



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference  
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304399>

## РОЗПОДІЛ ФТОРУ У СИСТЕМІ «ГРУНТ-РОСЛИНА» КАРПАТСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА (УРОЧИЩЕ ПІДДІЛ)

Наталія КРЮЧЕНКО<sup>1</sup>, Едуард ЖОВИНСЬКИЙ<sup>1</sup>, Петро ПАПАРИГА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

просп. Акад. Палладіна, 34, м. Київ, 03142, Україна

<sup>2</sup> Карпатський біосферний заповідник

Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України,

вул. Красне Плесо, 77, м. Рахів, 90600, Україна

**e-mail:** [nataliya.kryuchenko@gmail.com](mailto:nataliya.kryuchenko@gmail.com)

### Анотація

Представлено результати власних досліджень вмісту водорозчинного фтору у ґрунтах та рослинності урочища Підділ (Карпатський біосферний заповідник). Встановлено розподіл фтору у системі «ґрунт-рослина» (за коефіцієнтом біологічного поглинання,  $A_x$ ) дев'яти видів рослин: хвойні вічнозелені (шпильки та гілки) – тис ягідний (*Taxus baccata* L.) ( $A_x$  15,5), туя (*Thuja*) ( $A_x$  5), ялиця біла (*Abies alba*) ( $A_x$  5); родини березових (гілки та листки) – ліщина (*Corylus avellana* L.) ( $A_x$  6,1), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) P. Gaertn) ( $A_x$  2,8); трави (листки та квіти) – буквиця (*Betonica officinalis* L.) ( $A_x$  4,6), волошка (*Centaurea*) ( $A_x$  6), жовтоділля (*Senecio*, L.) ( $A_x$  4,6), таволга (*Filipendula ulmaria*) ( $A_x$  3,9). Визначено, що концентратом фтору є шпильки та гілки тиса ягідного (*Taxus baccata* L.).

**Ключові слова:** фтор, ґрунт, рослини, коефіцієнт біологічного поглинання, Карпатський біосферний заповідник.

Загальна концепція сталого розвитку щодо необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі, включає необхідність моніторингових досліджень заповідних зон. Саме в межах заповідних зон є можливість проводити системний підхід до визначення рівноваги хімічних елементів в системі «ґрунт-рослина», що дозволить швидко моделювати різні варіанти напрямків розвитку, прогнозувати їх результати та вибрати найбільш оптимальний для усунення негативних умов. Навіть невелика кількісна зміна у хімічному складі ґрунту чи рослин свідчить про порушення балансу у природному середовищі і необхідності прийняття рішень, щодо збереження біорізноманіття території [1].

Зважаючи, що фтор є індикатором техногенної діяльності, отримані дані фоновому вмісту в різних типах ґрунтів і рослинності стануть основою для подальших еколого-геохімічних моніторингових досліджень.

Головна мета роботи полягала в отриманні даних про вміст водорозчинного фтору у ґрунтах і рослинах урочища Підділі Карпатського біосферного заповідника (КБЗ), дослідження ступеня його накопичення в системі «ґрунт-рослина».

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що вперше встановлено вміст водорозчинного фтору у ґрунтах та рослинності КБЗ.

*Матеріали та методи дослідження.* У ході досліджень використано результати власних польових (2023 рік) і аналітичних досліджень ґрунтів (0-10 см) та рослинності урочища Підділ (КБЗ). Урочище Підділ знаходиться у східній частині схилу гори Рахівська (1159 м), у верхній частині дендропарку центральної садиби КБЗ, на відстані 200–230 м західніше від правого берега річки Тиса та автодороги Мукачєво – Рогатин. Досліджували наземні частини 9 видів рослин (всього 45 проб): хвойні вічнозелені (шпильки та гілки): тис ягідний (*Taxus baccata L.*), туя (*Thuja*), ялиця біла (*Abies alba*) родини березових (гілки і листки) – ліщина (*Corylus avellana L.*), вільха чорна (*Alnus glutinosa (L.) P. Gaertn.*); трави (листки і квіти) – буквиця (*Betonica officinalis L.*), волошка (*Centaurea*), жовтоділля (*Senecio, L.*), таволга (*Filipendula ulmaria*).

