

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ НЕЧУЙВІТРУ ВОЛОХАТЕНЬКОГО

Інна Владимірова, Вячеслав Лебединець

Національний фармацевтичний університет

Вступ. Мінерали є незамінними поживними речовинами, які відіграють критично важливу роль у підтримці здоров'я людини, регулюючи різноманітні фізіологічні функції. До них належать, зокрема, формування кісткової тканини, функціонування ферментів, передача нервових імпульсів та імунна відповідь. Як дефіцит, так і надлишок мінералів можуть мати значні наслідки для здоров'я [16, 22].

Дефіцит макромінералів, таких як кальцій, магній і фосфати, може призводити до остеопорозу (пов'язаного з падіннями та переломами), серцево-судинних подій і нейроім'язових порушень. Дефіцит мікроелементів, зокрема заліза, цинку та селену, порушує транспорт кисню, функцію імунної системи та антиоксидантний захист, сприяючи розвитку анемії, уповільненню загоєння ран і підвищенню сприйнятливості до інфекційних захворювань [3, 4].

Тому доцільність пошуку природних джерел елементів – лікарських рослин, є досить обґрунтованим для комплексного підходу для профілактики та лікування різних захворювань.

Нашу увагу у цьому аспекті привернув вітчизняний вид рослинної сировини – нечуйвітер волохатенький, що досить поширений на території України та має достатню сировинну базу [1].

Нечуйвітер волохатенький (мишаче вухо звичайне, яструбка волосиста), *Hieracium pilosella* L. – це поширений і дуже інвазивний бур'ян, що належить до родини Айстрові (*Asteraceae*). Це багаторічна рослина з прикореневою розеткою листків, нижня сторона яких вкрита білуватими волосками. Квітконосне стебло зазвичай досягає до 30 см заввишки. Воно несе поодинокі блідо-жовте суцвіття, причому крайові язичкові квітки мають червонуватий відтінок із нижнього боку.

Нечуйвітер волохатенький є рослиною, що утворює зарості. Вона походить з Євразії, але була також інтродукована в Північну Америку та Нову Зеландію. Рослина надає перевагу сухим, сонячним, піщаним і малородючим ґрунтам [2]. Нечуйвітер волохатенький росте по всій Україні: в соснових, листяних та мішаних лісах, у степах, на луках та сухих схилах.

Herba Pilosellae добре відома в європейській етномедицині та використовується для лікування запалень сечовивідних шляхів, а також захворювань шкіри завдяки своїм діуретичним, в'язучим, антисептичним і протизапальним властивостям [1, 2].

Нечуйвітер також може застосовуватися у фітотерапії гіпертензії та ожиріння завдяки вираженим діуретичним властивостям. Ця лікарська рослина не описана в Європейській фармакопеї, однак має монографію у Французькій фармакопеї [26].

Препарати з трави нечуйвітру волосистого відомі та використовуються протягом століть у польській народній медицині для лікування циститу, нефриту, сечокам'яної хвороби, а також кашлю і запалень дихальних шляхів та пов'язаних із ними кровотеч. При зовнішньому застосуванні екстракти рослини використовують для обробки інфікованих ран [2, 11].

З народного досвіду відомо, що нечуйвітер волохатенький має кровоспинні властивості, підвищує діурез, посилює виділення шлункового соку при недостатній кислотності, виявляє протизапальну дію. Настій трави нечуйвітру вживають при маткових, легневих і шлункових кровотечах, кровохарканні, геморагічних коліках, дизентерії та геморої, при набряках серцевого й ниркового походження та уремії, при гіпоацидному гастриті й відсутності апетиту, при опуханні печінки та при жовтяниці [10, 12]. Порошок з трави використовують для присипання гнійних ран, нюхають при сильному нежиті або приймають усередину при жовтяниці [1].

У праці *Le Livre des Plantes Médicinales et Vénéneuses de France* (Fourmier, 1948) описані такі властивості рослини: діуретична дія, а отже також аперитивна та депуративна, в'язуча, ранозагоювальна (вulnerable) та бактерицидна [9].

У виданні *Ressources Médicinales de la Flore Française* (Garnier та ін., 1961) *Hieracium pilosella* характеризується як дехлоруруючий та азотуричний діуретик. Повідомляється про його застосування при грипі, бруцельозі (у вигляді настою) та для посилення діурезу. Також рослину використовували у поєднанні з іншими травами при ревматизмі, подагрі та сечокам'яній хворобі.

