

**ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ  
ТА ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ГРАНУЛОЦИТІВ КРОВІ МЕШКАНЦІВ РІЗНИХ  
ЗА РІВНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ РАЙОНІВ М. ЗАПОРІЖЖЯ****О. Важненко\*, Ю. Єщенко\*\*, Н. Григорова\*\*, В. Бовт\*\*, В. Єщенко\*\****\*Держуправління охорони навколишнього природного середовища  
в Запорізькій області**вул. 40 років Радянської України, 72 а, Запоріжжя 69035, Україна**\*\*Запорізький національний університет**вул. Жуковського, 66, Запоріжжя 69600, Україна**e-mail: listopad1@ukr.net*

Досліджено зміни вмісту цинку у гранулоцитах крові людей, які мешкають в умовах високого рівня забруднення атмосферного повітря індустриального центру – м. Запоріжжя. Виявлено, що в цьому випадку в організмі людини розвивається дефіцит цинку та секреторного матеріалу у гранулоцитах крові.

*Ключові слова:* цинк, техногенне навантаження, гранулоцити, забруднення атмосферного повітря.

Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілого ряду факторів, серед яких одну з ключових ролей відіграє якість навколишнього природного середовища, особливо атмосферного повітря. Складна екологічна ситуація в Україні зумовила затвердження у грудні 2000 р. „Концепції розвитку охорони здоров'я населення України”. У цьому документі констатується: „Державна політика України у сфері охорони здоров'я спрямована на забезпечення санітарного благополуччя населення, зниження ризиків для здоров'я людини, що пов'язані з забрудненням та шкідливим впливом на довкілля” [7].

Запорізька область належить до найбільш екологічно напружених регіонів України. Багата сировинна база стала основою розвитку потужного гірничо-металургійного й енергетичного комплексу. З іншого боку, високий ступінь техногенного навантаження негативно впливає на стан навколишнього природного середовища. Сучасна екологічна ситуація у Запорізькій області характеризується як складна [2].

Однією з найгостріших проблем є забруднення повітряного басейну. У 2006 р. загальний об'єм викидів в атмосферне повітря становив 378 758,4 т, із яких 258 077,6 т, тобто 68%, – викиди від стаціонарних джерел промислових підприємств, а решта – викиди пересувних джерел.

Основними забруднювачами області є підприємства і транспорт м. Запоріжжя, на які припадає близько 60% загальних викидів області в атмосферне повітря. Щільність викидів забруднюючих речовин по місту на 1 км<sup>2</sup> тільки від стаціонарних джерел становила 537,6 т, тоді як у середньому по Україні цей показник сягав лише 8,0 т [4,5].

Запоріжжя є одним із лідерів за ступенем забруднення повітряного басейну не тільки в масштабах області, а й загалом по Україні. Проаналізувавши статистичні дані областей Південно-Східного регіону України за 2006 р., ми встановили, що серед шістьох міст – великих промислових центрів – м. Запоріжжя зайняло IV місце за викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел. З табл. 1 видно, що за

Таблиця 1

Кількість забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення (тис. т)  
у динаміці 2000–2006 рр.

Назва міста	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Запоріжжя	135,5	125,7	123,9	130,5	151,9	153,9	149,5
Донецьк	198,0	165,9	167,9	161,1	197,5	168,9	169,9
Маріуполь	340,4	363,6	369,9	401,6	418,9	425,7	426,7
Дніпропетровськ	97,3	118,9	106,5	115,5	111,1	128,8	127,1
Кривий Ріг	443,4	454,9	465,2	425,2	447,0	523,9	577,5
Дніпродзержинськ	105,0	111,2	126,7	128,4	127,0	126,1	128,1

період 2000–2006 рр. викиди збільшилися приблизно на 14 тис. т/рік, хоча до 2002 р., а також у 2006 р. – спостерігалася тенденція до незначного зменшення.

Основними причинами забруднення атмосферного повітря міста є потужний промисловий комплекс і застарілі технології й устаткування, на базі яких функціонують підприємства. Основні підприємства міста побудовані у 30-х роках ХХ ст. і функціонують до теперішнього часу. Так, коксові батареї ВАТ “Запоріжжкокс” задіяні в безперервній експлуатації більш ніж 25 років і виробили свій ресурс. У процесі коксування відбувається “підсмоктування” сирого коксового газу та викид його через труби коксових батарей, що призводить до забруднення атмосферного повітря фенолом на значних відстанях. Мартенівське виробництво функціонує на ВАТ “Запоріжсталь” із 30-х років ХХ ст. і т.д. [2, 8].

