



*I.Т. Матасар, Л.М. Петрищенко, А.В. Чернишов*

*Державна установа "Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України", м. Київ, Україна*

## **ВПЛИВ ХАРЧОВОГО ЗАЛІЗА НА РОЗВИТОК ХВОРОБ АЛІМЕНТАРНОГО ГЕНЕЗУ**

**Резюме.** Одним з основних завдань сучасної медицини є розробка та впровадження ефективних широкомасштабних програм щодо оптимізації якісного та кількісного складу харчових раціонів. Нинішні екологічні умови (забруднення ґрунтів пестицидами, важкими металами, радіонуклідами тощо) потребують постійного контролю та корекції пластичного, енергетичного та каталітичного компонентів їжі. Залізо, як її інгредієнт, є важливою складовою енергетичного обміну, синтезу нуклеїнових кислот, проліферації клітин тощо.

Для профілактики залізодефіцитної анемії (ЗДА) аліментарного походження необхідно швидко та ефективно поповнювати втрати, а також запаси заліза в організмі. Цьому сприяє своєчасне збільшення його надходження з їжею. Найраціональніший спосіб – це обґрунтовані дієтичні рекомендації, зокрема достатня різноманітність харчування, використання продуктів тваринного походження, речовин, що збільшують засвоєння заліза.

**Мета.** Оцінити забезпеченість жителів радіоактивно забруднених територій України залізом та встановити вплив останнього на розвиток хвороб аліментарного генезу.

**Матеріали та методи.** Для оцінки забезпеченості населення територій, що постраждали від наслідків аварії на ЧАЕС, аліментарним залізом та визначення його впливу на захворюваність і смертність проаналізовано групу осіб працездатного віку (чоловіки та жінки віком 18–29, 30–39, 40–60 років на момент аварії на ЧАЕС), які мешкають на екологічно небезпечних територіях Житомирської області.

Джерелом вихідної інформації для епідеміологічного дослідження та аналізу були власні спостереження та дані ДУ "Український центр інформаційних технологій та Національного реєстру МОЗ України". Загальна кількість – 163 047 осіб обох статей, чоловіків – 72 654 (44,6 %), жінок – 90 393 (55,4 %).

Застосовано методи: бібліосемантичний; теоретичний аналіз із узагальнення даних щодо проблеми здоров'я та харчування населення неблагополучних регіонів України; математична статистика.

**Результати.** Серед населення, яке мешкає на радіоактивно забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС територіях, залізодефіцитні анемії діагностуються від 60 до 65%.

Першопричиною нестачі незамінних речовин, у тому числі заліза, у харчуванні є зниження (у 2,0–2,5 раза) енерговитрат та зменшення об'єму вживаної їжі. Окрім того, поштовхом до деформації співвідношення між есенціальними речовинами в раціоні є збільшення вживання технологічно перероблених та забруднених антропогенами продуктів. Нашими дослідженнями встановлено, що харчування як чоловіків, так і жінок не відповідало рекомендованим величинам. Так, раціони чоловіків різних груп інтенсивності праці були найбільш дефіцитними за вмістом м'яса та м'ясопродуктів – до 55 %, риби та рибопродуктів – до 72 %, молока та молокопродуктів – до 57 %, фруктів – до 58 %. При цьому вони споживали надлишок хліба, бобових, круп, сала, картоплі, сметани, яєць.

Найрозбалансованішим було харчування жінок. Так, нестача хліба та хлібобулочних виробів становила 41,4 %, м'яса та м'ясопродуктів – 63,9 %, молока та молокопродуктів – до 40,0 %, овочів – до 25,5 %, сиру твердого – до 80,0 % від рекомендованих величин. При цьому жінки споживали надлишок круп, яєць, картоплі та кондитерських виробів.

Вміст заліза у раціонах харчування чоловіків, незалежно від фізичного навантаження, перевищував рекомендовані величини від 12,0 до 28,0%. При цьому, у раціонах харчування жінок нестача заліза становила 13,2–34,0%.

**Висновки.** Використання міжнародних моделей профілактики залізодефіцитних станів серед населення, яке мешкає на територіях України, що постраждало від аварії на ЧАЕС, потребує інформації щодо достовірних оцінок і переліку демографічних даних про очікувану тривалість життя, захворюваність на злоякісні новоутворення та смертність від інших причин.

**Ключові слова:** аліментарне залізо, гемове залізо, залізодефіцитні анемії, профілактика, населення екологічно небезпечних регіонів, аварія на Чорнобильській АЕС.

*I. Matasar, L. Petryshchenko, A. Chernyshov*

*State Institution "National Research Center for Radiation Medicine,  
Hematology and Oncology of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine*

### **INFLUENCE OF DIETARY IRON ON THE DEVELOPMENT OF DISEASES OF ALIMENTARY GENESIS**

**Abstract.** The main task of modern medicine is the development and implementation of effective large-scale programs aimed at optimizing the qualitative and quantitative composition of food rations. Modern environmental conditions (pollution of soils

with pesticides, heavy metals, radionuclides, etc.) require constant control and correction of the plastic, energetic and catalytic components of food. Iron, as a food ingredient, is an important component of energy metabolism, synthesis of nucleic acids and cell proliferation.

To prevent iron-deficiency anemia (IDA) of alimentary origin, it is necessary to quickly and effectively replenish the losses and reserves of iron in the body, which is possible with a timely increase in the supply of this trace element with food.

The most rational ways to prevent IDA of alimentary genesis can be substantiated dietary recommendations that take into account a sufficient variety of nutrition, the use of animal products, and substances that increase the assimilation of iron.

**Aim.** To evaluate the supply of iron to residents of radioactively contaminated territories of Ukraine and to establish the impact of the latter on the development of diseases of alimentary origin.

**Materials and Methods.** In order to assess the supply of iron to the population of the territories affected by the consequences of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) and to determine its impact on morbidity and mortality, a cohort of people of working age (men and women aged 18–29, 30–39, 40–60 years old at the time of the accident at the ChNPP), who live in ecologically dangerous areas of Zhytomyr region, was analyzed.

The source of initial information for epidemiological research and analysis was own observations and data from the Ukrainian Center for Information Technologies and the National Register of the Ministry of Health of Ukraine. The total cohort consisted of 163,047 people of both sexes, including: men – 72,654 or 44.6%, women – 90,393 or 55.4%.

To achieve the goal, the following methods were used: bibliosemantic; theoretical analysis of the generalization of data on the problem of health and nutrition of the population living in disadvantaged regions of Ukraine; mathematical statistics.

**Results.** Between 60 and 65% of the population living in areas radioactively contaminated by the accident at the Chernobyl nuclear power plant are diagnosed with iron-deficiency anemia.

The primary cause of the lack of essential substances, including iron, in food is a decrease (by 2.0–2.5 times) in energy expenditure and a decrease in the volume of food consumed. In addition, the impetus for the deformation of the relationship between essential substances in the diet is the increase in the use of technologically processed and anthropogenically contaminated products.

Our research established that the nutrition of both men and women did not meet the recommended values. Thus, the diets of men of different groups of labor intensity were the most deficient in the content of meat and meat products – up to 55%, fish and fish products – up to 72%, milk and milk products – up to 57%, fruits – up to 58%. At the same time, they consumed a surplus of bread, legumes, cereals, lard, potatoes, sour cream, and eggs.

The most unbalanced was the nutrition of women. Thus, the shortage of bread and bakery products was 41.4%, meat and meat products – 63.9%, milk and milk products – up to 40.0%, vegetables – up to 25.5%, hard cheese – up to 80.0 % of the recommended values. At the same time, women consumed an excess of cereals, eggs, potatoes and confectionery.

The content of iron in the diets of men, regardless of physical exertion, exceeded the recommended values from 12.0 to 28.0%. At the same time, the lack of iron in women's diets amounted to 13.2–34.0%.

**Conclusions.** The use of international models for the prevention of iron-deficiency conditions among the population living in the territories of Ukraine affected by the accident at the Chernobyl nuclear power plant requires information on reliable estimates and a list of demographic data, life expectancy, incidence of malignant neoplasms, and mortality from all causes.

**Keywords:** dietary iron, heme iron, iron-deficiency anemia, prevention, population of ecologically dangerous regions, accident at Chernobyl NPP.

**Вступ.** Споконвіку природа випробує людство. Ми стикаємось із безліччю нових захворювань, етіологія виникнення яких потребує ретельного вивчення. Не завжди ми психологічно налаштовані протидіяти хворобам, пов'язаним з дією фізичних чи біологічних чинників.

До лікарів часто звертаються пацієнти із захворюваннями, етіологію та клінічну симптоматику яких важко конкретизувати та віднести до певної нозології. Такі хворі, як правило, тривало лікуються у фахівців різного профілю. З часом у них можуть розвинути психопатичні реакції, неврози тощо, через що виникає недовіра до медицини.

Часто хворобливі стани, обумовлені нестачею в організмі аліментарних сполук, якістю та кількістю спожитої їжі. У світі приблизно 20% населення страждає на явну або приховану нестачу заліза. Цей незамінний елемент є основним структурним компонентом гемоглобіну крові та гемовміщуючих ферментів – каталази, пероксидази і цитохромоксидази, які є головними каталізаторами окислювально-відновних процесів. Дефіцит заліза є однією з

**Introduction.** From time immemorial, nature has given humanity trials. We are faced with many new diseases, the etiology of which requires careful study. We are not always psychologically determined to counteract diseases associated with the action of physical or biological factors.

Doctors are often contacted by patients whose etiology and clinical symptoms of diseases are difficult to specify and attribute to a specific nosology. Such patients, as a rule, are treated for a long time by specialists of various profiles. Over time, such patients may develop psychopathic reactions, neuroses, etc., which leads to distrust of medicine.

