

ВІКОВІ ТА СТАТЕВІ ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІЙНО-РЕЗЕРВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ШКОЛЯРІВ, ЯКІ ПРОЖИВАЮТЬ У РІЗНИХ УМОВАХ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ

Коржик О. В., Дмитроца О. Р., Моренко А. Г.

ВСТУП

Відомо, що стан здоров'я відображає динамічну рівновагу між природним середовищем і організмом. На здоров'я людини впливають генетичні фактори, спосіб життя та умови навколишнього середовища. У той же час на сучасному етапі розвитку суспільства вивчення екологічного впливу на стан здоров'я дітей набуває все більшої актуальності.

Особливо хвилюючим є стан здоров'я дітей різного віку. За період навчання у школі зростає поширеність захворювань серед учнів у 1,8 рази: від 120,7 на 100 дітей у молодшому шкільному віці до 176,0 – у середньому та 218,9 – у старшому^{1, 2}. Підвищена чутливість організму школярів до факторів зовнішнього середовища збільшує ризик виникнення порушень розвитку та стану здоров'я дитини. Серед таких чутливих етапів онтогенезу згідно існуючих у науковій літературі відомостей вважається період розвитку стінок судин і серця (12-13 років), а також період розвитку енергетичних систем організму (12 років)^{3, 4}.

Варто зауважити, що за даними ряду науковців забруднення атмосферного повітря є одним із провідних факторів ризику, що не тільки впливає на виникнення патології дихальної системи, але й збільшує ризик госпіталізації та смертності, що пов'язані з серцево-

¹ Гозак С.В., Парац А.М., Єлізарова О.Т., Шумак О.В., Філоненко О.О. Гігієнічне обґрунтування гранично допустимого навчального навантаження учнів у загальноосвітніх навчальних закладах. Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України. 2017. Випуск 3. С. 203 – 249.

² Скринінгова оцінка адаптаційно-резервних можливостей дітей шкільного віку / за ред. Полька Н. С., Гозак С. В., Єлізарова О.Т., Станкевич Т.В. та ін. ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М.Марзєєва НАМН України», 2013. 22с.

³ Коц В. П., Коц С. М. Характеристика функціональних показників серцево-судинної системи організму дітей шкільного віку. ХНПУ. «Біологія та валеологія». 2016. Випуск 18. С. 125 – 134.

⁴ Коц С. М., Коц В. П. Дослідження функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку. Альманах науки. 2019. № 11/1(32). С. 4 – 7.

судинною патологією^{5,6,7,8,9}. Водночас моніторингові та епідеміологічні дослідження, проведені в багатьох країнах світу, доводять, що численні негативні ефекти для здоров'я спричиняються саме забрудненням атмосферного повітря твердими частками пилу^{10, 11}. Згідно публічної інформації про стан навколишнього середовища у Волинській області (2018 – 2021 роки), відбувається погіршення якості довкілля, санітарного стану території, фіксуються перевищення концентрацій забруднюючих речовин. Головними причинами, що обумовлюють незадовільний стан атмосферного повітря в населених пунктах є недотримання підприємствами технологічного режиму експлуатації пилогазоочисного устаткування; низькі темпи впровадження сучасних технологій очищення викидів, зростання одиниць автомобільного транспорту, які не забезпечені приладами для нейтралізації відпрацьованих газів, і, як наслідок, збільшується кількість викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря. У загальному обсязі викидів від стаціонарних джерел забруднення переважають метан (19,1 %), речовини у вигляді твердих суспендованих частинок (30,3 %) та оксид вуглецю (22,4 %). Найменша щільність викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел припадає на Камінь-Каширський район, тоді як найвища щільність викидів спостерігається у Луцькому та Володимир-Волинському районах¹².

⁵ Du Y., Xu X., Chu M., Guo Y., Wang J. Air particulate matter and cardiovascular disease: the epidemiological, biomedical and clinical evidence. *J Thorac Dis.* 2016. Vol. 8(1). E8–E19.

⁶ Lawal A. O. Air particulate matter induced oxidative stress and inflammation in cardiovascular disease and atherosclerosis: The role of Nrf2 and AhR-mediated pathways. *Toxicol Lett.* 2017. Vol. 270. P. 88 – 95.

⁷ Tanwar V., Katapadi A., Adelstein J.M. Cardiac pathophysiology in response to environmental stress: a current review. *Current Opinion in Physiology.* 2018. Vol. 1. P. 198 – 205.

