

ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ФТОРУ У ҐРУНТІ І РОСЛИНАХ У ЗОНІ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕНЕЗУ

Л.І. Коноваленко
кандидат хімічних наук

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН
(Україна, с. Гришине; e-mail: snzdiarw@ukr.net)

О.О. Вінюков
кандидат сільськогосподарських наук

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН
(Україна, с. Гришине; e-mail: alex.agronomist@gmail.com)

О.Б. Бондарева
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН
(Україна, с. Гришине; e-mail: olbraun58dds@ukr.net)

Статтю присвячено вивченню особливостей накопичення фтору у ґрунті і рослинах у зоні впливу техногенезу. Актуальність дослідження фтору у ґрунті обумовлена властивостями цього елемента через трофічні ланцюги негативно впливати на здоров'я людини. Мета досліджень полягала у визначенні техногенних джерел надходження фтору в сільгоспугіддя Донецької обл. та вивченні чинників, які впливають на шляхи і рівні накопичення фтору у ґрунті і рослинах. Методична основа дослідження базується на таких методах, як: польовий, лабораторний, вимірювальний, розрахунково-порівняльний, графічне відображення даних. Поряд із загальновідомими методами використовували деякі спеціальні: аналізу і синтезу. Дослідження проводилися з використанням атестованих та стандартизованих в Україні методик і методичних підходів. Аналітичні вимірювання вмісту фтору здійснювали в зразках соломи, зерні та ґрунті, який відбирали з орного шару одночасно з рослинними зразками. Відбір ґрунту та рослинних зразків проводили з орного шару згідно з діючими вимогами і рекомендаціями. Статистичну обробку результатів проводили за Б.А. Доспеховим.

На основі аналізу статистичних даних стосовно викидів промислових підприємств визначено, що техногенними джерелами забруднення фтором агроландшафтів Донецької обл. є металургія і енергетика. Ці підприємства щорічно здійснюють викиди в навколишнє природне середовище близько 200 т фтору. У межах до 5 км від джерела емісії концентрація водорозчинної форми у ґрунті перевищує ГДК (10 мг/кг) від 1,5 до 3 разів. З віддаленням уміст розчинних форм знижується. За межами техногенного впливу (10–15 км) концентрація водорозчинної форми фтору у ґрунті майже не перевищує ГДК. Встановлено, що найбільше фтору міститься у вегетативній масі рослин, а найменше — у зерні. Високою чутливістю до фтору характеризується ячмінь ярий і кукурудза, в яких уміст фтору перевищував допустимий норматив у 2–2,5 раза. Менш чутливими до фтору виявились пшениця озима і соняшник. Уміст елемента в зерні цих культур не перевищував норму або балансував на межі ГДК. Не зафіксовано перевищення нормативного вмісту фтору (15 мг/кг) і у побічній продукції досліджуваних сільськогосподарських культур.

Ключові слова: техногенні джерела, фтор, ґрунт, уміст водорозчинного фтору, гранично допустима концентрація, сільськогосподарські рослини, вегетативна маса, зерно.

Постановка проблеми. На сьогодні фтор вважають найбільш небезпечним і фітотоксичним мікрополутантом серед інших забруднювачів навколишнього природного середовища. Фітотоксичність сполук фтору визначається екологічними і біологічними чинниками, а та-

кож фізико-хімічними властивостями самого полутанта [1]. Актуальність дослідження фтору у ґрунті обумовлено властивостями цього елемента накопичується у рослинах і через трофічні ланцюги негативно впливати на здоров'я людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Міграція фтору у ґрунті вивчалась багатьма дослідниками. Його вміст у ґрунтах є різним, це насамперед залежить від родючості, рівня рН середовища і концентрації кальцію і фосфору у ґрунті. Формування локальних техногенних аномалій фтору в ґрунтах та інших природних об'єктах зумовлено [1, 2]: атмосферними викидами підприємств з виробництва алюмінію, фосфорних добрив, кольорових і чорних металів, скла, будівельних матеріалів тощо.