На території міста зареєстровано більше 230 підприємств, поставлених на державний облік (згідно з “Інструкцією про порядок та критерії взяття на державний облік об’єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров’я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря”, затвердженою наказом Мінприроди від 10 травня 2002 року № 177), серед яких є підприємство, що входить до переліку „10 підприємств – найбільших забруднювачів загальнодержавного значення”, та чотири підприємства, які входять до переліку „100 підприємств – найбільших забруднювачів загальнодержавного значення”. Основними забруднювачами атмосферного повітря м. Запоріжжя вважаються 11 підприємств, які складають загальний промисловий майданчик у Заводському й Ордонікідзевському районах: ВАТ “Запоріжсталь” (78,4 тис. т), ВАТ “Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат” (11,2 тис. т), ВАТ “Запорізький завод феросплавів” (33,9 тис. т), ВАТ “Дніпроспецсталь” (3,4 тис. т), ВАТ “Запоріжжкокс” (5,2 тис. т), ВАТ “Український графіт” (2,2 тис. т), ВАТ “Запоріжвогнетрив” (1,1 тис. т), ДП “Кремніполімер” (0,4 тис. т), ВАТ “Запоріжсклофлюс” (0,4 тис. т), КП “Запорізький титано-магнієвий комбінат” (0,8 тис. т). Лише ВАТ “Запорізький абразивний комбінат” (7,2 тис. т) розташоване у Шевченківському районі м. Запоріжжя і не входить у межі загального промислового майданчика.

Ці підприємства здійснюють викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря через 2 787 джерел викидів, із яких 2 581 – організовані, і лише 984 – оснащені газоочисними установками. Викиди від усіх підприємств – основних забруднювачів атмосферного повітря – становили більше 95% викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста.

Ситуацію ускладнюють кліматичні особливості регіону. Місто Запоріжжя перебуває в кліматичних умовах, для яких характерні несприятливі метеоумови (НМУ) роз-

сіювання шкідливих викидів (температурні інверсії, штили й т.д.), що призводить до нагромадження промислових викидів у житлових районах. Водночас система регулювання викидів забруднюючих речовин у період НМУ працює не в повному обсязі [2, 8].

У табл. 2 представлені дані щодо викидів забруднювальних речовин у різних районах міста, які ми отримали після зведення статистичних звітів промислових підприємств.

Із табл. 2 видно, що найбільше викидів здійснюється підприємствами Заводського району (83% усіх викидів міста), де сконцентровані основні промислові підприємства міста. Найменше викидів у Хортицькому районі, де практично відсутні великі підприємства.

Таблиця 2

Об'єми викидів забруднювальних речовин в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у 2006 р. по районах м. Запоріжжя

Досліджуваний район	Всього, т	Процентне відношення до 2005 р., %	Збільшення (+)/ зменшення (-) проти 2005 р.	Розподіл об'ємів викидів, %
Усі райони м. Запоріжжя	149464,591	97,1	-4399,300	100,0
Жовтневий р-н	443,655	83,5	-87,435	0,3
Заводський р-н	124108,489	97,6	-3052,082	83,0
Комунарський р-н	1243,537	87,9	-171,310	0,8
Ленінський р-н	614,033	90,3	-65,617	0,4
Орджонікідзевський р-н	13754,884	92,3	-1147,937	9,2
Хортицький р-н	505,283	93,7	-33,812	0,3
Шевченківський р-н	8794,710	101,8	158,893	5,9

Таблиця 3

Викиди забруднювальних речовин згідно із замірами під факелом джерел викидів промислових підприємств у 2006 р.