*Визначення фтору.* Пробопідготовка – озолення змоченої розчином NaOH наважки подрібненої проби в скловуглецевому тиглі в муфельній печі при  $t\ 550^{\circ}\text{C}$ . Вимірювання – після вилуговування гарячою водою та випарювання із карбонатом амонію, фотометричним методом з алізаринкомплексом та нітратом лантану. Вміст фтору надано – на суху речовину. Виміри проведено сертифікованою Центральною лабораторією Державного підприємства Українська геологічна компанія. Для характеристики біогенної міграції важких металів і біогеохімічних особливостей рослин розраховано коефіцієнт біологічного поглинання  $A_x$  ( $A_x=l/n$ ), що дорівнює відношенню вмісту елемента в золі рослин ( $l$ ) до вмісту цього ж елемента в ґрунтах ( $n$ ). Статистичні дані розраховано програмою Statistica.

*Природні умови території досліджень.* У геологічній будові території досліджень переважає крейдово-палеогеновий фліш, трапляються виходи юрських вапняків, палеозойських кристалічних сланців. Неогенові вулканогенні утворення представлені андезитами, базальтами та їхніми туфами [2]. Ґрунтоутворення відбувається переважно за буроземним типом. Гірсько-лісові бурі ґрунти мають характерне забарвлення, завдяки наявності водонепроникних сполук заліза, які осідають на поверхні мінеральних частинок ґрунту. Серед бурих ґрунтів території досліджень переважають суглинисті різновидності. Легкосуглинисті різновидності трапляються на всіх висотних рівнях, де ґрунтовірними породами є пісковики.

*Результати та обговорення.* Концентрація фтору в рослині залежить від трьох процесів – поглинання, розподілу та виведення. Рослини КБЗ перебувають в умовах майже чистого складу атмосферного повітря, тому накопичення ними залежить від вмісту його рухомих сполук у ґрунті та їх індивідуальних особливостей.

Для визначення ступеня поглинання фтору з ґрунтів нами було обрано урочище Підділ на висоті 396 м над рівнем моря (Мармароський масив), крутизна схилу  $8\text{--}10^{\circ}$ , тип ґрунту – бурий легкосуглинковий дерново-підзолистий (рН 5,4–5,9). Вміст водорозчинного фтору у ґрунтах ділянки – 1,2–1,6 мг/кг.

*Хвойні вічнозелені дерева.* Тис ягідний (*Taxus baccata L.*). Листки (хвоя) завдовжки до 30–50 мм, завширшки 2,5 мм, зверху темно-зелені, блискучі, знизу світло-матові, без білих прожилок, м'які, кінці загострені. Вміст фтору у шпильках та гілках становить 16–23 мг/кг (середній – 21,9 мг/кг).

Туя (*Thuja*). Дерево висотою до 20 м або кущ з пірамідальною кроною в молодості і короткими горизонтальними гілками, пізніше крона набуває яйцеподібної форми. У молодих рослин листя м'яке голчасте, у дорослих – лускоподібне, навхрест супротивне. Вміст фтору у шпильках та гілках становить 7–10 мг/кг (середній – 8 мг/кг).

Ялиця біла (*Abies alba*). Дерево заввишки 25–40(60) м. Стовбур циліндричний з тонкою, темно-сірою, дещо лускатою корою. Пагони довгі, гладенькі, сірі з дворядно розміщеною хвоєю. Хвоя плоска (20–30 мм завдовжки, 1,5–1,8 мм завширшки), тупа, з двома білими

смугами зісподу, тримається протягом 3–5 років. Вміст фтору у шпильках та гілках становить 7,5–10 мг/кг (середній – 8,1 мг/кг).

