

## ЛІПІДНИЙ СКЛАД СИРОВАТКИ КРОВІ В УМОВАХ СПОЛУЧЕНОГО ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Літовченко О.Л.

*Харківський національний медичний університет,*

*Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна*

*Анотація. Наразі спостерігається повсюдне збільшення числа серцево-судинних захворювань. Серед багатьох чинників, що можуть впливати на здоров'я людини та формують навколишнє середовище є екологічні фактори природного та техногенного походження. У експерименті було досліджено стан ліпідного спектра сироватки крові, як індикатора причин розвитку патологій з боку серцево-судинної системи, при сполученому впливі електромагнітного випромінювання промислової частоти та позитивних низьких температур. Результати дослідження свідчать про синергічний ефект у бік атерогенності, який проявлявся дисліпопротеїнемією, гіперхіломікронемією, гіпертригліцеридемією, що вказує на ризик розвитку атеросклерозу та пов'язаних з ним захворювань.*

*Ключові слова: ліпідний обмін, електромагнітне випромінювання, позитивні низькі температури, сполучена дія*

**Вступ.** Навколишнє середовище є життєво важливою складовою в житті людини, але недооціненим фактором ризику, який може сприяти розвитку серцево-судинних захворювань (ССЗ). Серце та судинна система дуже вразливі до ряду екологічних факторів різної природи зокрема: перепадів температури, нестачі харчування, гіпероксії або гіпоксії, поллютантів, неіонізуючого та іонізуючого випромінювання та ін. Така кількість і різноманітність чинників також передбачає можливий взаємозв'язок їх між собою. Сполучена дія чинників може викликати багатонаправлені реакції різних функціональних систем організму у томи числі й серцево-судинній системі (ССС) також [1-3].

Відомо, що температура середовища впливає на всі обмінні процеси й, особливо, на обмін ліпідів. Позитивні низькі температури повітря як екологічний фактор викликає серцево-судинні реакції, які тісно пов'язані з розвитком гіпертензії і ССЗ [4]. У експериментальних дослідженнях продемонстровано, що хронічний переривчастий холодний стрес може збільшувати розмір атеросклеротичних бляшок і сприяти розвитку кальцифікату в аорті шляхом зміни балансу матричної металопротеїнази і тканинного інгібітору металопротеїнази [5]. Такі результати можуть дати пояснення раптової серцевої смерті в умовах холоду.

З іншого погляду упродовж еволюції всі живі організми пристосувалися до природного фону електромагнітних випромінювань (ЕМВ) й воно не несе ніякого негативного впливу. Штучні ЕМВ з'явилися унаслідок науково-технологічного розвитку суспільства. Джерела їх

випромінювання численні й вони значно підвищують природний фон [6]. З екологічної точки зору, ЕМВ на теперішній час є стрес-фактором, який став головним фізичним чинником впливу на організм. Колосальний зріст щільності ЕМВ вчені розглядають як стрімкий стрибок у масштабах еволюції, до якого організм не встиг адаптуватися.

Зростаючий рівень антропогенного впливу на всі біологічні об'єкти ставить проблему їх адаптивних можливостей. У зв'язку з цим особливо важливим є вивчення систем організму, які найбільш чутливі та швидко реагують на подразник [7].

За даними ВООЗ ішемічна хвороба серця (ІХС) є основною причиною смертності населення в усьому світі, смертність від серцево-судинної патології складає більшу частину випадків в структурі загальної смертності [8]. Накопичені докази медико-біологічних досліджень підтверджують прямі кореляційні зв'язки між рівнем забруднення навколишнього середовища з підвищеним ризиком захворювання ССС [9,10].

Ліпіди вважаються незамінними компонентами в реалізації комплексу адаптаційних реакцій, що сформувалися в біохімічній еволюції, вони забезпечують різні відповідні реакції для підтримки біологічної рівноваги організму. Вивчення складу та обміну ліпідів, вказують на їх значну екологічну варіабельність, а їх метаболізм тісно пов'язаний з діяльністю ССС [11,12].

Розуміння того, наскільки фактори навколишнього середовища впливають на ризик виникнення ССЗ може призвести до кращої їх оцінки, що може допомогти у розробці нових профілактичних та терапевтичних заходів з метою зниження захворювання ССС [11].

Отже, орієнтиром для охорони здоров'я має бути спрямована робота на зменшення негативного впливу екологічних факторів, що може значно знизити тягар смерті та інвалідності спричинених захворюваннями серця та судин.

