

УДК 502.5 (045)

О.О. Аксьонов, асп.

## ЕКОЛОГІЧНИЙ БАЛАНС ДОВКІЛЛЯ

*Наведено характеристику забруднення навколишнього середовища. На прикладі Києва розглянуто фактори, що обумовлюють порушення енергетичного балансу довкілля.*

*The characteristics of modern pollution of environment are provided. The factors that determine violation of energy balance of environment are shown on the basis of Kiev as an example.*

### Постановка проблеми

Рівень життя людини на сьогодні оцінюється кількістю спожитої енергії [1]. За цим показником Україна входить до досить енергозабезпечених країн, в яких загальна кількість спожитої енергії на одного мешканця в розрахунку на сиру нафту становить 4,22 т. Причому кількість спожитої енергії постійно зростає, що пов'язано здебільшого зі зростанням рівня життя.

Постійне зростання енергоспоживання обумовлює, у свою чергу, збільшення рівня енергетичного забруднення навколишнього природного середовища. Тільки в побуті людина використовує більш ніж 400 типів побутових приладів, перелік і кількість яких постійно поповнюються. Інтенсивність дії «енергетичного смогу» також постійно зростає [2]. У зв'язку з цим екологічний аналіз енергетичного забруднення навколишнього середовища є актуальним і в цілому дозволяє оцінити стан довкілля в умовах інтенсивного енергетичного забруднення.

### Мета роботи

Аналіз факторів, що визначають порушення енергетичного балансу навколишнього природного середовища, проведений на прикладі Києва. У межах Києва проаналізовано деякі основні фактори енергетичного впливу людини на навколишнє природне середовище. Характеристика узагальненого екологічного балансу міста і прогноз подальшого енергетичного забруднення навколишнього природного середовища дозволяють в цілому узагальнено оцінити екологічний стан довкілля Києва.

### Аналіз дослідження

Робота виконувалась згідно з прийнятими в екології [3] та фізиці [2] методиками проведення досліджень. Отримані результати досліджень оброблено математико-статистичними методами [4]. Сучасне суспільство споживає значну кількість енергії, насамперед енергію корисних копалин, відсоток якої ще 25 р. тому становив 97 % від загальної кількості витраченої енергії [5].

Останнім часом збільшується відсоток енергії, що виробляється атомною енергетикою [2].

Ураховуючи, що кількість органічного палива обмежена, в подальшому, перспективним є використання сонячної енергії та енергії атмосфери [1]. Зростання рівня енергоспоживання впливає на енергетичний баланс навколишнього природного середовища, внаслідок чого відбувається його зміна, здебільшого підвищується температура атмосферного повітря [6].

Так, розрахункова температура на поверхні планети становить +15 °С, що значно нижче фактичної [7]. Через парниковий ефект та інші енергетичні процеси антропогенного походження в атмосфері Землі, а також зміни теплофізичних властивостей поверхні відбувається трансформація природного енергетичного режиму планети. Натепер вважається, що зростання температури поверхні Землі відбувається, передусім, унаслідок парникового ефекту [2].

Парниковий ефект полягає в тому, що забруднення атмосфери твердими частинками й аерозолями і збільшення в ній вуглекислоти спричинили істотне погіршення оптичних властивостей атмосфери, зміну її температурного режиму, що призвело до потепління. Так, за останні 100 р. уміст CO<sub>2</sub> в атмосфері Землі збільшився на 20 % [5]. Після сходу сонця протягом 1–2 год відбувається руйнування інверсії потепління. Другою не менш важливою причиною є зменшення прозорості атмосфери внаслідок забруднення атмосферного повітря. Наприклад, для великих міст коефіцієнт прозорості дорівнює 0,5–0,6, а коефіцієнт мутності повітря 3,5–6,0 [6], через що рівень зниження енергії прямої сонячної радіації та освітлення може досягати 30–50 % від повної порівняно з 10–15 % для прозорої атмосфери.

Отже, забруднення атмосфери пилом і газоподібними викидами обумовлює разом з парниковим ефектом, який викликає поглинення частини відбитої з поверхні Землі сонячної енергії, зростання температури повітря.

## Результати досліджень

Суттєві зміни енергетичного балансу навколишнього природного середовища простежуються у великих містах, де рівень енергоспоживання значно вищий порівняно з іншою територією [8]. До таких великих міст відноситься Київ.

