

# ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ В ЕНЕРГЕТИЦІ ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN ENERGY

УДК 502.5+614.7:504.3.054

В.І. Вітько,  
Г.Д. Коваленко,  
Г.В. Хабарова

Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Г.Б. Варламов

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## ТРАНСКОРДОННИЙ ВПЛИВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ УКРАЇНИ НА ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ВУГІЛЛЯ

*Визначено особливості процесів розсіювання в атмосфері в транскордонному контексті викидів від вугільних теплових електростанцій потужністю більше 300 МВт та величини масопереносу різнофракційного складу легкої золи та газоподібних сполук для широкого діапазону відстаней від джерела викидів з можливістю оцінки екологічних ризиків на навколишнє середовище і населення України та суміжних країн.*

**Ключові слова:** вугілля, викиди ТЕС, забруднення атмосферного повітря, летюча зола, канцерогенні та неканцерогенні складові, транскордонний вплив, екологічна безпека.

### Вступ

Згідно з вимогами "Протоколу про стратегічну екологічну оцінку" [1], важливим напрямком наукових досліджень є оцінка впливу на навколишнє природне середовище (НПС) викидів теплових електростанцій (ТЕС) України потужністю понад 300 МВт, що використовують вугілля, з визначенням екологічного ризику, у тому числі і в транскордонному контексті.

Спалювання вугілля на найпотужніших ТЕС України, які не оснащені сучасними системами очистки викидів, призводить до забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами та твердими частками як на території України, так і на території суміжних країн. Тому, необхідно також враховувати можливий вплив викидів ТЕС України на НПС суміжних країн.

### Вугільні ТЕС України

На території України розташовано 14 ТЕС потужністю понад 300 МВт, серед яких Вуглегірська, Старобешевська, Курахівська, Слов'янська, Зуївська (Донецька обл.), Придніпровська, Криворізька (Дніпропетровська обл.), Луганська (Луганська обл.), Добротворська (Львівська обл.), Бурштинська (Івано-Франківська обл.), Запорізька (Запорізька обл.), Ладижинська (Вінницька обл.), Трипільська (Київська обл.) і Зміївська (Харківська обл.) і які працюють на антрацитовому штибі, пісному рядовому і газовому вугіллі [2].

Загальна встановлена потужність найбільших 14 ТЕС України становить 27,6 млн. кВт [3]. Сучасний стан екологічної безпеки ТЕС України, що працюють з мінімальним навантаженням через дефіцит палива [4] та його низькоякісний склад [5-7], слід розглядати як критичний. Майже 80 % ТЕС, введених в експлуатацію в 60-70 рр., відпрацювали свій ресурс і мають надто високу питому експлуатаційну витрату палива [8], підвищений рівень екологічного забруднення НПС [9, 10].

Вугільні ТЕС України викидають в атмосферне повітря газоподібні речовини, такі як діоксид сірки  $SO_2$ , сполуки азоту  $NO_x$ , оксид вуглецю  $CO$  та тверді частки, до складу яких входять сполуки ванадію, ртуть, свинець, хром, нікель, арсен, мідь, цинк, а також радіонукліди і бенз(а)пірен. Всі ці компоненти викидів входять до переліку найбільш небезпечних забруднюючих речовин і підлягають регулюванню [11, 12].

### Небезпека викидів та їх нормування

В Україні не регламентовано законодавством, не проводиться нормування різнофракційного складу і не оцінюються концентрації зважених часток  $PM_{10}$  (вміст часток з діаметром 10 мкм і менше),  $PM_{2,5}$  (вміст часток з діаметром 2,5 мкм і менше),  $PM_1$  (вміст часток з діаметром 1 мкм і менше). Відсутність моніторингу фракційного складу твердих часток призводить до неможливості об'єктивно оцінювати ступінь їх негативного впливу на НПС і здоров'я населення.

Разом з цим, Міжнародне агентство з вивчення ракових захворювань (МАВР) [13] класифікувало забруднюючі речовини в атмосферному повітрі в цілому, і конкретно РМ, як канцерогени групи 1 (IARC, 2013). Відповідно до цього, в подальшому при проведенні оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я людини необхідно враховувати рекомендації МАВР, що стосуються зв'язку РМ<sub>2,5</sub> із захворюваністю на рак легенів людини.

