

УДК 543.3:504.4:546.16

Сухарева О.Ю., к.х.н., доц.; Куштан С.М., асп.; Сухарев С.М., д.х.н., проф.

## СКРИНІНГ ВМІСТУ БІОДОСТУПНИХ ФОРМ ФЛУОРИДІВ У ПОВЕРХНЕВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ БАСЕЙНУ РІЧКИ ТИСА

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул. Підгірна, 46; 88000,  
м. Ужгород, Україна; e-mail: oksana.sukhareva@uzhnu.edu.ua

Флуор, як біогенний мікроелемент, відіграє важливу роль у підтримці здоров'я людини, проте у великих кількостях може зумовлювати ряд захворювань. Основним шляхом потрапляння флуоридів в організм людини є питна вода, джерелом якої є природні поверхневі та підземні води. У поверхневих і підземних водах флуориди можуть існувати як у зв'язаній (сполуки із алюмінієм, залізом, кальцієм і магнієм) так і у вільній (біодоступній) формі, тому при моніторингу природних вод важливо розмежувати валовий вміст флуоридів та вміст біодоступних форм. У даній роботі представлено скринінгові дослідження щодо вмісту біодоступних форм флуоридів у поверхневих (річкових) і підземних (колодязних) водах басейну річки Тиса. Дослідження проведено у літній (червень-серпень) період 2023 року. Результати скринінгу показали, що річкові води мають нижчу концентрацію біодоступних форм флуоридів ( $2,9-8,3$  мкг/дм<sup>3</sup>), ніж підземні води ( $7,5-14,4$  мкг/дм<sup>3</sup>). Встановлено, що вміст біодоступних форм флуоридів у природних водах визначається, перед усім, геологією територій (найнижчий вміст у гірських районах, а найвищий – у низовинних районах), а для поверхневих вод також і морфологією річки. Для річкових вод, загальна закономірність щодо розподілу вмісту флуоридів є складною та неоднозначною. В цілому, вміст біодоступних форм флуоридів у поверхневих і підземних водах басейну річки Тиса є малим, що зумовлює ризик щодо стоматологічного здоров'я населення регіону.

**Ключові слова:** моніторинг природних вод; непряма спектрофотометрія; рідинно-рідинна мікроекстракція; ризик для здоров'я людини.

Флуор як біогенний мікроелемент [1] відіграє важливу роль у забезпеченні здоров'я людини. Перш за все, це пов'язують із стоматологічним здоров'ям, що впливає на поширення карієсу зубів [2-4]. В той же час, надмірна кількість флуоридів зумовлює не тільки флуороз у людини [5, 6], але і ряд інших захворювань [7-10].

Найвищий ризик для здоров'я людини, який пов'язаний із впливом флуоридів, характерний для питної води [11], основним джерелом якої є поверхневі (річкові) та підземні (колодязні) води [12]. У природних водах флуориди можуть існувати як у зв'язаній (сполуки із алюмінієм, залізом, кальцієм і магнієм) так і у вільній (біодоступній) формі [13], які мають різний вплив на людину. Тому важливим є контроль вмісту саме біодоступних форм флуоридів у водах, які визначають вплив на здоров'я людини.

Закарпатська область має складну геологію та тектоніку [14], але при цьому основним джерелом питної води для населення є природні (поверхневі та підземні) води. Тому актуальним є проведення скринінгових досліджень щодо вмісту біодоступних форм флуоридів у природних водах (поверхневих і підземних) басейну річки Тиса. Систематичні наукові дослідження у цьому напрямку практично не проводилися, хоча відомо, що Закарпаття відноситься до територій з флуороредфіцитом [15]. Так, у роботі [14] представлені дані щодо валового вмісту флуоридів у колодязних водах Закарпатської області, а у роботі [16] – представлено дані щодо вмісту флуоридів у водах річок Латориця та Уж. Дослідження щодо вмісту біодоступних форм флуоридів у поверхневих водах річки Тиса, а також підземних (колодязних) водах річкового басейну раніше не проводилися.

Тому метою роботи є скринінг вмісту біодоступних форм флуоридів у поверхневих (річкових) і підземних (колодязних) водах басейну річки Тиса.

### Експериментальна частина

Дослідження проведено у червні-серпні 2023 року, проводився трикратний відбір поверхневих (річкових) і підземних (колодязних) вод у басейні річки Тиса за стандартними процедурами [17, 18]. Проби вод не консервували.