Висота забудови території Києва коливається від 15 до 85 м. Ця висота визначає переважно зону порушення горизонтальної аерації території міста. Враховуючи, що середня висота забудови Києва дорівнює в середньому 35 м, а площа міста становить 83,6 тис. га, то об'єм повітря в зоні порушення природних умов аерації дорівнює  $2,9 \cdot 10^{10}$  м<sup>3</sup>. Оскільки для нагрівання 1 м<sup>3</sup> повітря нормального складу під тиском в 1 атм. потрібно 1302,8 Дж енергії, то для нагрівання міської зони забруднення повітря на 1°C витрачається  $3,8 \cdot 10^{10}$  Дж енергії.

Швидкість теплообміну в місті протягом року характеризується чіткою закономірністю з максимумом в період літа і мінімумом взимку, що в цілому характерно для України. Так, річна амплітуда коефіцієнта турбулентності в Одесі становить 0,16 м<sup>2</sup>/с (0,04–0,20 м<sup>2</sup>/с) [6]. Ці значення близькі до результатів, отриманих у процесі розрахунків за формулою М.І. Будика [6; с.14] для потоків повітря над дахом дев'ятиповерхового будинку в Києві в червні 2006 р. (0,19 м<sup>2</sup>/с). Неоднорідність території міста, характер поверхні (будівлі, відкритий ґрунт, асфальт, рослинний покрив тощо) визначають радіаційну різноманітність і у зв'язку з цим суттєві зміни турбулентного обміну. Це зумовлює різні значення коефіцієнта теплообміну: в середньому протягом дня в межах 1/15 (1/10–1/20) і вночі 1/4 (1/3–1/5). Ураховуючи вказані коефіцієнти, середнє добове значення теплообміну дорівнює 1/10. Крім цього, вночі потужність інверсійного шару повітря за умови, якщо немає хмар, перевищує 100 метрову товщу приґрунтового повітря, у хмарну погоду становить близько 100 м. Після сходу сонця протягом 1–2 год руйнується інверсія.

В умовах міської забудови відбуваються суттєві зміни загальних закономірностей інверсійних процесів, насамперед у зв'язку зі щільністю забудови і висотою будинків і споруд. Механічні перешкоди у вигляді будівель і різних споруд впливають на природний процес теплообміну на урбанізованій території. Висота конвекційного шару повітря в межах міської території обмежена взимку висотою будівель, а влітку перевищує її відповідно до загальних закономірностей.

Це пов'язано перш за все, з рівнем забруднення атмосфери.

На сьогодні загальна кількість викидів в атмосферу міста перевищує 200 тис. т, зокрема понад 160 тис. т оксиду вуглецю, 25 тис. т вуглеводню і понад 15 тис. т оксидів азоту. Це зумовлює утворення шару забрудненого повітря подекуди висотою до 250 м за середнього значення на рівні середньої висоти забудови у 35 м. У межах Києва спостерігається сезонна динаміка забруднення повітря. Максимальний рівень забруднення припадає на жовтень-листопад, до початку осіннього сезону опадів. У цей період у межах приземного 35-метрового шару температура повітря нижча від температури розміщеного вище повітряного шару, що обумовлено інтенсивними процесами інверсії, швидкість протікання яких збільшується внаслідок випаровування великої кількості води, яку використовують у цей час для миття вулиць, скверів, площ та тротуарів.

Зменшення восени площі освітлення між будівлями внаслідок зменшення кута сонцестояння також зумовлює зниження кількості енергії, яка витрачається на нагрівання поверхні ґрунту, асфальту, бетону тощо. У результаті утворюється шар холодного повітря в межах товщини міської забудови, яка покривається зверху шаром теплового повітря, що призупиняє процес вертикального руху повітряних мас. Оскільки процес горизонтального руху повітря в межах товщі забудови обмежений механічними перешкодами, то починаючи з першої декади вересня і до кінця листопада утворюються стійкі повітряні маси товщиною не менше ніж 35 м, що веде до накопичення значної кількості забруднювальних речовин у цьому шарі повітря. Причому у зв'язку зі зростанням інтенсивності забруднення атмосфери, збільшенням площі і концентрації забруднювальних речовин, які на сьогодні перевищують в окремих районах Києва допустимі рівні, спостерігається перевищення в 10–100 разів максимально допустимих концентрацій CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO, SO<sub>2</sub> та інших забруднювальних речовин (Ленінградська площа, Бесарабська площа, проспект Перемоги тощо).