Дослідження щодо умов одночасного впливу ЕМВ низької частоти та помірно знижених температур висвітлено мало. У зв'язку з цим проблема аналізу реакцій організму на поєднаний вплив даних чинників є актуальною.

**Мета дослідження.** Встановити зміни ліпідного складу сироватки крові щурів за умов сполученої дії електромагнітного випромінювання низької частоти та позитивних низьких температур.

**Матеріали та методи дослідження.** Приймаючи до уваги, що в природних умовах ЕМВ впливає за різних кліматичних умов, було проведено серію лабораторних досліджень з вивчення сполученого впливу електромагнітного випромінювання низької частоти (ЕМВ НЧ) за параметрів електричної складової 70 кГц, 600 В/м та позитивних низьких температур (+4°C ± 2°C) у субхронічному досліді. Експериментальні дослідження виконувалися на лабораторних безпородних щурах-самцях лінії WAG (n=40), які були розподілені у відповідності до схеми експерименту (4 групи): група сполученого впливу факторів, по групі ізольованої дії кожного з

факторів та група контролю. Забір сироватки крові відбувався на етапах 5, 15 та 30 діб експерименту. Усі дослідження проводилися відповідно до міжнародних та державних вимог з біоетики. Загальний вміст холестерину в сироватці крові щурів визначення фотометричним методом з використанням тест-системи фірми «СплайнЛаб» (Україна). Визначення вмісту холестерину ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ) проводили за преципітаційно/ферментативно-фотометричним методом з фосфоровольфрамат/Mg<sup>2+</sup>-холестерин-оксидазою/пероксидазою тест-системи фірми «DAS-SpectroMed S.R.L.» (Молдова). Визначення вмісту холестерину ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ) проводили за формулою (1):

$$\text{ЛПНЩ} = \text{холестерин загальний} - \text{ЛПВЩ} - \text{тригліцериди} / 5 \quad (1);$$

Визначення вмісту холестерину ліпопротеїдів дуже низької щільності (ЛПДНЩ) проводили за формулою (2):

$$\text{ЛПДНЩ} = \text{тригліцериди} / 5 \quad (2);$$

Визначення вмісту тригліцеридів у сироватці крові лабораторних тварин проводили за допомогою ензиматичного колориметричного методу, що заснований на поступовому перетворенні тригліцеридів у хінонімін, концентрація якого пропорційна вмісту тригліцеридів, та визначали індекс атерогенності (ІА).

Статистичну значущість визначали за методом Манна-Уїтні на програмному забезпеченні Statistica 10.

**Результати дослідження та їх обговорення.** У динаміці експерименту зміни у ліпідному спектрі сироватки крові щурів дослідних груп виглядають наступним чином. Концентрація холестерину усіх експериментальних груп зазнавала вірогідних змін протягом усього експериментального періоду. Найбільше підвищення даного показника відзначалося у групах ізольованої дії ПНТ (підвищення від 13% до 22% відносно контролю) та сполученої дії факторів (підвищення від 15% до 20% відносно контролю). Рівень ЛПВЩ вірогідно знижувався в групах ізольованої дії ПНТ (від 14% до 29% відносно контролю) та поєднаної дії ЕМВ НЧ і ПНТ (23% до 46% відносно контролю) на етапах 15 та 30 діб впливу. У групі ізольованої дії ЕМВ НЧ даний показник вірогідних змін не мав ( $p > 0,05$ ). ЛПНЩ – вірогідно зростали в групі лабораторних тварин, які знаходилися під ізольованим впливом ПНТ (на етапі 5 діб на 22%, 15 діб – 33%, 30 діб – 45%) при ізольованому впливі ЕМВ НЧ відзначалося вірогідне підвищення лише на етапі 15 діб (на 23%), а в групі сполученого впливу даний показник збільшувався суттєвіше (на етапі 5 діб на 41%, 15 діб – 47%, 30 діб – 46%) відносно контролю  $p \leq 0,05$  (Табл. 1). Вираженими були зміни рівня ЛПДНЩ, а саме вірогідне підвищення в групі піддослідних тварин, які знаходилися під ізольованою дією ЕМВ НЧ (на етапі 30 діб до 60% відносно контролю), в групі ізольованої дії ПНТ протягом всього експерименту підвищення було від 30% до 52%, а в умовах сполученого

впливу факторів рівень ЛПНЩ зазнав найбільших змін, а саме: його концентрація збільшувалася від 39% на етапі 5 діб, до 76% на етапі 15 діб та в кінці експерименту до 59% ( $p \leq 0,05$ ) відносно контролю.

Таблиця 1.