Визначення вмісту флуоридів у природних водах проводили за непрямою спектрофотометричною методикою [19], яка включає процедуру концентрування із застосуванням мікроекстракції (діапазон визначуваних концентрацій флуоридів 0,3-114 мкг/дм<sup>3</sup>). Для визначення біодоступних форм флуоридів у водах дослідження проводили без попередньої перегонки з водяною парою. Використані реагенти мали аналітичну чистоту.

Мікроекстракцію проводили у поліпропіленових конічних пробірках з гвинтовою кришкою з використанням вортекс-змішувача VM-D Digital Vortex Mixer (Oxford Lab Products, USA). Центрифуга XC-2415-220 (Premiere, USA) використана для розділення фаз. Спектрофотометричне дослідження проводили на спектрофотометрі Shimadzu UV-1800 (Shimadzu Co., Japan) з використанням ультрамікрокувет Starna Scientific Ltd., UK (з  $l = 10$  мм).

### Результати та їх обговорення

Результати визначення вмісту біодоступних форм флуоридів у природних водах представлені у Табл. 1 та 2, з яких видно, що поверхневі (річкові) води містять нижчу концентрацію флуоридів (2,9-8,3 мкг/дм<sup>3</sup>), ніж підземні (колодязні) води (7,5-14,4 мкг/дм<sup>3</sup>).

**Таблиця 1.** Діапазон вмісту біодоступних форм флуоридів у річкових водах басейну річки Тиса

| № з/п | Річка   | Вміст біодоступних форм F <sup>-</sup> , мкг/дм <sup>3</sup> | Координати ділянки                     |
|-------|---------|--|--|
| 1     | 2       | 3  | 4                                      |
| 1     | Тиса    | 2,9-3,1  | 48.07489332274541, 24.244196768181943  |
| 2     |         | 3,6-3,8  | 47.988339075054874, 24.1998223023098   |
| 3     |         | 3,2-3,5  | 47.937700070044734, 24.093918169273135 |
| 4     |         | 3,9-4,3  | 47.96741967637169, 24.005512560108333  |
| 5     |         | 4,1-4,4  | 47.946125745242036, 23.92197264972817  |
| 6     |         | 3,8-4,0  | 47.93982865881941, 23.847804495153063  |
| 7     |         | 4,3-4,6  | 47.983911501408784, 23.81269974345524  |
| 8     |         | 4,2-4,4  | 47.98754144700394, 23.686871171037527  |
| 9     |         | 4,8-5,1  | 48.010457235176766, 23.540787339378536 |
| 10    |         | 4,5-4,7  | 48.03439594100325, 23.488173127204742  |
| 11    |         | 5,7-6,1  | 48.086680999865514, 23.397591337791717 |
| 12    |         | 5,9-6,5  | 48.146618841515554, 23.287728056562276 |
| 13    |         | 6,4-6,9  | 48.163618779914714, 23.108390989421007 |
| 14    |         | 7,2-7,7  | 48.09758073950818, 22.842550326340163  |
| 15    |         | 7,1-7,4  | 48.09891785648646, 22.614567146823756  |
| 16    | Теребля | 3,2-3,6  | 48.28913044635021, 23.579294891563585  |
| 17    |         | 3,9-4,4  | 48.151274539179695, 23.594883792758207 |
| 18    |         | 4,4-4,9  | 48.05247176570328, 23.506798386674898  |
| 19    | Ріка    | 3,6-3,8  | 48.320819481722744, 23.501532301413544 |
| 20    |         | 4,9-5,3  | 48.253542129647634, 23.386605009533394 |
| 21    |         | 5,2-5,8  | 48.20116673398796, 23.291847929458125  |

Продовження таблиці 1

| 1  | 2       | 3       | 4                                     |
|----|---------|---------|---------------------------------------|
| 22 | Тересва | 3,6-3,9 | 48.238336827996285, 23.93862301981225 |
| 23 |         | 4,6-5,0 | 48.11574044351925, 23.77245480707363  |
| 24 |         | 5,3-5,6 | 48.02494195914113, 23.697826496821943 |
| 25 | Боржава | 4,1-4,5 | 48.40693894362757, 23.265219305455222 |
| 26 |         | 5,2-5,5 | 48.32308982470376, 23.19774571307989  |
| 27 |         | 8,0-8,3 | 48.29744350659609, 23.096637170305176 |
| 28 |         | 6,1-6,4 | 48.25462861755762, 22.894695689516208 |
| 29 |         | 6,3-6,7 | 48.154246316140906, 22.76581865552007 |