Often, painful conditions caused by a lack of alimentary compounds in the body depend on the quality and quantity of food consumed. In the world, approximately 20% of the population suffers from an obvious or hidden lack of iron. This essential element is the main structural component of blood hemoglobin and heme-containing enzymes: catalase, peroxidase and cytochrome oxidase, which are the main catalysts of redox processes. Iron deficiency is one of the causes

причин розвитку залізодефіцитної анемії (ЗДА). Ця патологія найбільше поширена серед дітей, підлітків та жінок фертильного віку. Брак заліза викликає розвиток гіпоксичних станів, які у свою чергу модифікують метаболічні процеси, що призводить до розвитку дегенеративних змін у тканинах та органах. Залежно від ступеня та тривалості залізодефіцитного стану (ЗДС) формується патологічний відгук з боку гемопоєзу, швидкість реагування адаптаційних систем, вірогідність виникнення ЗДА та важкість перебігу супутніх захворювань.

Часто розвитку анемії сприяє економічна ситуація у країні, добробут населення, можливості людей збалансовано харчуватись, а також здатність органів охорони здоров'я забезпечити своєчасну діагностику та лікування патологічних змін.

У наш час велика увага приділяється взаємозв'язку здоров'я людини та харчування. Їжа розглядається не лише як джерело енергії, а й як чинник, що впливає на функціонування усіх органів та систем організму.

Так, за нашими даними, серед дітей, які мешкають у регіонах забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС, ЗДА діагностується у 60–65 %.

Одне із основних завдань сучасної медицини – розробка, впровадження та оцінка ефективності широкомасштабних програм, спрямованих на оптимізацію якісного та кількісного складу харчових раціонів, що споживаються основною масою населення. Вже сьогодні необхідний постійний контроль та корекція пластичного, енергетичного та каталітичного компонентів їжі, особливо в умовах екологічного неблагополуччя (забруднення ґрунтів пестицидами, важкими металами, радіонуклідами тощо) як засіб профілактики аліментарних та аліментарно-залежних захворювань, а також хвороб іншого ґенезу.

**Мета.** Оцінити забезпеченість жителів радіоактивно забруднених територій України залізом та встановити його вплив на розвиток хвороб аліментарного ґенезу.

**Матеріали та методи.** Для оцінки забезпеченості населення територій, що постраждали від наслідків аварії на ЧАЕС, аліментарним залізом та визначення його впливу на захворюваність і смертність проаналізовано групу осіб працездатного віку (чоловіки та жінки віком 18–29, 30–39, 40–60 рр.), які постійно проживають на екологічно небезпечних територіях Житомирської області.

Джерелом вихідної інформації для епідеміологічного дослідження і аналізу були власні спостереження та дані ДУ "Український центр інформаційних технологій" та Національного реєстру МОЗ України. Загальна когорта налічувала 163 047 осіб обох статей, серед яких: чоловіки – 72 654 або 44,6 %, жінки – 90 393 або 55,4 %.

Для досягнення поставленої мети застосовано методи: бібліосемантичний; теоретичний аналіз із

of iron deficiency anemia (IDA). This pathology is most common among children, adolescents, and women of fertile age. Iron deficiency causes the development of hypoxic conditions, which in turn modify metabolic processes, that leads to the development of degenerative changes in tissues and organs. Depending on the degree and duration of the iron deficiency condition (IDC), a pathological response from hematopoiesis, the response speed of adaptive systems, the likelihood of IDA and the severity of concomitant diseases are formed.

Often, the development of anemia is promoted by the economic situation in the country, the well-being of the population, the ability of people to eat a balanced diet, as well as the ability of health authorities to ensure timely diagnosis and treatment of pathological changes.

Now the relationship between human health and nutrition is becoming very important. Food is considered not only as a source of energy, but also as a factor affecting the functioning of all organs and systems of the body.

According to our data, 60-65 % of children living in regions contaminated with radionuclides as a result of the Chernobyl accident are diagnosed with IDA.

The main task of modern medicine should be the development, implementation and the effectiveness evaluation of large-scale programs aimed at optimizing the qualitative and quantitative composition of food rations consumed by the population majority. Even today, it is necessary to constantly monitor and correct the plastic, energy and catalytic components of food, especially in conditions of environmental problems (soil contamination with pesticides, heavy metals, radionuclides, etc.) as a means of preventing alimentary and alimentary-dependent diseases, as well as diseases of another genesis.

**Aim.** To assess the iron provision to residents of radioactively contaminated territories of Ukraine and to establish the influence of the latter on the development of alimentary origin diseases.

**Materials and Methods.** To assess the population provision of the territories affected by the consequences of the Chernobyl accident with alimentary iron and determine its impact on morbidity and mortality, a cohort of working age people (men and women aged 18-29, 30-39, 40-60 years at the time of the Chernobyl accident) living in ecologically dangerous territories of the Zhytomyr region was analyzed.

The source of initial information for epidemiological research and analysis was the own observations and data of the state institution "Ukrainian Center for information technologies" and the National Register of the Ministry of health of Ukraine. The total cohort consisted of 163,047 people of both sexes, including: men – 72,654 or 44.6 %, women – 90,393 or 55.4 %.

узагальнення даних щодо проблеми здоров'я та харчування населення; математична статистика, що входять до програми запланованих досліджень.

Дані натурних спостережень статистично оброблялись за допомогою t-критерію Ст'юдента для незалежних вибірок, з використанням ліцензованої комп'ютерної програми Microsoft Excel з попередньою перевіркою гіпотези про нормальний закон розподілу випадкової величини за критерієм Колмогорова-Смирнова [1].

**Результати та обговорення.** Залізо (лат. ferrum), Fe – це хімічний елемент з атомним номером 26 у періодичній системі елементів. Відповідно до класифікації відноситься до есенціальних елементів [2].

Залізо надходить до організму з їжею у двох формах – двовалентне гемове залізо, з продуктів тваринного походження: червоне м'ясо, субпродукти (печінка, нирки, серце), птиця, риба, морепродукти (біодоступність 15–50 %), та тривалентне негемове залізо – з продуктів рослинного походження: бобові, злакові, сухофрукти тощо (біодоступність від 1 до 10 %).

Гемове залізо є одним з найважливіших мікроелементів як для організму людини, так і в цілому для всього тваринного світу. Його відносять до металів життя. Залізо бере активну участь у обміні речовин і входить до складу багатьох білків та ферментів [3]. Рівень гемового заліза в організмі людини впливає на процеси обміну та виникнення ряду захворювань. У світі приблизно 20% населення страждає на явну або приховану нестачу заліза [4]. Ця патологія найбільше поширена серед дітей, підлітків та жінок фертильного віку.

Аліментарне залізо, що надходить до організму, має певні відмінності. Вміст гемового та негемового заліза у продуктах та раціоні харчування наведено у табл. 1.

Поміж населення, яке мешкає у регіонах забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС, залізодефіцитні анемії діагностується у 60 – 65% обстежених. Серед них прогресивну анемію спосте-

To achieve this goal, the following methods were applied: biblio-semantic; theoretical analysis and generalization of data on the health and nutrition problem of the population living in disadvantaged regions of Ukraine; mathematical statistics included in the program of planned studies.

Data from field observations were statistically processed using the Student's t-test for independent samples, using a licensed Microsoft Excel computer program with preliminary testing of the hypothesis about the normal distribution law of a random variable according to the Kolmogorov-Smirnov criterion [1].

Results and Discussion. Iron (Latin: ferrum), Fe is a chemical element with atomic number 26 in the Periodic Table of elements of D. I. Mendeleev. According to the classification, it belongs to Essential Elements [2].

Iron enters the body with food in two forms – divalent heme iron, from animal products: red meat, offal (liver, kidneys, heart), poultry, fish, seafood (bioavailability 15-50%), and trivalent non-heme iron from plant products: legumes, cereals, dried fruits, etc. (bioavailability from 1 to 10%).

Heme iron is one of the most important trace elements both for the human body and for the entire animal world as a whole. It belongs to the metals of life. Iron is actively involved in metabolism and is a part of many proteins and enzymes [3]. The level of heme iron in the human body affects the metabolic processes and the occurrence of a number of diseases. In the world, approximately 20% of the population suffers from obvious or latent iron deficiency [4]. This pathology is most common among children, adolescents, and women of fertile age.

Alimentary iron entering the body has certain differences. The content of heme and non-heme iron in foods and diets is shown in Table 1.

Among the population living in regions contaminated with radionuclides as a result of the Chernobyl accident, iron deficiency anemia is diagnosed in 60 to 65% of respondents. Among them, progressive anemia was

Таблиця 1 / Table 1

**Вміст гемового та негемового заліза у продуктах і раціоні харчування**  
**The content of heme and non-heme iron in foods and diets**

<b>Залізо / Iron</b>	<b>Гемове залізо (у поєднанні з білком) / Heme iron (in combination with protein)</b>	<b>Негемове залізо (іонізоване) / Non-heme iron (ionized)</b>
Доля у звичайному раціоні / Content in the usual diet	10–15 %	85–90 %
Вміст у м'ясних продуктах / Content in meat products	40 %	60 %
Вміст у рослинних продуктах / Content in plant-based products	відсутнє / missing	100 %
Всмоктуваність у ШКТ / Absorption in the gastrointestinal tract	< 20–30 %!	3–5 %

рігали зі зниженням колірного показника, іноді до 0,5-0,4. Серед хворих помічається анізоцитоз та анізохромія еритроцитів з макроцитозом [5, 6].

Залізо як інгредієнт їжі є важливим компонентом енергетичного обміну, синтезу нуклеїнових кислот та проліферації клітин [7]. Це незамінний елемент в структурі гемоглобіну крові та ферментах, що вміщують каталазу, пероксидазу та цитохромоксидазу. Залізо є головним каталізатором окислювально-відновних процесів. Вміст гемового заліза в організмі підтримується гепсидин-ферропортином [8], що забезпечує адаптацію організму в умовах порушення метаболізму, зокрема при гіпоксії, анемії чи дефіцитному харчуванні [9].

Надходження заліза із їжі у внутрішнє середовище організму опосередковується потужним регуляторним механізмом, який вивчав В. Н. Петров ще у 1951 році [10].

Регуляція надходження заліза до організму відбувається в апікальній та базолатеральній мембрані ентероцитів, через які воно проходить із просвіту кишківника у плазму крові. Апікальна мембрана диференційованих ентероцитів направлена у просвіт кишківника та спеціалізована для транспорту гема і закисного заліза до клітини. Існують три шляхи транспортування заліза. Найбільш широко охарактеризований шлях надходження заліза за допомогою двовалентного транспортера DMT-1. У літературі описано амінокислотну послідовність DMT-1, його функція та регуляція [11].