Додатковим джерелом забруднення ґрунтів фтором є фосфорні добрива. Про інтенсивне накопичення фтору у ґрунті за тривалого застосування мінеральних добрив свідчать численні дані вегетаційних і стаціонарних польових дослідів. Збагачення ґрунтів фторвмісними мінеральними добривами спричиняє збільшення його вмісту у врожаї сільськогосподарських культур [2–4]. Внесення високих доз фосфогіпсу (12 т/га) істотно підвищує вміст водо- та кислоторозчинного фтору у чорноземах південних [4].

Значну увагу приділяють науковці вивченню агроекологічних аспектів міграції фтору в системі «ґрунт–рослина». У роботах В.І. Тригуб [4–7] здійснено докладний огляд наукової літератури щодо впливу сполук фтору на ріст та розвиток рослин. Наголошується, що загальної думки стосовно залежності вмісту фтору в рослині від його вмісту в ґрунтах дослідники досі не дійшли. Встановлено, що мінеральна система удобрення може спричинити нагромадження рухомих форм фтору у верхніх горизонтах ґрунту, а також призводити до їх міграції вниз за ґрунтовим профілем і створювати потенційну загрозу забруднення ґрунтових вод [8].

Науковцями [9, 10] визначено і певну залежність між концентрацією водорозчинних фторидів у ґрунті та їх умістом у певних культурах. Розчинні форми фтору поглинаються пасивно і легко потрапляють у вегетативні і генеративні органи рослин, погіршуючи, своєю чергою, якість сільськогосподарської продукції.

Дослідження впливу техногенних джерел забруднення фтором компонентів агроландшафтів стосуються, переважно, впливу алюмінієвого виробництва. Фтор–елемент завдяки своїй хімічній активності може виявляти дестабілізуючий вплив на біосистеми всіх рівнів організації, навіть за незначного перевищення значень його концентрації у повітрі, воді та ґрунті. Згідно із сучасною науковою думкою фтор, що міститься у формі фторидів, не є необхідним для розвитку рослин елементом. Оскільки фториди не беруть участі у обміні

речовин більшості рослин, не відбувається їх детоксикація у рослинній клітині [11]. З огляду на токсичність фтору, науковцями обґрунтовано необхідність створення пакета нормативних документів для контролю вмісту фторидів у рослинній сировині, доведено необхідність проведення систематичного моніторингу за накопиченням водорозчинного фтору, особливо на сільгоспугіддях прилеглих до промислових підприємств [12].

Сполуки фтору, які надходять у ґрунт в умовах техногенного забруднення, на відміну від природних, є легкокорозинними і доволі активно накопичуються рослинами [13]. У разі одночасного забруднення середовища повітряним і ґрунтовим фтором активніше він поглинається рослинами з повітря, а не з ґрунту. Встановлено, що небезпеку для рослинності майже завжди спричиняє пряма дія газоподібних сполук фтору на надземні частини рослин [14]. Аероегніе забруднення фторидами пригнічує їх ріст і розвиток [15].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Вивчення накопичення фтору в ґрунтах та рослинній продукції з екологічного погляду є актуальною проблемою. Особливо це стосується промислово розвинених регіонів, де сільськогосподарська діяльність відбувається в умовах високого техногенного тиску на агросферу і міграція фтору в компонентах агроландшафтів має свої особливості, що обумовлює необхідність визначення врахування можливого забруднення рослин і, відповідно, рослинної сировини, продукції не тільки з ґрунту, але і безпосередньо із атмосфери.

Метою дослідження є визначення техногенних джерел надходження фтору в сільгоспугіддя Донецької обл. та вивчення чинників, що впливають на шляхи і рівні накопичення елемента в ґрунті і рослинах.

Матеріали та методи досліджень. Методичну основу дослідження становлять такі методи: польовий, лабораторний, вимірювальний, розрахунково-порівняльний, графічне відображення даних. Поряд із загальновідомими методами використовували деякі спеціальні: аналізу і синтезу. Дослідження проводили з використанням атестованих та стандартизованих в Україні методик і методичних підходів.