Необхідність забезпечення високого рівня захисту НПС та покращення його стану з врахуванням причини трансграничного характеру забруднення в результаті промислової діяльності визначено ст. 1 п.44 Директиви 2010/75/ЄС [14] та підтверджено п. 2 дод. I "Конвенції щодо оцінки впливу на навколишнє середовище в трансграничному контексті" [15].

Необхідно також зазначити, що забезпечення екологічної безпеки НПС і здоров'я населення посилено закріпленням у п.2 Директиви 2008/50/ЄС [16] і у п. 4 Директиви 2004/107/ЄС [17] шляхів впровадження найбільш ефективних заходів щодо визначення і зменшення викидів забруднюючих речовин. Згідно з Директивою 2008/50/ЄС необхідно уникати викидів шкідливих забруднюючих речовин у повітря, а також запобігати або знижувати їх шляхом встановлення відповідних приладів контролю за якістю атмосферного повітря з урахуванням існуючих стандартів, рекомендацій і програм ВООЗ [18].

Таким чином, для України важливим та актуальним завданням є розробка й впровадження заходів, приладів та систем спостереження і моніторингу за НПС з врахуванням не тільки національних екологічних норм, а й вимог екологічних Директив ЄС, спрямованих на покращення стану НПС.

#### **Результати визначення масопереносу викидів ТЕС України**

Частки летючої золи різних розмірів з різною швидкістю розповсюджуються в атмосфері при перенесенні їх від джерела викидів. Розроблена методика [15, 16] дозволяє розраховувати розповсюдження в атмосфері димових газів з вмістом різних за розміром фракцій, знаходити концентрації в атмосферному повітрі будь-якої фракції, розраховувати розповсюдження різних за розмірами часток летючої золи на великі відстані від джерела викидів у т.ч. через кордон з сусідніми країнами, і, у свою чергу, оцінювати масоперенос летючої золи із сусідніх країн в Україну.

Аналогічно за даною математичною моделлю можливо дослідити масоперенос інших видів викидів ТЕС, таких як газоподібних SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, легкої золи та інших складових.

Розрахунки масопереносу реальних викидів ТЕС (статистичні дані 2011 р.) газоподібних SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO та легкої золи фракцій 0-2,5, 0-10 та 0-150 мкм через кордон України (табл. 1) проведено на моделі для кожного з 16 секторів напрямку вітру для кожної потужної вугільної ТЕС країни, для яких існують метеорологічні дані. Отримані дані дозволяють розрахувати розсіювання викидів ТЕС країни для території суміжних держав на кордоні з Україною.

Таблиця 1 – Максимальний секторний трансграничний масоперенос газоподібних SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO та легкої золи через кордон від ТЕС України, т/рік

Назва ТЕС	Напрямок та середня відстань до кордону, км	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	0-2,5	0-10	0-150
Бурштинська	Півн.-Зах., 135 км	1,36E+02	1,44E+03	2,04E+04	2,79E+02	9,89E+02	1,17E+03
Вуглегірська	Сх., 125 км	4,16E+01	6,68E+02	8,55E+03	5,35E+01	1,93E+02	2,45E+02
Добротвірська	Півн.-Сх., 206 км	2,27E+01	2,83E+02	3,45E+03	6,90E+01	2,19E+02	2,43E+02
Запорізька	Сх.-Півд.-Сх., 240 км	3,68E+01	8,37E+02	5,28E+03	5,95E+01	2,09E+02	2,33E+02
Зміївська	Півн.- Сх., 107 км	4,14E+01	4,06E+02	4,29E+03	2,27E+02	8,17E+02	1,01E+03
Зуївська	Півд.-Півд.Сх., 46 км	7,03E+01	1,05E+03	7,67E+03	6,60E+01	2,39E+02	3,09E+02
Криворізька	Зх., 340 км	7,77E+01	1,38E+03	1,30E+04	1,49E+02	4,59E+02	4,95E+02
Курахівська	Сх., 175 км	6,51E+01	7,49E+02	8,21E+03	4,55E+02	1,61E+03	1,86E+03