Транспортування та використання заліза не залежить від його валентності, а контролюється ферум-залежними транскрипційними генами [12]. Так, ген C1SD2 забезпечує функцію білка, який міститься у мітохондріях і кодує залізо-сірчаний домен, що відіграє центральну роль у регулюванні обміну кальцію [13]. Від балансу заліза залежать утворення органічної та мінеральної компоненти кісткової тканини, що впливає на механізми регенерації кісток [14], пригнічуючи активність лужної фосфатази, що чинить перешкоду на обмін кальцію, зокрема сприяє виникненню рахіту (рис. 1).

observed with a decrease in the color index, sometimes up to 0.5-0.4. among patients, anisocytosis and aniso-chromia of red blood cells with macrocytosis were noted [5, 6].

Iron as a food ingredient is an important component of energy metabolism, nucleic acid synthesis, and cell proliferation [7]. It is an essential element in the structure of blood hemoglobin and enzymes containing catalase, peroxidase and cytochrome oxidase. Iron is the main catalyst for redox processes. The content of heme iron in the body is supported by hepcidin-ferroportin [8], which ensures the adaptation of the body in conditions of metabolic disorders, in particular in hypoxia, anemia or malnutrition [9].

The intake of iron from food into the internal environment of the body is mediated by a powerful regulatory mechanism, which was studied by V. N. Petrov back in 1951 [10].

Regulation of iron intake in the body occurs in the apical and basolateral membranes of enterocytes, through which iron passes from the intestinal lumen to the blood plasma. The apical membrane of differentiated enterocytes is directed in-to the intestinal lumen and is specialized for the transport of heme and iron oxide to the cell. There are three ways to transport iron. The pathway of iron uptake by the divalent DMT-1 transporter is most widely characterized. the amino acid sequence of DMT-1, its function and regulation are described in the literature [11].

The transport and use of iron do not depend on its valence, but is controlled by ferrum-dependent transcription genes [12]. Thus, the C1SD2 gene provides the function of a protein found in mitochondria and encodes an iron-sulfur domain that plays a central role in regulating calcium metabolism [13]. The iron balance depends on the formation of organic and mineral components of bone tissue, which affects the mechanisms of bone regeneration [14], inhibiting the activity of alkaline phosphatase, which interferes with calcium metabolism, in particular, contributes to the occurrence of rickets (Fig. 1).

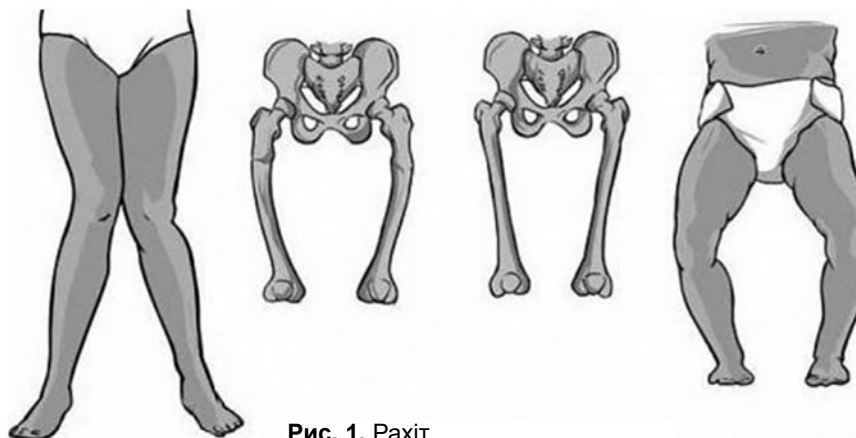


Рис. 1. Рахіт  
Fig. 1. Rickets

Дисбаланс заліза впливає на пошкодження емалі та прояви карієсу зубів [15]. Нестача заліза викликає розвиток гіпоксичних станів, які у свою чергу модифікують метаболічні процеси, що призводить до розвитку дегенеративних змін у тканинах і органах.

Першопричиною нестачі незамінних речовин у харчуванні є зниження (у 2,0–2,5 раза) енерговитрат і зменшення об'єму спожитої їжі. Крім того, поштовхом до деформації співвідношення між есенціальними речовинами в раціоні є збільшене вживання технологічно перероблених та забруднених антропогенами продуктів.

Нашими дослідженнями встановлено, що харчування як чоловіків, так і жінок не відповідало рекомендованим величинам. Так, раціони харчування чоловіків різних груп інтенсивності праці були найбільш дефіцитними за вмістом м'яса та м'ясопродуктів – до 55 %, риби та рибопродуктів – до 72 %, молока та молокопродуктів – до 57 %, фруктів – до 58 %. При цьому вони вживали надлишок хліба, бобових, круп, сала, картоплі, сметани, яєць.

Найбільш розбалансованим було харчування жінок. Так, нестача хліба та хлібобулочних виробів становила 41,4 %, м'яса та м'ясопродуктів – 63,9 %, молока та молокопродуктів – до 40,0 %, овочів – до 25,5 %, сиру твердого – до 80,0 % від рекомендованих величин. При цьому жінки вживали надлишок круп, яєць, картоплі та кондитерських виробів.

Високий рівень заліза в організмі також має свої негативні наслідки, зокрема призводить до окисного стресу, пошкодженню ДНК та загибелі клітин в органах-мішенях [16].

Роль депо заліза в організмі виконує феритин, який при надлишку іонів у вигляді  $Fe^{2+}$  свідчить про перевантаження організму залізом [17]. Його баланс забезпечується взаємодією між регуляторними білками [18]. Залізо, маючи вплив на метаболізм амінокислот, зокрема аргінін, що синтезує поліаміни, підтримує свій баланс під час окислювального стресу [19].

Амінокислоти тваринних білків підвищують захисну здатність організму. Зокрема валін, лейцин та ізолейцин впливають на еритропоез і позитивно корелюють з гемоглобіном крові. Вважається, що надлишок тирозину чинить дію на мінералізацію кісток [20].

У період з 1988 до 1992 рр. спостерігалось зниження величини вживаних населенням білків тваринного походження, однак їх раціони харчування у 1992 р. були найбільш збалансовані за амінокислотним складом. У наш час нестача тваринних білків істотно погіршила баланс амінокислот в організмі населення.

Деформоване харчування має не абияке значення при формуванні мінеральної компоненти раціону та може впливати на конформацію і структурну стабільність білків у біологічних рідинах організму.

Iron imbalance affects enamel damage and the appearance of dental caries [15]. Iron deficiency causes the development of hypoxic conditions, which in turn modify metabolic processes, that leads to the development of degenerative changes in tissues and organs.

The root cause of the lack of essential substances in the diet is a decrease (2.0–2.5 times) in energy consumption and a decrease in the volume of food consumed. In addition, the increased use of technologically processed and anthropo-genic-contaminated products is an impetus for the deformation of the ratio between essential substances in the diet.

Our research showed that the nutrition of both men and women did not meet the recommended values. Thus, the diets of men of different labor intensity groups were the scarcest in terms of the content of meat and meat products – up to 55%, fish and fish products – up to 72%, milk and dairy products – up to 57%, fruit – up to 58 %. At the same time, they consumed an excess of bread, legumes, cereals, lard, potatoes, sour cream, eggs.

Women's diet was the most unbalanced. Thus, the shortage of bread and bakery products was 41.4%, meat and meat products – 63.9%, milk and dairy products – up to 40.0%, vegetables – up to 25.5%, hard cheese – up to 80.0% of the recommended values. At the same time, women consumed an excess of cereals, eggs, potatoes and confectionery.

High iron levels in the body also have negative consequences, in particular, they lead to oxidative stress, DNA damage, and cell death in target organs [16].

The role of an iron depot in the body is performed by ferritin, which, with an excess of ions in the form of  $Fe^{2+}$ , indicates an overload of the body with iron [17]. Iron balance is provided by interactions between regulatory proteins [18]. Iron, having an effect on the metabolism of amino acids, in particular arginine, which synthesizes polyamines, maintains its balance during oxidative stress [19].

Amino acids of animal proteins increase the body defense ability. In particular, Valine, Leucine and isoleucine affect erythropoiesis and positively correlate with blood hemoglobin. Excess tyrosine is thought to affect bone mineralization [20].

In the period from 1988 to 1992, there was a decrease in the amount of animal proteins consumed by the population, but their diets in 1992 were the most balanced in terms of amino acid composition. Nowadays, the lack of animal proteins has significantly worsened the balance of amino acids in the body of the population.

Deformed nutrition is of great importance in the formation of the diet mineral component and can affect the conformation and structural stability of proteins in body fluids.

Our studies have shown that the mineral component of the diets of the population aged 18 to 60 years differed depending on physical activity. The most com-

Нашими дослідженнями показано, що мінеральна компонента раціонів населення віком від 18 до 60 років була відмінною і залежала від фізичного навантаження. Найбільш розповсюдженим був глибокий дефіцит кальцію у раціоні харчування як чоловіків, так і жінок. При нормі для чоловіків 1200 мг/д, дефіцит кальцію становив від 32,0 до 44,0 %, а для жінок при нормі 1100 мг/д, нестача коливалась від 37,3 до 38,6 % відповідно.

Вміст магнію в раціонах харчування обстежених чоловіків не залежав від фізичного навантаження і не задовольняв фізіологічні потреби. При нормі 400,0 мг/д брак магнію спостерігався на рівні від 10,0 до 23 %; а у жінок при нормі 500,0 мг/д, відповідно від 15,5 до 41,8 %.

Вміст заліза у раціонах чоловіків, незалежно від фізичного навантаження, перевищував рекомендовані величини від 12,0 до 28,0%, тоді як раціони жінок були дефіцитними – від 13,2 до 34,0%.

Зв'язок між ожирінням і дефіцитом заліза можливо пов'язаний з високим рівнем гепсидину. Причиною інгібування всмоктування заліза, ймовірно, є підвищена експресія гепсидину в жировій тканині [21, 22].

