

УДК: 504.3. 054: 546.47: 576.385

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ЦИНКМЕТАБОЛІЗУЮЧІ КЛІТИНИ ЛЮДИНИ І ТВАРИН

Бовт В.Д., Єщенко Ю.В., Рємига Т.В.

Запорізький національний університет, Україна, 69600, м. Запоріжжя, вул. Гоголя, 62/31

remyga.tatjana2014@yandex.ua

Робота присвячена дослідженню ранніх метаболічних змін, що відбуваються на клітинному рівні, у мешканців металургійних центрів та зв'язку цих порушень з регіональними особливостями промислового забруднення повітряного басейну.

На підставі попередньо проведеного еколого-гігієнічного аналізу якості атмосферного повітря різних районів м. Запоріжжя, за допомогою цитохімічних методів проводились дослідження впливу несприятливих екологічних чинників, зокрема техногенно навантаженого атмосферного повітря, на процес акумуляції цинку в клітинах, здатних до його активного накопичення та обміну.

В результаті проведених досліджень встановлено, що тривалий вплив несприятливих екологічних чинників, зокрема забрудненого атмосферного повітря, викликає розвиток дефіциту цинку в нейтрофільних гранулоцитах крові. Визначені зміни в клітинах дозволяють віднести їх до симптомів неспецифічного адаптаційного синдрому клітинної системи.

Встановлені зміни в клітинах дозволяють віднести їх до симптомів неспецифічного адаптаційного синдрому клітинної системи.

Ключові слова: цинк, неспецифічний адаптаційний синдром клітинної системи, гранулоцити, атмосферне повітря, забруднюючі речовини.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЦИНКМЕТАБОЛИЗИРУЮЩИЕ КЛЕТКИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Бовт В.Д., Єщенко В.Ю., Рємига Т. В.

Запорожский национальный университет, Украина, 69600 г. Запорожье, ул. Гоголя, 62/31

Работа посвящена исследованию ранних изменений метаболизма, которые происходят на клеточном уровне у жителей металлургических центров и связи этих нарушений с региональными особенностями промышленного загрязнения атмосферного воздуха.

На основании предварительно проведенного эколого-гигиенического анализа состояния атмосферного воздуха разных административных районов г. Запорожья, с помощью цитохимических методов проводились исследования влияния неблагоприятных экологических факторов, в частности техногенно нагруженного атмосферного воздуха, на процесс аккумуляции цинка в клетках, способных к его активному накоплению и метаболизму.

В результате проведенных исследований установлено, что длительное влияние неблагоприятных экологических факторов, в частности загрязненного атмосферного воздуха, вызывает развитие дефицита цинка нейтрофильных гранулоцитах крови.

Установленные изменения в клетках позволяют отнести их к симптомам неспецифического адаптационного синдрома клеточной системы.

Ключевые слова: цинк, неспецифический адаптационный синдром клеточной системы, гранулоциты, атмосферный воздух, загрязняющие вещества.

INFLUENCE OF CONTAMINATION OF ATMOSPHERIC AIR IS ON SINGLETABLE OF CAGE OF MAN AND ANIMALS

Bovt V.D., Eshchenko J.V., Remyga T. V.

Zaporizhzhya State University, Ukraine 69600, Zaporozhye, st. Gogol, 62/31

This work is devoted to research of early metabolic changes that take place at cellular level, for the habitants of metallurgical centers and connection of these violations with the regional features of industrial contamination of air pool.

The results of the conducted analysis of reports of industrial enterprises testify that during 2013 contaminants were thrown out 117010,6 t of in atmospheric air of city by the stationary sources of contamination of enterprises, organizations and establishments.

In 2013 the middle index of closeness of emissions of contaminants was 594,7 t on 1 km² of territory, volumes of emissions in a calculation on one person is 213,5 kg against 520,6 t and 180 kg accordingly in 2012.

However, the contribution of individual districts to the total index of the technogenic loading of atmospheric air is different. As the data testify, most (112494,3 t) quantity of harmful substances in the atmosphere of city among all districts comes as a result of activity of enterprises of the Zavodskoy district. Accordingly with the general volume of quantity (165339,5 t) this district, is most loaded with technogenic wastes. These data coincide with data of organs of SI «ZRLCSSESU» in relation to the fixed exceeding of MAC on the districts of Zaporizhzhya in 2013.

