

О. М. Хоменко, О. О. Мислюк, О. В. Єгорова
Черкаський державний технологічний університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Роботу присвячено дослідженню впливу вугільних теплових електростанцій на стан довкілля. Проведено короткий аналіз наукових праць, присвячених дослідженню впливу теплових електростанцій на довкілля. Аналіз публікацій свідчить, що негативний вплив ТЕЦ на стан довкілля є досить складним, оскільки включає як забруднення атмосферного повітря газовими й аерозольними викидами, так і викиди теплової енергії в навколишнє середовище та забруднення ґрунту. Проаналізовано обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Черкаської області підприємствами постачання електроенергії та динаміку комплексного індексу забруднення атмосфери, який показав, що за останні роки спостерігається тенденція стрімкого росту цього показника. За допомогою моделі картографічного зонування території міста за показником сумарного екологічного навантаження, який є індикатором аеротехногенного забруднення ландшафтів, виконане з використанням програмного пакету SURFER, визначено, що місто зазнає значного аерогенного навантаження, розповсюдження аеротехногенного забруднення від південної промислової агломерації сягає значної відстані і за радіусом дії охоплює всю територію міста. Дослідження оцінки ризику здоров'ю населення за середньорічними показниками за хронічного впливу забруднення атмосфери, показало, що величина популяційного ризику в 12,4 рази перевищує граничне значення. Загальний неканцерогенний ризик становить 7,75 (існує ризик розвитку несприятливих ефектів у більшій частини населення). Найбільший вплив зазнають органи дихання ($HQ=7,42$) та імунна система ($HQ=2,67$).

Ключові слова: атмосферне повітря, енергетична галузь, теплові електростанції, забруднюючі речовини, індекс забруднення атмосфери, аеротехногенне забруднення.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Енергетична галузь є однією з основних джерел забруднення повітряного басейну викидами, що надходять до атмосферного повітря від роботи паливовикористовуючого обладнання. Основними наслідками екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля в першу чергу є забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами, зокрема діоксидом сульфуру, оксидами нітрогену, твердими частками і важкими металами. Викиди парникових газів, що включають вуглекислий газ, метан та оксид нітрогену, сприяють глобальним змінам клімату.

Однією із фундаментальних ланок забезпечення України електроенергією є теплові електростанції (ТЕЦ), що виробляють близько 60 – 70 % електричної енергії. Проте діяльність ТЕЦ негативно впливає на всі компоненти довкілля, зокрема атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунти. Негативний вплив ТЕЦ на стан довкілля є досить складним, оскільки включає як забруднення атмосферного повітря газовими й аерозольними викидами, так і викиди теплової енергії в навколишнє середовище та забруднення ґрунтових вод. ТЕЦ викидають у атмосферу близько 30% загального обсягу всіх забруднюючих речовин від промислових підприємств різних галузей народного господарства, що в свою чергу порушують рівновагу природного середовища як в локальному та регіональному, так і глобальному масштабах. В зв'язку з цим проблеми досліджень впливу ТЕЦ як на стан навколишнього природного середовища так і стан захворюваності населення, є досить актуальними.

Аналіз досліджень і публікацій. В роботах [1, 2] вказано, що більша частка електроенергії (понад 70%) виробляється на теплових електростанціях саме за рахунок спалювання викопного органічного палива, причому в останні роки як в Україні, так і в усьому світі, прослідковується стійка тенденція до збільшення використання в теплоенергетиці частки вугілля з низькою його якістю. Авторами робіт [3, 4] доведено, що використання такого вугілля для потреб енергетики при умові низької ефективності роботи електрофільтрів на ТЕЦ, призводить до значних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. В роботі [5] авторами розроблено модель впливу теплової електростанції на якість повітря в регіональному масштабі, де серед основних забруднювачів виділено NO_x . В роботі [6] досліджено вплив вугільних ТЕЦ на регіон енергетичної столиці Індії – Сінграул. За допомогою супутникових даних вченими було проаналізовано варіації забруднювачів атмосфери, побудовано мультиплікативну модель та з

використанням лінійної регресії спрогнозовано максимальні концентрації діоксидів карбону, нітрогену, сульфуру та метану на період до 2025 року [6]. Також проведено дослідження геоаккумуляційного індексу наявності різних забруднювачів у ґрунті даного регіону, за результатами яких показано, що ґрунт поблизу ТЕЦ є значно забрудненим важкими металами та становить загрозу для населення, що проживає в регіоні, що корелює з проведеними раніше нами результатами експериментальних досліджень [7]. Автори [8], досліджуючи первинні та вторинні газоподібні аерозольні забруднюючі речовини, що утворюються в результаті діяльності ТЕЦ, встановили, що вугільні теплові електростанції є джерелом викиду значної кількості сірчистих сполук, які за рахунок хімічної взаємодії з іншими домішками повітря, здатні змінювати окислювальну здатність атмосфери, її хімічний склад і властивості, що призводить до прискореного утворення туману та інші наслідків забруднення повітря. Дослідниками проведено дисперсійне моделювання та представлено прямий зв'язок впливу викидів SO₂ на здоров'я людини та на стан довкілля.

Проблеми екологічних аспектів функціонування Черкаської ТЕЦ розглянуто нами в роботі [9], в якій проведено аналіз ефективності роботи пилоочисного обладнання ТЕЦ – одного з основних джерел аеротехногенного забруднення міста важкими металами та доведено його низьку ступінь очистки газів. В подальшому нами в роботі [10] вперше з використанням програмного пакету SURFER проведено картографічне зонування території міста Черкаси за кислотністю ґрунтів, що дозволило виявити локальні зони забруднення на території міста в прив'язці до техногенних об'єктів, зокрема Черкаської ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно». Тому проблема подальших досліджень впливу Черкаської ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно», як однієї із найбільших виробників електроенергії м. Черкаси, на стан довкілля, та виявлення кореляції викидів ТЕЦ із структурою захворюваності населення міста, є актуальною.