*Листяні дерева сімейства березових.* Ліщина звичайна (*Corylus avellana L.*). Кора — темно-сіра з характерними сочевичками. Листки — чергові, оберненояйцеподібні, широкі (7–16 см завдовжки та 4–8 см завширшки), при основі скошеносерцеподібні, нерівномірно зубчасті, на коротких черешках. Вміст фтору у гілках та листках становить 7,8–11,2 мг/кг (середній – 8,6 мг/кг).

Вільха чорна (*Alnus glutinosa (L.) P. Gaertn.*). Дерево до 35 м заввишки, з темно-бурою тріщинуватою корою. Гілки дугоподібно розходяться в різні боки, утворюючи оберненоконусоподібну крону. Листки — чергові, оберненояйцеподібні, широкі (7–16 см завдовжки і 4–8 см завширшки), при основі скошеносерцеподібні, нерівномірно зубчасті, на коротких черешках. Вміст фтору у гілках та листях становить 2,7–4,5 мг/кг (середній – 3,9 мг/кг).

*Трав'янисті рослини.* Буквиця лікарська (*Betonica officinalis L.*) — багаторічна трав'яниста рослина висотою 30–60 см з коротким кореневищем, яке щороку дає пучок листків з довгими черешками. Стебла висхідні, прямостоячі, малорозгалужені, чотиригранні. Листки великі, яйцеподібно-видовжені, по краю зарубчасті. Вміст фтору у листях та квітах становить 5,8–7,2 мг/кг (середній – 6,5 мг/кг).

Волошка (*Centaurea.*) — однорічна трав'яниста рослина висотою 30–60 см. Стебло пряме, гіллясте, 30–70 см заввишки. Листки цілісні лінійні. Цвіте в червні–липні, іноді впродовж усього літа. Вміст фтору у листках та квітах становить 7,4–9,3 мг/кг (середній – 8,5 мг/кг).

Жовтозілля (*Senecio, L.*) — багаторічна трав'яниста рослина. Листки еліптичні, розсічені. Квітки жовті, листочки обгортки. Вміст фтору у листях та квітах становить 4,9–6,5 мг/кг (середній – 6 мг/кг).

Таволга в'язолиста (*Filipendula ulmaria*) — багаторічна трав'яниста рослина. Стебло прямостояче, гіллясте, ребристе. Корінь мичкуватий, повзучий. Листя, загострене з п'ятьма частками. Вміст фтору у листках та квітах становить 4,9–6,3 мг/кг (середній – 5,5 мг/кг).

Будь-яке коливання у вмісті макро- та мікроелементів у навколишньому середовищі, зокрема у ґрунті, може викликати зміну в хімічному складі рослин. Окремі види рослин можуть виявляти вибіркочну здатність накопичення одного або декількох біологічно активних елементів. Інтенсивність біологічного поглинання фтору з ґрунтів ми проводили за допомогою емпіричного біогеохімічного показника – Ах. Розрахувавши цей показник побудовано діаграму (рис. 1).

Встановлено, що шпильки та гілки тиса ягідного є концентраторами фтору (Ах 15,5), що в у 2,7 рази вище за тую та ялицю білу, Ах яких становить 5,7. З листяних дерев – гілки та листя ліщини (Ах 6,1) вміщують у 2,2 рази більше фтору, ніж вільхи чорної. З трав'янистих рослин – листки та квіти волошки (Ах 6) вміщують у 1,5 рази більше фтору, ніж буквиця, жовтозілля, таволга.

Ряди накопичення водорозчинного фтору (від більшого до меншого) рослинністю наступні: трав'янисті рослини: волошка – буквиця – жовтозілля – таволга.

Враховуючи всі типи рослин (наземну частину) можна побудувати ряди (від більшого до меншого) за біогеохімічним показником (Ах): тис ягідний (15,5) – ліщина (6,1) – волошка (6) – ялиця біла та туя (5) – буквиця (4,6) – жовтозілля (4,3) – таволга (3,9) – вільха чорна (2,8). Тобто, на дослідженій території найбільшим концентратором фтору є шпильки та гілки тису ягідного, а найменше накопичують гілки та листя вільхи чорної (різниця становить 5,5 рази).