From the results of researches testify, in Zavodskoy district a part of tests of air with exceeding of MAC (boundary permissible concentration) on the average hesitates from 33,5 to 44,7 and in Hortitsky - from 1,8 to maximal 7,6 the Minimum values differ in 15,2 times, and maximal - in 4,6 times. In comparing to the mean values within the limits of city where numbers of tests with exceeding of MAC presents 7,5-12,4 in Zavodskoy district a maximal index anymore in 2,8 times, and minimum - in 2,2 times. In relation to frequency of exceeding of MAC of pollutants substances in the Hortitsky district, then its happen in 2,2 times rarer than on the whole for Zaporizhzhya.

As regards the least muddy, this is Chortitzkiy. The enterprises located on its territory throw out in an atmosphere only for 5991,1 t, from the general amount of pollutant substances in limits

In contrast to Zavodskoy, The Hortitsky district is characterized by the considerably less general volume of emissions of contaminants in atmospheric air and advantageous features of location.

Research does a ponderable contribution to the study of physiology role of zinc, in particular in development of heterospecific adaptation syndrome of the cellular system. On the basis of preliminary ecological-hygienic analysis of air quality across the different districts of Zaporizhzhya, there were researches of influence of unfavorable ecological factors, in particular of technogenic - loaded using cytochemical methods, on the process of accumulation in cells, which were able to its accumulation and exchange.

The obtained data testify, that comparatively with the persons of control group, intensity of reaction with dithizona on the presence of zinc in the leucocytes of persons of group A1, that tested influence of the technogenic loaded air, goes (on 29,8 % $P < 0,001$) down. In neutrophils of persons of group A2 the investigated index is near to the control values. The analysis of the results which was got in the groups of A1 and A2, testifies, that the persons which were getting preparation of «Central», intensity of reaction rose on 21,5 % comparatively with the persons of group A1 ($P < 0,05$).

In the leucocytes of persons, that, living on the territory with the high level of contamination of atmospheric air, during the 30 days have accepted preparation of zinc, we can see much grittiness, and intensity of painting out is near for the persons of control group. For certain, that the additional receipt of zinc to the peoples body results increase of level of accumulation of microelements in the leucocytes of blood, approaching this index to the control values.

Content of zinc in neutrocytes is determined by a cytochemical method by means of highly sensitive metallochromogen indicator of dithizone (dithizon), which is recommended for citong determination of this element. The use of marked Hagent is based on its ability to form complexes with specific cations withdrawing this element from the cell and the biomolecules which contain zinc. The Studies found that long - term impart of adverse environmental factors, including air pollution, causes the development of zinc deficiency in blood neutrophils. Certain changes in the cells allow them to include non - Specific Symptoms adaptation syndrome cell system.

The count of cinquini granules in neutrocytes testifies about considerably less quantity in the cages of persons that live in the Zavodskoy district, than by the habitants of Hortitsky district. In the leucocytes of persons of group A2 the index of granulocytopenia is more on 8,8% comparatively with the cages of persons that did not get cinquino preparation.

Results are confirmed by the data got after the counting of the painted ditziona granules on cytological preparations of peripheral blood.

Results are of interest in tems of developing ways to treat metabolic disorders in the cells, which are predefined by various stressors and pathogenic factors, in particular by the influence of pollution from human activities of air territory.

Key words: zinc, non-specific adaptive syndrome of the cell system, granulocytes, polluters.

ВСТУП

Якість атмосферного повітря – це один з пріоритетних чинників, що визначає стан здоров'я людини, особливо в індустріально-урбанізованих регіонах. Рівень забруднення атмосфери викидами промислових підприємств досить часто корелює з демографічними показниками, а наявність шкідливих речовин у високих концентраціях може відігравати провідну роль в етіології деяких захворювань населення. Тому важливим є пошук біологічних індикаторів метаболічних змін, що відбуваються на клітинному рівні під впливом шкідливих речовин, які надходять до організму з атмосферним повітрям [1].