Постановка завдання. Збільшення частки вугільних теплоелектростанцій у системі енергозабезпечення України з одночасним погіршенням якості викопного органічного палива, яке використовується в енергетичній галузі, використання застарілого, неефективного обладнання і технологій, збільшує кількість поллютантів, що надходять в усі геосфери, та дестабілізує стан навколишнього середовища. Тому завданням роботи є проведення аналізу впливу діяльності Черкаської ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно» на стан довкілля, створення моделі картографічного зонування території міста за показником сумарного екологічного навантаження з використанням програмного пакету SURFER та оцінка ризику здоров'ю населення за середньорічними показниками за хронічного впливу забруднення атмосфери.

Виклад основного матеріалу. Місто Черкаси з розвинутою хімічною та машинобудівною промисловістю посідає значне місце серед інших міст України, для яких проблема забруднення довкілля є досить актуальною. До основних факторів, що впливають на формування несприятливої екологічної ситуації в місті, можна віднести високу освоєність території, розвиток галузей народного господарства, що спричиняють значний антропогенний тиск на довкілля, інтенсивний процес урбанізації та несприятливі природні умови регіону щодо розсіювання домішок [9].

У попередніх роботах [7, 10-12] нами обґрунтовано, що в комплексі антропогенних чинників, які сприяють надходженню важких металів до урболандшафтів м. Черкаси, важливе місце за ступенем впливу на довкілля, посідає техногенне забруднення атмосфери викидами ТЕЦ (75% загальної кількості важких металів, що надходять від стаціонарних джерел, а за викидами Pb, Cu, та Zn частка ТЕЦ складає 85%).

Черкаська ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно» та Канівська ГЕС відносяться до основних постачальників електричної енергії в Черкаській області, якими вироблено в 2021 році 796,3 млн кВт·год та 573,2 млн кВт·год відповідно. Найбільш потужними забруднювачами атмосферного повітря серед електроенергетичних об'єктів є теплові електростанції на органічному паливі, до яких відноситься Черкаська ТЕЦ.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря Черкаської області за видами економічної діяльності наведено в табл. 1.

Отже, згідно даних табл.1 обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Черкаської області підприємствами постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря у 2021 році склали 17,7 тис. т, що становить 37,2 % від загального обсягу викидів від стаціонарних джерел області. З них валовий викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря

від Черкаська ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно» у 2021 році становив 16,386 тис. т, що складає 92,5 % від загального обсягу викидів підприємств енергетичної галузі області [13].

Таблиця 1

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря Черкаської області за видами економічної діяльності (2021 р.)

Види економічної діяльності	Обсяги викидів по регіону	
	тис. т	у % до підсумку
Усі види економічної діяльності, у тому числі:	47,6	100
сільське, лісове та рибне господарство	10,3	21,6
добувна промисловість і розроблення кар'єрів	0,4	0,8
переробна промисловість	13,6	28,6
постачання електроенергії, газу, пари та кондиціонування повітря	17,7	37,2
будівництво	0,04	0,1
оптова та роздрібна торгівля, ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	0,3	0,6
транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	1,2	2,5
державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування	0,1	0,2
інші	3,96	8,4

Черкаська ТЕЦ розташована у південно-східній частині міста у промисловій зоні, на території 68 га колишнього заводу хімічних волокон. На ТЕЦ встановлено 14 котельних агрегатів (9 силових та 5 водогрійних), що об'єднані в технологічні блоки. Причому 9 котлоагрегатів розподілені на двох чергах, а саме 4 котли - на першій черзі та 5 - на другій, кожна з яких має окремо свою димову трубу заввишки по 180 м. Перша черга ТЕЦ була призначена для покриття теплових і електричних навантажень підприємства «Черкаське хімволокно» й була запрограмована і побудована по традиційній схемі з використанням традиційного обладнання: 4 енергетичні газові котли і турбіни – конденсаційна (з промисловим і теплофікаційним відборами) і турбіна з протитиском. На початку 21 сторіччя котли переобладнані таким чином, що за необхідністю можуть працювати на природному газі, вугіллі й на мазуті. Друга черга будувалась для реалізації задач не тільки тепло- і енергозабезпечення міста, але й для збагачення легкої золи сполуками германію для наступного промислового вилучення їх із золи і переробкою в германій, що використовується в напівпровідниковій техніці. З метою реалізації цієї мети використано схему спалювання твердого палива в циклонних передтопках котлів БКЗ-220-100ГЦ. Для очищення димових газів діють 15 установок, основні з яких включають труби Вентурі та мультициклони. З 2006 року Черкаська ТЕЦ практично відмовилась від використання природного газу, здійснивши перехід на використання кам'яного вугілля, що сприяло збільшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферу [13, 14]. Рівні викидів пилу, NO_x, SO₂ не відповідають вимогам як українського законодавства так і вимогам ЄС.

В табл. 2 наведено дані про викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря області від основних підприємств - забруднювачів атмосферного повітря, серед яких Черкаська ТЕЦ посідає перше місце (частка викидів становить 34,4 % від загального обсягу викидів основних підприємств Черкаської області).

Таблиця 2

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від основних підприємств – забруднювачів Черкаської області (2021 р.)

Назва підприємства	Частка викидів від загального обсягу викидів по області, %	Викиди забруднюючих речовин, тис. т
Черкаська ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно»	34,4	16,386
ПрАТ «Миронівська птахофабрика»	13,7	6,532
ПрАТ «Азот» м. Черкаси	7,4	3,537
Інші	44,5	21,196

Найбільш вагомими серед викидів забруднюючих речовин і парникових газів до атмосферного повітря при роботі теплових електростанцій, що спалюють органічне паливо, є викиди оксидів сульфуру, нітрогену, карбону і важких металів, зокрема миш'яку, кадмію, хрому,

міді, ртуті, нікелю, свинцю, селену, цинку та в разі використання мазуту – ванадію). Менш вагомими є викиди неметанових летких органічних сполук, метану CH_4 , оксиду нітрогену N_2O , оксиду карбону CO й аміаку NH_3 .