Ожиріння або адипоцитоз (від лат. adeps — жир, сало; cit — клітна, os — суфікс, що вказує на неінфекційне або хронічне захворювання) — це захворювання, при якому надлишковий накопичений жир в організмі призводить до зменшення середньої тривалості життя та/або збільшення проблем зі здоров'ям. Людину вважають хворою на ожиріння, якщо її індекс маси тіла (ІМТ) перевищує 30 кг/м<sup>2</sup> (рис. 2).

mon was a deep calcium deficiency in the diet of both men and women. With a norm of 1200 mg/day for men, calcium deficiency ranged from 32.0 to 44.0 %, and for women with a norm of 1100 mg/day, the deficiency ranged from 37.3 to 38.6 %, respectively.

The magnesium content in the diets of the examined men did not depend on physical activity and did not meet physiological needs. At a norm of 400.0 mg/day, magnesium deficiency was observed at the level of 10.0 to 23 %, and in women at a norm of 500.0 mg/day, respectively, from 15.5 to 41.8 %.

The iron content in the diets of men, regardless of physical activity, exceeded the recommended values from 12.0 to 28.0 %, while the diets of women were deficient – from 13.2 to 34.0 %.

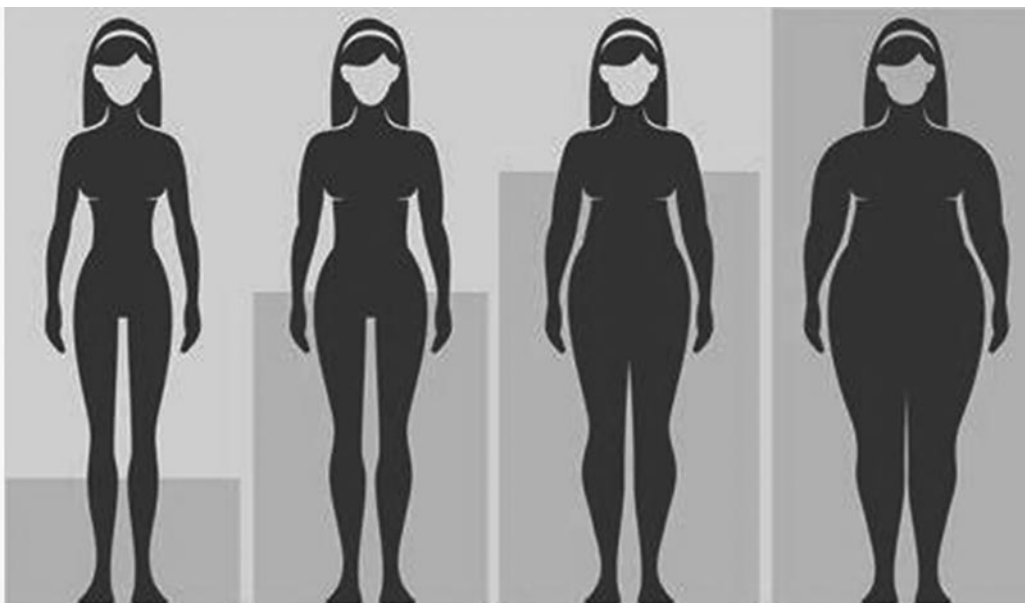
The link between obesity and iron deficiency may be related to high levels of hepcidin. The cause of iron absorption inhibition is probably increased hepcidin expression in adipose tissue [21, 22].

Obesity or adipocytosis (from Latin adeps – fat, fat; sit-cell, '-os-' is the suf-fix indicating a non-communicable or chronic disease) is a disease in which excess accumulated fat in the body leads to a decrease in average life expectancy and/or an increase in health problems. A person is considered obese if their body mass index (BMI) exceeds 30 kg/m<sup>2</sup> (Fig.2).

Often, obesity occurs with an unbalanced vitamin and mineral composition of the diet and high caloric content of food with insufficient physical activity.

The obesity dynamics of the working-age adult population shows that the highest incidence rate was

Дефіцит / deficiency	Норма / standard	Передожиріння / pre-obesity	Ожиріння / obesity
<18,5	18,5-24,9	25,0-29,0	>30



**Рис.2.** Індекс маси тіла - величина, що дозволяє оцінити ступінь відповідності маси людини до її росту  
**Fig. 2.** Body Mass Index – a value that allows to assess the degree of correspondence of a person's weight to his height

Часто ожиріння виникає через незбалансований вітаміно-мінеральний склад раціону та високу калорійність їжі при недостатній фізичній активності.

Динамка ожиріння дорослого населення працездатного віку свідчить, що найвищий рівень захворюваності був серед осіб 18-29 років у 2019 році, який у 2022 році знизився на 50 %, що можливо пов'язане з воєнним станом в Україні, а також з порушеннями в харчуванні та нервовими стресами.

Серед осіб 30–39 років захворюваність на ожиріння значно нижча, а поміж населення віком 40–60 років надлишкової ваги взагалі не зареєстровано.

Залізовміщуючі ферменти, які продукують фолікулярні клітини щитоподібної залози, каталізують генерацію активних форм кисню, що сприяє продукуванню тереодних гормонів [23]. Порушення функціонування залози серед населення, потерпілого від аварії на ЧАЕС, спричинило формування ряду захворювань. Неферментативні антиоксиданти діють як буфер для нейтралізації вільних радикалів, надлишок яких викликає структурні пошкодження клітин, руйнує геномну стабільність та індукуює механізми канцерогенезу [24]. На 2021 рік захворюваність на злоякісні новоутворення щитоподібної залози серед мешканців радіоактивно забруднених територій становила: зареєстроване число випадків – 547; очікувана кількість випадків – 419,2; SIR (%) – 130,5; 95% ДІ – 119,6–141,4.

Серед учасників ліквідації аварії на ЧАЕС (УЛНА) 1986–1987 рр. (1994–2021 рр.) відповідно: зареєстроване число випадків – 453; очікуване число випадків – 100,6; SIR (%) – 450,3 та 95 % ДІ - 408,8–491,8.

Щодо евакуйованих відповідно: (1990–2021 рр.) – зареєстроване число випадків – 371; очікуване – 98,9; SIR (%) – 375,1 та 95% ДІ – 337,0 – 413,3.

Показники захворюваності на всі форми раку перевищують національний рівень тільки у групі УЛНА 1986–1987 рр. SIR (стандартизоване співвідношення захворюваності) = 106,6 % (95 % довірчий інтервал ДІ: 104,9–108,5). Має місце істотне перевищення очікуваного рівня захворюваності на рак щитоподібної залози серед УЛНА – у 4,5 раза, евакуйованих – у 3,8 раза, мешканців радіоактивно забруднених територій – у 1,3 раза.

Захворюваність жінок УЛНА на рак молочної залози у 1,6 раза вища за очікуваний рівень. У мешканок забруднених територій та евакуйованих також відзначається зростання цього показника.

Рівень захворюваності на лімфому та лейкомії в УЛНА та евакуйованих в 1,5 раза перевищує національний рівень. Так, дослідження на окремих територіально розрізнених контингентах дозволило ідентифікувати 1085 випадків окремих форм лейкомії серед населення (1–19 років) Житомирської, Київської, Чернігівської, Сумської областей [25].

Зміни у ферокінетичних процесах впливають на перебіг та характер гострих лейкомії, а надлишок заліза може бути промотором лейкогенезу [26].

among people aged 18–29 in 2019, which in 2022 decreased by 50%, which may be due to the martial law in Ukraine and related eating disorders and nervous stress.

Among people aged 30–39 years, the incidence of obesity is significantly lower, and among the population aged 40–60 years, overweight is not registered at all.

Iron-containing enzymes that produce thyroid follicular cells catalyze the generation of reactive oxygen species, which contributes to the production of thyroid hormones [23]. Violation of the gland functioning among the population of the regions affected by the Chernobyl accident contributed to the formation of a number of diseases. Nonenzymatic antioxidants act as a buffer to neutralize free radicals, an excess of which causes structural damage to cells, destroys genomic stability, and induces mechanisms of carcinogenesis [24]. As of 2021, the incidence of thyroid malignancies among residents of radioactively contaminated areas was: registered number of cases – 547; expected number of cases – 419.2; SIR (standardized incidence ratio) (%) – 130.5; 95 % CI (confidence interval) – 119.6–141.4.

Among the participants in the liquidation of the Chernobyl accident (PLC) in 1986–1987 (1994–2021), respectively: registered number of cases – 453; expected number of cases – 100.6; SIR (%) – 450.3 and 95 % CI – 408.8–491.8.

For evacuees, respectively: (1990–2021) – registered number of cases – 371; expected number of cases – 98.9; SIR (%) – 375.1 and 95% CI – 337.0 – 413.3.

The incidence of all forms of cancer exceeds the national level only in the 1986–1987 PLC group SIR = 106.6 % (95% CI: 104.9–108.5). There is a significant excess of the expected incidence of thyroid cancer among PLC – by 4.5 times, evacuees – by 3.8 times, residents of radioactively contaminated territories – by 1.3 times.

The incidence of breast cancer in PLC women is 1.6 times higher than expected. Residents of contaminated areas and evacuees also showed an increase in this indicator.

The incidence of lymphoma and leukemia in PLC and evacuees is 1.5 times higher than the national level. Thus, a study on separate geographically dispersed contingents made it possible to identify 1085 cases of certain forms of leukemia among the population (1–19 years old) of Zhytomyr, Kyiv, Chernihiv, and Sumy regions [25].

Changes in ferrokinetic processes affect the course and nature of acute leukemias, and excess iron can be a promoter of leukemogenesis [26]. The incidence of lymphoma and leukemia in PLC and evacuees is 1.5 times higher than the national level.



Захворюваність на лімфоми та лейкемії в УЛНА та евакуйованих в 1,5 раза перевищує національний рівень.