Продовження таблиці 1

Ладизинська	Півд., 140 км	4,47E+01	5,38E+02	5,72E+03	6,10E+01	2,19E+02	2,61E+02
Луганська	Півн.-Сх., 85 км	5,66E+01	1,29E+03	6,42E+03	3,69E+02	1,36E+03	1,95E+03
Придніпровська	Півн.-Сх., 300 км	4,02E+01	1,11E+03	3,63E+03	8,90E+01	2,53E+02	2,71E+02
Слов'янська	Сх.-Півн.Сх., 175 км	3,96E+01	5,90E+02	4,00E+03	1,12E+02	4,00E+02	4,69E+02
Старобешевська	Сх.-Півд.-Сх., 44 км	5,92E+01	8,92E+02	4,07E+03	4,48E+02	1,64E+03	2,22E+03
Трипільська	Півн., 180 км	4,22E+01	1,02E+03	3,93E+03	1,44E+02	4,96E+02	5,66E+02

За даними розрахунками (табл. 1) максимальний масоперенос в одному сектору через кордон України для наступних фракцій легкої золи:

0-2,5 мкм спостерігається від Курахівської ТЕС в східному сектору (напрямок країни Росії) і складає – 4,55E+02 т/рік;

0-10 мкм та 0-150 мкм спостерігається від Старобешевської ТЕС в східному сектору (напрямок країни Росії) – 1,64E+03 і 2,22E+03 т/рік;

максимальний масоперенос викидів CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> спостерігається від Бурштинської ТЕС в північно-західному секторі (напрямок країни Польща) і складає відповідно 1,36E+02, 1,36E+02, 1,44E+03 та 2,04E+04 т/рік.

Такий розподіл розповсюдження викидів ТЕС України обумовлений двома різними факторами впливу: значенням рози вітрів в даному секторі і залежністю розповсюдження фракції легкої золи від її діаметру [15].

Результати дослідження транскордонного масопереносу від ТЕС України свідчать (табл. 2), що приблизно 50 % газоподібних викидів CO, NO<sub>x</sub> і SO<sub>2</sub> та близько 18 % викидів легкої золи (похибка за рахунок округлення не перевищує 2 %) розповсюджуються і на території суміжних країн.

Таблиця 2 – Сумарний транскордонний масоперенос легкої золи та газоподібних викидів ТЕС України

Назва ТЕС	Транскордонний масоперенос забруднюючих речовин ТЕС України, т/рік			
	легка зола	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
Бурштинська	6,09E+03	8,18E+02	8,64E+03	1,23E+05
Вуглегірська	1,13E+03	1,90E+02	3,04E+03	3,89E+04
Добротвірська	2,28E+03	1,54E+02	1,92E+03	2,35E+04
Запорізька	1,36E+03	2,97E+02	6,76E+03	4,26E+04
Змійвська	4,85E+03	2,01E+02	1,97E+03	2,08E+04
Зуївська	1,51E+03	3,07E+02	4,58E+03	3,35E+04
Криворізька	3,11E+03	5,81E+02	1,03E+04	9,74E+04
Курахівська	6,76E+03	2,11E+02	2,43E+03	2,66E+04
Ладизинська	1,21E+03	2,70E+02	3,25E+03	3,46E+04
Луганська	1,23E+04	4,07E+02	9,26E+03	4,62E+04
Придніпровська	2,17E+03	3,16E+02	8,72E+03	2,86E+04
Слов'янська	2,64E+03	2,25E+02	3,35E+03	2,27E+04
Старобешевська	8,32E+03	2,20E+02	3,31E+03	1,51E+04
Трипільська	2,83E+03	2,69E+02	6,48E+03	2,51E+04
Σ	5,66E+04	4,47E+03	7,40E+04	5,78E+05
%	18,26	49,29	50,34	51,16

Отримані результати розрахунків (табл. 1 та табл.2) за методикою [15, 16] з урахуванням масопереносу різнофракційного складу летючої золи та газоподібних викидів дозволяють оцінити величини їх сумарного транскордонного переносу у напрямку конкретних суміжних з Україною країн (табл. 3) за статистичними даними викидів ТЕС за 2011 р. та реальних даних метеорологічних спостережень.