ПАТ «Черкаське хімволокно» (Черкаська ТЕЦ) за підсумками 2018 року потрапило до списку «Топ-20 забруднювачів повітря», який склало Міністерство енергетики та захисту довкілля України, <https://merg.gov.ua/news/34251.html>. За результатами перевірок Державної екологічної інспекції України протягом 2019 – 2020 року ПАТ «Черкаське хімволокно» увійшло в сотню підприємств, які найбільше забруднюють атмосферне повітря України (табл. 3).

Таблиця 3

Валові викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря ПАТ «Черкаське хімволокно»

Підприємство-забруднювач	Вид економічної діяльності	Валовий викид, т.		Зменшення/-збільшення/+	Причина зменшення/збільшення
		2021 р.	2020 р.		
ПАТ «Черкаське хімволокно»	Постачання електроенергії, газу, пари та кондиціонування повітря (виробництво електроенергії)	16385,7	13892,7	+2493,0	збільшення використання вугілля

В 2021 р. індекс забруднення атмосфери (ІЗА) міста Черкаси, для розрахунку якого використовувались 5 найбільш пріоритетних домішок, таких як пил (3 клас небезпеки), діоксид нітрогену (3 клас небезпеки), аміак (4 клас небезпеки), формальдегід (2 клас небезпеки) та оксид нітрогену (3 клас небезпеки) становив 7,36, що вважається високим рівнем забруднення атмосферного повітря (при ІЗА від 7 до 13). ПАТ «Черкаське хімволокно» (Черкаська ТЕЦ) вносить значний вклад у надходження в атмосферу міста таких викидів забруднюючих речовин як діоксиду нітрогену, оксиду нітрогену та аміаку.

Аналіз динаміки комплексного індексу забруднення атмосфери (рис. 1) показав, що за останні роки спостерігається тенденція стрімкого росту цього показника.

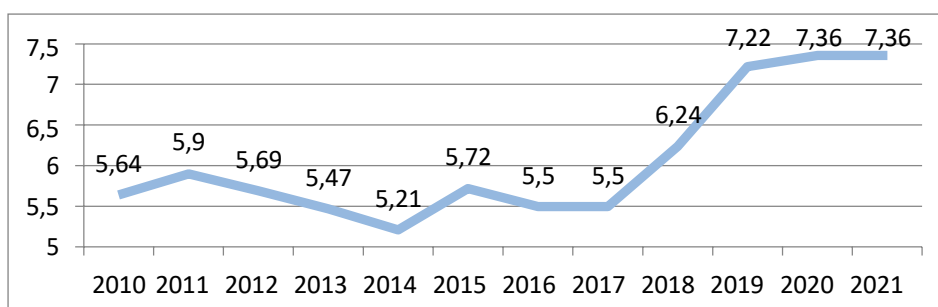


Рис.1. Динаміка зміни показника ІЗА м. Черкаси за 2010-2021 рр.

Слід відзначити, що м. Черкаси за цим показником посіло 11 позицію серед найбільш забруднених міст України, серед яких Кривий Ріг, Одеса, Київ, Миколаїв, Херсон, Запоріжжя, Краматорськ, Вінниця (рис. 2). Більшість міст з дуже високим та високим рівнем забруднення атмосферного повітря знаходиться у Дніпропетровській та у Донецькій областях, а інші міста – це шість обласних центрів та столиця України.

Також аналіз даних рис.3 підтверджує високий рівень забруднення атмосферного повітря міста Черкаси.

Тенденція зміни середнього рівня забруднення атмосферного повітря за останні 5 років характеризувалася збільшенням концентрацій по діоксиду та оксиду азоту, аміаку та формальдегіду.

Іншим компонентом довкілля, який зазнає вагомого впливу від діяльності Черкаської ТЕЦ, є ґрунти м. Черкаси. Аеротехногенне забруднення призводить до трансформації фізико-хімічних властивостей урболандшафтів (залуження ґрунту (рис. 4), несприятливих окисно-відновних та буферних властивостей, порушення оптимального співвідношення кальцію і магнію у ґрунтово-вбирному комплексі, порушенні функціонування біогеоценозів [15, 16].

При аналізі кислотно-основних властивостей ґрунтів використано сучасні засоби та методи аналізу інформації із застосуванням ГІС-технологій. Програмний пакет SURFER використано з метою виявлення просторових закономірностей формування зон залуження урбоземів м Черкаси.

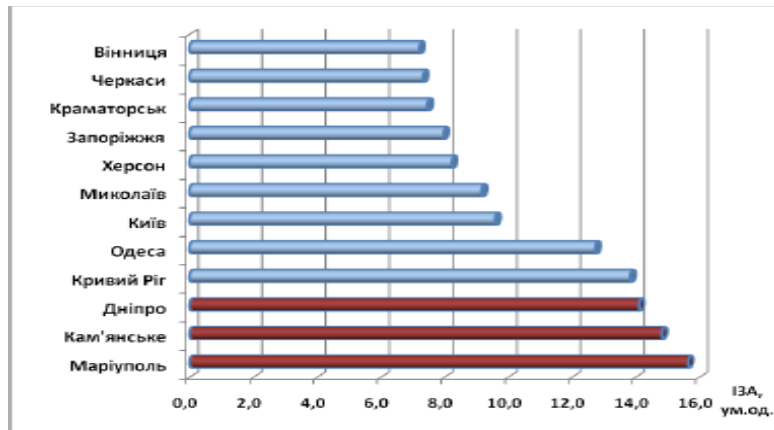


Рис. 2. Значення індексу забруднення атмосфери (ІЗА) в найбільш забруднених містах України