Реакція організму на несприятливі чинники середовища охоплює комплекс адаптаційних реакцій, відомий під назвою НАСКС (неспецифічний адаптаційний синдром клітинної системи) [2]. Однак роль біометалів у механізмах адаптаційного синдрому вивчена недостатньо. Особливо це стосується цинку – есенціального мікроелемента, який потрібен для багатьох життєво важливих процесів (синтез і стабілізація нуклеїнових кислот і білків, контроль експресії генів, проліферація та диференціювання клітин, енергетичний обмін, імунний та антиоксидантний захист, підтримання інтегральної структури та функцій біомембран)[3, 4]. Питання ролі цинку в механізмах НАСКС постає на підставі відомостей щодо потреби цього металу для біологічної активності понад 200 білків (серед яких ферменти, фактори транскрипції, структурні білки). Через це внутрішньоклітинний вміст цинку та його зміни під впливом токсикантів, які надходять до організму в складі повітря, що вдихається, може бути інформативним показником стану клітинного метаболізму [5,6]. Водночас виявлення динаміки цього біометалу в клітинах відкриває шлях до розробки способів попередження хворобливих станів та їх корекції препаратами цинку [7].

Особливе значення в таких дослідженнях мають клітини, здатні акумулювати цинк у високих концентраціях. До таких клітин належать нейтрофільні гранулоцити крові.

Мета роботи: на підставі аналізу екологічного стану окремих районів м. Запоріжжя та експериментальних моделей дослідити вплив техногенного навантаження атмосферного повітря, як стресового чинника, на процес акумуляції цинку в клітинах, здатних активно нагромаджувати і метаболізувати цей елемент в організмі людини і тварин; проаналізувати вплив вдихання антропогенно-забрудненого повітря на внутрішньоклітинний баланс цинку та з'ясувати змогу корекції порушень метаболізму застосуванням цинквмісних препаратів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вирішення завдань роботи аналізували зразки капілярної крові мешканців м. Запоріжжя, отримані за лабораторних умов згідно зі стандартною методикою [8].

У процесі дослідження вибрано 60 клінічно здорових добровольців постійних мешканців Хортицького та Заводського районів м. Запоріжжя, з яких було сформовано контрольну і дві дослідні групи осіб. До складу кожної з груп входила приблизно однакова кількість чоловіків і жінок працездатного віку (25 – 40 років). У всіх учасників експерименту кількісний вміст клітинних компонентів крові, показники загального біохімічного аналізу крові та сечі знаходились у межах фізіологічної норми.

До групи осіб, яких вважали за контроль, входили 20 мешканці умовно екологічно безпечного Хортицького району м. Запоріжжя, які проживають на великій віддалі від промислових підприємств та дихають повітрям, у якому вміст забруднюючих інгредієнтів не перевищував допустимих концентрацій. Групи А1 і А2 сформували з 20 постійних мешканців Заводського району, де загальний рівень забруднення повітря техногенними домішками досягав найбільших значень, а в окремих місцях у деяких випадках багатократно перевищував встановлені нормативи. До групи А1 входило 20 осіб, які постійно проживають на території Заводського району і не мають жодних клінічних ознак будь-яких захворювань.

До групи А2 входило 20 здорових мешканців Заводського району, які приймали препарат «Цинктерал» одна таблетка якого містить 124 мг сульфату цинку (еквівалентно 45 мг йону цинку), відповідно до інструкції за схемою: по 1 таблетці двічі на добу впродовж 30-добового періоду.

Вміст цинку в клітинах визначали цитохімічним методом за допомогою високочутливого металохромного індикатора дитизону (дифенілтіокарбазон). Використання зазначеного реагенту ґрунтується на його здатності специфічно утворювати комплекси з катіонами Zn^{2+} , вилучаючи цей елемент із клітинних біомолекул, що містять цинк. На препаратах, забарвлених дитизоном, у цитоплазмі нейтрофільних гранулоцитів виявлялись червоні гранули – показник вмісту цинку в клітинах.

Інтенсивність цитохімічних реакцій оцінювали напівкількісним методом, який полягає у визначенні інтенсивності реакції за трибальною системою. На підставі підрахунку 100 клітин обчислювали середню величину інтенсивності реакції. Водночас використовували кількісний метод, який полягає у підрахунку кількості гранул з розрахунку на одну клітину.