**Біохімічні показники сироватки крові лабораторних щурів  
при ізольованій та поєднаній дії ЕМВ і ПНТ**

<b>Показники</b>	<b>ПНТ n=10 (<math>\bar{X} \pm S_x</math>)</b>	<b>ЕМВ n=10 (<math>\bar{X} \pm S_x</math>)</b>	<b>ЕМВ+ПНТ n=10 (<math>\bar{X} \pm S_x</math>)</b>
<b>5 доба експерименту</b>			
Холестерин, ммоль/л	1,84±0,05*	1,65±0,05*	1,17±0,06*
ЛПВЩ, ммоль/л	0,51±0,01	0,55±0,02	0,50±0,05
ЛПНЩ, ммоль/л	1,19±0,05*	0,97±0,06	1,21±0,23*
ЛПДНЩ, ммоль/л	0,14±0,01*	0,13±0,01*	0,16±0,02*
Тригліцериди, ммоль/л	0,69±0,04*	0,63±0,02*	0,78±0,12*
ІА, у.о.	2,63±0,12*	2,02±0,17	2,50±0,35*
<b>15 доба експерименту</b>			
Холестерин, ммоль/л	1,84±0,04*	1,71±0,05*	1,75±0,01*
ЛПВЩ, ммоль/л	0,46±0,01*	0,51±0,01	0,44±0,04*
ЛПНЩ, ммоль/л	1,22±0,04*	1,08±0,06*	1,19±0,24*
ЛПДНЩ, ммоль/л	0,16±0,01*	0,12±0,01	0,14±0,02*
Тригліцериди, ммоль/л	0,81±0,03*	0,61±0,03	0,77±0,03*
ІА, у.о.	1,38±0,04*	2,39±0,14*	2,52±0,48*
<b>30 доба експерименту</b>			
Холестерин, ммоль/л	2,01±0,11*	1,81±0,10*	1,73±0,06*
ЛПВЩ, ммоль/л	0,41±0,02*	0,47±0,01	0,38±0,04*
ЛПНЩ, ммоль/л	1,43±0,11*	1,17±0,11	1,2±0,23*
ЛПДНЩ, ммоль/л	0,16±0,01*	0,16±0,01*	0,15±0,02*
Тригліцериди, ммоль/л	0,82±0,04*	0,82±0,03*	0,78±0,07*
ІА, у.о.	3,96±0,50*	2,87±0,27*	2,54±0,37*

Примітка:

\* – вірогідно відносно групи контролю;  $p < 0,05$

У групі лабораторних тварин, які знаходилися під ізольованою дією ПНТ вміст тригліцеридів збільшувався впродовж усього експериментального періоду від 30% на 5 добу до 52% на 30 добу ( $p \leq 0,05$ ). Під ізольованою дією ЕМВ НЧ, навпаки, концентрація тригліцеридів на 5 діб збільшилася на 13% і утримувалася в цих межах протягом експерименту, після чого на 30 добу відбулося підвищення цього показника на 60% ( $p \leq 0,05$ ). При поєднаному впливі ЕМВ НЧ і

ПНТ концентрація тригліцеридів вже з 5 діб експерименту набула підвищеної концентрації (на 48% відносно контролю ) і майже не змінювалася протягом експерименту ( $p < 0,05$ ). З метою повного аналізу атерогенності ліпопротеїдного профілю сироватки крові було визначено співвідношення загального холестерину до ЛПВЩ. ІА був підвищений у всіх піддослідних групах, а саме: у групі ізольованої дії ЕМВ НЧ співвідношення фракцій у бік атерогенності збільшувався з 15 діб на 32% до 44% на етапі 30 діб ( $p \leq 0,05$ ); у групі ізольованої дії ПНТ, ІА мав поступове підвищення протягом всього експерименту від 32% до 89% відносно контролю ( $p \leq 0,05$ ), зміни у групі сполученої дії факторів характеризувалися більш суттєвими проявами ефектів атерогенності, так ІА був більший на 50% на початку експерименту, а вже на етапі 30 діб він збільшився на 130% відносно контрольних значень ( $p \leq 0,05$ ).

**Висновки та перспективи.** Таким чином, за умов сполученого впливу ЕМВ НЧ та ПНТ у ліпідному складі сироватки крові щурів відзначалися більш виражені зміни відносно ізольованій дії зазначених факторів, які характеризувалися явищами дисліпопротеїнемії, проявами якої були: підвищення рівня ЛПНЩ та ЛПДНЩ з одночасним зниженням вмісту ЛПВЩ. Відзначене підвищення рівнів загального холестерину, тригліцеридів та значення АІ свідчить про те, що дані зміни входять до провідних факторів з розвитку атеросклерозу і пов'язаних з ним ускладнень у ССС.