Рис. 3. Карта рівнів забруднення атмосферного повітря міст України

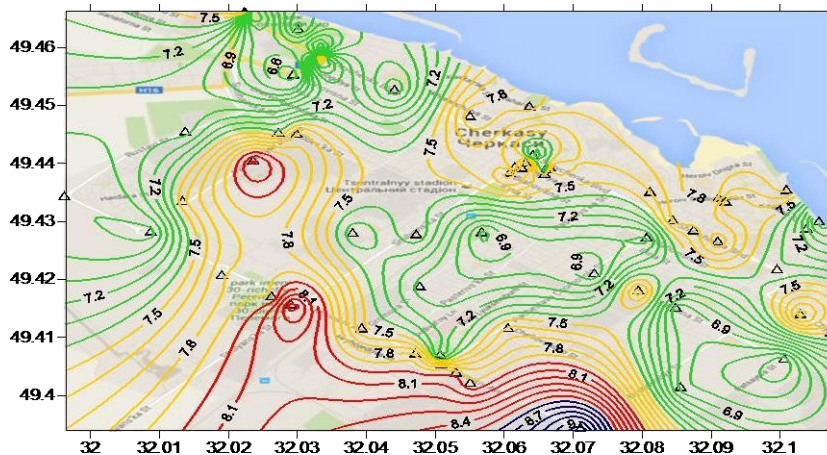


Рис. 4. Карта кислотності (рНвод.) ґрунтів м. Черкаси

Зони сильної токсичності ґрунтів ($pH_{вод} > 8,5$) на карті зображені синім кольором, середньої ($pH_{вод} = 8,0-8,5$) – червоним кольором та відносяться до промислової зони південного промислового вузла міста, де знаходиться Черкаська ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно».

Картографічне зонування території міста (рис. 5) за показником сумарного екологічного навантаження, який є індикатором аеротехногенного забруднення ландшафтів, виконане з використанням програмного пакету SURFER, свідчить, що місто зазнає значного аерогенного навантаження, розповсюдження аеротехногенного забруднення від південної промислової агломерації сягає значної відстані і за радіусом дії охоплює всю територію міста. На основі проведених нами досліджень, за показником сумарного екологічного навантаження 21 % території

міста характеризується як сильно забруднена ($100 \text{ т/км}^2\text{-рік} < N_{\text{сум.}} < 200 \text{ т/км}^2\text{-рік}$), 4% території – з перевищенням гранично допустимого навантаження ($N_{\text{сум.}} > 200 \text{ т/км}^2\text{-рік}$) (рис. 5).

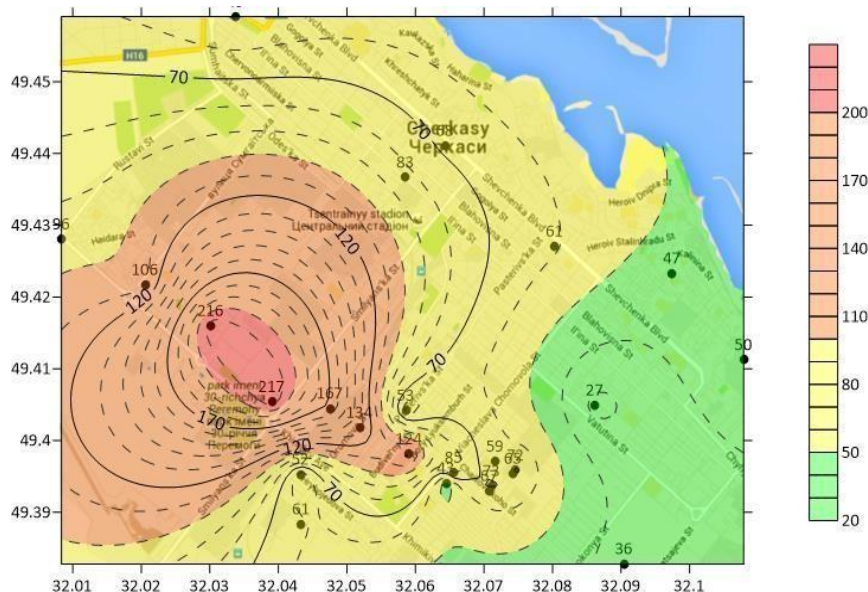


Рис. 5. Аеротехногенне забруднення міста Черкаси за показником сумарного екологічного навантаження, $\text{т/км}^2\text{-рік}$

Пріоритетними забруднюючими домішками у випаданнях є сульфат-іони (в якості палива на Черкаській ТЕЦ використовується як природний газ, так і вугілля), на другому місці знаходяться гідрокарбонат-, на третьому – нітрат-іони і зважені частинки (табл. 4).