Таким чином, проведені дослідження свідчать про ступінь накопичення водорозчинного фтору із ґрунтів наземними частинами різних типів рослин. Це визначає можливість

прогнозувати можливе забруднення ґрунтів за індикаторними видами рослин. Так, встановлено, що концентратом фтору є шпильки та гілки тиса ягідного.



Рис. 1. Діаграма інтенсивності поглинання фтору рослинністю з ґрунту (Ax)

**Висновки.** Вперше визначено вміст водорозчинного фтору у ґрунтах та рослинності на території Карпатського біосферного заповідника (КБЗ). Визначено вміст водорозчинного фтору у ґрунтах на ділянці – урочище Підділ (1,2–1,6 мг/кг). Виявлено вплив водорозчинного фтору у ґрунті на накопичення його в дев'яти видах рослин (за коефіцієнтом біологічного поглинання, Ax): хвойні вічнозелені (шпильки та гілки) – тис ягідний (*Taxus baccata* L.) (Ax 15,5), туя (*Thuja*) (Ax 5), ялиця біла (*Abies alba*) (Ax 5); родини березових (гілки та листки) – ліщина (*Corylus avellana* L.) (Ax 6,1), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) P. Gaertn) (Ax 2,8); трави (листки та квіти) – буквиця (*Betonica officinalis* L.) (Ax 4,6), волошка (*Centaurea*) (Ax 6), жовтоділля (*Senecio*, L.) (Ax 4,6), таволга (*Filipendula ulmaria*) (Ax 3,9). Концентратом водорозчинного фтору є шпильки та гілки тиса ягідного. (*Taxus baccata* L.).

Проведені дослідження вмісту водорозчинного фтору у ґрунтах та рослинності КБЗ дозволили визначити рослини-індикатори накопичення фтору та стануть основою для проведення моніторингових еколого-геохімічних досліджень.

#### Література

1. Minghan Wang, Haoyang Wang, Ge Lei, Biao Yang, Teng Hu, Yingying Ye, Wei Li, Yaoyu Zhou, Xiao Yang, Huaqin Xu. Current progress on fluoride occurrence in the soil environment: Sources, transformation, regulations and remediation. *Chemosphere*. **2023**. Vol. 341, p. 139901
2. Сущик, Ю.Я. *Геохимия зоны гипергенеза Украинских Карпат*. Киев: Наукова. Думка. **1978**. 210с.

**DISTRIBUTION OF FLUORINE IN THE "SOIL-PLANT" SYSTEM OF THE  
CARPATHIAN BIOSPHERE RESERVE (TRACT PIDDIL)**

***Nataliia KRYUCHENKO***

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,  
Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-8774-9089>

***Eduard ZHOVINSKYI***

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,  
Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-1601-5998>

***Petro PAPARYGA***

Carpathian Biosphere Reserve of Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of  
Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4021-0809>

**DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304399>**

**Keywords:** *Fluoride, soil, plants, biological absorption coefficient, Carpathian Biosphere Reserve.*

**Abstract**

The results of own research on the content of water-soluble fluorine in soils and vegetation of the Piddil tract (Carpathian Biosphere Reserve) are presented. The distribution of fluoride in the "soil-plant" system (according to the biological absorption coefficient,  $A_x$ ) of nine types of plants was established: coniferous evergreens (pins and branches) - *Taxus baccata* L. ( $A_x$  15.5), *Thuja* ( $A_x$  5), *Abies alba* ( $A_x$  5); birch families (branches and leaves) – *Corylus avellana* L. ( $A_x$  6.1), *Alnus glutinosa* (L.) R. Gaertn ( $A_x$  2.8); herbs (leaves and flowers) – *Betonica officinalis* L. ( $A_x$  4.6), *Centaurea* ( $A_x$  6), *Senecio*, L. ( $A_x$  4.6), *Filipendula ulmaria* ( $A_x$  3,9). Pins and branches of the berry yew (*Taxus baccata* L.) were found to be a concentrator of fluoride.