

СКРИНІНГ ВМІСТУ ФТОРИДІВ У ПОВЕРХНЕВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ ЗАКАРПАТТЯ

Сухарев С.М., Куштан С.М., Сухарева О.Ю.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

e-mail: serhii.sukharev@uzhnu.edu.ua

Фтор є есенціальним хімічним мікроелементом. Здебільшого потреба у фторидах пов'язана з профілактикою карієсу зубів. Однак надлишок фторидів спричиняє не лише розвиток стоматологічного та скелетного флюорозу у людей і тварин, але і різноманітні патології печінки, щитовидної залози, розвитку центральної нервової системи, загострення хвороби Альцгеймера тощо. Основними джерелами фторидів є питна вода та їжа, причому найвищий ризик для здоров'я людини пов'язаний з високим вмістом фторидів у природних та питних водах. У незабруднених прісних водах вміст фторидів коливається у межах 10-300 мкг/дм³, хоча допустимий вміст фторидів у питних водах за рекомендацією Всесвітньої організації охорони здоров'я встановлений на рівні $\leq 1,5$ мг/дм³. У зв'язку з цим, оцінка вмісту фторидів (валовий вміст та біологічно доступна форма) у природних водах (поверхневих, колодязних), які є джерелом питної води є актуальним завданням.

Закарпатська область має виражену ландшафтну зональність (від гірської частини до низинних районів), тектонічну і геологічну різноманітність [1]. Тому у поверхневих і підземних водах різних ландшафтних зон вміст фторидів може суттєво відрізнятися. Крім того відомо, що на території Закарпатської області спостерігається йодо- і фтор-дефіцит. Стандартні методики визначення фторидів у водах [2-4] є недостатньо чутливими для визначення фторидів у поверхневих водах Закарпаття. Тому першим етапом дослідження було розробка високочутливої та експресної методики спектрофотометричного визначення фторидів у водах, яка відповідає вимогам «зеленої» хімії. Методика передбачає непряме спектрофотометричне визначення фторидів, яка базується на взаємодії фторид-іонів з йонними асоціатами алюмінію з піколінгідрозом саліцилового альдегіду та барвником астрафлосином у поєднанні з мікроекстракційним концентруванням з використанням вортекс-змішувача [5]. Оптимізовані умови визначення фторидів і показана відносно висока селективність запропонованої методики, а також її висока чутливість (при співвідношенні водної та органічної фаз 20:1, екстрагент ССl₄ – об'єм 250 мкл): межа виявлення (LOD) – 0,086 мкг/л ($n=10$, $P=0,95$), межа кількісного визначення (LOQ) – 0,284 мкг/л ($n=10$, $P=0,95$), лінійність градувального графіка 0,3-114 мкг/л ($R^2 = 0,993$). Апробація методики спектрофотометричного визначення фторидів на модельних сумішах і реальних зразках прісних поверхневих вод показала, що методика має задовільні метрологічні характеристики ($RSD = 2,6-3,1\%$, $Recovery = 98,3-101,4\%$), тому вона надалі нами використана для скринінгу вмісту фторидів у поверхневих і підземних водах Закарпатської області.

Скринінг вмісту фторидів у водах Закарпатської області включав: аналіз колодязних вод (для всіх 13 районів області); аналіз поверхневих (річкових) вод (для всіх 13 районів області). Для оцінки біологічної доступності фторидів у водах, нами проводились два паралельних дослідження. Перше включало безпосереднє визначення фторидів у водах за методикою [5], яке відображало вільні (не зв'язані у сполуки)

фторид-іони, що можна вважати біологічно доступною формою. Друге включало визначення у водах за методикою [5] після перегонки з водяною парою. Ці дані відображали валовий (загальний) вміст фторидів. Слід зазначити, що вміст біологічно доступних форм фторидів становив 8,1-14,4% від валового вмісту фторидів у водах.

Скринінг показав, що вміст фторидів у колодязних водах Закарпатської області є значно вищим, ніж у поверхневих (річкових) водах. Так, середній валовий вміст фторидів у колодязних водах гірських районів області становить 78 мкг/л, передгірських районів – 111 мкг/л, а низовинних – 122 мкг/л. Така тенденція свідчить, що колодязні води гірських районів мають найменший вміст фторидів, а низовинних – найвищий, тобто вміст фторидів у колодязних водах зменшується у ряді низовинні райони > передгірські райони > гірські райони (коефіцієнт Спірмана становить 0,73). Вміст фторидів у поверхневих (річкових) водах гірських районів (середній валовий вміст) становить 23,4 мкг/л, передгірських районів – 31,6 мкг/л, а низовинних – 34,1 мкг/л. Одержані дані також підтверджують тенденцію, що найбільший вміст фторидів спостерігається у річкових водах низовинних районів, а найменший – у гірських. Це, очевидно, зумовлено особливостями тектоніки і геології досліджуваних регіонів. На основі проведених досліджень проведено картографування територій басейнів відповідних річок за вмістом фторидів.

Література.

1. Sukharev S., Bugyna L., Pallah (Sarvash) O., Sukhareva (Riabukhina) T., Drobnych V., Yerem K. Screening of the microelements composition of drinking well water of Transcarpathian region, Ukraine. *Heliyon*. 2020, 6(3), e03535.
2. ISO 10359-1, 1992. Water Quality. Determination of Fluoride. Part 1: Electrochemical Probe Method for Potable and Lightly Polluted Water.
3. ISO 10359-2, 1994. Water Quality. Determination of Fluoride. Part 2: Determination of Inorganically Bound Total Fluoride after Digestion and Distillation.
4. ISO/TS 17951-1, 2016. Water Quality. Determination of Fluoride Using Flow Analysis (FIA and CFA). Part 1: Method Using Flow Injection Analysis (FIA) and Spectrometric Detection after Off-Line Distillation.
5. Sukhareva O., Mariychuk R., Sukharev S., Delegan-Kokaiko S., Kushtan S.. Application of microextraction techniques for indirect spectrophotometric determination of fluorides in river waters. *Journal of Environmental Management*. 2021, 280, 111702.