**Таблиця 2.** Вміст біодоступних форм флуоридів у колодязних водах басейну річки Тиса

| № з/п | Населений пункт | Вміст біодоступних форм F <sup>-</sup> , мкг/дм <sup>3</sup> | Координати ділянки                     |
|-------|-----------------|--|--|
| 1     | Богдан          | 7,5-7,7  | 48.03934022067948, 24.34707742843709   |
| 2     | Рахів           | 7,6-8,0  | 48.055406391306434, 24.21043497314338  |
| 3     | Великий Бичків  | 7,9-8,4  | 47.97548509208673, 24.01268106741726   |
| 4     | Нижня Апша      | 9,2-9,5  | 48.005355244397634, 23.840333044876026 |
| 5     | Тересва         | 8,6-9,1  | 48.0021392895848, 23.692704260501337   |
| 6     | Тячів           | 9,9-10,3   | 48.018217060289665, 23.57048135962504  |
| 7     | Хуст            | 10,6-11,1  | 48.1745982165044, 23.299256384842113   |
| 8     | Королево        | 11,0-11,4  | 48.15353056486966, 23.128968298526033  |
| 9     | Тростник        | 12,1-12,6  | 48.09853073355118, 22.95181375743775   |
| 10    | Вілок           | 12,9-13,3  | 48.111369295835146, 22.842637121840866 |
| 11    | Вари            | 13,9-14,4  | 48.12282958694912, 22.712174475352647  |
| 12    | Галабор         | 10,2-10,5  | 48.10082356955257, 22.677498876579058  |
| 13    | Бадалово        | 11,1-11,6  | 48.11068159684532, 22.64247995602095   |

Для оцінки закономірностей розподілу біодоступних форм флуоридів у природних водах басейну річки Тиса та унаочнення результатів дослідження, було побудовано відповідні карти (Рис. 1 та 2) за допомогою програми «ArcGIS 10.2.1» [20].

Загальна закономірність розподілу вмісту біодоступних форм флуоридів у колодязних водах (Рис. 1) показує, що має місце виражена залежність цього показника природних вод від висоти ландшафту території. Найвищий вміст флуоридів у водах низовинних районів, а найнижчий – у водах гірської місцевості, що узгоджується з даними роботи [14]. В цілому, вміст біодоступних форм флуоридів у колодязних водах є низьким. Це становить ризик щодо стоматологічного здоров'я населення регіону.

Дані Рис. 2 показують, що розподіл вмісту біодоступних форм флуоридів у річкових водах є більш складним, ніж у

колодязних водах. Крім загальної тенденції зростання вмісту флуоридів у водах при переході від гірської до низовинної території, спостерігається вплив морфології річок і геології територій, яка є складною [14]. Так, найвищий вміст флуоридів у поверхневих водах спостерігається на окремих ділянках річки Боржава і в нижній течії річки Тиса. Відносно підвищений вміст флуоридів мають води річок Ріка і Тересва. В цілому, вміст біодоступних форм флуоридів у річкових водах є низьким, що становить небезпеку щодо стоматологічного здоров'я населення.

Результати скринінгу вмісту біодоступних форм флуоридів у природних (річкових і колодязних) водах басейну річки Тиса показують, що суттєвого впливу на цей показник стану вод надають ландшафтна зональність і геологія території. Це слід враховувати при оцінці ступеня забезпеченості флуором населення регіону.