У довіднику *Précis de Matière Médicale* (Paris і Moyses, 1971) для *Hieracium pilosella* зазначається виражена діуретична активність; використовується вся рослина у вигляді настою або відвару. Вона є корисною при бруцельозі.

У *British Herbal Pharmacopoeia* (1979) для *Pilosellae herba* наведено такі терапевтичні дії: при пероральному застосуванні — спазмолітична, відхаркувальна, протикатаральна, діуретична, сіалогенна; при місцевому застосуванні — ранозагоювальна. Показання включають: бронхіт, бронхіальну астму, коклюш, кровохаркання, набряки. Зовнішньо застосовується при грижах і переломах у вигляді примочок або компресів. Специфічними показаннями є коклюш, захворювання легень із надмірним виділенням мокротиння, болочість і кровохаркання [2].

У документі *Avis aux fabricants concernant les demandes d'autorisation de mise sur le marché de spécialités pharmaceutiques à base de plantes* (Міністерство охорони здоров'я та сім'ї Франції, 1986) для нечуйвітру наведено

терапевтичне показання: «традиційно використовується для посилення виведення рідини з організму»; таке ж показання наведено у *Précis de Phytothérapie* (Leclerc, 1994) для надземної частини *Hieracium pilosella* [13].

У монографії *Potter's New Cyclopaedia of Botanical Drugs and Preparations* (Wren, 1988) зазначено такі лікувальні застосування: відхаркувальний, діуретичний, спазмолітичний, сіалогенний та ранозагоювальний засіб. Рослину застосовують переважно при коклюші, бронхіті та астмі у вигляді настою, а також для лікування ран у вигляді компресів.

Монографія в *PDR for Herbal Medicines* (2007) описує внутрішнє застосування надземної частини яструбки волосистої для лікування астми, бронхіту, кашлю та коклюшу, а також зовнішнє застосування для лікування ран. Встановлено, що рослина має діуретичну, спазмолітичну та потогінну дію [2].

Мета роботи. Вивчення якісного складу й кількісного вмісту макро- та мікроелементів трави нечуйвітру волохатенького для розширення відомостей щодо хімічного складу сировини та визначення можливостей подальшого використання сировини.

Матеріали та методи. Для досліджень використовували траву рутвиці смердючої (постачальник ТОВ «Greenmilya», м. Харків). Визначення вмісту елементів здійснили методом атомно-емісійної спектроскопії, що ґрунтується на випаровуванні золи рослин у дуговому розряді, фотографічній реєстрації розкладеного у спектр випромінювання й вимірюванні інтенсивності спектральних ліній окремих елементів. Проби випарювали з кратерів графітових електродів у розряді дуги змінного струму силою 16 А при експозиції 60 с. Як джерело збудження спектрів використали ІВС-28. Спектри реєстрували на фотоплівці за допомогою спектрографа ДФС-8 із дифракційною решіткою 600 штр/мм і трилінзовою системою освітлення щілини (ТОВ «СтандартПрилад», м. Київ). Для розчинення міді та ванадію використали кислоту нітратну, а при аналізі інших елементів – реактиви кваліфікації «хімічно чистий» та двічі очищену воду. Фотометрували лінії спектрів при довжині хвилі від 240 до 347 нм у пробах у порівнянні з державними зразками суміші мінеральних елементів, що відповідають складу різнотрав'я, за допомогою мікрофотометра МФ-4 (ТОВ «СтандартПрилад», м. Київ). Відносно стандартне відхилення (для п'яти паралельних вимірів) не перевищувало 20% при визначенні чисельних величин концентрацій елементів. Для кожного елемента за результатами фотометрування розраховували різниці почорніння лінії та фону ($S = S_{л+ф} - S_{ф}$) для спектрів проб ($S_{ін}$) і градуювальних зразків (ГЗ) ($S_{гз}$). Градуювальні графіки в інтервалі вимірюваних концентрацій елементів будували за допомогою стандартних проб розчинів солей металів (ІСОПМ-23-27) у координатах: середнє значення різниці почорніння лінії та фону ($S_{гз}$) – логарифм вмісту елемента у ГЗ ($\lg C$), де С показано у відсотках до основи. За цим графіком знаходили вміст елемента в золі (а, %). Вміст елемента в рослинному матеріалі (х, %) знаходили за формулою:

$$X = \frac{a \cdot m}{M},$$

де а - вміст елемента в золі (%), m – маса золи (г), М – маса сировини (г)

Результати та обговорення. У траві нечуйвітру волохатенького визначений вміст 15 макро- та мікроелементів (табл. 1). Вміст важких металів у досліджуваній сировині, що визначений атомно-емісійним спектроскопічним методом, перебував у межах вимог гранично допустимих концентрацій для харчових продуктів і рослинної сировини [24].