Статистичне опрацювання результатів проводили з використанням програмного пакету Statistic Soft 6,0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Початковим етапом роботи було здійснення еколого-гігієнічного аналізу повітряного басейну м. Запоріжжя за районами.

Отримані результати аналізу свідчать, що найбільше навантажений забрудниками техногенного походження Заводський район, де обсяг викидів становить понад 124 тис. т (82 % від загальноміського рівня). У цьому ж районі зафіксовано найбільше перевищень ГДК забруднюючих речовин у повітрі. Найменше підприємств розміщено у Хортицькому районі і в цьому ж районі відзначено найменший рівень забруднення повітряного басейну (табл. 1.).

Таблиця 1 – Обсяги викидів забруднюючих речовин (без CO_2) в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у 2013 р.

Адміністративні одиниці	Всього, тис. т	У порівнянні з 2012 р., %	Частка викидів, %
м. Запоріжжя	149 464,591	97,1	100,0
Райони			
Жовтневий	443,655	83,5	0,3
Заводський	124 108,489	97,6	83,0
Комунарський	1 243,537	87,9	0,8
Ленінський	614,033	90,3	0,4
Орджонікідзевський	13 754,884	92,3	9,2
Хортицький	505,283	93,7	0,3
Шевченківський	8 794,710	101,8	5,9

Оцінюючи сумарні показники шкідливої дії всіх забруднюючих речовин підприємств м. Запоріжжя відносно його площі, встановлено, що на кожну одиницю території міста 65,4 % токсичної дії викидів припадає на підприємства саме Заводського району, а

Хортицького району – менш ніж 1 %. Така сама тенденція простежується і під час дослідження специфічних впливів. Отже, в Заводському районі створилась ситуація надзвичайно підвищеної небезпечності стану навколишнього середовища, тоді як Хортицький район – найбільше екологічно безпечний у межах м. Запоріжжя.

Саме ці райони були обрані для подальшого вивчення метаболізму цинку в організмі їх мешканців.

Функціональний стан клітин залежить від наявності в них цинку, що міститься у складі молекул життєво необхідних білків. Вміст цинку в нейтрофільних гранулоцитах крові людини віддзеркалює статус цього мікроелемента в інших клітинах і в організмі загалом. Через це важливим завданням роботи було з'ясувати вплив вдихання навантаженого техногенними забрудниками повітря на процеси акумуляції цинку в нейтрофільних гранулоцитах людей.

Одержані дані свідчать, що порівняно з особами контрольної групи, інтенсивність реакції з дитизоном на наявність цинку в лейкоцитах людей, які зазнавали впливу техногенно навантаженого повітря, вірогідно знижується (на 30,8 %, $P < 0,001$). У нейтрофілах осіб групи А2 досліджуваний показник близький до контрольних значень. Аналіз результатів, отриманих у групах А1 і А2, свідчить про те, що в осіб, які отримували цинквмісний препарат «Цинктерал», інтенсивність реакції підвищилась на 22,2 % порівняно з особами групи А1 ($P < 0,05$).

У групи А1 кількість гранул була на 13,5 % менша ніж у контролі, проте у групи А2, тобто в осіб, які отримували добавку цинку, спостерігається збільшення кількості гранул у нейтрофільних гранулоцитах майже на 10 % у порівнянні з показниками жителів Заводського району, які цієї добавки не отримували.

Підрахунок цинквмісних гранул у нейтрофільних гранулоцитах свідчить про значно меншу їх кількість у клітинах осіб, які проживають у Заводському районі, ніж у мешканців Хортицького району. У лейкоцитах крові осіб групи А2 показник гранулоутворення більший на 9,8 % порівняно з клітинами осіб, що не отримували цинквмісного препарату.

Під час аналізу даних привертає увагу однотипність динаміки концентрації катіонів цинку та цинквмісного секреторного матеріалу в нейтрофільних гранулоцитах крові людей, розвиток дефіциту цих клітинних компонентів у випадку вдихання забрудненого техногенними викидами атмосферного повітря та збільшення значень досліджуваних показників за умов вживання аліментарної добавки цинку.

На підставі встановленої закономірності можна стверджувати, що цинк знаходиться в нейтрофільних гранулоцитах крові у складі секреторного матеріалу.