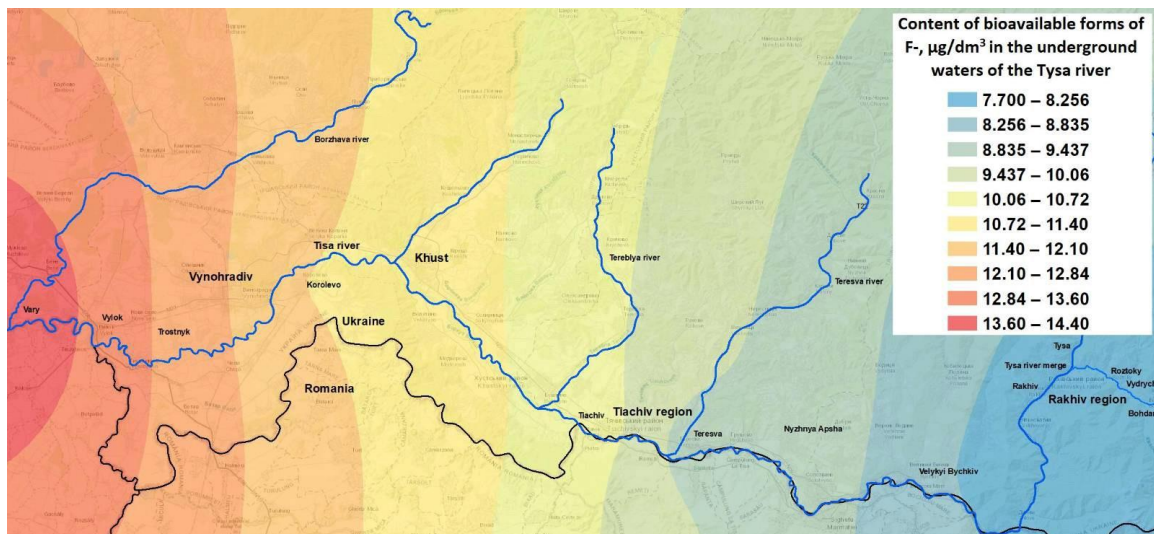


Рис. 1. Розподіл вмісту біодоступних форм флуоридів у колодязних водах басейну річки Тиса.

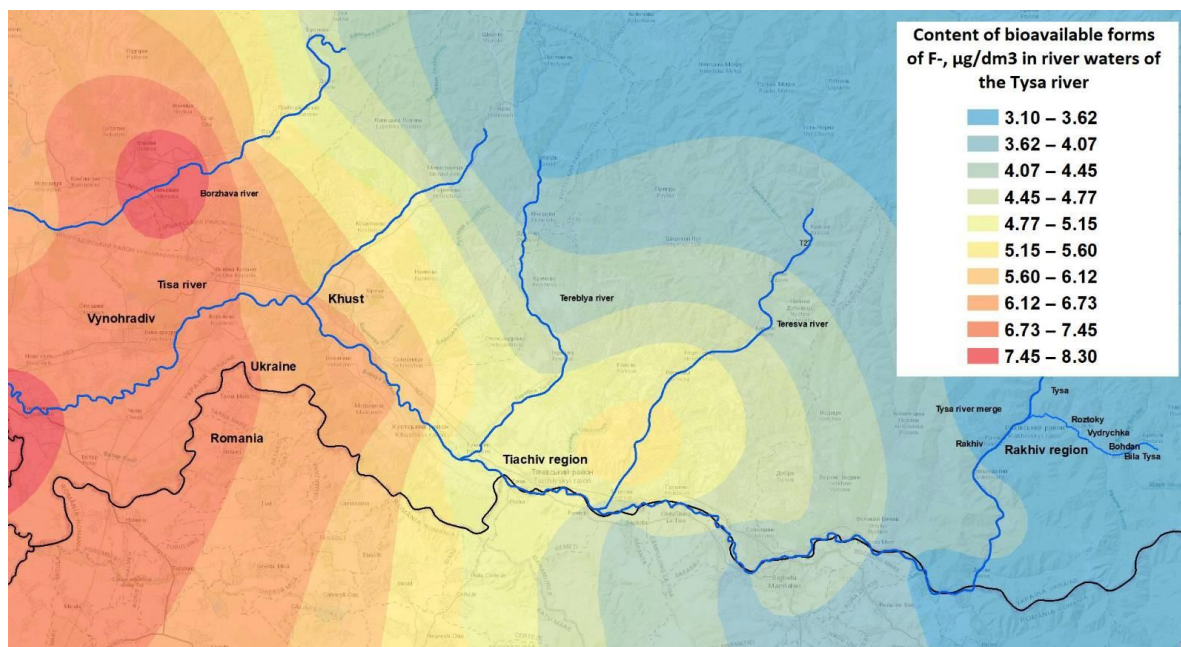


Рис. 2. Розподіл вмісту біодоступних форм флуоридів у річкових водах басейну річки Тиса.