Аналітичні вимірювання вмісту фтору проводили в зразках соломи, зерні та ґрунті, який відбирали з орного шару одночасно з рослинними зразками. Відбір ґрунту у районах з різними рівнями аеротехногенного забруднення здійснювали з орного шару згідно з чинними вимогами і рекомендаціями [16], беручи до уваги розу вітрів відносно джерела надходження екотоксиканту. Відбір рослинних зразків для

проведення аналітичних досліджень здійснювали за методичними вказівками [17].

Усі дослідження виконували потенціометричним методом із застосуванням фтор-селективного електрода «Элис-131F» на іонотрі (И-160) [18]. Під час визначення фтору у рослинах проби спочатку озольали [19]. Визначення водорозчинних форм фтору у ґрунті здійснювали у стандартній водній витяжці з відповідною кількістю буферного розчину БРОІС, кислоторозчинних форм у кислотній витяжці (HClO_4 рН 1,0), лугорозчинних форм у лужній витяжці (0,1 М NaOH) з розчином натрій-цитрату. Статистичну обробку результатів проводили за методикою Б.А. Доспехова [20].

Викладення основного матеріалу дослідження. Аналіз статистичних даних кількісного і якісного складу викидів промислових підприємств свідчить, що техногенними джерелами забруднення фтором агроландшафтів Донецької обл. є виробництво чорної, кольорової металургії і енергетики. Ці підприємства здійснюють викиди в навколишнє природне середовище — щорічно близько 200 т фтору [21]. Крім того, в регіоні на тривалий час постійно залишатимуться потужні джерела надходження цього забруднювача в агроландшафти — це відходи гірничого виробництва. Породні відвали охоплюють територію в 3,754 тис. га, їх кількість сягає близько 600 од., з яких 160 постійно горять.

Одним з головних чинників забруднення фтором є промисловий пил. Вуглепородний пил містить фтор у кількості 182–340 мг/кг, металургійний пил дещо менше — 33–57 мг/кг. Загальний обсяг викидів чорної металургії і коксохімічного виробництва становить 210–410 мг/кг фтору [22]. Унаслідок розсіювання над сільгоспугіддями газопилових викидів, що містять фтор, спостерігається його підвищений уміст у ґрунті і рослинах, які ростуть в зоні впливу техногенезу. Токсичність фтору для агробіоценозів значною мірою визначається формами існування полютанта в ресурсних потоках, які супроводжують виробництво, а також буферністю ґрунтів.

Форми існування фтору, який надходить до ґрунтового розчину, насамперед залежать від його хімічного складу і реакції середовища. Найбільшу екологічну небезпеку становлять рухомі у водних розчинах форми елемента, зокрема водо-, луго- і кислоторозчинні форми фтору, оскільки здебільшого вони беруть участь у процесах, які відбуваються в системі «ґрунт — рослина». Дослідження, з відбором проб ґрунту і рослин, було

проведено у 2015–2016 рр., як у зонах впливу аерогенних емісій з породних відвалів і газопилових викидів ТЕС, так і за їх межами в умовах фону.

Вивчали вміст фтору у ґрунті залежно від відстані до породного відвалу, що горить, висотою 50 м у напрямку пануючих вітрів (рис. 1). За результатами дослідження було встановлено, що на відстані до 5 км уміст водорозчинної форми фтору в орному шарі переважав над умістом його лугорозчинної форми і був у межах 30,0–15,2 мг/кг. Концентрація лугорозчинної форми становила 23,9–13,4 мг/кг. На відстані понад 5 км уміст цих форм істотно не відрізнявся. Найменші концентрації фтору зафіксовано у кислоторозчинній формі — у межах 11,0–6,1 мг/кг. На відстані до 5 км концентрація водорозчинної форми у ґрунті перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК), що становить 10 мг/кг [23], у 1,5–3 рази. За віддалення від відвалу вміст усіх розчинних форм фтору знижується.