Таблиця 1. Кількісний вміст елементів у траві нечуйвітру волохатенького

Елемент	Вміст елемента у траві нечуйвітру волохатенького, мкг/100 г Середнє значення ± SD (n = 10)
Макроелементи	
Na	98±3,52
K	3900±163,00
Ca	920±114,00
Mg	307±19,52
Si	1100±124,00
P	210±12,03
Мікроелементи	
Fe	185±10,68
Al	245±14,83
Mn	21±2,03
Ni	1,4±0,09
Mo	0,1±0,02
Zn	86±2,99
Pb	<0,03
Mo	<0,03
Sr	<0,03

За результатами отриманих експериментальних даних встановлено, що вміст загальної золи у траві нечуйвітру волохатенького складає $12,27 \pm 0,12$. Серед домінуючих за вмістом макроелементів слід відзначити калій (3900 мкг/100 г), кремній (1100 мкг/100 г) та кальцій (920 мкг/100 г), що складає 55 %, 16 % та 13 % відповідно від загального вмісту елементів в сировині.

Достатньо високий вміст даних сполук обґрунтовує доцільність використання сировини для профілактики та лікування ряду захворювань, що можуть бути пов'язані з дефіцитом даних елементів. Так, калій – ключовий внутрішньоклітинний електроліт; незамінний при серцево-судинних захворюваннях – сприяє зниженню тиску (як антагоніст калію) при артеріальній гіпертензії, стабілізує серцевий ритм при аритмії [8, 21]; покращує нервово-м'язову провідність; може покращувати роботу кишечника (опосередковано через м'язову функцію) [4, 5]. Кремній бере участь у формуванні кісткової тканини, підтримує хрящову тканину при захворюваннях суглобів (артроз), сприяє еластичності судин та стимулює синтез колагену, за що його часто розглядають як “анти-ейдж” елемент [15, 23]. Кальцій відноситься до одних з найважливіших мікроелементів: незамінний при остеопорозі (основний структурний елемент кісток); карієсі, слабкій зубній емалі [6]; м'язових спазмах, тетанії; порушеннях серцевого ритму; вагітності та лактації (підвищена потреба); передменструальному синдрому тощо [25].

В менших кількостях містились магній (307 мкг/100 г) та фосфор (210 мкг/100 г) та натрій (98 мкг/100 г). Магній відіграє важливу роль у забезпеченні фізіологічного функціонування серцево-судинної та нервової систем – сприяє вазодилатації, знижує тиск при артеріальній гіпертензії, зменшує частоту та інтенсивність нападів мігрені, покращує чутливість до інсуліну (цукровий діабет 2 типу), покращує нервово-м'язову передачу, сприяє регуляції NMDA-рецепторів, ГАМК-системи при стресі, тривожності, порушеннях сну [14, 20]. Фосфор разом із кальцієм формує кісткову тканину, бере участь у синтезі АТФ, фосфоліпідів (при м'язовій слабкості, порушеннях енергетичного обміну) [22]. Натрій є ключовим позаклітинним електролітом: регулює водно-електролітний баланс, підтримує артеріальний тиск, забезпечує нервово-м'язову провідність [17].