### Висновки

На основі проведеного скринінгу вмісту біодоступних форм флуоридів у природних (річкових і колодязних) водах басейну річки Тиса встановлено, що вміст флуоридів є низьким: 2,9-8,3 мкг/дм<sup>3</sup> у річкових водах, 7,5-14,4 мкг/дм<sup>3</sup> у колодязних водах. З огляду на те, що природні води є основним джерелом питної води, це становить ризик щодо стоматологічного здоров'я населення регіону. Розподіл вмісту флуоридів у річкових і колодязних водах є складним і зумовлений,

передусім, ландшафтною зональністю територій басейну річки Тиса та складною геологією цієї території.

### Список використаних джерел

1. Dec K., Łukomska A., Maciejewska D. et al. The Influence of Fluorine on the Disturbances of Homeostasis in the Central Nervous System. *Biol. Trace Elem. Res.* 2017, 177, 224–234. Doi: 10.1007/s12011-016-0871-4.
2. Hardwick K., Barmes D., Writer S., Richardson L.M. International Collaborative Research on

- Fluoride. *J. Dent. Res.* 2000, 79, 893–904. Doi: 10.1177/00220345000790040301.
3. Hicks J., Garcia-Godoy F., Flaitz C. Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *J. Clin. Pediatr. Dent.* 2004, 28, 203–214. Doi: 10.17796/jcpd.28.3.w06104271746j34n.
4. Tenuta L.M.A., Cury J.A. Fluoride: its role in dentistry. *Braz. Oral. Res.* 2010, 24, 9–17. Doi: 10.1590/S1806-83242010000500003.
5. Fordyce F.M., Vrana K., Zhovinsky E., Povoroznuk V., Toth G., Hope B.C., Iljinsky U., Baker J. A health risk assessment for fluoride in Central Europe. *Environ. Geochem. Health.* 2007, 29, 83–102. Doi: 10.1007/s10653-006-9076-7.
6. Aoba T., Fejerskov O. Dental Fluorosis: Chemistry and Biology. *Crit. Rev. Oral. Biol. Med.* 2002, 13, 155–170. Doi: 10.1177/154411130201300206.
7. Goschorska M., Baranowska-Bosiacka I., Gutowska I., Metryka E., Skórka-Majewicz M., Chlubek D. Potential Role of Fluoride in the Etiopathogenesis of Alzheimer's Disease. *Int. J. Mol. Sci.* 2018, 19, 3965. Doi: 10.3390/ijms19123965.
8. Liu H., Hou C., Zeng Q., Zhao L., Cui Y., Yu L., Wang L., Zhao Y., Nie J., Zhang B., Wang A. Role of endoplasmic reticulum stress-induced apoptosis in rat thyroid toxicity caused by excess fluoride and/or iodide. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2016, 46, 277–285. Doi: 10.1016/j.etap.2016.08.007.
9. Basha P.M., Madhusudhan N. Pre and Post Natal Exposure of Fluoride Induced Oxidative Macromolecular Alterations in Developing Central Nervous System of Rat and Amelioration by Antioxidants. *Neurochem. Res.* 2010, 35, 1017–1028. Doi: 10.1007/s11064-010-0150-2.
10. Tanmoy B., Subodh C.P., Asish S., Dipankar R. Arsenic and fluoride exposure in drinking water caused human health risk in coastal groundwater aquifers. *Environ. Res.* 2023, 238(2), 117257. Doi: 10.1016/j.envres.2023.117257.
11. Chouhan S., Flora S.J.S. Arsenic and fluoride: Two major ground water pollutants. *Indian J. Exp. Biol.* 2010, 48, 666–678.
12. Zahid Ullah, Abdur Rashid, Javed Nawab, Aziz-Ur-Rahim Bacha, Junaid Ghani, Javed Iqbal, Zhiling Zhu, Abdulwahed Fahad Alrefaei, Mikhlid H. Almutairi. Fluoride Contamination in Groundwater of Community Tube Wells, Source Distribution, Associated Health Risk Exposure, and Suitability Analysis for Drinking from Arid Zone. *Water.* 2023, 15(21), 3740. Doi: 10.3390/w15213740.
13. Ozsvath D.L. Fluoride and environmental health: a review. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 2009, 8, 59–79. Doi: 10.1007/s11157-008-9136-9.
14. Sergii Sukharev, Larysa Bugyna, Oleksandra Pallah (Sarvash), Tetiana Sukhareva (Riabukhina), Volodymyr Drobnych, Kristina Yerem Screening of the microelements composition of drinking well water of Transcarpathian region, Ukraine. *Heliyon.* 2020, 6(3), e03535. Doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03535.
15. Kostenko Y.Y., Melnyk V.S., Horzov L.F., Kostenko S.B. Prevalence of main dental diseases in children who live in conditions of biogeochemical fluorine and iodine deficiency. *Dent. Res. J.* 2019, 16, 271–275. Doi: 10.4103/1735-3327.261123.
16. Сухарева О.Ю., Бабіля Т.С., Марійчук Р.Т., Сухарев С.М. Оцінка вмісту флуоридів у воді річок Уж і Латориця. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Хімія».* 2021, 1 (45), 105–110. Doi: 10.24144/2414-0260.2021.1.105-110.
17. ДСТУ ISO 5667-6:2009. Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків. Чинний з 01.07.2011.
18. ДСТУ ISO 5667-18:2007. Якість води. Відбирання проб. Частина 18. Настанови щодо відбирання проб підземних вод із забруднених місць. Чинний з 01.07.2009.
19. Oksana Sukhareva, Ruslan Mariychuk, Sergii Sukharev, Svitlana Delegan-Kokaiko, Stanislav Kushtan. Application of microextraction techniques for indirect spectrophotometric determination of fluorides in river waters. *J. Environ. Manage.* 2021, 280, 111702. Doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111702.
20. Childs C. Interpolating Surface in ArcGIS Spatial Analyst. *ArcUser.* 2004, 3, 32–35.