Рівень захворюваності на злоякісні новоутворення лімфоїдної, кровотворної та споріднених тканин у мешканців радіаційно забруднених територій не перевищував національний рівень SIR = 88,9 (95 % ДІ: 83,5–94,2) [27]. На противагу цьому показники в УЛНА 1986–1987 рр.: SIR = 144,7 (95 % ДІ: 134,6–154,8) і в евакуйованих із зони відчуження SIR = 142,5 (95 % ДІ: 127,1–157,9) – були вищими за національні показники. Вивчення величини радіаційного ризику лейкемії, як складової частини онкогематологічних захворювань, в УЛНА на ЧАЕС дає підстави для висновку, що він подібний до аналогічних даних щодо хібакуся (мешканців японських міст Хіросіми та Нагасакі), які пережили атомне бомбардування. Підставою для цього висновку стали результати вивчення радіаційних ризиків лейкемії в аналітичному дослідженні, виконаному за міжнародною угодою між Україною та США в галузі вивчення ефектів Чорнобильської аварії (1999 р.). Це дослідження стало найбільшим у світі у цій галузі за розміром когорти УЛНА (110 645 осіб), колективної дози опромінення та кількістю випадків захворювань на досліджувану патологію.

Підсумовуючи зазначене, можна констатувати, що залізо впливає на патологічні зміни в різних ієрархічних структурах.

Водночас немає єдиної думки щодо патології, пов'язаної з дисбалансом заліза в організмі, зокрема при ожирінні та карієсі зубів. Висвітлення цих порушень дасть змогу підвищити ефективність діагностики та методів корекції змін в обміні заліза. Використання міжнародних моделей ризику залізодефіциту для населення, яке мешкає на територіях України, що постраждали від аварії на ЧАЕС, потребує інформаційної основи щодо достовірних оцінок і переліку демографічних даних (чисельність і структура населення за матеріалами національного перепису, показники середньої очікуваної тривалості життя, захворюваності на злоякісні новоутворення та смертності від усіх причин). Крім того, необхідно врахувати також вплив шкідливих чинників різної природи на відповідних територіях.

Для попередження ЗДА аліментарного походження необхідне швидке та ефективне поповнення втрат і запасів заліза в організмі, що можливе при своєчасному збільшенні надходження цього мікроелементу з їжею. Найбільш раціональними способами запобігання залізодефіцитних станів (ЗДС) аліментарного генезу можуть бути обґрунтовані дієтичні рекомендації, які враховують достатню різноманітність харчування, використання продуктів тваринного походження, речовин, що збільшують засвоєння заліза [28, 29].

Однак, медико-біологічне обґрунтування цих заходів у літературі не висвітлене. Відсутні також

The incidence of malignant neoplasms of lymphoid, hematopoietic and related tissues in residents of radiation-contaminated territories did not exceed the national level SIR = 88.9 (95% CI: 83.5–94.2) [27]. In contrast, the indicators in the PLC of 1986–1987: SIR = 144.7 (95% CI: 134.6–154.8) and in those evacuated from the exclusion zone SIR = 142.5 (95% CI: 127.1–157.9) were higher than the national indicators. The study of the magnitude of the radiation risk of leukemia, as an integral part of onco-hematological diseases, in the PLC at the Chernobyl nuclear power plant gives grounds for concluding that it is similar to similar data for hi-bakusha (residents of the Japanese cities of Hiroshima and Nagasaki) who survived the atomic bombing. The basis for this conclusion was the results of studying the radiation risks of leukemia in analytical research conducted under the international agreement between Ukraine and the United States in the field of studying the effects of the Chernobyl accident (1999). This study was the largest in the world in this field in terms of the size of the PLC cohort (110,645 people), the collective radiation dose, and the number of cases of the pathology under study.

Summing up the above, it can be noted that iron affects pathological changes in various hierarchical structures.

At the same time, there is no consensus on the pathology associated with iron imbalance in the body, in particular in obesity and dental caries. Coverage of these disorders will increase the effectiveness of diagnostics and methods for correcting changes in iron metabolism. The use of international models of iron deficiency risk for the population living in the territories of Ukraine affected by the Chernobyl accident requires an information base on reliable estimates and a list of demographic data (population size and structure based on the national census, indicators of average life expectancy, the incidence of malignant neoplasms and mortality from all causes). In addition, it is necessary to take into account the impact of harmful factors of various nature on the territory affected by the accident.

To prevent IDA of alimentary origin, it is necessary to quickly and effectively replenish the losses and reserves of iron in the body, which is possible with a timely increase in the intake of this trace element from food. The most rational ways to prevent iron deficiency conditions (IDC) of alimentary origin can be justified dietary recommendations that take into account a sufficient variety of nutrition, the use of animal products, substances that increase iron absorption [28, 29].

However, the medical and biological justification of these measures is not covered in the literature. There are also no principles of alimentary prevention of IDC, and especially special preventive food rations and approximate menus. The main obstacle in the development of these materials is the lack of scientific justifica-

принципи аліментарної профілактики ЗДС, а також, спеціальні профілактичні харчові раціони та приблизні меню. Головною вадою в розробці цих матеріалів є відсутність наукового обґрунтування профілактичної ролі окремих складових аліментарного фактора [30, 31]. Але, враховуючи велику кількість харчових нутрієнтів, які містять продукти, а також вагомість інших чинників розвитку ЗДС, ця копітка і складна праця потребує значних зусиль.

У літературі дотепер не оцінено залежність між кількістю речовин-блокаторів всмоктування заліза і дефіцитом заліза. Перелік харчових продуктів та нутрієнтів, які мають властивості гальмувати або активізувати всмоктування заліза, а головне, запобігати чи сприяти розвитку ЗДС, має регулярно оновлюватись та поповнюватись новими даними. Не уточнені вказівки щодо їхнього використання чи обмеження у профілактичному та дієтичному харчуванні, наприклад, при загрозі розвитку сидерозу аліментарного чи медикаментозного ґенезу [3, 32]. Такі дослідження необхідні не лише для розробки профілактичних чи коригуючих раціонів, але й для встановлення безпечних рівнів постачання заліза та аліментарних речовин, що містяться в раціоні, у залежності від фази розвитку ЗДС. У літературі є окремі рекомендації щодо зниження квоти жирів, вуглеводів, вмісту молочних продуктів, борошняних виробів у лікувальних харчових раціонах для хворих на ЗДА [33].

Проблема аліментарної профілактики і корекції залізодефіцитних станів тісно пов'язана з вирішенням низки гігієнічних і технологічних питань.

#### Добова потреба у залізі розраховується за формулою:

$$\text{Добова кількість заліза} = \frac{\text{терапевтична доза Fe}^{2+}}{\text{кількість заліза у препараті}}$$

Для профілактики та ліквідації залізодефіциту призначають:

- препарати заліза (5–7 мг заліза на кг маси дитини, протягом 1,5–2,5 місяця, дорослим (див. формулу розрахунку).
- фітопрепарати (при функціональних розладах травного каналу та дисбалансі процесів всмоктування);
- препарати антиоксидантної дії (для нормалізації процесів вільнорадикального окислення, захисту клітинних та субклітинних мембран від ушкодження (вітаміни А, Е, С, біофлавоноїди, селен тощо);
- ентеросорбенти (для виведення важких металів, радіонуклідів, екзо- та ендотоксинів при симптомах інтоксикації організму).

Рекомендовані величини вмісту заліза у харчово-му раціоні дітей різного віку наведені у табл. 2.

tion for the preventive role of alimentary factor individual components [30, 31]. But given the large amount of nutritional nutrients that the products contain, as well as the weight of other factors in the development of PLC, this painstaking and complex work requires considerable effort.

The literature still does not assess the relationship between the amount of iron absorption blockers and iron deficiency. The list of foods and nutrients that have the properties of inhibiting or activating iron absorption, and most important-ly, preventing or promoting the development of PLC, should be regularly updated and updated with new data. Instructions for their use or restrictions in preventive and dietary nutrition, for example, when there is a threat of developing siderosis of alimentary or drug origin, have not been clarified [3, 32]. Such studies are necessary not only for the development of preventive or corrective diets, but also for establishing safe levels of iron and alimentary substances contained in the diet, depending on the phase of development of IDC. In the literature, there are separate recommendations for reducing the quota of fats, carbohydrates, the content of dairy products, flour products in therapeutic food diets for patients with IDA [33].

The problem of alimentary prevention and correction of iron deficiency conditions is closely related to the solution of a number of hygienic and technological issues.

#### The daily iron requirement is calculated using the formula:

$$\text{day amount of iron} = \frac{\text{therapeutic dose of Fe}^{2+}}{\text{amount of iron in the preparation}}$$

For the prevention and elimination of iron deficiency is prescribed:

- iron preparations (5–7 mg of iron per kg of child weight, for 1.5–2.5 months, adults (see the calculation formula).
- herbal remedies (for functional disorders of the digestive canal and imbalance and absorption processes);
- antioxidant drugs (to normalize the processes of free radical oxidation, protect cellular and subcellular membranes from damage (vitamins A, E, C, bioflavonoids, selenium, etc.);
- entero-sorbents (for the removal of heavy metals, radionuclides, exo- and endotoxins in case of symptoms of intoxication of the body).

Recommended values of iron content in the diet of children of different ages are given in Table 2.

**Рекомендовані величини вмісту заліза у харчовому раціоні дітей різного віку, мг/доба (для профілактики розвитку дефіциту заліза (ДЗ))**

**Recommended values of iron content in the diet of children different ages, mg/day (to prevent the development of iron deficiency (ID))**

Вікові групи / Age groups	Вміст заліза у харчовому раціоні для профілактики розвитку ДЗ / Iron content in the diet for prevention of ID development	
	для хлопчиків / for boys	для дівчат / for girls
0 – 6 місяців / months	0,27	0,27
7 – 12 місяців / months	9	9
1 – 3 роки / years	7	7
4 – 8 років / years	9	9
9 – 13 років / years	8	8
14 – 18 років / years	11	15

Існують максимальні одноразові величини доз препаратів заліза при внутрішньовенному застосуванні:

- заліза декстран – 1000 мг;
- заліза сахарат – 500 мг;
- заліза глюконат – 62,5 мг.