⁸ Антипкін Ю. Г., Волосовець О. П. Забруднення повітря та стан здоров'я дитячого населення України. *Український журнал Перинатологія і Педіатрія.* 2020. № 3(83). С-31 – 39.

⁹ Маремуха Т. П. Гігієнічна оцінка забруднення атмосферного повітря теплоенергетичними об'єктами. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук: 14.02.01 / ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України». Київ, 2021. 204 с.

¹⁰ Jo Y. S., Lim M. N., Han Y.-J., Kim W. J. Epidemiological study of PM2. 5 and risk of COPD-related hospital visits in association with particle constituents in Chuncheon, Korea. *Int. J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* 2018. Vol.13. P. 299.

¹¹ Pope C. A., Turner M. C., Burnett R. T. et al. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders, and cardiovascular mortality. *Circ. Res.* 2015. Vol. 116 (1). P.108.

¹² Регіональна доповідь про стан довкілля Волинської області. URL: <https://voladm.gov.ua/article/regionalna-dopovid-pro-stan-dovkillya/>

Таким чином, зростання рівня захворюваності серед дитячого населення, що пов'язане з екологічними факторами, потребує додаткових досліджень, проведених, зокрема, у межах Волинської області.

Мета роботи: дослідження вікових та статевих особливостей функціонального стану серцево-судинної системи та адаптаційних можливостей організму школярів, які проживають та навчаються у районах Волинської області із найменшою (Камінь-Каширський) та найвищою (Луцький район) щільністю викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел.

1. Контингент та методи дослідження

Обстежували школярів (віком 12 та 13 років), чоловічої та жіночої статей, здорових. Загальна кількість хлопців та дівчат, які взяли участь у дослідженні становила 200 осіб. Усіх дітей було поділено на дві обстежувані групи залежно від умов екологічного впливу: школярі, які проживають і навчаються (комунальний заклад «Луцький ліцей № 26 Луцької міської ради Волинської області) у районі з найвищою щільністю викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел (група «Місто») та школярі, які проживають і навчаються (ЗЗСО «Камінь-Каширський ліцей № 2) у районі із найменшою щільністю викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (група «Селище міського типу»).

Для вирішення поставлених завдань були використані наступні дослідницькі методи: антропометричні (ріст, см; маса тіла, кг), фізіометричні (частота серцевих скорочень (ЧСС), уд./хв., артеріальний тиск (АТ), мм. рт. ст.). Для оцінки стану серцево-судинної системи (ССС) обстежуваних школярів визначали адаптаційний потенціал за методом Р.М. Баєвського (ум. од.) та індекс Робінсона (ум. од.). Усі вимірювання проводили за умов освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти, в першій половині дня. Дослідження виконувалось упродовж 2018 року. Участь школярів у дослідженні відповідала усім загальноприйнятим біоетичним нормам, а їхні батьки надали інформовану згоду на участь.

Під час оцінки поточного функціонального стану системи кровообігу у дітей шкільного віку двох обстежуваних груп розраховували такий показник, як відхилення фактичних величин артеріального (Відх АТ_{сист}) та діастолічного (Відх АТдіаст) тиску за формулами¹³:

$$\text{Відх АТ}_{\text{сист}} = \phi \text{АТ}_{\text{с}} - (91 + 0,5 \times \text{В} + 0,10 \times \text{МТ}), \text{ для хлопців}$$

¹³ Маліков М.В., Сватєв А.В., Богдановська Н.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Запоріжжя : ЗДУ, 2006. 227 с.

Відх $AT_{\text{сист}} = \phi AT_{\text{с}} - (88 + 0,7 \times B + 0,15 \times MT)$, для дівчат

Відх $AT_{\text{діаст}} = \phi AT_{\text{д}} - (58 + 0,10 \times B + 0,15 \times MT)$, для хлопців

Відх $AT_{\text{діаст}} = \phi AT_{\text{д}} - (62 + 0,17 \times B + 0,10 \times MT)$, для дівчат

де $\phi AT_{\text{с}}$ – фактична (реєстрована поточний момент часу) величина артеріального тиску систолічного, мм.рт.ст; $\phi AT_{\text{д}}$ – фактична (реєстрована в поточний момент часу) величина артеріального тиску діастолічного, мм.рт.ст; B – вік, роки; MT – маса тіла, кг.

Нормальні величини Відх $AT_{\text{сист}}$ та Відх $AT_{\text{діаст}}$ складають від 0 до 30 мм.рт.ст.