Стаття надійшла до редакції: 31.10.2023.

## SCREENING OF CONTENT OF BIOAVAILABLE FORMS OF FLUORIDE IN SURFACE AND GROUNDWATER OF THE TISA RIVER BASIN

Sukhareva O.Yu., Kushtan S.M., Sukharev S.M.

Uzhhorod National University, 88000 Uzhhorod, Pidhirna str. 46;  
e-mail: oksana.sukhareva@uzhnu.edu.ua

Fluorine, as an essential trace element, plays an important role in maintaining human health, but an excess of fluorides causes various diseases. The main way fluoride enters the human is drinking water, the source of which is natural surface and underground water. In surface and groundwater, fluorides can exist in bound (compounds with aluminum, iron, calcium and magnesium) and free (bioavailable) forms, therefore, when monitoring natural waters, it is important to distinguish between the total content of fluorides and the content of bioavailable forms. This work presents a screening of the content of bioavailable forms of fluorides in surface (river) and underground (well) waters of the Tisza River basin. The study was carried out in the summer (June–August) period of 2023. The screening results showed that river waters have a lower concentration of bioavailable forms of fluorides ( $2.9\text{--}8.3\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) than groundwater ( $7.5\text{--}14.4\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). It was established that the content of bioavailable forms of fluorides in natural waters is determined, first of all, by the geology of the territories (the lowest content in mountainous areas, and the highest in lowland areas), and for surface waters also by the morphologies of the river. For river waters, the general pattern of fluoride content distribution is complicated and ambiguous. In general, the content of bioavailable forms of fluorides in the surface and underground waters of the Tisza River basin is small, which causes a risk to the human dental health of the region.

**Keywords:** monitoring of natural waters; indirect spectrophotometry; liquid-liquid microextraction; human health risk.