У колишньому СРСР були розроблені спеціальні лікувально-профілактичні продукти, які містять залізо, що легко засвоюється. Зокрема, В. Н. Петровим [34] (1992) створений желейний мармелад, порція якого містить 12 мг ("дитячий" варіант) та 25 мг заліза ("донорський" варіант). Інститутом регіональних проблем харчування АМН СРСР були розроблені кисломолочні продукти "ША-ФЕ" та "Жигер", які включали лактат заліза, сірчанокислу мідь, аскорбінову, ніотинову і фолієву кислоти, спеціально підібрані штами молочнокислих бактерій, які розщеплюють білки молока до амінокислот. Г. І. Бондаревим [35] та В. Б. Скрипачовим [36] (2013) також були розроблені спеціальні продукти – джерела заліза для аліментарної корекції ЗДС. Але жодна з цих розробок не знайшла широкого використання і тому не змогла істотно вплинути на аліментарний статус в умовах розвитку ЗДС.

У багатьох країнах налагоджено виробництво харчових продуктів і сировини, збагачених формами заліза, що легко засвоюються. Враховуючи, що звичайний харчовий раціон не може забезпечити людину залізом відповідно до потреб, Об'єднаний комітет експертів ФАО ВООЗ ООН з харчування ще у 1971 році рекомендував звернути увагу на необхідність виробництва збагачених залізом харчових продуктів [37]. Найдоцільніше збагачувати залізом борошно, вироби з нього, макарони, поживні дитячі суміші, кухонну сіль та цукор.

Але у різних країнах кількість і форма заліза, що вноситься у харчову сировину, різні. Наприклад, у

There are maximum single doses of iron preparations for intravenous administration:

- iron dextran – 1000 mg;
- iron saccharate – 500 mg;
- iron gluconate – 62.5 mg.

In the former USSR, special therapeutic and preventive products were developed that contain easily digestible iron. In particular, V. N. Petrov [34] (1992) created jelly marmalade, a portion of which contains 12 mg ("children's" version) and 25 mg of iron ("donor" version). The Institute of regional nutrition problems of the USSR Academy of Medical Sciences developed fermented milk products "Sha-Fe" and "Zhiger", which included iron lactate, copper sulfate, ascorbic and folic acids, specially selected strains of lactic acid bacteria that break down milk proteins to amino acids. G. I. Bondarev [35] and V. B. Skripachov [36] (2013) also developed special products – sources of iron for alimentary correction of IDC. But none of these developments were widely used and therefore could not significantly affect the alimentary status in the context of PLC development.

Many countries have established the production of food products and raw materials enriched with easily digestible forms of iron. Given that a conventional diet cannot provide a person with iron in accordance with their needs, the Joint Committee of experts of the FAO WHO United Nations on nutrition in 1971 recommended paying attention to the need for the production of iron-fortified foods [37]. It is most advisable to enrich flour, products made from it, pasta, nutritious infant formulas, table salt and sugar with iron.

However, the amount and form of iron introduced into food raw materials varies from country to country.

Великій Британії у біле борошно додають до 1,65 мг заліза на 100 г борошна, а у США залізом збагачується до 90 % всього білого хліба з розрахунку 35 мг на 100 г борошна. Фортифікується (збагачення) також хліб і хлібобулочні вироби у процесі їх виробництва, кондитерські вироби, макарони, дитячі молочні суміші, сир, рис, розчинна кава, сухе картопляне пюре [3, 38].

Були розроблені вимоги до залізовмісних добавок, а саме: вони не повинні надавати харчовим продуктам сторонній смак, запах, колір; не викликати чи прискорювати псування продукту при зберіганні; добре розчинятися у кислому середовищі; утворювати солі заліза, які переходять в іонну форму, прийнятну для засвоєння; мати розміри частинки відновленого заліза 5–10 мкм.

Ефективність популяційної аліментарної профілактики ЗДС шляхом збагачення найбільш широко споживаних продуктів харчування дуже значна. Наприклад, у Швеції завдяки збагаченню залізом борошна, дитячих сумішей і каш поширеність ЗДС скоротилась з 20–30% до 6–7%. Але досвід збагачення харчових продуктів і сировини залізом виявив і ряд недоліків, які становлять проблему популяційної аліментарної корекції дефіциту заліза та пов'язаних з ним ЗДС організму. Ці недоліки узагальнені у працях Ю.С. Сербулова [39] (1980), Н.А. Болотова [40] (2019) та викладені у серії технічних доповідей МАГАТЕ [41]. Відомо, що найлегше із мінеральних сполук абсорбується в організмі сірчано-кисле залізо, але воно здатне погіршувати якість харчових продуктів. Включення сірчано-кислого заліза у борошно призводить до окислення ліпідів борошна і виникнення неприємного смаку кінцевого продукту. Порошки заліза та відновлене залізо надають борошну сіруватий відтінок. В результаті наявності різниці у щільності борошна і заліза, останній осідає на дно сховищ та змішувачів тіста. Внесення тривалентного заліза у склад сирого молока підвищує термостійкість ліпаз, що веде до прогіркнення жирів і погіршення органолептичних властивостей молока. Солі двовалентного заліза викликають появу кислого присмаку молока. Добавка відновленого заліза до сухого картопляного пюре призводить до зміни кольору страви на темний чи сіро-зелений [42]. Окислювальна згріклість, нестійкість до зберігання і переробки, викликані додаванням сполук заліза, виявились характерними також для інших харчових продуктів. За даними ВООЗ ООН, солі двовалентного заліза при контакті з окислювачами їжі можуть окислюватися, утворюючи жовті, зелені та чорні оксиди металу; солі заліза з фенольними сполуками (таніни, пропілгалат тощо) утворюють сполуки синьо-чорного кольору; із сіркою солі заліза утворюють сполуки чорного кольору. Сполуки заліза активують ферменти, які каталізують окислювальні процеси у харчових продуктах, можуть змінювати колір, запах та смак останніх.

For example, in the UK, up to 1.65 mg of iron is added to white flour per 100 g of flour, and in the US, up to 90% of all white bread is enriched with iron at the rate of 35 mg per 100 g of flour. Bread and bakery products are also fortified (enriched) during their production, confectionery, pasta, infant formula, cheese, rice, instant coffee, dry mashed potatoes [3, 38].

Requirements for iron-containing additives were developed, namely: they should not give food products an extraneous taste, smell, color; do not cause or accelerate spoilage of the product during storage; dissolve well in an acidic environment; form iron salts that pass into an ionic form available for assimilation; have particle sizes of reduced iron 5-10 microns.

The effectiveness of population alimentary prevention of IDC by enriching the most widely consumed food products is very significant. For example, in Sweden, due to the iron enrichment of flour, infant formulas and cereals, the prevalence of IDC decreased from 20-30% to 6-7%. But the experience of enriching food products and raw materials with iron has revealed a number of shortcomings that constitute the problem of population alimentary correction of iron deficiency and associated IDC of the body. These shortcomings are summarized in the works of Yu. S. Serbulov [39] (1980), N. A. Bolotov [40] (2019) and set out in a series of technical reports of the IAEA [41]. It is known that the most easily absorbed mineral compounds in the body are iron sulfate, but it can worsen the quality of food. The inclusion of iron sulfate in flour leads to oxidation of flour lipids and the appearance of the final product unpleasant taste. Iron powders and reduced iron give the flour a grayish hue. As a result of the difference in the density of flour and iron, the latter settles to the bottom of storage facilities and dough mixers. The introduction of trivalent iron in raw milk increases the heat resistance of lipases, which leads to rancidity of fats and deterioration of the organoleptic properties of milk. Divalent iron salts cause a sour taste of milk. The addition of reduced iron to dry mashed potatoes leads to a change in the color of the dish to dark or gray-green [42]. Oxidative rancidity, instability to storage and processing caused by the addition of iron compounds were also characteristic of other food products. According to the UN WHO, divalent iron salts in contact with food oxidizing agents can oxidize to form yellow, green and black metal oxides; iron salts with phenolic compounds (tannins, propyl gallate, etc.) form blue-black compounds; with sulfur, iron salts form black compounds. Iron compounds activate enzymes that catalyze oxidative processes in food, can change the color, smell and taste of the latter.

Сипучі продукти, збагачені залізом, не можна знешкоджувати магнітами від металевих домішок.

Таким чином, тільки шляхом збагачення харчових продуктів сполуками заліза проблему дефіциту заліза повністю вирішити поки що неможливо. Розробки нових спеціальних продуктів харчування для профілактики і лікування ЗДА враховують лише результати клінічних досліджень, які не ставили собі за мету встановлення ролі їжі та харчових продуктів в етіології захворювання. Необхідні подальші пошуки як у напрямку масової, так й індивідуальної профілактики ЗДС.

У працях, що присвячені питанням виникнення, розвитку та ліквідації ЗДС, в усі часи більше приділялося уваги клінічним аспектам. Ця обставина, можливо, призвела до недооцінки аліментарного фактору як засобу профілактики і корекції нестачі заліза. При більш глибокому вивченні причин виникнення ЗДА можна простежити їх яскраво виражене аліментарне походження.

### Висновки

1. Гемове залізо є одним з найважливіших мікроелементів як для організму людини, так і в цілому для всього тваринного світу.

2. Гемове залізо в комплексі з гепсидин-ферропортином забезпечує адаптацію організму в умовах порушення метаболізму, зокрема при гіпоксії, анемії чи дефіцитному харчуванні.

3. Використання міжнародних моделей профілактики залізодефіциту серед населення, яке мешкає на територіях України, що постраждало від аварії на ЧАЕС, потребує інформаційної основи щодо достовірних оцінок і переліку демографічних даних, очікувану тривалість життя, захворюваність на злоякісні новоутворення та смертність від усіх причин.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів

Bulk products enriched with iron should not be neutralized with magnets from metal impurities.

Thus, only by enriching food products with iron compounds, the problem of iron deficiency cannot yet be completely solved. The development of new special food products for the prevention and treatment of IDA takes into account only the results of clinical studies that did not aim to establish the role of food and food products in the etiology of the disease. Further research is needed in both mass and individual PLC prevention.

In the works devoted to the issues of the emergence, development and elimination of IDC, at all times more attention was paid to clinical aspects. This circumstance may have led to an underestimation of the alimentary factor as a means of preventing and correcting iron deficiency. With a deeper study of the causes of IDA, you can trace their pronounced alimentary origin.

### Conclusions

1. Heme iron is one of the most important trace elements both for the human body and for the entire animal world as a whole.