Індекс Робінсона характеризує ефективність функціонування серцево-судинної системи, систолічну роботу серця та аеробні можливості організму. Індекс Робінсона (IP), в умовних одиницях розраховували за формулою:

$$IP = ЧСС \times AT_{\text{сист}} / 100,$$

де ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; $AT_{\text{сист}}$ – артеріальний тиск систолічний, мм.рт.ст.

За показниками індексу Робінсона оцінювали стан резервів серцево-судинної системи: низький – 101 у. о.; нижчий за середній – 91–100 у. о.; середній – 90–81 у. о.; вищий за середній – 80–75 у. о.; високий – 74 у. о.¹⁴ Чим нижчий показник індексу Робінсона у стані спокою, тим вищі аеробні можливості серцево судинної системи та рівень здоров'я.

Загальний аналіз адаптивних можливостей серцево-судинної системи школярів 12-13 років, мешканців міської і сільської місцевостей проводили за допомогою методики Р.М. Баєвського. Адаптаційний потенціал (АП) серцево-судинної системи розраховували за формулою:

$$АП = 0,011 \times ЧСС + 0,014 \times AT_{\text{с}} + 0,008 \times AT_{\text{д}} + \\ + 0,014 \times B + 0,009 \times MT - 0,009 \times D - 0,27,$$

де ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; $AT_{\text{с}}$ – систолічний артеріальний тиск, мм рт. ст; $AT_{\text{д}}$ – діастолічний артеріальний тиск, мм рт. ст; B – вік, роки; MT – маса тіла, кг; D – довжина тіла, см.

Значення оцінки адаптаційного потенціалу за Р.М. Баєвським: $АП \leq 2,1$ бала – нормальна, задовільна адаптація; від 2,11 до 3,2 бала – напружений механізм адаптації; від 3,21 до 4,3 бала – незадовільна адаптація; більше > 4,3 бала – зрив адаптації¹⁵.

Вибір доцільних критеріїв статистичного аналізу даних був обумовлений дослідницькими цілями, а також відповідністю отриманих числових величин нормальному закону розподілу (за критерієм Шапіро-Вілка, при $p > 0,05$). Для встановлення наявності або ж відсутності статевих та вікових відмінностей значень розрахункових величин у

¹⁴ Виноградов О. О., Виноградов О. А., Боярчук О. Д. Вікова фізіологія : метод. рек. до практ. робіт. Луганськ : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. 50 с.

¹⁵ Коц С., Коц В., Коваленко П. Функціональний стан серцево-судинної системи дітей шкільного віку. Graif of Science. 2022. №12-13. С. 220 –227.

школярів обох обстежуваних груп використовували непараметричний критерій Манна-Уїтні. Усі встановлені відмінності вважали статистично достовірними при $p < 0,05$. Як описову статистику розраховували медіану зі значеннями 25% та 75% перцентилів (Me [25%; 75%]). Аналіз числових даних здійснювали за допомогою програмного пакета STATISTICA 7.0 (StatSoft). Для візуалізації результатів дослідження використали Microsoft Excel 2010.

2. Результати дослідження та їхнє обговорення

Нами було проведено моніторинг функціонального стану серцево-судинної системи сучасних школярів та дослідження адаптаційних можливостей залежно від їх місця проживання та навчання. Аналіз відхилення фактичного значення артеріального тиску від належного дозволив встановити нормальні величини показника у переважній більшості дітей обох обстежуваних груп. Враховуючи вік та статеву приналежність дітей, для 12-річних школярів (особливо серед дівчат), які проживають у сільській місцевості, нами виявлено вищу частку осіб зі зниженими значеннями систолічного і діастолічного тиску. Напротивагу, для 13-річних відхилення $AT_{\text{сист}}$ та $AT_{\text{діаст}}$ фіксували в обстежуваній групі міських жителів (особливо серед хлопців) (рис. 1-2).