Таблиця 3 – Сумарний транскордонний масоперенос забруднюючих речовин ТЕС України на суміжні країни, т/рік

Сміжні з Україною країни	Транскордонний масоперенос забруднюючих речовин ТЕС України, т/рік					
	летюча зола			CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
	0-2,5 мкм	0-10 мкм	0-150 мкм			
Росія	9,62E+03	3,38E+04	4,28E+04	2,63E+03	4,71E+04	3,22E+05
Білорусь	1,11E+03	3,10E+03	3,82E+03	5,39E+02	9,43E+03	6,88E+04
Польща	1,08E+03	3,19E+03	4,67E+03	4,49E+02	4,90E+03	6,69E+04
Румунія	5,85E+02	1,84E+03	2,29E+03	2,70E+02	2,92E+03	4,02E+04
Молдова	9,48E+02	2,87E+03	3,29E+03	5,29E+02	9,65E+03	7,15E+04
Угорщина	9,22E+01	2,85E+02	3,47E+02	5,02E+01	5,56E+02	7,24E+03
Словаччина	5,43E+01	1,59E+02	2,13E+02	2,37E+01	2,57E+02	3,56E+03

Максимальна величина транскордонного масопереносу газоподібних сполук та різнофракційного складу леткої золи ТЕС України за отриманими розрахунками спостерігається у напрямку країни Росії, а мінімальна визначена для території Словаччини.

Максимальна величина екологічного ризику за відомою методикою [18] за річний період на кордоні, що обумовлена різнофракційним складом леткої золи ТЕС України, визначена для Росії і складає 6,46E-08. Екологічні ризики на кордоні України, які обумовлені транскордонним переносом газоподібних сполук та леткої золи ТЕС України зневажливо малі і не перевищують величини необмеженого прийняттого рівня 1E-06 за рік [18].

На підставі отриманих даних (табл. 1, 2, 3) з урахуванням вказаних вище умов за відомою методикою [18] проведено оцінювання величин екологічного ризику на період одного року, обумовленого викидами газів SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO та різнофракційного складу леткої золи ТЕС в атмосферному повітрі (табл. 4).

Таблиця 4 – Екологічні ризики на кордоні, які обумовлені викидами летючої золи та газів ТЕС

ТЕС	летюча зола			CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Σ
	0-2,5	0-10	0-150				
Добротвірська	2,50E-10	2,76E-09	1,16E-08	2,56E-12	2,40E-09	2,34E-08	4,04E-08
Бурштинська	1,08E-11	1,05E-10	3,30E-10	2,10E-13	1,66E-10	1,89E-09	2,50E-09
Придніпровська	3,06E-11	2,94E-10	9,21E-10	2,00E-16	4,16E-13	1,09E-12	1,25E-09
Луганська	8,90E-10	9,77E-09	4,09E-08	1,07E-13	1,83E-10	7,30E-10	5,24E-08
Старобешевська	1,10E-09	1,20E-08	4,93E-08	9,93E-14	1,12E-10	4,10E-10	6,30E-08
Зміївська	2,69E-10	2,91E-09	1,13E-08	2,14E-12	1,57E-09	1,33E-08	2,94E-08
Трипільська	9,00E-11	9,29E-10	3,10E-09	4,40E-16	7,97E-13	2,46E-12	4,13E-09
Слов'янська	6,87E-11	7,23E-10	2,53E-09	4,97E-15	5,56E-12	3,01E-11	3,36E-09
Запорізька	2,11E-11	2,16E-10	7,11E-10	4,87E-13	8,30E-10	4,20E-09	5,99E-09

Продовження таблиці 4

<b>Зуївська</b>	9,57E-11	1,05E-09	4,47E-09	4,40E-12	4,93E-09	2,89E-08	3,94E-08
<b>Криворізька</b>	3,77E-11	3,69E-10	1,15E-09	1,53E-16	2,04E-13	1,54E-12	1,56E-09
<b>Курахівська</b>	3,77E-10	4,04E-09	1,50E-08	2,20E-14	1,89E-11	1,66E-10	1,96E-08
<b>Ладизинська</b>	6,17E-11	6,69E-10	2,59E-09	2,44E-14	2,20E-11	1,87E-10	3,53E-09
<b>Вуглегірська</b>	3,97E-11	4,23E-10	1,54E-09	4,13E-15	5,00E-12	5,11E-11	2,06E-09

З даних табл.4 видно, що максимальні величини екологічного ризику, обумовленого леткою золою (табл. 4) становлять: від Старобешевської ТЕС на кордоні України по фракціях: для 0-2,5 мкм – 1,10E-09; для 0-10 мкм – 1,20E-08; для 0-150 мкм – 4,93E-08, а від газоподібних викидів - від Зуївської ТЕС: для CO – 4,40E-12; для NO<sub>x</sub> – 4,93E-09; для SO<sub>2</sub>, – 2,89E-08.

З використанням існуючих даних по викидах в таблиці 5, відповідно до [16, 17], проведено визначення величини екологічного ризику за річний період, обумовленого викидами забруднюючих речовин ТЕС на кордоні суміжних з Україною країн.