№	Досліджувана речовина	Кількість досліджень, які перевищують ГДК	Максимальні перевищення (частки ГДК, адреса)
1.	Зважені речовини	До 1,5 ГДК – 239 досліджень 1,5–2,0 ГДК – 177 досліджень 2,0–3,0 ГДК – 113 досліджень	6,5 ГДК – Заводський р-н, Запоріжжя-Ліве, вул. Автобусна
2.	Сірковуглець	До 1,5 ГДК – 12 досліджень 1,5–2,0 ГДК – 25 досліджень 2,0–3,0 ГДК – 2 досліджень	4,3 ГДК – Заводський р-н, Павло-Кічкас, вул. Історична
3.	Двоокис азоту	До 1,5 ГДК – 271 досліджень 1,5–2,0 ГДК – 112 досліджень 2,0–3,0 ГДК – 53 досліджень	5,3 ГДК – Орджонікідзевський р-н, вул. Перемоги
4.	Фенол	До 1,5 ГДК – 172 досліджень 1,5–2,0 ГДК – 102 досліджень 2,0–3,0 ГДК – 61 досліджень	4,3 ГДК – Орджонікідзевський р-н, вул. Верхня
5.	Сірководень	До 1,5 ГДК – 86 досліджень 1,5–2,0 ГДК – 124 досліджень 2,0–3,0 ГДК – 14 досліджень	4,5 ГДК – Орджонікідзевський р-н, вул. Миру-Рекордна
6.	Фтористий водень	До 1,5 ГДК – 116 досліджень 1,5–2,0 ГДК – 36 досліджень 2,0–3,0 ГДК – 5 досліджень	6,65 ГДК – Ленінський р-н, вул. Верхня

Ці ж показники підтверджуються даними підфакельних спостережень Запорізької міської СЕС, згідно з якими у 2006 р. вище середньоміського рівня (більш ніж на 25%) атмосферне повітря було забруднене у Заводському районі. Високий рівень також спостерігається в Орджонікідзевському районі. Практично не відзначалося перевищень ГДК під факелом підприємств лише у Хортицькому районі [2]. Таким чином, Хортицький район у межах м. Запоріжжя несе найменше техногенне навантаження і є найбільш екологічно безпечним. Дані щодо максимальних перевищень по основних речовинах і місць, де їх було зафіксовано, наведені у табл. 3.

Таким чином, максимальні перевищення ГДК в основному спостерігались у Заводському й Орджонікідзевському районах.

Загалом якість атмосферного повітря, оцінена згідно з п. 8.16 „Санітарних правил охорони атмосферного повітря населених місць” ДСП-201-97 за рівнем забруднення, залишається „неприпустимою”, а за ступенем небезпеки – „помірковано небезпечною” [2].

Крім оцінки стану повітряного басейну, дуже важливими є вивчення змін в організмі людини, яка мешкає у середовищі з високим рівнем забруднення атмосферного повітря [3, 11]. Вплив негативних факторів викликає порушення обміну речовин у клітинах, які належать до неспецифічного адаптаційного синдрому клітинної системи [НАСКС] [1]. Оскільки цинк входить до складу багатьох металоферментів [15, 16], стабілізує клітинні мембрани [12], то стан обміну цинку вимагає особливої уваги при вивченні метаболічних зрушень у клітинах. Більшість ознак НАСКС пов'язані з мембранною проникністю, тобто можуть бути результатом дефіциту цинку у клітинах. Можна припустити, що дія на організм несприятливих факторів супроводжується відповідними за ступенем вираженості порушеннями обміну цинку в клітинах. Доведено, що за вмістом цинку у фракції зернистих лейкоцитів можна судити про стан його обміну в цілому організмі, тобто виявляти цинкову недостатність за допомогою досліджень гранулоцитів крові [13, 14]. Зменшення вмісту цього елемента в клітинах вказує на розвиток цинкової недостатності, при якій знижується функція імунної та інших систем організму, слабшають захисні сили організму проти негативних факторів, знижується працездатність.

Для визначення функціонального стану зернистих лейкоцитів і вмісту в них цинку ми використовували дитизон (дифенілтиокарбазон) та 8-(паратолуолсульфоніламіно)-хінолін (8-ТСХ). Дитизон призначений для світлової мікроскопії. 8-ТСХ дає високоселективну люмінесцентну реакцію, тому його використовували для підкріплення даних, отриманих за допомогою дитизону. Наявні в літературі відомості [6], що вказують на зв'язок цинку з білками, зробили необхідними дослідження секреторного матеріалу гранулоцитів крові за допомогою забарвлення мазків метиловим зеленим-еозином (МЗЕ).

Метою даного дослідження було визначити стан обміну цинку у людей, які мешкають у районах м. Запоріжжя із різним техногенним навантаженням.