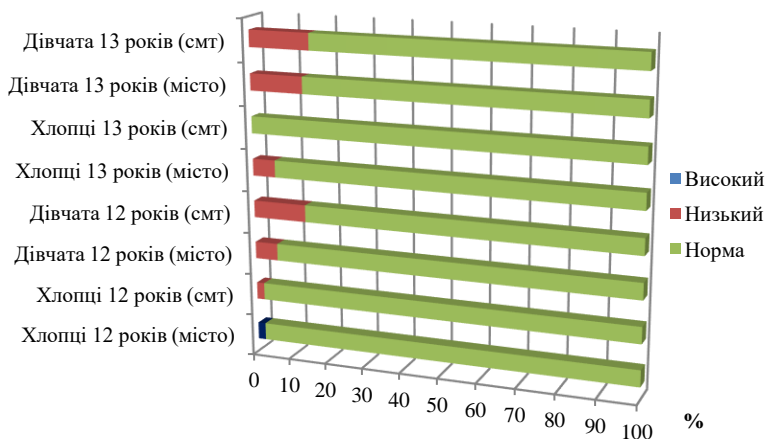


Рис. 1. Відсотковий розподіл обстежуваних школярів залежно від відхилення артеріального тиску систолічного від належних величин

Примітки до рис. 1-2: «місто» – школярі, які проживають і навчаються у міській місцевості; «снт» – школярі, які проживають і навчаються у селіщі міського типу.

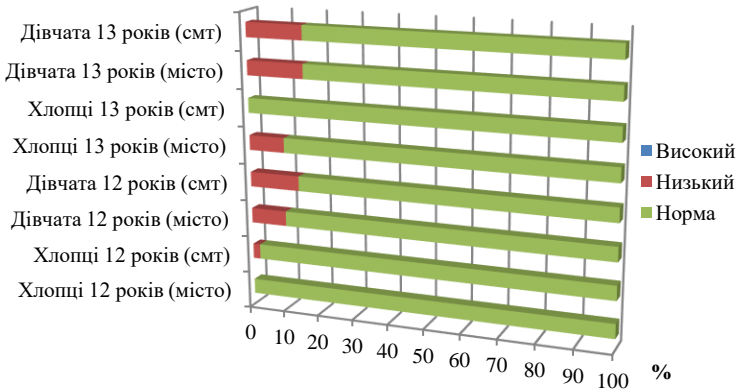


Рис. 2. Відсотковий розподіл обстежуваних школярів залежно від відхилення артеріального тиску діастолічного від належних величин

Аналізуючи статеві особливості адаптаційно-резервних можливостей серцево-судинної системи школярів, встановлено, що, загалом, хлопці обох обстежуваних груп характеризувалися задовільним рівнем механізмів адаптації (табл. 1). Проте для сільських жителів-хлопців, порівняно із дівчатами, виявлено дещо збільшені значення показника у сторону потенційного виникнення напруженості механізмів адаптації ($p < 0,05$).

Таблиця 1

Показники адаптаційного потенціалу у дівчат та хлопців 12-13 років, які проживають у різних умовах екологічного впливу

Група	Стать		Вік	
	Хлопці Me [25%; 75%]	Дівчата Me [25%; 75%]	12 років Me [25%; 75%]	13 років Me [25%; 75%]
Місто	2,01 [1,95; 2,09]	1,99 [1,87; 2,1]	1,99 [1,89; 2,09]	2,02 [1,92; 2,1]
Селище міського типу	2,03 [1,96; 2,11]*	1,99 [1,84; 2,06]	2,01 [1,92; 2,1]	2,02 [1,9; 2,08]

Примітка до табл. 1: * – статеві відмінності ($p < 0,05$).

Вищий відсоток осіб із напруженістю механізмів адаптації у групі хлопців встановлено для мешканців сільської місцевості, порівняно із містянами. Тоді як у групі дівчаток такі особливості притаманні для школярів, які проживають і навчаються у міській місцевості (рис. 3).

Особливо збільшується частка осіб із напруженістю механізмів адаптації у 13 років, порівняно із 12-річними.

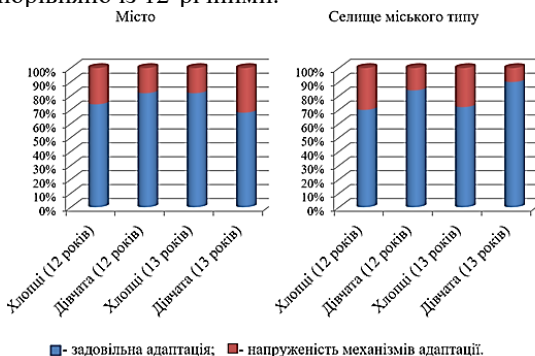


Рис. 3. Відсотковий розподіл обстежуваних школярів 12-13 років залежно від адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи, які проживають у різних умовах екологічного впливу

Загалом, беручи до уваги значення індексу Робінсона, хлопці та дівчата 12-13 років обох обстежуваних груп характеризувалися середнім рівнем економізації функціональних можливостей серцево-судинної системи. Проте, для дівчат, які проживають і навчаються у місті, нами встановлено достовірно вищі значення індексу Робінсона, порівняно із жителями сільської місцевості (табл. 2). Серед жителів сільської місцевості статистичний аналіз дозволив виявити наявність статевих відмінностей. Так, хлопці, порівняно із дівчатами, характеризувалися вищими значеннями індексу Робінсона ($p < 0,05$). Очевидно, це свідчить про нижчий стан резервів, економізації та аеробних можливостей серцево-судинної системи у дівчаток-містян та хлопців- мешканців сільської місцевості.