Таблиця 5 – Сумарний екологічний ризик, обумовлений викидами леткої золи та газів ТЕС, на кордоні України

<b>Суміжні з Україною країни</b>	<b>Назва ТЕС</b>	<b>Максимальні величини</b>
<b>Росія</b>	Старобешевська	6,46E-08
<b>Білорусь</b>	Трипільська	4,11E-09
<b>Польща</b>	Бурштинська	1,07E-08
<b>Румунія</b>	Бурштинська	1,96E-08
<b>Молдова</b>	Ладизинська	1,97E-09
<b>Угорщина</b>	Бурштинська	1,01E-08
<b>Словаччина</b>	Бурштинська	7,23E-09

Максимальна сумарна величина екологічного ризику за рік на кордоні, що обумовлений переносом різнофракційного складу леткої золи ТЕС України визначена у напрямку Росії і складає 6,46E-08.

Загальні екологічні ризики, які обумовлені транскордонним переносом газоподібних сполук та леткої золи ТЕС на кордоні України, не перевищують величини 1E-06 за рік.

### **Висновки**

В роботі визначено особливості процесів розсіювання викидів газоподібних речовин та леткої золи різнофракційного складу ТЕС України потужністю більше 300 МВт, що використовують вугілля.

З урахуванням даних метеорологічних спостережень вперше розглянуто в транскордонному контексті і досліджено транскордонний масоперенос як газових викидів, так і різних фракцій леткої золи через кордон країни з урахуванням швидкості їх осадження.

Визначено величини забруднення атмосферного повітря на великих від нього відстанях, а також обрховано кількісні оцінки транскордонного переносу викидів ТЕС України на суміжні країни (Росію, Польщу, Угорщину, Словаччину, Білорусь, Румунію і Молдову).

Комплексний порівняльний аналіз розрахункових даних транскордонного переносу газоподібних речовин та леткої золи показав, що близько 50% газоподібних викидів SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> і CO та 18% леткої золи різних фракцій ТЕС України переноситься за кордон на території суміжних країн.

Розраховані за існуючою методикою екологічні ризики на кордонах суміжних з Україною країн, що обумовлені транскордонним переносом газоподібних сполук та леткої золи, не перевищують величини прийнятного (допустимого) ризику 1,0E-6 за рік.

Доцільно проводити подальші дослідження, пов'язані з екологічною небезпекою ТЕС та моніторингом складу викидів леткої золи, а також визначення транскордонного переносу викидів ТЕС суміжних країн на території України.