2. Heme iron in combination with hepcidin-ferroportin provides adaptation of the body in conditions of metabolic disorders, in particular in hypoxia, anemia or malnutrition.

3. The use of international models for the prevention of iron deficiency among the population living in the territories of Ukraine affected by the Chernobyl accident requires an information base on reliable estimates and a list of demographic data, life expectancy, the incidence of malignant neoplasms and mortality from all causes.

**Conflict of interest.** The Authors declare no conflict of interest.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Лапач СН, Чубенко АВ, Бабич ПН. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. 2-е изд. Київ: МОРИОН; 2001. 408 с.
2. <https://moyaosvita.com.ua/himiya/klasifikaciya-biogen-nix-elementiv/>
3. Grobbee DE, Roest M. Serum ferritin is a risk factor for stroke in postmenopausal women. *Stroke*. 2005;36(8):1637–41.
4. The role of alimentary iron in the formation of morbid conditions complicated by the influence of physical and biological factors / Under the general editorship of Ignat Matasar. Sherman Oaks, California: G.S. Publish Services; 2022. 247 p.
5. Джолобе ОМ. Гіпохромія більш поширена, ніж мікроцитоз, при залізодефіцитній анемії.
1. Lapach SN, Chubenko AV, Babich PN. Statistical methods in medical and biological research using Excel. 2nd ed. Kyiv: MORION; 2001. 408 p.
2. <https://moyaosvita.com.ua/himiya/klasifikaciya-biogen-nix-elementiv.>
3. Grobbee DE, Roest M. Serum ferritin is a risk factor for stroke in postmenopausal women. *Stroke*. 2005;36(8):1637–41.
4. The role of alimentary iron in the formation of morbid conditions complicated by the influence of physical and biological factors / Under the general editorship of Ignat Matasar. Sherman Oaks, California: G.S. Publish Services; 2022. 247 p.
5. Jolobe OM. Hypochromia is more common than microcytosis, with iron-deficiency anemia. *European Journal of Internal Medicine*. 2013; 24(1):9.

- Європейський журнал внутрішньої медицини. 2013; 24(1):9.
6. Чехун ВФ, Лозовська ЮВ, Бурлака АП, Ганусевич ІІ. та ін Металопротеїни в процесі формування резистентного фенотипу карциносаркоми Уокер-256 у щурів. *Ukr. Biochem. J.* 2021; 93(6), листопад-грудень Український біохімічний журнал ISSN 2413-5003 (Online).
  7. Moreira AC, Mesquita G, Gomes M. Ferritin: an inflammatory player keeping iron at the core of pathogen-host interactions. *Microorganisms.* 2020;8(4):589. doi: 10.3390/microorganisms 8040589.
  8. Sato H, Takai C, Kazama J., et al. Serum hepcidin level, iron metabolism and osteoporosis in patients with rheumatoid arthritis *Sci. Rep.* 2020;10(1): 9882. doi: 10.1038/s 41598-020-66945-3.
  9. Видиборець С, Борисенко Д. Гепсидин, трансферин, ферритин: фізіологічна роль як центральних регуляторів обміну заліза в організмі. *Sci. Rev.* 2019;10(27):8–16. doi.org/10.31435/rsglobal\_sr/30122019/6862.
  10. Тиха І.А. Патогенетичне обґрунтування діагностики, профілактика та лікування тиреопривної анемії вагітних. Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології: Зб. наук. праць. Київ–Луганськ–Харків. 2002;3(35):112–30.
  11. Testa U. Recent developments in the understanding of iron metabolism. *Hematol J.* 2002;3(2):63-89. doi: 10.1038/sj.thj.6200163. PMID: 12032869.
  12. A HemK class glutamine-methyltransferase is involved in the termination of translation and essential for iron homeostasis in Arabidopsis. Kailasam S, Singh S, Liu M.-J et al. *New Phytol.* 2020;226(5):1361-1374. doi: 10.1111/nph.16440.
  13. The [2Fe-2S] protein C1SD2 plays a key role in preventing iron accumulation in cardiomyocytes. Karmi O, Rowland L, King SD, et al. *FEBS Lett.* 2022; 6(6):747–761. doi: 10.1002/1873-3468.14277.
  14. Balogh E, Paragh G, Jeney V. Influence of iron on bone homeostasis. *Pharmaceuticals (Basel).* 2018;11(4):107. doi: 10.3390/ph11040107.
  15. Sharifi R, Tabarzadi MF, Choubsaz P, et al. Evaluation of serum and salivary iron and ferritin levels in children with dental caries: a meta-analysis and trial sequential analysis. *Children (Basel).* 2021;8(11):1034. doi: 10.3390/children8111034.
  16. Mittler R, Darash-Yahana M, Sohn YS, et al. NEET proteins: A new link between iron metabolism, reactive oxygen species, and cancer. *Antioxid Redox Signal.* 2019;30(8): 1083–1095. doi: 10.1089/ars.2018.7502.
  17. Shadid A. Iron storage: ferritin. LibreTexts Chemistry. Saint Mary's College. 2018; (last update: May 1, 2022).
  18. Yiannikourides A, Latunde-Dada GO. A short review of iron metabolism and pathophysiology of iron disorders. *Medicines (Basel).* 2019;6(3):85. doi: 10.3390/medicines 6030085.
  6. Chehun VF, Lozovska YV, Burlaka AP, Hanusevych II. et al. Metalloproteins in the process of formation of the resistant phenotype of Walker-256 carcinosarcoma in rats. *Ukr. Biochem. J.* 2021; 93(6), November-December Ukrainian Journal of Biochemistry ISSN 2413-5003 (Online).
  7. Moreira AC, Mesquita G, Gomes M. Ferritin: an inflammatory player keeping iron at the core of pathogen-host interactions. *Microorganisms.* 2020;8(4):589. doi: 10.3390/microorganisms 8040589.
  8. Sato H, Takai C, Kazama J. et al. Serum hepcidin level, iron metabolism and osteoporosis in patients with rheumatoid arthritis. *Sci. Rep.* 2020;10(1): 9882. doi: 10.1038/s 41598 - 020-66945-3.
  9. Vidyborets S, Borysenko D. Hepcidin, transferrin, ferritin: physiological role as central regulators of iron metabolism in the body. *Sci. Rev.* 2019;10(27):8–16. doi.org/ 10.31435/ rsglobal\_sr/30122019/6862.
  10. Tyha IA. Pathogenetic justification of diagnosis, prevention and treatment of hypothyroid anemia in pregnant women. *Problems of environmental and medical genetics and clinical immunology: Collection. of science works Kyiv–Luhansk–Kharkiv.* 2002; 3(35):112–30.
  11. Testa U. Recent developments in the understanding of iron metabolism. *Hematol J.* 2002;3 (2):63-89. doi: 10.1038/sj.thj.6200163. PMID: 12032869.
  12. A HemK class glutamine-methyltransferase is involved in the termination of translation and essential for iron homeostasis in Arabidopsis. Kailasam S., Singh S., Liu M.-J et al. *New Phytol.* 2020;226(5):1361-1374. doi: 10.1111/nph.16440.
  13. Karmi O, Rowland L, King SD. et al. The [2Fe-2S] protein C1SD2 plays a key role in preventing iron accumulation in cardiomyocytes. *FEBS Lett.* 2022; 6(6):747–761. doi: 10.1002/1873-3468.14277.
  14. Balogh E, Paragh G, Jeney V. Influence of iron on bone homeostasis. *Pharmaceuticals (Basel).* 2018;11(4):107. doi: 10.3390/ph11040107.
  15. Sharifi R, Tabarzadi MF, Choubsaz P. et al. Evaluation of serum and salivary iron and ferritin levels in children with dental caries: a meta-analysis and trial sequential analysis. *Children (Basel).* 2021;8(11):1034. doi: 10.3390/children8111034.
  16. Mittler R, Darash-Yahana M., Sohn YS. et al. NEET proteins: A new link between iron metabolism, reactive oxygen species, and cancer. *Antioxid Redox Signal.* 2019; 30(8): 1083–1095. doi: 10.1089/ars.2018.7502.
  17. Shadid A. Iron storage: ferritin. LibreTexts Chemistry. Saint Mary's College. 2018; (last update: May 1, 2022).
  18. Yiannikourides A, Latunde-Dada GO. A short review of iron metabolism and pathophysiology of iron disorders. *Medicines (Basel).* 2019;6(3):85. doi: 10.3390/medicines 6030085.