Таблиця 2

Показники індексу Робінсона у дівчат та хлопців 12-13 років, які проживають у різних умовах екологічного впливу

Група	Стать		Вік	
	Хлопці Me [25%; 75%]	Дівчата Me [25%; 75%]	12 років Me [25%; 75%]	13 років Me [25%; 75%]
Місто	87,4 [82,08; 94,3]	86,4 [80,45; 93,6] #	86,4 [81,05; 95,33]	87,4 [82,5; 93,6]
Селище міського типу	88,4 [82,8; 94,55] *	82,8 [78; 90]	86,25 [81,6; 93,6]	85,5 [81,5; 92,2]

Примітка до табл. 2: * – статеві відмінності ($p < 0,05$); # – міжгрупові відмінності ($p < 0,05$).

Аналіз відсоткового розподілу обстежуваних школярів залежно від значень індексу Робінсона показав низький та нижче середнього його рівень для більшої частки дівчат та хлопців – мешканців міста, порівняно із школярами, які проживають у сільській місцевості (рис. 4).

Встановлено більший відсоток осіб із низьким рівнем індексу Робінсона серед 12-річних школярів-містян, порівняно із сільськими дітьми. У той час як для 13-річних виявлено певну статеву диференціацію у відсотковому розподілу осіб із низьким та нижче середнього рівнем ІР. А саме, низький рівень енергопотенціалу і систолічної роботи серця встановлено для дівчат-містян та хлопців, які проживають і навчаються у сільській місцевості.

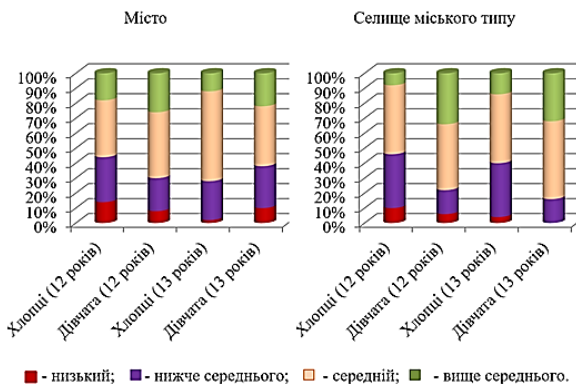


Рис. 4. Відсотковий розподіл обстежуваних школярів 12-13 років залежно від індексу Робінсона, які проживають у різних умовах екологічного впливу

Отже, незважаючи на більшість однонаправлених показників оцінки стану серцево-судинної системи обстежуваних школярів, враховуючи екологічне навантаження, вважаємо, що доцільно проводити їх порівняння з місцевими стандартами. Нині потрібно вважати, що термін використання місцевих стандартів вичерпано, у зв'язку з чим і постає гостра потреба в їх регулярному оновленні.

ВИСНОВКИ

Врахування результатів моніторингу функціонального стану серцево-судинної системи та адаптаційних можливостей організму хлопців та дівчат середнього шкільного віку, які проживають у району Волинської області із різним станом якості атмосферного повітря,

безсумнівно, сприятиме розробці ефективних здоров'язберігаючих та оздоровчих програм.

Встановлено задовільний рівень механізмів адаптації та середній рівень резервів серцево-судинної системи для хлопців та дівчат обох обстежуваних груп. На підставі потенційної небезпеки виникнення напруженості механізмів адаптації та наближення значень індексу Робінсона до рівня нижче середнього, рекомендовано включити хлопців (особливо 13 років), які проживають у сільській місцевості, у групу детального моніторингу за функціональним станом серцево-судинної системи. У той час як серед школярів міста особливої уваги для спостереження за станом адаптаційно-резервних можливостей потребують дівчата.

Чутливий період онтогенезу до виникнення негативних зрушень у функціонуванні серцево-судинної системи, пов'язаних із дією екологічних умов для дівчат встановлено у віці 12 років, а для хлопців – 13 років.