Таблиця 4

Екологічне навантаження по забруднюючим речовинам

Реперні точки	SO_4^{2-}		NO_3^-		HCO_3^-		Cl^-		тверді частинки		Сумарне екологічне навантаження, $N_{\text{сум.}}$, $\text{т/км}^2\text{-рік}$	Відносне сумарне екологічне навантаження, $A_{\text{сум.}}$
	N , $\text{т/км}^2\text{-рік}$	A	N , $\text{т/км}^2\text{-рік}$	A	N , $\text{т/км}^2\text{-рік}$	A	N , $\text{т/км}^2\text{-рік}$	A	N , $\text{т/км}^2\text{-рік}$	A		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	9,9	3,8	1,3	6,5	15,3	21,9	4,9	2,9	4,7	2,0	36,1	4,8
2	19,4	7,5	1,0	5,0	6,1	8,7	4,9	2,9	7,5	3,1	38,9	5,1
3	20,7	8,0	1,4	7,0	8,2	11,7	2,4	1,4	6,0	2,5	38,7	5,1
4	19,4	7,5	1,6	8,0	7,3	10,4	4,4	2,6	4,4	1,8	37,1	4,9
5	6,3	1,7	0,9	4,5	12,3	17,6	4,0	2,4	3,2	1,3	26,7	3,5
6	24,0	9,2	0,9	4,5	7,7	11,0	5,3	3,1	23,9	10,0	61,8	8,1
7	45,3	17,4	1,2	6,0	2,4	3,4	4,2	2,5	5,9	2,5	59,0	7,8
8	46,5	17,9	2,1	10,5	3,0	4,3	3,5	2,1	18,2	7,6	73,3	9,6
9	48,3	18,6	2,0	10,0	2,9	4,1	3,5	2,1	10,9	4,5	67,6	8,9
10	50,7	19,5	1,7	8,5	2,3	3,3	3,7	2,2	7,4	3,1	65,8	8,7
11	50,7	19,5	2,2	11,0	3,8	5,4	4,2	2,5	11,5	4,8	72,4	9,5
12	25,2	9,7	1,3	6,5	7,6	10,9	3,1	1,8	5,9	2,5	43,1	5,7
13	74,1	28,5	0,8	4,0	2,0	2,9	2,3	1,4	6,4	2,7	85,6	11,3
14	108,0	41,5	0,7	3,5	1,8	2,6	2,3	1,4	11,8	4,9	124,6	16,4
15	116,5	44,8	0,8	4,0	2,1	3,0	4,1	2,4	10,9	4,5	134,4	17,7
16	153,0	58,8	0,9	4,5	2,3	3,3	2,7	1,6	9,6	4,0	167,5	22,0
17	204,4	78,6	0,9	4,5	2,4	3,4	2,8	1,6	6,7	2,8	217,2	28,6
18	174,6	67,2	1,2	6,0	14,9	21,3	4,2	2,5	21,2	8,8	216,1	28,5

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	68,1	26,2	1,0	5,0	11,2	16,0	5,5	3,2	20,2	8,4	106,0	13,9
20	58,8	22,6	0,9	4,5	12,6	18,0	4,4	3,5	19,3	8,0	96,0	12,6
21	29,7	11,4	1,0	5,0	8,5	26,4	5,9	3,5	8,0	3,3	53,1	7,0
22	12,0	4,6	1,2	6,0	4,6	6,6	4,4	2,6	4,5	1,9	26,7	3,5
23	16,8	6,5	1,5	7,5	11,6	16,6	3,7	2,2	16,4	6,8	50,0	6,6
24	16,2	6,2	1,0	5,0	3,9	5,6	6,6	3,9	20,2	8,4	47,9	6,3
25	28,8	11,1	1,1	5,5	5,0	7,0	4,6	2,7	12,8	5,3	52,3	6,9
26	15,6	6,0	1,3	6,5	7,8	11,1	5,9	3,5	31,2	13,0	61,8	8,1
27	23,4	9,0	1,4	7,0	16,9	24,1	7,5	4,4	34,1	14,2	83,3	11,0
28	16,5	6,3	1,2	6,0	10,9	15,6	6,2	3,6	33,4	13,9	68,2	9,0
29	25,5	9,8	1,0	5,0	3,1	4,4	3,1	1,8	16,7	7,0	49,4	5,2
фон	2,6		0,2		0,7		1,7		2,4		7,6	

Згідно розроблених Об'єднаною національною екологічною комісією Європи рівні критичних навантажень [17], що впливають на рослинність і водні екосистеми (табл. 5), за сполуками сульфуру екологічне навантаження відповідає екологічному лиху, за сполуками нітрогену спостерігається перевищення норми у 2,2-6,9 разів.

Таблиця 5

Критичні навантаження по речовинам, що впливають на рослинність і водні екосистеми, т/км²·рік

Показники	Екологічне лихо	Надзвичайна екологічна ситуація	Норма
Сполуки Сульфуру	> 5	3-5	<0,32
Сполуки Нітрогену	> 4	2-4	<0,28

Найбільше екологічне навантаження спостерігається по сульфатам за пануючими напрямками вітрів на відстані 2000 м від санітарно-захисної зони (СЗЗ) ТЕЦ – 204,4т/км²·рік, що в 78,6 разів більше за фонове, далі навантаження зменшується, але навіть на відстані 6000 м від СЗЗ ТЕЦ воно в 22,6 рази перевищує фонове.

Викиди забруднюючих речовин від Черкаська ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно», а саме SO₂, NO_x, CO, негативно впливають не лише на стан довкілля області, а й на стан захворюваності населення, зокрема хвороби органів дихання, що корелює із даними, що наведено на рис.6.

Структуру загальної захворюваності дорослого населення Черкаської області за 2020 рік представлено на рис.6.

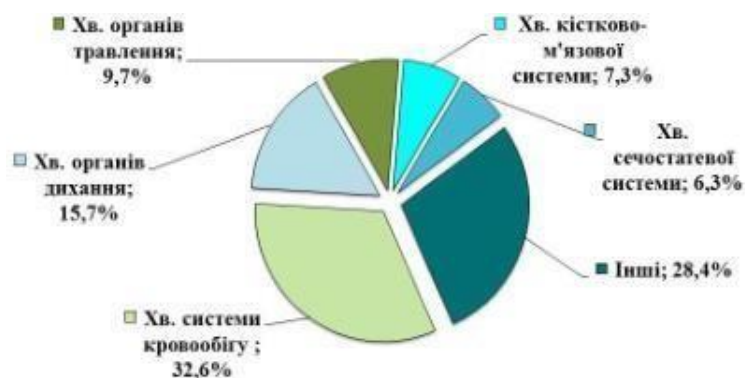


Рис. 6. Структура загальної захворюваності дорослого населення Черкаської області у 2020 році

У рейтингу загальної захворюваності населення області хвороби органів дихання займають друге місце [18]. Дослідження оцінки ризику здоров'ю населення за середньорічними показниками за хронічного впливу забруднення атмосфери, проведене за методикою [19], показало, що величина індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення м. Черкаси, який може спричиняти формальдегід, буде складати ($R=4,6 \cdot 10^{-5}$) – припустимий. Величина популяційного ризику в 12,4 рази перевищує граничне значення. Загальний не канцерогенний ризик (табл. 6) становить 7,75 (існує ризик розвитку несприятливих ефектів у

більшої частини населення). Найбільший вплив зазнають органи дихання (HQ=7,42) та імунна система (HQ=2,67). Пріоритетними поліюгантами є формальдегід і пил (табл.7).