Середньорічна температура повітря в Києві вища на 3°C. ніж температура поза межами міста, а середня висота забудови становить 35 м, тому загальна кількість енергії, яка витрачається на нагрівання повітря на 3°C без урахування теплообміну, дорівнює  $11,4 \cdot 10^{10}$  Дж, а з урахуванням теплообміну –  $12,6 \cdot 10^{10}$  Дж.

Погіршення прозорості атмосфери над містом на 40 % з пропорційним зменшенням кількості проходження сонячної енергії [6], обумовлює зменшення кількості прямої сонячної радіації на  $2985 \text{ кал/см}^2$  за 1 с, або на  $2,985 \cdot 10^4 \text{ кал/м}^2$  [6; 9]. Для території Києва, яка дорівнює 83,6 тис. га, з урахуванням коефіцієнта зменшення кількості сонячної енергії 0,6 це зменшення становить  $2,5 \cdot 10^{11}$  кал, або  $12,6 \cdot 10^{10}$  Дж.

Цієї енергії достатньо для нагрівання 35-метрового шару повітря на  $3^\circ \text{C}$ .

Сезонна динаміка рівнів забруднення повітря з чітко вираженим підвищенням значень в теплий період, обумовлює також сезонне коливання зміни температури повітря в межах нижнього 35-метрового шару. Про це свідчать підвищені значення температури повітря ( $+4-5^\circ \text{C}$ ) у різних районах міста, де визначено максимальні рівні забруднення повітря (Бесарабська площа, проспект Перемоги) [8].

Отже, підвищення температури повітря в межах нижнього 35-метрового шару в умовах Києва чітко простежується тільки взимку, коли в атмосфері міста відбуваються характерні для природної зони теплофізичні процеси [6; 8].

Ще одним фактором підвищення температури поверхні планети є фізичні екологічні фактори, які обумовлюють як іонізацію середовища, так і його нагрівання внаслідок переходу кінетичної енергії в теплову [2]. Оскільки інтенсивність дії фізичних та екологічних факторів постійно зростає, передусім за рахунок збільшення кількості та енергоємності побутових приладів, то рівень цієї дії потрібно враховувати, оцінюючи ступінь порушення енергетичного балансу довкілля. Так, сумарна потужність тільки терміналів мобільного зв'язку в Києві перевищує  $1,2 \cdot 10^5$  Вт, а з урахуванням ретрансляторів –  $1,92 \cdot 10^5$  Вт. Це тільки частина джерел електромагнітного випромінювання в діапазоні 800–1800 мГц. Сумарна потужність мікрохвильових пічок, які є джерелом електромагнітного випромінювання частотою 390 мГц у межах міста перевищує  $2,7 \cdot 10^8$  Вт. Натепер відомо понад 400 типів електричних побутових приладів, кількість яких постійно збільшується. Сумарна потужність електроприладів, які є джерелами електромагнітного випромінювання, перевищує в межах Києва  $2,1 \cdot 10^{10}$  Вт.

Не менш суттєвим за шкідливістю в забрудненні навколишнього середовища Києва є вплив магнітних полів.

Джерелами постійних магнітних полів в межах Києва є лінії електропередач, метрополітен, трамвай і тролейбус, промислові підприємства, медичні установи та безліч побутових приладів.

Значну кількість теплової енергії в атмосферу міста викидає автотранспорт, кількість якого постійно збільшується і сьогодні вже перевищує 1 млн, зокрема більш ніж 800 тис. легкових автомобілів. Ураховуючи, що коефіцієнт корисної дії сучасного двигуна внутрішнього згоряння не перевищує 14 % і в середньому становить 10 % [5], то 90 % енергії палива витрачається на нагрівання атмосферного повітря.

Значна кількість тепла потрапляє в атмосферу разом з викидами теплових електростанцій, а також низьку теплоізоляцію будинків і споруд. Річні витрати сонячної енергії на додаткове нагрівання атмосферного повітря становлять  $11,94 \text{ кал/см}^2$ . Цієї кількості енергії достатньо, щоб нагріти стовп повітря висотою 100 м.

Таким чином, та кількість енергії, яка впливає на навколишнє середовище міста, незначна порівняно з витратами сонячної енергії і зумовлює здебільшого іонізацію повітря. Це разом з фотохімічною дією сонячної енергії посилює шкідливу дію забруднювальних атмосферних речовин [1], що, у свою чергу, зумовлює збільшення захворюваності, пов'язаної із забрудненням атмосферного повітря (астма, бронхіт тощо). При цьому інтенсивне поширення захворювання дихальних шляхів збігається з періодом максимального збільшення інтенсивності забруднення повітря в місті, а також залежить від місця проживання і роботи хворих [5].