**Список використаної літератури**

1. "Протокол про стратегічну екологічну оцінку" ратифікований Законом України № 562-VIII від 01.07.2015 р.
2. Экологические паспорта регионов [Електроний ресурс]. Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1>.
3. Постановление Кабинета Министров Украины от 05.12.2007 г. № 1376 «Об утверждении Государственной целевой экологической программы проведения мониторинга окружающей природной среды».
4. Щинников П.А. Улавливание твердых веществ из дымовых газов ТЭС / [Текст] // Конспект лекций. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.studfiles.ru/preview/1193529>.
5. Kapustyanskyi A., Varlamov G. Analysis of the fuel and energy complex of Ukraine/ Scientific Journal of the Ternopil National Technical University, 2016, № 3 (83) p.144-153.
6. Варламов Г.Б., Капустянський А.О. Вплив характеристик непроектного твердого палива на показники надійності та економічності роботи котельного устаткування / Енергетика: економіка, технології, екологія. 2018, №1. - С.90-98.
7. Капустянський А.О., Варламов Г.Б. Сучасні виклики паливно-енергетичного комплексу та задачі щодо їх подолання / XVI Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», КПІ ім.Ігоря Сікорського, 24.04.2018 р. с.182.
8. Капустянський А.О., Варламов Г.Б. Аналіз діяльності паливно-енергетичного комплексу України // Науковий журнал Вісник ТНТУ України – 2016 – № 3(83) – С. 144–153.
9. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В. А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник/Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 232 с.
10. Варламов Г.Б. Теплоенергетика та екологія. Варламов Г.Б., Любчик Г. Н., Маляренко В.А. –Харків: САГА, 2008. – 234 с.
11. [Electronic resource] // Mode of access: WWW.URL: <http://www.centrenergoc.com/divisions/vug>.
12. Защита от ионизирующих излучений [Текст] / Н.Г. Гусев, Е.Е. Ковалев, В.П. Машкович, А.П. Суворов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. Т. 2 – 352 с.
13. IARC, 2013. [Electronic resource] // Mode of access: WWW.URL: <https://www.iarc.fr>.
14. Директива 2010/75/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 24 листопада 2010 р.
15. "Конвенція щодо оцінки впливу на навколишнє середовище в трансграничному контексті. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: "[http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995\\_223](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_223)."
16. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Про якість атмосферного повітря та заходи його очищення" від 21.05.2008 р.
17. Директива 2004/107/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Щодо миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів у атмосферному повітрі" від 15.12.2004 р.
18. Витько В.И., Коваленко Г.Д. Рассеяние летучей золы при выбросах ТЭС, работающих на угле [Текст] / В.И. Витько, Г.Д. Коваленко // Екологічна безпека: Проблеми і шляхи вирішення. XII Міжнародна науково-практична конференція, Харків, 5–9 вересня 2016 р. Зб. наук. ст. – С. 67–75.
19. Витько В.И., Коваленко Г.Д. Потоки примесей при выбросах летучей золы ТЭС [Текст] / В.И. Витько, Г.Д. Коваленко // Екологічна безпека: Проблеми і шляхи вирішення. XII Міжнародна науково-практична конференція, Харків, 11–15 вересня 2017 р. Зб. наук. ст. – С. 84–93.
20. Хабарова Г.В. Екологічний ризик забруднення атмосферного повітря викидами теплових електростанцій при використанні кам'яного вугілля: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Г.В. Хабарова; [Український науково-дослідний інститут екологічних проблем]. – Х., 2016. – 24 с.
21. Коваленко Г.Д. Оценивание экологического риска выбросов летучей золы и ее составляющих Змиевской ТЭС с учетом фракционного состава / Г.Д. Коваленко, В.И. Витько, А.В. Хабарова, В.В. Карташев и др. // Ядерна енергетика та доквілля – №1(9). – К.: 2017. – С. 44–48.
22. Ваганов П. А., Ман-Сунг Им. Экологические риски: учеб. пособие. Изд-е 2-е. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. – 152 с.

V. Vitko,  
G. Kovalenko,  
H. Khabarova  
Research Institution "Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems"  
G. Varlamov  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

## TRANSBOUNDARY IMPACT OF THE QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR OF UKRAINE'S THERMAL POWER PLANTS DURING COAL COMBUSTION

*Features of processes of dispersion of gaseous substances and fly ash based on fractional composition emissions of the TPP of Ukraine of capacity more than 300 MW using coal are determined, in transboundary context. It is appreciated of size of mass transfer of based on fractional composition fly ash and gaseous connections of the TPP of Ukraine for wide range of distances that allows to investigate both influence of the TPP of Ukraine to environment and population, and transboundary influence to neighboring states.*

*Ecological risk on Ukraine boundary caused mass transfer of pollutants of gaseous connections and fly ash based on fractional composition of the TPP of Ukraine is determined.*

**Key words:** coal, TES emissions, atmospheric air pollution, fly ash, carcinogenic and non-carcinogenic components, transboundary impact, ecological safety.