Таблиця 6

Оцінка не канцерогенного ризику

Речовина	Концентрація, мг/м ³	RfD, мг/кг	HQ	Орган/система
Пил	0,1	0,05	2,00	органи дихання
Діоксид сульфуру SO ₂	0,012	0,08	0,15	органи дихання
Оксид карбону CO	1,0	3	0,33	ЦНС, кров, серцево-судинна система
Сірководень H ₂ S	0,001	0,001	1,00	органи дихання
Оксид нітрогену NO _x	0,04	0,04	1,00	органи дихання
Аміак NH ₃	0,06	0,1	0,60	органи дихання
Формальдегід	0,00800	0,003	2,67	органи дихання, імунна система
Сумарний ризик		HI загальний	7,75	
		HI органи дихання	7,42	
		HI імун	2,67	
		HI кров	0,33	
		HI цнс	0,33	
		HI серцево-судинна	0,33	

Таблиця 7

Ранжування речовин за рівнем небезпеки

Речовина	HQ	Рівень небезпеки
Формальдегід	2,67	Середній (неприпустимий для населення, існує ризик розвитку шкідливих ефектів в особливо чутливих підгруп населення)
Пил	2,00	
Оксид нітрогену NO _x	1,00	
Сірководень H ₂ S	1,00	
Аміак NH ₃	0,60	Низький (ризик виникнення шкідливих ефектів є зневажливо малим)
Оксид карбону CO	0,33	
Діоксид сульфуру SO ₂	0,15	

За даними проведених результатів розрахунку побудовано діаграму ранжування забруднюючих речовин за рівнем небезпеки (рис.7).

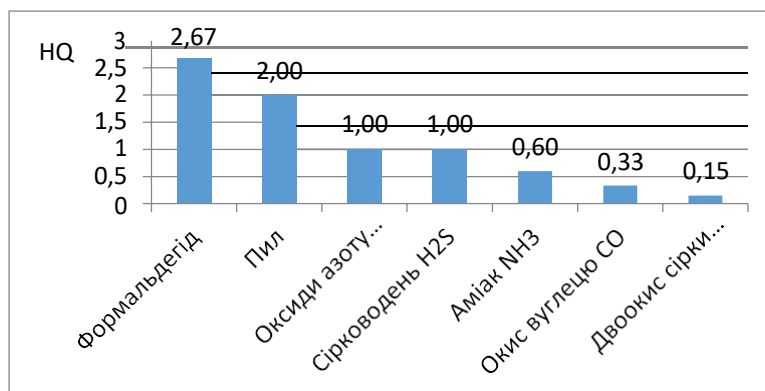


Рис. 7. Ранжування речовин за рівнем небезпеки

Зменшенню антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище сприятимуть саме розширення обсягів використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії, до яких відноситься вітрова, сонячна енергія та біопаливо, зокрема для опалення та постачання теплої води і виробництва електроенергії. Необхідний розвиток сучасних

енергетичних технологій, пов'язаних так званою «малою» децентралізованою генерацією, ставить перед сучасним суспільством новий виклик. Частка відновлювальної енергетики в Україні у загальному балансі виробництва електричної енергії хоча і зросла за останній рік на 25%, але досягає лише 1,23% в загальному обсязі виробництва [20, 21]. Тому особливу увагу слід приділяти децентралізації української енергетичної системи.

Висновки. Розташована в місті Черкаси Черкаська ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно» за кількістю викидів залишається основним забруднювачем повітряного басейну не лише району, а й області твердими та газоподібними речовинами. Найбільш вагомими серед викидів забруднюючих речовин і парникових газів до атмосферного повітря при роботі теплових електростанцій, що спалюють органічне паливо, є викиди оксидів сульфуру, нітрогену, карбону і важких металів, зокрема миш'яку, кадмію, хрому, міді, ртуті, нікелю, свинцю, селену, цинку та в разі використання мазуту – ванадію. Менш вагомими є викиди неметанових легких органічних сполук, метану CH_4 , оксиду нітрогену N_2O , оксиду карбону CO й аміаку NH_3 . В 2021 р. індекс забруднення атмосфери міста Черкаси, для розрахунку якого використовувались 5 найбільш пріоритетних домішок, таких як пил (3 клас небезпеки), діоксид нітрогену (3 клас небезпеки), аміак (4 клас небезпеки), формальдегід (2 клас небезпеки) та оксид нітрогену (3 клас небезпеки) становив 7,36, що вважається високим рівнем забруднення атмосферного повітря (при ІЗА від 7 до 13). Картографічне зонування території міста за показником сумарного екологічного навантаження, який є індикатором аеротехногенного забруднення ландшафтів, виконане з використанням програмного пакету SURFER, свідчить, що місто зазнає значного аерогенного навантаження, розповсюдження аеротехногенного забруднення від південної промислової агломерації сягає значної відстані і за радіусом дії охоплює всю територію міста.

Зменшенню антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище сприятимуть можливе за рахунок розширення обсягів використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії, до яких відноситься вітрова, сонячна енергія та біопаливо.