Ураховуючи, що інтенсивність процесів теплообміну в межах міста суттєво обмежена висотою будівель і маса забрудненого повітря значно більша від маси чистого повітря, можна припустити, що це може значно змінювати процеси теплообміну, здебільшого, через порушення процесів турбулентності.

Унаслідок порушення енергетичного балансу в Києві зафіксовано підвищення середньої температури повітря, порівняно з околицями міста, на  $2-3^\circ \text{C}$  [6; 8]. Причому характерним є максимальне збільшення температури в місцях найбільшої щільності забудови і вздовж автомагістралей, де зафіксоване максимальне забруднення повітря.

Підвищення температури нижніх шарів атмосфери, у свою чергу, обумовлює зменшення вологості повітря, що веде до збільшення часу збереження забруднювальних речовин в атмосфері і відповідно до збільшення часу їх шкідливої дії.

Щодо динаміки екологічного балансу міста, то тут простежуються чіткі закономірності, зумовлені збільшенням рівня забруднення міської території, висоти забудови і щільності міського населення з одночасним зменшенням площі рослинного покриву.

Уперше проблема забруднення повітря в Києві виникла наприкінці ХІХ ст. в зв'язку з масовою забудовою центральної частини міста 2–6-поверховими будинками і використанням як палива кам'яного вугілля і деревини [6].

На сьогодні територія міста характеризується неоднорідним рівнем забруднення атмосфери, максимальним вздовж автомагістралей і навколо промислових підприємств. Рівень забруднення також пов'язаний зі щільністю забудови.

У майбутньому зі збільшенням кількості населення, рівня забруднення атмосфери, висоти і щільності забудови слід очікувати подальшого порушення екологічного балансу Києва, можливі наслідки якого можуть бути зменшені оптимізацією міської території. Цього можна досягти підбором видів рослин, найбільш екологічно ефективних, і реконструкцією існуючих зелених насаджень. Серед інших заходів доцільно надалі обмежувати рух автомашин у місті, підвищувати їх екологічність, а також винести за межі міста шкідливі виробництва.

Суттєвим фактором поліпшення довкілля в місті можуть стати зміни в політиці містобудування щодо впровадження новітніх технологій будівництва, які можуть забезпечити достатню природну аерацію території, з повною відмовою від екологічно недоцільної забудови, що сьогодні практикується в місті.

Отже, порушення екологічного балансу сучасного міста, розглянуте на прикладі Києва, пов'язане не тільки з викидами теплової енергії в атмосферу, а також з фізичними і хімічними екологічними факторами.

## Висновки

1. Екологічний баланс міста пов'язаний здебільшого з порушенням енергетичного балансу сонячної енергії. Інші фактори фізичного впливу на довкілля ще відіграють незначну екологічну роль, однак їх значення постійно зростає.
2. На сьогодні можливе поліпшення стану навколишнього середовища зменшенням шкідливих викидів в атмосферу та інших форм забруднення біосфери.
3. Підвищення ефективності рослинного покриву може забезпечити поліпшення біологічного балансу навколишнього природного середовища міста очищенням повітря від забруднювальних речовин.
4. Серед заходів, які можуть забезпечити поліпшення екологічного балансу довкілля міста в цілому, суттєва роль належить заходам з оптимізації забудови міської території, зменшення інтенсивності руху автомашин і викидів в атмосферу.

## Література

1. *Mason N., Hughes P.* Introduction to Environmental Physics. – London, 2001. – 463 p.
2. *Куклев Ю.И.* Физическая экология. – М.: Высш. шк., 2003. – 357 с.
3. *Программа и методика биогеоценотических исследований / В.Н. Сукачев, Н.В. Диолис, Ю.Л. Раунер и др.* – М.: Наука, 1974. – 402 с.
4. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. – М.: Высш. шк. 1980. – 293 с.
5. *Смит Р.П.* Наш дом планета Земля. – М.: Мысль, 1982. – 383 с.
6. *Щербань М.И.* Микроклиматология. – К.: Вища шк., 1985. – 224 с.
7. *Вайсберг Дж.* Погода на земле. Метеорология. – Л.: Гидрометиздат, 1980. – 248 с.
8. *Екологічний атлас Києва.* – К.: КМР, 2003. – 61 с.
9. *Климат Украины / Под. ред. Г.Ф. Приходько.* – Л.: Гидрометиздат. 1967. – 414 с.

Стаття надійшла до редакції 02.11.07.