Було досліджено також вплив аерогенних викидів ТЕС на надходження фтору у ґрунт і рослини. Зразки для аналітичних вимірювань відбирали, в напрямку переважаючих вітрів на різній відстані від Курахівської ТЕС, на якій для виробництва електроенергії спалюється переважно кам'яне вугілля.

Експериментальні дані (табл. 1) свідчать, що на вміст фтору у ґрунті значною мірою впливає вид сільгоспугідь.

Це обумовлено тим, що на перелогах фтор концентрується безпосередньо на поверхні. На орних землях унаслідок систематичної обробки перемішується значний обсяг ґрунту. Резуль-

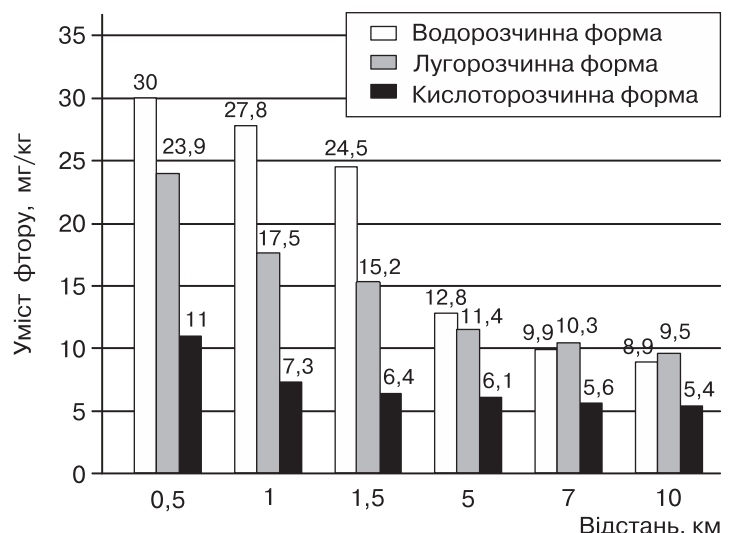


Рис. 1. Уміст рухомих форм фтору у ґрунті залежно від відстані до породного відвалу

Таблиця 1

Уміст водорозчинних форм фтору (мг/кг) у ґрунтах

Розташування	Сільськогосподарське використання угідь		
	рілля	переліг	степ
В зоні впливу (відстань до 3 км)	11,4	14,3	17,1
Відстань 10–15 км	6,3	7,9	9,0
НІР ₀₅	0,57	0,54	0,61

тати досліджень засвідчили різницю вмісту водорозчинних форм фтору у ґрунтах різного сільськогосподарського призначення. Поряд із ТЕС найвищий уміст поллютанта (17,1 мг/кг) зафіксовано в непорушених степових ґрунтах, а найнижчий — у орних землях (11,4 мг/кг), що свідчить про техногенний характер надходження фтору у ґрунт. Ця тенденція зберігається і за віддалення від джерела емісії.

У промислово розвинених регіонах для оцінки накопичення поллютанта в рослинах слід зважати не тільки на його вміст у ґрунті, але й на атмосферну складову пило-газових викидів (рис. 2).

За надходження забруднювачів із ґрунту в рослини коренева система, зазвичай, є певним бар'єром, і тому вміст токсикантів у корінні є

вищим, ніж у надземній частині рослин. Аналітичне визначення вмісту фтору у корінні і вегетативній масі рослин, які вирощувались в зоні впливу аерогенних викидів Курахівської ТЕС, засвідчило істотне перевищення концентрації елемента саме у їх вегетативній масі (табл. 2).

Це є свідченням позакореневого поглинання фтору рослинами, особливо найбільш чутливими до фтору — такими є ячмінь ярий і кукурудза [1].