Література

- 1 Корчевой Ю.П., Вольчин И.А., Горбунов В.С и др. Экологические аспекты развития теплоэнергетики Украины // Энергетика и электрификация. – 2003. - №2. – С. 45-50.
- 2 Куцан Ю.Г. Щодо проекту концепції енергетичної політики України на період до 2030 року. //Енергетика и электрификация. – 2001. - №3. – С. 2- 11.
- 3 Борисенко С.В., Малый Л.П., Быковченко Г.И., Миненков Н.Л. Золуловитель для сухой очистки дымовых газов ТЭС // Энергетика и электрофикация. – 1999. -№5. – С. 41-43.
- 4 Энергетика и охрана окружающей среды /Под ред. Н.Г. Залогина. – М.: Энергия, 1999.– 352 с.
- 5 Chen L., Wang T., Bo X., Zhuang Z., Qu J., Xue X., Tian J., Huang M., Wang P., Sang M. Thermal Power Industry Emissions and Their Contribution to Air Quality on the Fen-Wei Plain. Atmosphere – 2022. – Vol.13. – P. 652. – 680.
- 6 Romana H.K., Singh R.P., Dubey C.S., Shukla D.P. Analysis of Air and Soil Quality around Thermal Power Plants and Coal Mines of Singrauli Region, India. International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol.19. – P. 11560 – 11582.
- 7 Kornelyuk N.M., Khomenko O.M. Bioaccumulation of heavy metals by the urban trees around Cherkassy thermal power plant. Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. - Vol.8(1). – P. 953 – 960.
- 8 S.K. Guttikunda, P. Jawahar. Evaluation of Particulate Pollution and Health Impacts from Planned Expansion of Coal-Fired Thermal Power Plants in India Using WRF-CAMx Modeling System. Aerosol and Air Quality Research. – 2018. – V.18. – P. 3187–3201.
- 9 Мислюк О.О., Н.М. Корнелюк. Екологічні аспекти функціонування Черкаської ТЕЦ. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2008. - №1 (48). – С. 111 – 115.
- 10 Мислюк О.О., Хоменко О.М., Єгорова О.В. Екологічна оцінка кислотно-основних властивостей урбоземів м. Черкаси. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2019. - № 4 (117). – С. 53 – 59.
- 11 Корнелюк Н.М., Хоменко О.М., Мислюк О.О. Еколого-геохімічна оцінка забруднення ґрунтів м. Черкаси важкими металами. Екологічна безпека. - 2019. - №2 (28). – С. 44-51.
- 12 Мислюк О.О. Хоменко О.М., Єгорова О.В., Пидоренко В.І. Екологічні аспекти стану урбаноземів. Вісник ЧДТУ. - 2019. -№2. – С. 126-133.

13 Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2021 році. – Ч.: Управління екології та природних ресурсів Черкаської обласної державної адміністрації, 2022. – 233 с.

14 Мислюк О., Мислюк Є., Соломка Л. Оцінка впливу викидів Черкаської ТЕЦ на стан урболандшафтів. Вісник ОНУ. Хімія. - 2010. - Т. 15. Вип. 12-13. - С. 47-53.

15 Novorun A., Myslyuk O. Acid-base properties of urban soils in Cherkassy: Proceedings of the 19th Conference of Junior Researchers "Science – Future of Lithuania" Environmental Protection Engineering. Vilnius Gediminas Technical University. - 2016. - P. 58-66.

16 Chemerys I., Myslyuk O., Chemerys V. Effect of vehicle emissions on the morphological and physiological changes of *Taraxacum officinale* web. Ukrainian Journal of Ecology. - 2020. - №10(1). - P. 7-17.

17 Hetteling J. P. et al. Mapping critical loads for Europe. – CCE Technical Report № 1, 1991, UN ECE, Bilthoven, the Netherlands.

18 Статистичний щорічник Черкаської області за 2020 рік / За редакцією В.П. Приймак. – Черкаси, 2021. – 420 с.

19 Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», Затв. наказом МОЗ України 13.04.2007 р. № 184. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ua-info.biz/legal/baseuw/ua-qmwote/index.htm>

20 Бобров Є.А. Аналіз впливу децентралізації генерації електричної енергії на енергетичну безпеку держави / Є. А. Бобров // Вчені записки Університету "КРОК". Серія "Економіка". - 2017. - Вип. 47. - С. 4-11.

21 Дороніна І.І., Криштоф Н. С. Використання відновлювальних джерел енергії в умовах децентралізації систем енергопостачання в Україні. Держава та регіони. Серія: Державне управління. – 2020. - № 2 (70). - С.75-82.

O. Khomenko, O. Mislyuk, O. Yegorova
Cherkassy State Technological University

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE ENERGY INDUSTRY ON THE ENVIRONMENTAL CONDITION OF THE CHERKASSY REGION

The work is devoted to the study of the impact of coal thermal power plants on the environment. A brief analysis of scientific works dedicated to the study of the impact of thermal power plants on the environment was conducted. The analysis of publications shows that the negative impact of thermal power plants on the environment is quite complex, as it includes both atmospheric air pollution by gas and aerosol emissions, as well as thermal energy emissions into the environment and soil pollution. The volume of emissions of polluting substances into the air of Cherkassy region by electricity supply enterprises and the dynamics of the comprehensive air pollution index were analyzed, which showed that in recent years there has been a trend of rapid growth of this indicator. With the help of the cartographic zoning model of the city territory and the indicator of the total environmental load, which is an indicator of aerotechnogenic pollution of landscapes, performed using the SURFER software package, it was determined that the city undergoes a significant aerogenic load, the spread of aerotechnogenic pollution from the southern industrial agglomeration reaches a significant distance and within the radius of action covers the entire territory of the city. A study of population health risk assessment based on annual averages for chronic exposure to atmospheric pollution showed that the population risk is 12.4 times higher than the limit value. The overall non-carcinogenic risk is 7.75 (there is a risk of developing adverse effects in most of the population). The respiratory organs ($HQ=7.42$) and the immune system ($HQ=2.67$) are most affected.

