у повітрі населених пунктів може досягатися вже при швидкості вітру 6 м/с.

Таким чином, за достатньо консервативними оцінками (при пиловій поверхні всього 10 % від усієї площі поверхні хвостосховища та розташування населеного пункту за 5 км від хвостосховища) простежується формування небезпечної ситуації з боку забруднення пилом та поліюантами хвостосховища приземного шару атмосферного повітря у районі прилеглих населених пунктів, що в свою чергу, є джерелом потрапляння до людей надмірної кількості пилу зі хвостосховища як інгаляційним, так і через харчовий шляхи внаслідок осідання пилу на поверхні сільськогосподарських угідь і подальшого переміщення за трофічним ланцюгом.

Це обґрунтовує проведення робіт з розробки ефективного комплексного методу пилопригнічення поліюантів на поверхні

хвостосховищ видобувних і переробних підприємств. При розробці технології використання комплексного методу пилопригнічення поверхні хвостосховищ можна рекомендувати засоби з дернини і очеретяних матів.

Ці засоби задовольняють усім основним вимогам щодо комплексного методу пилопригнічення:

- висока здатність до зниження рівня дефляції на хвостосховищі при різних метеорологічних умовах (довготривале, багаторазове коливання температури повітря, пориви вітру до 15 м/с, замерзання пульпи хвостосховища, затоплення хвостосховища під час дощів та танення снігу);
- довготривалість щодо пилопригнічення (до 50 років), поточний ремонт системи зберігає не менше 95 % її функцій;
- можливість розкриття окремих ділянок хвостосховищ для реалізації шламів і, в подальшому, з відновленням покриття;
- стійкість до метеорологічних умов та токсичного середовища хвостосховищ;
- відсутність додаткового негативного навантаження на технобіогеоценоз хвостосховищ й біогеоценоз територій навколо хвостосховищ.

Висновки

1. Розраховано рівень дефляції Q для різних фракцій червоного шламу хвостосховищ видобувних і переробних підприємств.

2. Здійснено прогнозування об’ємної концентрації пилу в приземному шарі атмосферного повітря на відстані 5 км від хвос-

тосховища за рахунок дефляційних процесів.

Запропонована технологія щодо методів пилопригнічення хвостосховищ підприємств, які дозволяють вирішити проблему забруднення атмосферного повітря у зоні впливу

діяльності системи «хвостосховище – навколишнє природне середовище». Зниження виділення поллютантів дає можливість не тільки стабілізувати, але і зменшити їх надходження у навколишнє середовище та забезпечити задовільні вимоги до існування біоти.

Перелік посилань

1. Берлянд М.Е. К нормированию выбросов от наземных источников / М.Е. Берлянд, Е.Н. Генихович, Р.И. Оникул // Труды ГГО – Л., 1997. – Вып. 387. – 78 с.
2. Григор'єва Л.І. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: навчальний посібник / Л.І. Григор'єва, Ю.А. Томілін – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2005. – 174 с.
3. Гошовський С.В. Екологічна безпека техногенно-природних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів / Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2002. – 624 с.
4. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л., Хміль Г.А. – К.: «Наукова думка», 2008 – 544 с.
5. Ляшенко В.И. Природоохранные технологии управления состоянием хвостохранилищ / В.И. Ляшенко, Б.В. Карпенко // Научный вестник НГУ. – 2009. - №11. – С. 69-76.
6. Мазур В.А. Екологічні проблеми землеробства / Мазур В.А., Горщар В.І., Конопльов О.В. – К.: Центр наукової літератури, 2010. – 456 с.
7. Методическое пособие по расчету неорганизованных источников в промышленности строительных материалов / ЗАО «НИПИОТСТРОМ». – Новоросийск, 2000. – 32 с.
8. Монаков А.С. Разработка метода прогнозирования пылевых выбросов горнообогатительными комбинатами в окружающую среду : автореф. дис. на получ. наук. степени канд. техн. наук / А.С.Монаков – М., 2004. – 22 с.
9. Огородник А.М. Дослідження інтенсивності дефляції та ефективності методів пилопригнічення масивів-шламосховищ / А.М. Огородник // Екологія і природокористування. – 2012. – Вип. 15. – С. 38–44.
10. Огородник А.М. Забезпечення екологічної безпеки масивів-хвостосховищ (на прикладі Миколаївського глиноземного заводу) / А.М. Огородник // Наукові праці ЧДУ ім. П. Могили. Серія: Техногенна безпека. – 2011. – Т. 169. – Вип. 157. – С. 55-63.
11. Розробка та впровадження системи мінімізації впливів на довкілля небезпечних виробництв та підприємств ядерного циклу України: Звіт по НТП (заключний) / Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України – К., 2010. – 65 с.
12. Рудько Г.І. Екологічна безпека та раціональне природокористування в межах гірничо-промислових і нафтогазових комплексів / Г.І. Рудько, Л.Є. Шкіца. – Івано-Франківськ, 2001. – 528 с.
13. Рудько Г.І. Техногенно-екологічна безпека геологічного середовища: монографія / Г.І. Рудько – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2001. – 359 с.
14. Pasqill F. Atmospheric diffusion / F. Pasqill – Van. Nostr. – Co. LTD L. – 1982.

*Стаття надійшла до редколегії 27.09.2013 р. українською мовою.
Стаття рекомендована членом редколегії канд. техн. наук П.І. Копачем.*

А.Н. ОГОРОДНИК

Черноморський державний університет ім. Петра Могили, г. Николаєв, Україна

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРЕНЕСЕНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ НА ПРИЛЕГАЮЩИЕ
ТЕРИТОРИИ К ХВОСТОХРАНИЛИЩАМ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

На основании анализа существующих представлений о прогнозировании перенесения поллютантов осуществлено прогнозирование пылевого загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха на прилегающей территории к хвостохранилищам перерабатывающих предприятий.

Ключевые слова: прогнозирование, хвостохранилища, дефляция, поллютант, перерабатывающие предприятия, экологическая безопасность.

A.N. OGORODNYK

Petro Mohyla Black Sea State University, Nikolayev, Ukraine

**PREDICTION FOR POSTRONED POLLUTANTS ON THE TERRITORY ADJACENT
TO THE TAILINGS POND OF THE PROCESSING ENTERPRISES**

Prediction for dust pollution of the air surface layer on the territory adjacent to the tailings pond of the processing enterprises based on an analysis of existing ideas about predicting of the pollutants transfer is carried.

Keywords: prediction, tailings, deflation, pollutant, processing enterprises, environmental safety.