### References

1. "Protokol pro strategichnu ekologichnu ocinku" ratifikovaniy Zakonom Ukrayini № 562-VIII vid 01.07.2015 r.
2. Ekologicheskie pasporta regionov [Elektronij resurs]. Rezhim dostupu: <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1>.
3. Postanovlenie Kabineta Ministrov Ukrainy ot 05.12.2007 g. № 1376 «Ob utverzhdenii Gosudarstvennoj celevoj ekologicheskoy programmy provedeniya monitoringa okruzhayushej prirodnoj sredy».
4. Shinnikov P.A. Ulavlivanie tverdyh veshstv iz dymovyh gazov TES / [Tekst] // Konspekt lekcij. [Elektronij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.studfiles.ru/preview/1193529>.
5. Kapustyanskiy A., Varlamov G. Analysis of the fuel and energy complex of Ukraine/ Scientific Journal of the Ternopil National Technical University, 2016, № 3 (83) r.144-153.
6. Varlamov G.B., Kapustyanskiy A.O. Vpliv karakteristik neproektnogo tverdogo paliva na pokazniki nadiynosti ta ekonomichnosti roboti kotelnogo ustatkuvannya / Energetika: ekonomika, tehnologiyi, ekologiya. 2018, №1. - S.90-98.
7. Kapustyanskiy A.O., Varlamov G.B. Suchasni vikliki palivno-energetichnogo kompleksu ta zadachi shodo yih podolannya / HVI Mizhnarodna naukovopraktichna konferenciya aspirantiv, magistrantiv, studentiv «Suchasni problemi naukovo zabezpechennya energetiki», KPI im.Igorya Sikorskogo, 24.04.2018 r. s.182.  
Kapustyanskiy A.O., Varlamov G.B. Analiz diyalnosti palivno-energetichnogo kompleksu Ukrayini // Naukovij zhurnal Visnik TNTU Ukrayini – 2016 – № 3(83) – S. 144–153.
9. Varlamov G.B., Lyubchik G.M., Malyarenko V. A. Teploenergetichni ustanovki ta ekologichni aspekti virobництва energiyi: Pidruchnik / Varlamov G. B., Lyubchik G. M., Malyarenko V. A. – K.: IVC "Vidavnicтво «Politehnika»", 2003. – 232 s.
10. Varlamov G.B. Teploenergetika ta ekologiya. Varlamov G.B., Lyubchik G. N., Malyarenko V.A. –Harkiv: SAGA, 2008. – 234 s.
11. [Electronic resource] // Mode of access: WWW.URL: <http://www.centrengo.com/divisions/vug>.
12. Zashita ot ioniziruyushih izluchenij [Tekst] / N.G. Gusev, E.E. Kovalev, V.P. Mashkovich, A.P. Suvorov. – M. : Energoatomizdat, 1990. T. 2 – 352 s.
9. IARC, 2013. [Electronic resource] // Mode of access: WWW.URL: <https://www.iarc.fr>.
10. Direktiva 2010/75/Yes Yevropejskogo Parlamentu ta Radi vid 24 listopada 2010 r.
11. "Konvenciya shodo ocinki vplivu na navkolishnye seredovishe v transgranichnomu konteksti. [Elektronij resurs]. – Rezhim dostupu: "[http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995\\_223](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_223)".
12. Direktiva 2008/50/Yes Yevropejskogo Parlamentu i Radi "Pro yakist atmosferного povitrya ta zahodi jogo ochishennya" vid 21.05.2008 r.
13. Direktiva 2004/107/Yes Yevropejskogo Parlamentu i Radi "Shodo mish'yaku, kadmiyu, rtuti, nikelyu

ta policiklichnih aromaticnih vuglevodniv u atmosfernomu povitri" vid 15.12.2004 r.

14. Vitko V.I., Kovalenko G.D. Rasseyanie letuchej zoly pri vybrosah TES, rabotayushih na ugle [Tekst] / V.I. Vitko, G.D. Kovalenko // Ekologichna bezpeka: Problemi i shlyahi virishennya. III Mizhnarodna naukovopraktichna konferenciya, Harkiv, 5–9 veresnya 2016 r. Zb. nauk. st. – S. 67–75.

15. Vitko V.I., Kovalenko G.D. Potoki primesej pri vybrosah letuchej zoly TES [Tekst] / V.I. Vitko, G.D. Kovalenko // Ekologichna bezpeka: Problemi i shlyahi virishennya. III Mizhnarodna naukovopraktichna konferenciya, Harkiv, 11–15 veresnya 2017 r. Zb. nauk. st. – S. 84–93.

16. Habarova G.V. Ekologichnij rizik zabrudnennya atmosferного povitrya vikidami teplovih elektrostancij pri vikoristanni kam'yanogo vugillya: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 21.06.01 / G.V. Habarova; [Ukrayinskij naukovodoslidnij institut ekologichnih problem]. – H., 2016. – 24 s.

17. Kovalenko G.D. Ocenivanie ekologicheskogo riska vybrosov letuchej zoly i ee sostavlyayushih Zmievskej TES s uchetom frakcionnogo sostava / G.D. Kovalenko, V.I. Vitko, A.V. Habarova, V.V. Kartashev i dr. // Yaderna energetika ta dovkillya – №1(9). – K.: 2017. – S. 44–48.

18. Vaganov P. A., Man-Sung Im. Ekologicheskie riski: ucheb. posobie. Izd-e 2-e. SPb.: Izd-vo SPbGU, 2001. – 152 s.

Надійшла 07.11.2018

Received 07.11.2018