Серед мікроелементів переважали за вмістом алюміній (245 мкг/100 г), ферум (185 мкг/100 г), цинк (86 мкг/100 г) та марган (21 мкг/100 г). Алюміній має обмежені напрями застосування: у складі антацидів (гастроєзофагеальна рефлюксна хвороба / гастрит), рідше – як вяжучий при діарейі [3]. Основним показанням феруму є залізодефіцитна анемія («золотий стандарт» лікування), покращує енергетичний обмін (хронічна втома при низькому феритині), важливий для функцій мозку (когнітивні порушення при дефіциті феруму) [7, 19]. Цинк є одним із найважливіших мікроелементів: знижує тривалість симптомів та їх тяжкість при гострих респіраторно-вірусних захворюваннях; стимулює Т-клітинну відповідь (імунодефіцит / часті інфекції); стимулює проліферацію клітин (порушення загоєння ран); зменшує запалення та продукцію себуму (акне); важливий для клітинного поділу (затримка росту у дітей) [3, 22]. Манган є кофактором багатьох ферментів: антиоксидантний захист, метаболізм амінокислот, вуглеводів, формування кісткової тканини [18]. Молібден – есенціальний мікроелемент, є кофактором ферментів (ксантинооксидаза, сульфітоксидаза, альдегідоксидаза) [5].

Загальні закономірності кількісного вмісту визначених елементів можна визначити таким чином серед макроелементів: калій>кремній>кальцій>магній> фосфор>натрій, серед мікроелементів: алюміній>ферум>цинк>манган>нікель> молібден.

Висновки. Методом атомно-емісійної спектроскопії у траві нечуйвітру волохатенького було встановлено вміст макро- та мікроелементів. У досліджуваній сировині було виявлено накопичення 15 елементів. Серед визначених макроелементів переважали за вмістом калій (3900 мкг/100 г), кремній (1100 мкг/100 г) та кальцій (920 мкг/100 г); серед мікроелементів – алюміній (245 мкг/100 г), ферум (185 мкг/100 г), цинк (86 мкг/100 г) та марган (21 мкг/100 г).

Перспективи подальших досліджень. Одержані експериментальні результати з вивчення макро- та мікроелементного складу трави нечуйвітру волохатенького свідчать, що ця рослинна сировина є перспективною для подальших фітохімічних, фармакологічних досліджень і використання її у створенні лікарських засобів з діуретичними та протизапальними властивостями.

Фінансування проведених досліджень: за рахунок фізичних осіб.

Можливий конфлікт інтересів: відсутній.

Study of the elemental composition of *Hieracium pilosella*

Inna Vladymyrova, Viacheslav Lebedynets

Introduction. Minerals are essential nutrients that play a critical role in maintaining human health by regulating a wide range of physiological functions. These include, in particular, bone formation, enzyme activity, nerve impulse transmission, and immune response. Both deficiency and excess of minerals may have significant health consequences. Therefore, the search for natural sources of elements – such as medicinal plants – is well justified for a comprehensive approach to the prevention and treatment of various diseases. In this context, our attention was drawn to a native plant species – *Hieracium pilosella*—which is widely distributed across Ukraine and has a sufficient raw material base. *Hieracium pilosella* L. (mouse-ear hawkweed) is a common and highly invasive weed belonging to the Asteraceae family. It is a perennial plant with a basal rosette of leaves, the underside of which is covered with whitish hairs. The