Отже розробка методів профілактики та корекції атерогенних порушень ліпідного складу крові за умов сполученої дії екологічних факторів має розглядатися як один з актуальних і пріоритетних напрямків клінічної медицини навколишнього середовища.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Belyaev I. Europaem EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses / I. Belyaev, A. Dean, H. Eger, et al. // *Rev Environ Health*. 2016. - Vol. - 31(3). - P. 363-97. doi: 10.1515/reveh-2016-0011
2. Piňosová M. Synergistic effect of risk factors and work environmental quality / M. Piňosová, M. Andrejiova, E. Lumnitzer // *Quality - Access to Success*. 2018/ Vol. 19 (165) P. 154-9. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326849276\\_Synergistic\\_effect\\_of\\_risk\\_factors\\_and\\_work\\_environmental\\_quality](https://www.researchgate.net/publication/326849276_Synergistic_effect_of_risk_factors_and_work_environmental_quality)
3. Vasilyev A. Development of Methods for the Estimation of Impact of Physical Factors on the Health of Population / A. Vasilyev, V. Zabolotskikh, V. Vasilyev // *Safety of Technogenic Environment*. 2013. - Vol. 4. - P. 42-45.
4. Olaniyan T. Elevated Myocardial Oxygen Consumption During Cutaneous Cold Stress in Young Adult Overweight and Obese Africans. / T. Olaniyan, L.A. Olatunjiro // *J Public Health Afr*. 2015. - Vol. 6 (2). - P. 420. doi:10.4081/jphia.2015.420.

5. Zheng X. Intermittent cold stress enhances features of atherosclerotic plaque instability in apolipoprotein E-deficient mice / X. Zheng, Q. Wang, Y. Zhang, et al. // *Molecular Medicine Reports*. 2014. Vol. 10. – P. 1679-1684. <https://doi.org/10.3892/mmr.2014.2464>
6. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021:EN:PDF>.
7. Miah T. Current Understanding of the Health Effects of Electromagnetic Fields / T. Miah, D. Kamat // *Pediatric Annals*. 2017.- Vol. 46(4) –P.172-174. DOI: 10.3928/19382359-20170316-01.
8. World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases 2010. - URL: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/9789241564854\\_eng.pdf;jsessionid=6277C8893D4D030F00B45C56158C6712?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/9789241564854_eng.pdf;jsessionid=6277C8893D4D030F00B45C56158C6712?sequence=1)
9. Cosselman K.E. Environmental factors in cardiovascular disease / K.E. Cosselman, A. Navas-Acien, J.D. Kaufman // *Nature reviews. Cardiology*. 2015. - Nov. 12(11). – P. 627-42. doi: 10.1038/nrcardio.2015.152.
10. Sabzmakan, L. Environmental determinants of cardiovascular diseases risk factors: a qualitative directed content analysis / L. Sabzmakan, E. Mohammadi, M. A. Morowatisharifabad // *Iranian Red Crescent medical journal*. 2017. – Vol. 16(5). – P. 11573. <https://doi.org/10.5812/ircmj.11573>
11. Bhatnagar A. Environmental Determinants of Cardiovascular Disease / A. Bhatnagar // *Circulation research*. 2017. Vol. – 121(2). – P. 162–180. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.306458>
12. Alabdulkarim B. Role of some functional lipids in preventing diseases and promoting health / Badriah Alabdulkarim, Zubaida Abdel Nabi Bakeet, Shaista Arzoo // *Journal of King Saud University - Science*. 2012. – Vol. 24. – P. 319–329. 10.1016/j.jksus.2012.03.001.

#### REFERENCE

1. Belyaev I., Dean A., Eger H., et al. (2016) «*Europaem EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses*» *Rev Environ Health*. 2016 Sep 1;31(3):363-97. DOI: 10.1515/reveh-2016-0011
2. Piňosová M., Andrejiova M., Lumnitzer E. (2018) «*Synergistic effect of risk factors and work environmental quality*». *Quality - Access to Success*. 2018 Aug; 19(165):154-9 Available from URL: [https://www.researchgate.net/publication/326849276\\_Synergistic\\_effect\\_of\\_risk\\_factors\\_and\\_work\\_environmental\\_quality](https://www.researchgate.net/publication/326849276_Synergistic_effect_of_risk_factors_and_work_environmental_quality)
3. Vasilye, A., Zabolotskikh V., Vasilyev V. (2013) «*Development of Methods for the Estimation of Impact of Physical Factors on the Health of Population*». *Safety of Technogenic Environment*. Vol.4, pp.42-45.