19. Barrientos-Moreno L, Molina-Henares MA, Pastor-García M, et al. Arginine biosynthesis modulates pyoverdine production and release in *Pseudomonas putida* as part of the mechanism of adaptation to oxidative stress. *J. Bacteriol.* 2019;201(22):e00454-19. doi: 10.1128/ JB.00454-19.
20. Enko D, Moro T, Holasek S, et al. Branched-chain amino acids are linked with iron metabolism. *Ann. Transl. Med.* 2020;8(23):1569. doi: 10.21037/ atm-20-624a.
21. González-Domínguez Á, Visiedo-García FM, Domínguez-Riscart J, et al. Iron metabolism in obesity and metabolic syndrome. *Int. J. Mol. Sci.* 2020;21(15):5529. doi: 10.3390/ ijms 21155529.
22. Wei S, Zhang W, Wang C, et al. Increased hepcidin expression in adipose tissue as a primary cause of obesity-related inhibition of iron absorption. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents.* 2019;33(4):1135–1141. PMID: 31353879.
23. Rayman MP. Multiple nutritional factors and thyroid disease, with particular reference to autoimmune thyroid disease. *Proc. Nutr. Soc.* 2019;78(1):34–44. doi: 10.1017/ S0029665118001192.
24. Kochman J, Jakubczyk K, Bargiel P, Janda-Milczarek K. The influence of oxidative stress on thyroid diseases. *Antioxidants (Basel).* 2021;10(9):1442. doi: 10.3390/antiox 10091442.
25. Бузунов ВО, Прикащикова КЄ, Ярошенко ЖС. та ін. Захворюваність на хвороби системи кровообігу у мешканців радіоактивно забруднених територій. Аналіз впливу хронічного іонізуючого опромінення в малих дозах. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології.* 2018;23:107–19.
26. Weber S, Parmon A, Kurrle N, et al. The clinical significance of iron overload and iron metabolism in myelodysplastic syndrome and acute myeloid leukemia. *Front Immunol.* 2021;11:e627662. doi: 10.3389/fimmu.2020.627662.
27. Присяжнюк АЄ, Гудзенко НА, Фузик ММ, Троцюк НК, Бабкіна НГ, Хухрянська ОМ. Епідеміологічне дослідження формування ризиків злоякісних новоутворень у групах постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС (1990–2019 рр.). Звіт про науково-дослідну роботу. № держреєстрації 0119U100525. Рукопис; 2021, 148 с.
28. Гайдуків СИ. Современные подходы к лечению железодефицитной анемии у больных с маточным кровотечением. *Врач.* 2010;7:2–4.
29. Коденцова ВМ, Вржесинская ОА, Бекетова НА. Взаимосвязь между витаминным и антиоксидантным статусом у детей с пониженным уровнем гемоглобина. *Вопросы питания.* 2003;72(3):3–7.
30. Логутова ЛС. Фетоплацентарная недостаточность и перинатальные осложнения у беременных с железодефицитной анемией. *Медицинский журнал.* 2010;19:12-5.
31. Цветкова ОА. Медико-социальные аспекты железодефицитной анемии. *Медицинский журнал.* 2009. № 5. С. 387.
19. Barrientos-Moreno L, Molina-Henares MA, Pastor-García M. et al. Arginine biosynthesis modulates pyoverdine production and release in *Pseudomonas putida* as part of the mechanism of adaptation to oxidative stress. *J. Bacteriol.* 2019;201(22):e00454-19. doi: 10.1128/ JB.00454-19.
20. Enko D, Moro T, Holasek S. et al. Branched-chain amino acids are linked with iron metabolism. *Ann. Transl. Med.* 2020;8(23):1569. doi: 10.21037/ atm-20-624a.
21. González-Domínguez Á, Visiedo-García FM, Domínguez-Riscart J. et al. Iron metabolism in obesity and metabolic syndrome. *Int. J. Mol. Sci.* 2020;21(15):5529. doi: 10.3390/ ijms 21155529.
22. Wei S, Zhang W, Wang C. et al. Increased hepcidin expression in adipose tissue as a primary cause of obesity-related inhibition of iron absorption. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents.* 2019;33(4):1135–1141. PMID: 31353879.
23. Rayman MP. Multiple nutritional factors and thyroid disease, with particular reference to autoimmune thyroid disease. *Proc. Nutr. Soc.* 2019; 78(1):34–44. doi: 10.1017/ S0029665118001192.
24. Kochman J, Jakubczyk K, Bargiel P, Janda-Milczarek K. The influence of oxidative stress on thyroid diseases. *Antioxidants (Basel).* 2021;10(9):1442. doi: 10.3390/ antiox 10091442.
25. Buzunov VO, Prykashchykova KE, Yaroshenko ZS. et al. Incidence of diseases of the circulatory system in residents of radioactively contaminated areas. Analysis of the impact of chronic ionizing radiation in small doses. *Problems of radiation medicine and radiobiology.* 2018;23:107–19.
26. Weber S, Parmon A, Kurrle N. et al. The clinical significance of iron overload and iron metabolism in myelodysplastic syndrome and acute myeloid leukemia. *Front Immunol.* 2021;11:e 627662. doi: 10.3389/fimmu.2020.627662.
27. Prysiazniuk AE, Gudzenko NA, Fuzik MM, Trotsyuk NK, Babkina NG, Khukhryanska OM. Epidemiological study of the formation of risks of malignant neoplasms in groups of victims of the accident at the Chernobyl nuclear power plant (1990–2019). Report on research work. State registration number 0119U100525. Manuscript; 2021, 148 p.
28. Haidukov SY. Contemporary approaches to the treatment of iron deficiency anemia in patients with uterine bleeding. *Doctor (Vrach - Rus.)* 2010;7:2–4.
29. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Beketova NA. The relationship between vitamin and antioxidant status in children with a low hemoglobin level. *Food questions (Voprosy Pitaniya – Rus.).* 2003;72(3):3–7.
30. Logutova LS. Fetoplacental insufficiency and perinatal complications in pregnant women with iron deficiency anemia. *Medical Journal (Meditsynskiy jurnal – Rus.).* 2010; 19:12-5.
31. Tsvetkova OA. Medical and social aspects of iron deficiency anemia. *Medical Journal (Meditsynskiy jurnal – Rus.).* 2009. № 5. С. 387.

32. Тихомиров АЛ, Сарсания СИ. Рациональная терапия и современные принципы диагностики железодефицитных состояний в акушерско-гинекологической практике. Фарматека. 2009;1:32–9.
33. Матасар ІТ, Петрищенко ЛМ, Водоп'янов ВМ, Губіна ГВ, Берегова ГС. Обґрунтування норм фізіологічних потреб в основних харчових речовинах та енергії з урахуванням екологічних умов проживання населення, яке мешкає на територіях радіоекологічного контролю: методичні рекомендації. ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України". Київ; 2021. 43 с. URL: [http://nrCRM.gov.ua/download/2021/mr\\_2021\\_01.pdf](http://nrCRM.gov.ua/download/2021/mr_2021_01.pdf).
34. <https://znaniya.com> > task.
35. <https://www.unicef.org/ukraine/stories/iron-where-to-get-it>.
36. <https://dpss.gov.ua> > news > obih-kharchovykh-produk.
37. Чернов ВМ. Принципы лечения железодефицитной анемии у детей. Участковый педиатр. 2010;2:2–3.
38. Громова ОА. Актуальные вопросы витаминно-минеральной коррекции у беременных и кормящих. Данные доказательной медицины. Метод. рек. для врачей. М. 2010. 114 с.
39. <https://extempore.info> > content > article > 9-journal > 1...
40. [https://www.kpnemo.eu/ebooks/medicina-i-sport/...](https://www.kpnemo.eu/ebooks/medicina-i-sport/)
41. Shrimpton DH. Nutritional implications of micronutrients interactions. Chemist and Druggist. 2004;15:38–41.
42. Садовникова ИИ. Железодефицитная анемия: патогенез, диагностический алгоритм и лечение. Русский медицинский журнал. 2010;9:540.
32. Tikhomirov AL, Sarsania SY. Rational therapy and modern principles of diagnosis of iron deficiency disorders in obstetric and gynecological practice. Pharmacy (Farmateka – Rus.).2009;1:32–9.
33. Matasar IT, Petryshchenko LM, Vodopyanov VM, Gubina GV, Berehova GS. Justification of the norms of physiological needs in basic food substances and energy, taking into account the ecological conditions of the population living in the territories of radioecological control: methodical recommendations. State Institution "National Scientific Center of Radiation Medicine of the National Academy of Sciences of Ukraine". Kyiv; 2021. 43 p. URL: [http://nrCRM.gov.ua/download/2021/mr\\_2021\\_01.pdf](http://nrCRM.gov.ua/download/2021/mr_2021_01.pdf).
34. <https://znaniya.com> > task.
35. <https://www.unicef.org/ukraine/stories/iron-where-to-get-it>.
36. <https://dpss.gov.ua> > news > obih-kharchovykh-produk.
37. Chernov VM. Principles of treatment of iron deficiency anemia in children. District pediatrician (Uchastkovyi Pediatr – Rus.).2010;2:2–3.
38. Gromova OA. Current issues of vitamin-mineral correction in pregnant and lactating women. Evidence-based medicine data. Method. rec. for doctors M. 2010. 114 p.
39. <https://extempore.info> > content > article > 9-journal > 1...
40. [https://www.kpnemo.eu/ebooks/medicina-i-sport/...](https://www.kpnemo.eu/ebooks/medicina-i-sport/)
41. Shrimpton DH. Nutritional implications of micronutrients interactions. Chemist and Druggist. 2004;15:38–41.
42. Sadovnikova II. Iron deficiency anemia: pathogenesis, diagnostic algorithm and treatment. Russian medical journal (Russkiy Medicynskiy Jurnal - Rus.). 2010;9:540.

#### Інформація про внесок кожного автора

І.Т. Матасар / I. Matasar <sup>A, B, C, E, G</sup>

Л.М. Петрищенко / L.Petryshchenko <sup>B, C, F, G</sup>

А.В. Чернишов / A.Chernyшов <sup>F, D, G</sup>

#### Відомості про авторів:

**Матасар Ігнат Тимофійович** – доктор медичних наук, професор, академік Національної академії наук вищої освіти України, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач лабораторії гігієни харчування та безпеки їжі ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України"; Україна, 04050, Київ, вул. Юрія Ілленка, 53; e-mail [matasar.it@gmail.com](mailto:matasar.it@gmail.com) ORCID 0000-0002-1404-283X

**Петрищенко Людмила Миколаївна** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії гігієни харчування та безпеки їжі ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України"; Україна, 04050, Київ, вул. Юрія Ілленка, 53; ORCID 0009-0009-4533-0816

**Чернишов Андрій Вікторович** – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, науковий співробітник лабораторії клітинної радіобіології ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України"; Україна, 04050, Київ, вул. Юрія Ілленка, 53; ORCID 0000-0002-9564-759X

Стаття надійшла до редакції 02.05.2024 р.



**Information about authors**

**Ignat Matasar** – Doctor of Medicine, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Higher Education of Ukraine, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Head of the Laboratory of Nutrition Hygiene and Food Safety of the State Institution "National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Sciences of Ukraine"; Kyiv, Ukraine, 04050, Yuriy Illenko str., 53. e-mail matasar.it@gmail.com. ORCID 0000-0002-1404-283X

**Ludmila Petryshchenko** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Nutrition Hygiene and Food Safety of the State Institution "National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Sciences of Ukraine"; Kyiv, Ukraine, 04050, Yuriy Illenko str., 53. ORCID 0009-0009-4533-0816

**Andrii Chernyshov** – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Re-searcher of the Cellular Radiobiology Laboratory of the State Institution "National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Sciences of Ukraine"; Kyiv, Ukraine, 04050, Yuriy Illenko str., 53. ORCID 0000-0002-9564-759X

*Received May, 02, 2024*