flowering stem usually reaches up to 30 cm in height and bears a single pale-yellow inflorescence, with marginal ligulate flowers showing a reddish tint on the underside. *Herba Pilosellae* is well known in European ethnomedicine and is used for the treatment of urinary tract inflammation as well as skin diseases due to its diuretic, astringent, antiseptic, and anti-inflammatory properties. *Hieracium pilosella* may also be used in the phytotherapy of hypertension and obesity due to its pronounced diuretic effect. This medicinal plant is not described in the European Pharmacopoeia, but it has a monograph in the French Pharmacopoeia. Preparations from *Hieracium pilosella* have been known and used for centuries in Polish folk medicine for the treatment of cystitis, nephritis, urolithiasis, as well as cough and inflammatory respiratory conditions and associated bleeding. For external use, plant extracts are applied to treat infected wounds. In *Le Livre des Plantes Médicinales et Vénéneuses de France* (Fournier, 1948), the following properties of the plant are described: diuretic action, as well as aperitive and depurative effects, astringent, wound-healing (vulnerary), and bactericidal activities. In *Ressources Médicinales de la Flore Française* (Garnier et al., 1961), *Hieracium pilosella* is characterized as a dechlorinating and azoturic diuretic. Its use is reported in influenza, brucellosis (as an infusion), and for enhancing diuresis. The plant has also been used in combination with other herbs for rheumatism, gout, and urolithiasis. In *Précis de Matière Médicale* (Paris and Moyse, 1971), *Hieracium pilosella* is noted for its pronounced diuretic activity; the whole plant is used in the form of infusions or decoctions and is considered useful in brucellosis. According to the British Herbal Pharmacopoeia (1979), *Pilosella herba* exhibits the following therapeutic effects: when administered orally, spasmolytic, expectorant, anticatarrhal, diuretic, and sialogogue; when applied topically, wound healing. Indications include bronchitis, bronchial asthma, whooping cough, hemoptysis, and edema. Externally, it is used for hernias and fractures in the form of lotions or compresses. Specific indications include whooping cough, pulmonary diseases with excessive sputum production, chest pain, and hemoptysis. **Aim of the study.** To investigate the qualitative composition and quantitative content of macro- and microelements in *Hieracium pilosella* herb in order to expand knowledge about its chemical composition and assess the prospects for its further use. **Materials and Methods.** The study used plant material of *Hieracium pilosella* herb (supplier: LLC “Greenmilya”, Kharkiv). Elemental composition was determined using atomic emission spectrography, which is based on the evaporation of plant ash in an electric arc discharge, photographic recording of the emitted spectrum, and measurement of the intensity of spectral lines of individual elements. **Results and Discussion.** The content of 15 macro- and microelements was determined in *Hieracium pilosella* herb. The levels of heavy metals in the studied raw material, determined by atomic emission spectrography, were within the permissible limits established for food products and plant materials. Based on the experimental data, the total ash content of the herb was $12.27 \pm 0.12\%$. Among macronutrients, the dominant elements were: potassium (3900 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), silicon (1100 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), calcium (920 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). These accounted for 55%, 16%, and 13% of the total elemental content, respectively. Among trace elements, the predominant ones were: aluminum (245 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), iron (185 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), zinc (86 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), and manganese (21 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). The general pattern of quantitative distribution of elements was as follows: macroelements: $\text{K} > \text{Si} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Na}$, microelements: $\text{Al} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Mo}$. **Conclusions.** Using atomic emission spectroscopy, the content of macro- and microelements in *Hieracium pilosella* herb was determined. A total of 15 elements were identified in the raw material studied. Among macronutrients, potassium (3900 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), silicon (1100 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), and calcium (920 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) predominated; among trace elements, aluminum (245 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), iron (185 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), zinc (86 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), and manganese (21 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). **Keywords:** *Hieracium pilosella*, herb, macroelements, microelements

References

1. Grodzinsky AM, editor. Medicinal plants: encyclopedic reference book. Kyiv: Ukrainska Entsyklopediya im. M.P. Bazhana; 1992. 544 p. (in Ukrainian).
2. European Medicines Agency. Assessment report on *Pilosella officinarum* Vall. (syn. *Hieracium pilosella* L.), herba cum radice. Final – Revision 1. EMA/HMPC/493454/2023. Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC); 2024. Available from: https://www.fitoterapia.net/archivos/202503/final-assessment-report-pilosella-officinarum-vall-syn-hieracium-pilosella-l-herba-cum-radice-revision-1_en.pdf
3. Bourre JM. Effects of nutrients (in food) on the structure and function of the nervous system: update on dietary requirements for brain. Part 1: micronutrients. *J Nutr Health Aging*. 2006;10(5):377–385.
4. Cappuccio FP, Buchanan LA, Ji C, Siani A, Miller MA. Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials on the effects of potassium supplements on serum potassium and creatinine. *BMJ Open*. 2016;6(8):e011716. doi:10.1136/bmjopen-2016-011716.
5. Cheng J, Koukikolo R, Kieliszkiwicz K, Sagan SM, Pezacki JP. Cysteine residues of Carnation Italian ringspot virus p19 suppressor of RNA silencing maintain global structural integrity and stability for siRNA binding. *Biochim Biophys Acta*. 2009;1794(8):1197–1203. doi:10.1016/j.bbapap.2009.03.012.
6. Cong B, Zhang H. The effects of combined calcium and vitamin D supplementation on bone mineral density and fracture risk in postmenopausal women with osteoporosis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord*. 2025;26(1):928. doi:10.1186/s12891-025-09089-7.
7. Cornelissen CN. Transferrin-iron uptake by Gram-negative bacteria. *Front Biosci*. 2003;8:d836–d847. doi:10.2741/1076.