4. Olaniyan T., Olatunji L.A. (2015) «*Elevated Myocardial Oxygen Consumption During Cutaneous Cold Stress in Young Adult Overweight and Obese Africans*». Journal of Public Health in Africa. Aug;6(2):420. DOI: 10.4081/jphia.2015.420.
5. Zheng X., Wang Q., Zhang Y., et al. (2014). «*Intermittent cold stress enhances features of atherosclerotic plaque instability in apolipoprotein E-deficient mice*». Molecular Medicine Reports, 10, 1679-1684. <https://doi.org/10.3892/mmr.2014.2464>
6. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields). UR: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021:EN:PDF>.
7. Miah T, Kamat D. (2017) «*Current Understanding of the Health Effects of Electromagnetic Fields*». Pediatric Annals. Apr;46(4):e172-e174. DOI: 10.3928/19382359-20170316-01.
8. World Health Organization. (2011) «*Global status report on noncommunicable diseases 2010*» URL: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/9789241564854\\_eng.pdf;jsessionid=6277C8893D4D030F00B45C56158C6712?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/9789241564854_eng.pdf;jsessionid=6277C8893D4D030F00B45C56158C6712?sequence=1)
9. Cosselman, Kristen & Navas-Acien, Ana & Kaufman, Joel. (2015) «*Environmental factors in cardiovascular disease*». Nature reviews. Cardiology. 12. 10.1038/nrcardio.2015.152.
10. Sabzmakan, L., Mohammadi, E., Morowatisharifabad, M. A., Afaghi, A., Naseri, M. H., & Mirzaei, M. (2014) «*Environmental determinants of cardiovascular diseases risk factors: a qualitative directed content analysis*» Iranian Red Crescent medical journal, 16(5), e11573. <https://doi.org/10.5812/ircmj.11573>
11. Bhatnagar A. (2017) «*Environmental Determinants of Cardiovascular Disease*». Circulation research, 121(2), 162–180. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.306458>
12. Alabdulkarim, Badriah & Bakeet, Zubaida & Arzoo, Shaista. (2012) «*Role of some functional lipids in preventing diseases and promoting health*» Journal of King Saud University - Science. 24. 319–329. 10.1016/j.jksus.2012.03.001.

**ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОГО  
ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ  
ИССЛЕДОВАНИЕ)**

Литовченко Е.Л.

*Аннотация. Сейчас наблюдается повсеместное увеличение числа сердечно сосудистых заболеваний. Среди многих факторов, которые могут влиять на здоровье человека и формируют окружающую среду, являются экологические факторы природного и техногенного происхождения. В эксперименте было исследовано состояние липидного спектра сыворотки крови, как индикатора причин развития патологий со стороны сердечно сосудистой системы,*

при сочетанном воздействии электромагнитного излучения промышленной частоты и положительных низких температур. Результаты исследования свидетельствуют о синергическом эффекте в сторону атерогенности, который проявляется дислиппротеинемией, гиперхиломикронемией, гипертриглицеридемией, что указывает на риск развития атеросклероза и связанных с ним заболеваний.

**Ключевые слова:** липидный спектр, электромагнитное излучение, позитивные низкие температуры, сочетанное воздействие.

## LIPID COMPOSITION OF BLOOD SERUM IN CONDITIONS OF COMBINED EFFECT OF ECOLOGICAL FACTORS (EXPERIMENTAL RESEARCH)

Litovchenko O.

*Abstract.* At present, there is a widespread increase in the number of cardiovascular diseases. Among numerous factors that can affect human health and form the environment are ecological factors of natural and man-caused origin. In the experiment, the state of the serum lipid spectrum was investigated as an indicator of the causes of pathologies of the cardiovascular system, under combined effect of electromagnetic radiation of industrial frequency and positive low temperatures. The results of the study demonstrate synergic effects towardz atherogenicity, manifested by dyslipoproteinemia, hyperchilomicronemia, hypertriglyceridemia, indicating a risk of atherosclerosis and related diseases.

**Keywords:** lipid spectrum, electromagnetic radiation, позитивні низькі температури, combined effect.

Літовченко Олена ORCID ID 0000-0002-5286-1705;

+38063-456-78-13, +3805078024-22, email: [latyshkaelena@gmail.com](mailto:latyshkaelena@gmail.com)