### References

1. Dec K., Łukomska A., Maciejewska D. et al. The Influence of Fluorine on the Disturbances of Homeostasis in the Central Nervous System. *Biol. Trace Elem. Res.* 2017, 177, 224–234. Doi: 10.1007/s12011-016-0871-4.
2. Hardwick K., Barmes D., Writer S., Richardson L.M. International Collaborative Research on Fluoride. *J. Dent. Res.* 2000, 79, 893–904. Doi: 10.1177/00220345000790040301.
3. Hicks J., Garcia-Godoy F., Flaitz C. Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *J. Clin. Pediatr. Dent.* 2004, 28, 203–214. Doi: 10.17796/jcpd.28.3.w06104271746j34n.
4. Tenuta L.M.A., Cury J.A. Fluoride: its role in dentistry. *Braz. Oral. Res.* 2010, 24, 9–17. Doi: 10.1590/S1806-83242010000500003.
5. Fordyce F.M., Vrana K., Zhovinsky E., Povoroznuk V., Toth G., Hope B.C., Iljinsky U., Baker J. A health risk assessment for fluoride in Central Europe. *Environ. Geochem. Health.* 2007, 29, 83–102. Doi: 10.1007/s10653-006-9076-7.
6. Aoba T., Fejerskov O. Dental Fluorosis: Chemistry and Biology. *Crit. Rev. Oral. Biol. Med.* 2002, 13, 155–170. Doi: 10.1177/154411130201300206.
7. Goschorska M., Baranowska-Bosiacka I., Gutowska I., Metryka E., Skórka-Majewicz M., Chlubek D. Potential Role of Fluoride in the Etiopathogenesis of Alzheimer's Disease. *Int. J. Mol. Sci.* 2018, 19, 3965. Doi: 10.3390/ijms19123965.
8. Liu H., Hou C., Zeng Q., Zhao L., Cui Y., Yu L., Wang L., Zhao Y., Nie J., Zhang B., Wang A. Role of endoplasmic reticulum stress-induced apoptosis in rat thyroid toxicity caused by excess fluoride and/or iodide. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2016, 46, 277–285. Doi: 10.1016/j.etap.2016.08.007.
9. Basha P.M., Madhusudhan N. Pre and Post Natal Exposure of Fluoride Induced Oxidative Macromolecular Alterations in Developing Central Nervous System of Rat and Amelioration by Antioxidants. *Neurochem. Res.* 2010, 35, 1017–1028. Doi: 10.1007/s11064-010-0150-2.

10. Tanmoy B., Subodh C.P. Asish S., Dipankar R. Arsenic and fluoride exposure in drinking water caused human health risk in coastal groundwater aquifers. *Environ. Res.* 2023, 238(2), 117257. Doi: 10.1016/j.envres.2023.117257.
11. Chouhan S., Flora S.J.S. Arsenic and fluoride: Two major ground water pollutants. *Indian J. Exp. Biol.* 2010, 48, 666–678.
12. Zahid Ullah, Abdur Rashid, Javed Nawab, Aziz-Ur-Rahim Bacha, Junaid Ghani, Javed Iqbal, Zhiling Zhu, Abdulwahed Fahad Alrefaei, Mikhlid H. Almutairi. Fluoride Contamination in Groundwater of Community Tube Wells, Source Distribution, Associated Health Risk Exposure, and Suitability Analysis for Drinking from Arid Zone. *Water.* 2023, 15(21), 3740. Doi: 10.3390/w15213740.
13. Ozsvath D.L. Fluoride and environmental health: a review. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 2009, 8, 59–79. Doi: 10.1007/s11157-008-9136-9.
14. Sergii Sukharev, Larysa Bugyna, Oleksandra Pallah (Sarvash), Tetiana Sukhareva (Riabukhina), Volodymyr Drobnych, Kristina Yerem Screening of the microelements composition of drinking well water of Transcarpathian region, Ukraine. *Heliyon.* 2020, 6(3), e03535. Doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03535.
15. Kostenko Y.Y., Melnyk V.S., Horzov L.F., Kostenko S.B. Prevalence of main dental diseases in children who live in conditions of biogeochemical fluorine and iodine deficiency. *Dent. Res. J.* 2019, 16, 271–275. Doi: 10.4103/1735-3327.261123.
16. Sukhareva O.Yu., Babilia T.S., Mariychuk R.T., Sukharev S.M. Assessment of fluoride content in the river water Uzh and Latoritsia. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series "Chemistry".* 2021, 1 (45), 105–110. Doi: 10.24144/2414-0260.2021.1.105-110 (in Ukr.).
17. DSTU ISO 5667-6:2009. Yakist vody. Vidbyrannia prob. Chastyna 6. Nastanovy shchodo vidbyrannia prob z richok i strumkiv. Chynnyi z 01.07.2011 (in Ukr.).
18. DSTU ISO 5667-18:2007. Yakist vody. Vidbyrannia prob. Chastyna 18. Nastanovy shchodo vidbyrannia prob pidzemnykh vod iz zabrudnenykh mist. Chynnyi z 01.07.2009 (in Ukr.).
19. Oksana Sukhareva, Ruslan Mariychuk, Sergii Sukharev, Svitlana Delegan-Kokaiko, Stanislav Kushtan. Application of microextraction techniques for indirect spectrophotometric determination of fluorides in river waters. *J. Environ. Manage.* 2021, 280, 111702. Doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111702.
20. Childs C. Interpolating Surface in ArcGIS Spatial Analyst. *ArcUser.* 2004, 3, 32–35.