8. Filippini T, Violi F, D'Amico R, Vinceti M. The effect of potassium supplementation on blood pressure in hypertensive subjects: a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2017;230:127–135. doi:10.1016/j.ijcard.2016.12.048.
9. Fournier P. *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France*. Vol. 1. Paris: Paul Lechevallier; 1947.
10. Gawronska-Grywacz M, Krzaczek T. Sterol composition from inflorescences of *Hieracium pilosella* L. *Acta Soc Bot Pol*. 2006;75(1):29–32. doi:10.5586/asbp.2006.005.
11. Gawronska-Grywacz M, Krzaczek T. Identification and determination of triterpenoids in *Hieracium pilosella* L. *J Sep Sci*. 2007;30(5):746–750. doi:10.1002/jssc.200600253.
12. Gawronska-Grywacz M, Krzaczek T. Flavonoids and coumarins from *Hieracium pilosella* L. (Asteraceae). *Acta Soc Bot Pol*. 2009;78(3):189–195. doi:10.5586/asbp.2009.023.
13. Gawronska-Grywacz M, Krzaczek T, Nowak R, Los R, Malm A, Cyranka M, et al. Biological activity of a new flavonoid from *Hieracium pilosella* L. *Cent Eur J Biol*. 2011;6(3):397–404. doi:10.2478/s11535-011-0017-9.
14. Liu I, Wu J, Nie X, Hu S, Xu Q. Uncovering non-linear dietary predictors of cardiovascular disease risk in older adults with periodontitis: a cross-sectional analysis. *Front Nutr*. 2026;13:1791821. doi:10.3389/fnut.2026.1791821.
15. Kim SJ, de Souza RJ, Choo VL, Ha V, Cozma AI, Chiavaroli L, et al. Effects of dietary pulse consumption on body weight: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*. 2016;103(5):1213–1223. doi:10.3945/ajcn.115.124677.
16. Lebel C, Walker L, Leemans A, et al. Microstructural maturation of the human brain from childhood to adulthood. *NeuroImage*. 2008;40(3):1044–1055.
17. Aburto NJ, Ziolkovska A. Effect of lower sodium intake on health: systematic review and meta-analyses. *BMJ*. 2013;346:f1326. doi:10.1136/bmj.f1326.
18. Pacheco-Ordaz R, Antunes-Ricardo M, Gutiérrez-Urbe JA, González-Aguilar GA. Intestinal permeability and cellular antioxidant activity of phenolic compounds from mango (*Mangifera indica* cv. Ataulfo) peels. *Int J Mol Sci*. 2018;19(2):514. doi:10.3390/ijms19020514.
19. Pantopoulos K. Oral iron supplementation: new formulations, old questions. *Haematologica*. 2024;109(9):2790–2801. doi:10.3324/haematol.2024.284967.
20. Pawloski PA, Asche SE, Trower NK, Bergdall AR, Dehmer SP, Maciosek MV, et al. A substudy evaluating treatment intensification on medication adherence among hypertensive patients receiving home blood pressure telemonitoring and pharmacist management. *J Clin Pharm Ther*. 2016;41(5):493–498. doi:10.1111/jcpt.12414.
21. Poorolajal J, Zeraati F, Soltanian AR, Sheikh V, Hooshmand E, Maleki A. Oral potassium supplementation for management of essential hypertension: a meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*. 2017;12(4):e0174967. doi:10.1371/journal.pone.0174967.
22. Razzaque MS, Wimalawansa SJ. Minerals and human health: from deficiency to toxicity. *Nutrients*. 2025;17:454. doi:10.3390/nu17030454.
23. Rondanelli M, Faliva MA, Peroni G, Gasparri C, Perna S, Riva A, et al. Silicon: a neglected micronutrient essential for bone health. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2021;246(13):1500–1511. doi:10.1177/1535370221997072.
24. State Pharmacopoeia of Ukraine. 2nd ed. Vol. 1. Kharkiv: Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center for Quality of Medicines; 2015. 1130 p.
25. Tai V, Leung W, Grey A, Reid IR, Bolland MJ. Calcium intake and bone mineral density: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2015;351:h4183. doi:10.1136/bmj.h4183.
26. Willer J, Zidorn C, Juan-Vicedo J. Ethnopharmacology, phytochemistry, and bioactivities of *Hieracium* L. and *Pilosella* Hill species. *J Ethnopharmacol*. 2021;281:114465. doi:10.1016/j.jep.2021.114465.