Key words: atmospheric air, energy industry, thermal power plants, pollutants, air pollution index, aerotechnological pollution.

References

1 Korchevoi Y.P., Volchin I.A., Gorbunov V.S. et al. Ekologicheskiye aspekty razvitiya teploenergetiki Ukrainy // Energetika i elektrifikatsiya. – 2003. - №2. – S. 45-50.

2 Kucan Y.G. Shchodo proektu kontseptsiyi enerhetychnoyi polityky Ukrainy na period do 2030 roku. // Energetika i elektrifikatsiya. – 2001. - №3. – S. 2- 11.

3 Borysenko C.V., Malyy L.P., Bykovchenko G.I., Minenkov N.L. Zoloulovitel' dlya sukhoy ochistki dymovykh gazov TES // Energetika i elektrifikatsiya. – 1999. - №5. – S. 41-43.

- 4 Energetika i okhrana okruzhayushchey sredy / Pod red. N.H. Zalohyna.– M.: Energiya, 1999.– 352 s.
- 5 Chen L., Wang T., Bo X., Zhuang Z., Qu J., Xue X., Tian J., Huang M., Wang P., Sang M. Thermal Power Industry Emissions and Their Contribution to Air Quality on the Fen-Wei Plain. Atmosphere – 2022. – Vol.13. – P. 652. – 680.
- 6 Romana H.K., Singh R.P., Dubey C.S., Shukla D.P. Analysis of Air and Soil Quality around Thermal Power Plants and Coal Mines of Singrauli Region, India. International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol.19. – P. 11560 – 11582.
- 7 Kornelyuk N.M., Khomenko O.M. Bioaccumulation of heavy metals by the urban trees around Cherkassy thermal power plant. Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. - Vol.8(1). – P. 953 – 960.
- 8 S.K. Guttikunda, P. Jawahar. Evaluation of Particulate Pollution and Health Impacts from Planned Expansion of Coal-Fired Thermal Power Plants in India Using WRF-CAMx Modeling System. Aerosol and Air Quality Research. – 2018. – V.18. – P. 3187–3201.
- 9 Mislyuk O.O., Kornelyuk H.M. Ekolohichni aspekty funktsionuvannya Cherkas'koyi TES. Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho. – 2008. - №1 (48). – S. 111 – 115.
- 10 Mislyuk O.O., Khomenko O.M., Yehorova O.B Ekolohichna otsinka kyslotno-osnovnykh vlastyovostey urbozemiv m. Cherkasy. Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho. – 2019. - № 4 (117). – S. 53 – 59.
- 11 Kornelyuk N.M., Khomenko O.M., Mislyuk O.O. Ekoloho-heokhimichna otsinka zabrudnennya gruntiv m. Cherkasy vazhkymy metalamy. Ekolohichna bezpeka . - 2019. - №2 (28). – S. 44-51.
- 12 Mislyuk O.O., Khomenko O.M., Yehorova O.B., Pydorenko V.I. Ekolohichni aspekty stanu urbanozemiv. Visnyk CHDTU. - 2019. -№2. – S. 126-133.
- 13 Rehional'na dopovid' pro stan navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha v Cherkas'kiy oblasti u 2021 rotsi. – Ch.: Upravlinnya ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Cherkas'koyi oblasnoyi derzhavnoyi administratsiyi, 2022. – 233 s.
- 14 Mislyuk O., Mislyuk E., Solomka L. Otsinka vplyvu vykydiv Cherkas'koyi TES na stan urbolandshaftiv. Visnyk ONU. Khimiya.- 2010. - T. 15. Vup. 12-13. - S. 47-53.
- 15 Hovorun A., Myslyuk O. Acid-base properties of urban soils in Cherkassy: Proceedings of the 19th Conference of Junior Researchers “Science – Future of Lithuania” Environmental Protection Engineering. Vilnius Gediminas Technical University. - 2016. - P. 58-66.
- 16 Chemerys I., Myslyuk O., Chemerys V. Effect of vehicle emissions on the morphological and physiological changes of Taraxacum officinale web. Ukrainian Journal of Ecology. - 2020. - №10(1). - P. 7-17.
- 17 Hetteling J. P. et al. Mapping critical loads for Europe. – CCE Technical Report № 1, 1991, UN ECE, Bilthoven, the Netherlands.
- 18 Statystychnyy shchorichnyk Cherkas'koyi oblasti za 2020 rik / Za redaktsiyeyu V.P. Pryymak. – Cherkasy, 2021. – 420 s.
- 19 Metodychni rekomendatsiyi «Otsinka ryzyku dlya zdorov'ya naseleennya vid zabrudnennya atmosferneho povitrya», Zatv. nakazom MOZ Ukrayiny 13.04.2007 r. № 184. [Elektronnyy resurs]. - Rezhym dostupu: <http://ua-info.biz/legal/baseuw/ua-qmwote/index.htm>
- 20 Bobrov Y.A. Analiz vplyvu detsentralizatsiyi heneratsiyi elektrychnoyi enerhiyi na enerhetychnu bezpeku derzhavy / Y. A. Bobrov // Vcheni zapysky Universytetu "KROK". Seriya "Ekonomika". - 2017. - Vup. 47. - S. 4-11.
- 21 Doronina I.I., Kryshtof N. S. Vykorystannya vidnovlyuval'nykh dzherel enerhiyi v umovakh detsentralizatsiyi system enerhopostachannya v Ukrayini. Derzhava ta rehiony. Seriya: Derzhavne upravlinnya. – 2020. - № 2 (70). - S.75-82.