АНОТАЦІЯ

Метою дослідження було встановлення вікових та статевих особливостей функціонального стану серцево-судинної системи та адаптаційних можливостей організму школярів, які проживають та навчаються у районах Волинської області із найменшою (Камінь-Каширський) та найвищою (Луцький район) щільністю викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел. Для вирішення поставлених завдань були використані наступні методи: антропометричні, фізіометричні, визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи за методом Р.М. Баєвського, індексу Робінсона. Врахування результатів моніторингу адаптаційно-резервних можливостей серцево-судинної системи організму хлопців та дівчат середнього шкільного віку, які проживають у районах Волинської області із різним станом якості атмосферного повітря, безсумнівно, сприятиме розробці ефективних здоров'язберігаючих та оздоровчих програм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гозак С.В., Парац А.М., Єлізарова О.Т., Шумак О.В., Філоненко О.О. Гігієнічне обґрунтування гранично допустимого навчального навантаження учнів у загальноосвітніх навчальних закладах. *Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України*. 2017. Випуск 3. С. 203 – 249.
2. Скринінгова оцінка адаптаційно-резервних можливостей дітей шкільного віку / за ред. Полька Н. С., Гозак С. В., Єлізарова О.Т.,

Станкевич Т.В. та ін. ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України», 2013. 22 с.

3. Коц В. П., Коц С. М. Характеристика функціональних показників серцево-судинної системи організму дітей шкільного віку. *ХНПУ. «Біологія та валеологія»*. 2016. Випуск 18. С. 125 – 134.

4. Коц С. М., Коц В. П. Дослідження функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку. *Альманах науки*. 2019. № 11/1(32). С. 4 – 7.

5. Du Y., Xu X., Chu M., Guo Y., Wang J. Air particulate matter and cardiovascular disease: the epidemiological, biomedical and clinical evidence. *J Thorac Dis*. 2016. Vol. 8(1). E8–E19.

6. Lawal A. O. Air particulate matter induced oxidative stress and inflammation in cardiovascular disease and atherosclerosis: The role of Nrf2 and AhR-mediated pathways. *Toxicol Lett*. 2017. Vol. 270. P. 88 – 95.

7. Tanwar V., Katapadi A., Adelstein J.M. Cardiac pathophysiology in response to environmental stress: a current review. *Current Opinion in Physiology*. 2018. Vol. 1. P. 198 – 205.

8. Антипкін Ю. Г., Волосовець О. П. Забруднення повітря та стан здоров'я дитячого населення України. *Український журнал Перинатологія і Педіатрія*. 2020. № 3(83). С. 31 – 39.

9. Маремуха Т. П. Гігієнічна оцінка забруднення атмосферного повітря теплоенергетичними об'єктами. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук: 14.02.01 / ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України». Київ, 2021. 204 с.

10. Jo Y. S., Lim M. N., Han Y.-J., Kim W. J. Epidemiological study of PM_{2.5} and risk of COPD-related hospital visits in association with particle constituents in Chuncheon, Korea. *Int. J. Chronic Obstr. Pulm. Dis*. 2018. Vol.13. P. 299.

11. Pope C. A., Turner M. C., Burnett R. T. et al. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders, and cardiovascular mortality. *Circ. Res*. 2015. Vol. 116 (1). P.108.

12. Регіональна доповідь про стан довкілля Волинської області у 2021 році. URL: <https://voladm.gov.ua/article/regionalna-dopovid-pro-standovkillya/>

13. Маліков М.В., Сватєєв А.В., Богдановська Н.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Запоріжжя : ЗДУ, 2006. 227 с.

14. Виноградов О. О., Виноградов О. А., Боярчук О. Д. Вікова фізіологія : метод. рек. до практ. робіт. Луганськ : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. 50 с.

15. Коц С., Коц В., Коваленко П. Функціональний стан серцево-судинної системи дітей шкільного віку. *Grail of Science*. 2022. № 12-13. С. 220 –227.

Information about the authors:

Korzhyk Olha Vasylivna,

Candidate of Biological Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Human and Animal Physiology
Lesya Ukrainka Volyn National University
13, Voli ave., Lutsk, 43025, Ukraine

Dmytrotsa Olena Romanivna,

Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Human and Animal Physiology
Lesya Ukrainka Volyn National University
13, Voli ave., Lutsk, 43025, Ukraine

Morenko Alevtyna Hryhorivna,

Doctor of Biological Sciences,
Professor at the Department of Human and Animal Physiology
Lesya Ukrainka Volyn National University
13, Voli ave., Lutsk, 43025, Ukraine