Для визначення впливу забруднення атмосферного повітря на вміст цинку у гранулоцитах крові людини обрали 3 групи осіб: перша – мешканці відносно екологічно безпечного Хортицького району м. Запоріжжя (15 осіб), де практично не спостерігається перевищення ГДК та відсутні великі промислові підприємства, друга – мешканці найбільш техногенно навантаженого Заводського району (14 осіб), третя – мешканці також екологічно забрудненого Орджонікідзевського району м. Запоріжжя (12 осіб). Перша група слугувала контролем. Загальна кількість мешканців, яких було обстежено, – 41 особа.

Кров у людей брали з пальця. Мазки крові фіксували у парах формаліну з подальшим фарбуванням протягом 3 год 0,2%-ним водно-аміаковим розчином дитизону. Крім того, мазки крові протягом 1 хв обробляли 0,01%-ним ацетоновим розчином 8-ТСХ. Дослідження секреторного матеріалу проводили так. Згідно з вказаним методом, після фіксації у парах формаліну мазки спочатку фарбували 1%-ним розчином метилового зеленого (1 хв), після чого їх повторно фіксували у парах формаліну (30 хв), промивали дистильованою водою (5 хв), фарбували 0,5%-ним розчином еозину (30 хв), повторно промивали дистильованою водою та закладали в желатин [6].

На препаратах, забарвлених дитизоном, у цитоплазмі зернистих лейкоцитів виявляли червоні гранули, кількість яких була показником вмісту цинку у клітинах. На препаратах, забарвлених МЗЕ, гранули секреторного матеріалу мали фіолетовий колір.

Мазки крові, оброблені 8-ТСХ, розглядали під люмінесцентним мікроскопом. У гранулоцитах виявляли жовто-зелену люмінесценцію. Для збудження люмінесценції застосовували світлофільтр ФС-1, захисним (окулярним) слугував світлофільтр зі скла ЖС-18.

Інтенсивність цитохімічних реакцій оцінювали за трибальною системою, яку запропонували В. В. Соколовський [9], Ф. Хейхоу та Д. Квагліно [10]. За один бал приймали слабопозитивну, за два бали – помірну, за три бали – виражену за інтенсивністю реакцію.

У мазках крові, забарвлених за методом МЗЕ, інтенсивність реакції у мешканців екологічно безпечного Хортицького району становила  $1,0 \pm 0,08$ , тоді як в осіб, що мешкають у Заводському районі,  $0,6 \pm 0,03$  у.о. ( $P < 0,001$ ), а в Орджонікідзевському районі –  $0,7 \pm 0,05$  у.о. ( $P < 0,01$ ).

При використанні дитизону на препаратах крові контрольної групи інтенсивність реакції становила  $1,2 \pm 0,11$  у.о., у другій групі –  $0,8 \pm 0,09$  у.о. ( $P < 0,001$ ), а у третій –  $0,9 \pm 0,06$  у.о. ( $P < 0,001$ ).

На препаратах крові, оброблених 8-ТСХ, у контролі інтенсивність реакції становила  $1,3 \pm 0,10$  у.о. У мешканців Заводського й Орджонікідзевського районів цей показник становив відповідно  $1,1 \pm 0,08$  у.о. ( $P < 0,001$ ) та  $1,0 \pm 0,08$  у.о. ( $P < 0,01$ ).

Наведені дані засвідчують суттєву відмінність від контролю у другій і третій групах обстежених осіб, що вказує на розвиток дефіциту цинку та секреторного матеріалу в клітинах (табл. 4).

Високий рівень забруднення атмосферного повітря негативно впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я населення. Екологічна ситуація у м. Запоріжжя характеризується як складна. Рівні забруднення атмосферного повітря як у

Таблиця 4

Інтенсивність цитохімічних реакцій дитизону, МЗЕ та 8-ТСХ у гранулоцитах крові людей ( $\bar{X} \pm m$ )

Група обстежених осіб	Інтенсивність реакції, у.о.		
	МЗЕ	Дитизон	8-ТСХ
Контроль n=15	$1,0 \pm 0,08$	$1,2 \pm 0,11$	$1,3 \pm 0,10$
I група n=14	$0,6 \pm 0,03^{***}$	$0,8 \pm 0,09^{***}$	$1,1 \pm 0,08^{***}$
II група n=12	$0,7 \pm 0,05^{**}$	$0,9 \pm 0,06^{***}$	$1,0 \pm 0,08^{**}$

Примітка. \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$  порівняно з контролем.