Показники інтенсивності цитохімічних реакцій із застосуванням металохромного реагента (дитизона) у загальному вигляді подано в табл. 2. Аналізуючи дані, можна стверджувати про вміст цинку в гранулоцитах крові жителів м. Запоріжжя за умов проживання в екологічно безпечному районі та в районі, де повітряне середовище забруднене техногенними викидами, а також про вплив на ці показники аліментарної добавки цинку в складі препарату «Цинктерал». Спостерігається поступове зниження вмісту цинку в гранулоцитах крові людей, які зазнають впливу забрудненого атмосферного повітря.

Таблиця 2 – Інтенсивність цитохімічної реакції з дитизоном нейтрофільних гранулоцитів крові мешканців м. Запоріжжя, які проживають у районах з різним рівнем техногенного навантаження

Група обстежених осіб	Кількість обстежених осіб	Інтенсивність реакції, у.од.	Кількість гранул у клітині, ум.од.
Контроль (мешканці Хортицького р-ну)	20	1,1±0,06	137±5,15
A1 (мешканці Заводського р-ну)	20	0,8±0,04***	119±4,4**
A2 (мешканці Заводського р-ну, які отримували «Цинктерал»)	20	1,0±0,05#	130±5,0

Примітка: *– $P < 0,05$; **– $P < 0,01$; ***– $P < 0,001$ порівняно з контролем; # – $P < 0,05$ порівняно з групою A1.

В перспективі провести цитохімічні дослідження на вміст цинку та секреторного матеріалу у клітинах крові людей різної статі та віку, які зазнають впливу забрудненого атмосферного повітря по районам м. Запоріжжя.

ВИСНОВКИ

На підставі вивчення особливостей екологічного стану повітряного басейну м. Запоріжжя та динаміки вмісту цинку в клітинах крові мешканців районів з різним рівнем антропогенного забруднення атмосфери, а також з використанням експериментальних моделей, запропоновано підхід до розв'язання проблеми – застосування еколого-фізіологічного аналізу для комплексної оцінки ризику відхилень у стані здоров'я населення екологічно небезпечних територій.

Експериментально обґрунтовано доцільність цитологічного визначення вмісту цинку в клітинах як біологічного індикатора ранніх метаболічних порушень за умов вдихання забрудненого повітря та дії інших стресових чинників, доведено ефективність вживання цинквмісних препаратів для нормалізації вмісту цинку у клітинах.

1. У процесі еколого-гігієнічного аналізу атмосфери м. Запоріжжя встановлено істотні відмінності між окремими районами за рівнем антропогенного забруднення повітряного басейну, що зумовлено специфікою в концентрації окремих галузей промисловості та екологічними особливостями територій розміщення промислових підприємств. Як екологічно небезпечний визначено Заводський район м. Запоріжжя, де обсяг викидів становить понад 124 тис. т (82 % від загальноміського рівня). Водночас встановлено, що стан атмосферного повітря в Хортицькому районі умовно безпечний для здоров'я населення де обсяг викидів становить понад 505 т (33 % від загальноміського рівня).

2. Застосуванням металохромного індикатора – дитизону показано, що в нейтрофільних гранулоцитах мешканців Заводського району концентрація катіонів цинку, вміст

цинквмісних секреторних гранул та рівень включення мікроелемента до складу секреторного матеріалу клітин ($0,8 \pm 0,04$ ум.од.) вірогідно менші на 13,5 %, ніж у лейкоцитах мешканців Хортицького району ($1,1 \pm 0,06$ ум. од.).

3. У групи осіб, які, проживаючи на території Заводського району, отримували впродовж 30 днів препарат «Цинктерал», вміст цинку та кількість секреторних гранул у лейкоцитах наближались до значень ($1,0 \pm 0,05$ ум. од.) відповідно 10 %, притаманних клітинам мешканців Хортицького району, яких вважали за контроль. Вживання препарату «Цинктерал» не призводило до нормалізації вмісту цинку в секреторному матеріалі лейкоцитів цих осіб, проте вірогідно збільшувало значення показника порівняно з мешканцями Заводського району, які не отримували препарату «Цинктерал».