місті, так і загалом в області, продовжують залишатися високими. Забруднення та здійснення негативного антропогенного впливу на стан повітряного басейну значно перевищує санітарні норми.

У процесі дослідження встановлено, що у мешканців техногенно навантажених районів спостерігалось зниження цитохімічних реакцій дитизону, МЗЕ та 8-ТСХ у гранулоцитах крові. Це вказує на розвиток дефіциту цинку у зернистих лейкоцитах крові, що може слугувати показником незадовільного стану обміну цинку в цілому організмі. Це, у свою чергу, призводить до зниження адаптивних можливостей організму щодо дії небезпечних факторів зовнішнього середовища. З великою часткою ймовірності можна припустити, що використання дієти, багатой на цинк, а також цинковмісних препаратів сприятиме підвищенню адаптивних можливостей організму щодо дії небезпечних факторів довкілля.

1. Браун А. Д., Моженок Т. П. Неспецифический адаптационный синдром клеточной системы. Л.: Наука, 1987. 238 с.
2. Бюлетень стану навколишнього середовища м. Запоріжжя за 2006 рік // Запорізька міська санітарно-епідеміологічна станція. Запоріжжя, 2007. 9 с.
3. Деревянко Я. Я., Рахимова Т. Б., Валявская Г. И. Загрязнение окружающей природной среды и здоровье населения // Экология и промышленность. 2006. № 3. С. 11–14.
4. Довкілля області за 2006 рік. Статистичний збірник // Головне управління статистики у Запорізькій області. Запоріжжя, 2006. 138 с.
5. Довкілля України. Статистичний збірник // Державний комітет статистики України. К., 2006. 255 с.
6. Єщенко В. А. Гистохимическое исследование цинка // Цитология. 1978. Т. 20. С. 927–933.
7. Касьяненко О. А., Касьяненко Г. Я. Забруднення довкілля важкими металами і стан здоров'я дитячого населення // Довкілля та здоров'я. 2005. № 1. С. 23–27
8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Запорізькій області у 2006 році // Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Запорізькій області. Запоріжжя, 2007. 170 с.
9. Соколовский В. В. Гистохимические исследования в токсикологии. Л.: Медицина, 1971. 172 с.
10. Хейхоу Ф., Кваглино Д. Гематологическая цитохимия. М.: Медицина, 1983. 320 с.
11. Шкуро В. В. Еколого-гігієнічні проблеми сучасного урбанізованого міського середовища // Екологічний вісн. 2005. № 4. С. 8–10.
12. Bettger W. T., O'Dell B. L. A critical physiological role of zinc in the structure and function of biomembranes // Life Sci. 1981. Vol. 28. P. 1425–1438.
13. Prasad A. S. Neutrophill zinc: an indicator of zinc status in man // Trans. Assoc. Amer. Physicians. 1982. Vol. 95. P. 165–176.
14. Prasad A. S. Laboratory diagnosis of zinc deficiency // J. Amer. Coll. Nutr. 1985. Vol. 4. P. 591–598.
15. Vallee B. L. Zinc: biochemistry, physiology, toxicology and clinical pathology // Biofactors. 1988. Vol. 1. P. 31–36.
16. Vallee B. L., Auld D. S. Zinc coordination, function and structure of zinc enzymes and other proteins // Biochem. 1990. Vol. 29. N 24. P. 5647–5659.

**INVESTIGATION OF HUMAN BLOOD GRANULOCYTES STATE OF ZAPORIZHZHYA CITIZENS****O.Vazhnenko\*, J. Eshchenko\*\*, N. Grigorova\*\*, V. Bovt\*\*, V. Eshchenko\*\****\*State Administration of Natural Environment in Zaporizhzhya Region  
72 a, 40 years of the Soviet Ukraine St., Zaporizhzhya 69600, Ukraine**\*\*Zaporizhzhya National University  
66, Zhukovskiy St., Zaporizhzhya 69035, Ukraine  
e-mail: listopad 1@ukr .net*

Changes of zinc content in blood granulocytes were investigated in persons who lived in conditions of high level of technogenic load of industrial centre – Zaporizhzhya. It was discovered that in this case a deficiency of zinc and secretory material develops in the cells of human organism.

*Key words:* zinc, technogenic load, granulocytes, air pollution.

Стаття надійшла до редколегії 08.04.08

Прийнята до друку 05.05.08