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічна ситуація в області у 2013 році. Комплексна екологічна доповідь / [за ред. Голоवेशка В.П.] – Запоріжжя: Головне управління статистики у Запорізькій області, 2014. – 18 с.
2. Браун А.Д. Неспецифический адаптационный синдром клеточной системы / Браун А.Д., Моженок Т.П. – Л.: Наука, 1987. – 230 с.
3. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / Скальный А.В. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 216 с.
4. Хейхоу Ф. Гематологическая цитохимия/ Хейхоу Ф., Кваглино Д. – М.: Медицина, 1983. – 320 с.
5. Звняковский Я.И. Факторы риска и здоровье населения, проживающего в различных условиях окружающей среды / Звняковский Я. И., Бердник О.В. // Довкілля та здоров'я. – 2001. – № 1. - С. 8 – 11.
6. Бондаренко Ю.Г. Оцінка не канцерогенного ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя / Бондаренко Ю.Г., Фоміних К.П. // Довкілля та здоров'я. – 2005. – № 3. – С. 40– 45.
7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ (ОБУВ) в атмосферном воздухе населенных мест / Управление нормирования природопользования Минэкобезопасности Украины, Украинский научный центр технической экологии. – Донецк: ОАО «УкрНТЕС», 1998. – 138 с.
8. Цитохимические реакции на цинк в гранулоцитах крови и костного мозга в норме и при действии экстремальных факторов / Григорова Н.В., Ещенко Ю.В., Бовт В.Д., Ещенко В.А., Красовская Н.Ю., Фесенко Н.Р. // Тези доповідей між нар. конф. «Проблеми сучасної екології» – Запоріжжя: ЗДУ, 2000. – 75 с.

REFERENCES

1. Ekologichna situatsiya v oblasti u 2013 rotsi. Complexsna ekologichna dopovid / [za red. Goloveshca V.P.] – Zaporizhzhya: Golovne upravlinnya statisticy u Zaporizkiy oblasti, 2014. – 18 s.
2. Braun A.D. Nspecifichesciy adaptatsionny syndrom kletochnoy systemy / Braun A.D., Mozhenok T.P. – Leningrad: Nauka, 1987 – 230 s.
3. Skalniy A.V. Chimichescie elementy v fiziologii i ekologii cheloveca / Skalniy A.V. – M.: izdatelskiy dom «ONIX 21» Mir, 2004. – 216 s.
4. Kheykhov F. Gematologicheskaya tsitokhimiya/ Kheykhov F., Kvaglino D. – M.: Meditsina, 1983. – 320 s.

5. Zvinyakovskiy Ya.I. Faktory riska i zdorove naselennya, prozhivayushchego v razlichnykh usloviyakh okruzhayushchey sredy / Zvinyakovskiy Ya. I., Berdnik O.V. // *Dovkillya ta zdorov'ya.* – 2001. – № 1. - S. 8 – 11.
6. Bondarenko J.G. Otsinka ne concirogenogo ryzyku dlya zdorov'ya naselennija vnaslidok zabrudnennja atmosfernogo povitrya m. Zaporizhzhya / Bondarenko. J.G., Fominyh K. P. // *Dovkillya na Zdorov'ya.* – 2005 – № 3. – S. 40 – 45.
7. Predelno dopustimye concentratsii (PDK) i orientirovochnye bezopasnye urovni vozdeystvija zagreznjaysheh veshestv (OBUV) v atomsfernom vozduche naselennykh mest/ Upravlenie normirovaniya prirodopolzovaniі Minecobezopasnosti Ukraine, Ukrainskiy nauchnyy zentr technichskoy ekologii. – Donetsk: JSC «UkrNTEK», 1998. – 138 s.
8. Cytochimicheskie reactsii na zinc v granulocytach krovi I costnogo mozga v norme i pri deystvii extremalnykh factorfch / Grigorova N.V., Eshenko Y.V. , Bovt V.D., Eshenko V.A., Krasovskaya N.Y., Fesenko N.R // *Tezi dopovidey mizh nar. conf. «Problemy suchasnoy ekologii» – Zaporizhzhya: ZDU, 2000. – 75 c.*

Рецензенти: Сливко Е.І., д.м.н., завідувач кафедри медичної фізики, біофізики та вищої математики ЗДМУ;
Копійка В.В., к.б.н., доцент кафедри імунології та біохімії ЗНУ.