Сільськогосподарські рослини вирізняються індивідуальними особливостями щодо накопичення сполук фтору як за видами рослин, так і за окремими їх органами. Для дослідження нами були відібрані культури, що переважають на сільськогосподарських угіддях Донецької обл.: зернові культури, кукурудза, соняшник (табл. 3). З отриманих результатів видно, що фториди нерівномірно розподіляються в органах рослин. Найбільше їх міститься у вегетативній масі, а найменше — в зерні.

На території України вміст фторидів у рослинах і продуктах їх переробки нормативними документами на сьогодні поки що не регламентується. За деякими літературними даними [2], максимально допустимий уміст фторидів у рослинах, регламентований у країнах Європи, становить: для соломи — 15, зерна — 2,5 мг/кг.

За результатами досліджень ґрунти на всіх полях у зонах впливу ТЕС і породних відвалів мають перевищення ГДК за вмістом водорозчинних фторидів, а саме 18,7–22,2 мг/кг. За межами техногенного впливу на відстані 10–15 км від джерел аерогенних викидів концентрація водорозчинної форми фтору варіювала у межах 6,5–10,3 мг/кг, що не перевищує ГДК.

Вегетативні органи досліджуваних культур, поглинають значно більшу за генеративні органи кількість фтору незалежно від розташування до техногенних об'єктів. Уміст фтору у вегетативних органах рослин був більшим, ніж у зерні в 2–2,5 раза, на відстані до 3 км від джерела емісії. На

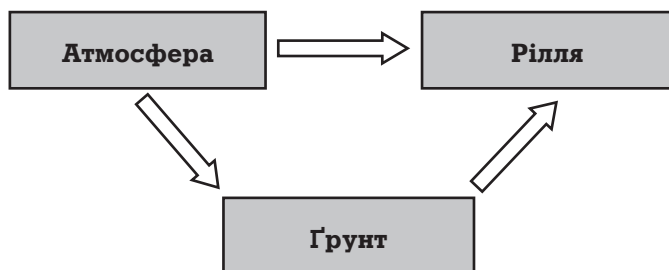


Рис. 2. Схема міграції фтору між компонентами

Таблиця 2

Уміст фтору в органах рослин у зоні впливу Курахівської ТЕС

Сільськогосподарська культура	Уміст фтору, мг/кг сух. реч.	
	коріння	вегетативна маса
Ячмінь ярий	5,9	7,7
Кукурудза	6,8	9,3
Пшениця озима	5,1	6,5
НІР ₀₅	0,6	0,7

Уміст фтору в сільськогосподарських культурах, мг/кг

Об'єкт	Відстань до джерела забруднення			
	1–3 км		10–15 км	
	1	2	1	2
Ячмінь ярий:				
зерно	5,2	–	1,9	1,5
солома	10,3	–	5,3	4,4
грунт*	20,6	–	8,1	6,5
Пшениця озима:				
зерно	2,5	2,2	1,8	0,9
солома	7,3	8,1	3,4	2,7
грунт*	22,2	21,0	9,2	8,0
Кукурудза:				
зерно	6,2	5,3	–	–
листя, стебло	12,8	11,2	–	–
грунт*	18,7	16,9	–	–
Соняшник				
насіння	2,0	1,7	1,4	1,1
листя, стебло	15,7	13,7	7,3	6,0
грунт*	19,0	17,3	8,8	10,3
НІР ₀₅ зерно				
НІР ₀₅ солома				
НІР ₀₅ грунт*				

*Водорозчинна форма фтору

1 — джерело забруднення фтором — Курахівська ТЕС;

2 — джерело забруднення фтором — породний відвал.

відстані 10–15 км ця різниця була істотно більшою. У зоні впливу техногенезу вміст фтору у зерні ячменю ярого і кукурудзи перевищує рекомендований норматив у 2–2,5 рази. Менш чутливими до фтору виявились пшениця озима і соняшник. Уміст елемента в зерні цих культур не перевищував норми або був у межах ГДК. Не було зафіксовано і перевищення нормативного вмісту фтору (15 мг/кг) у побічній продукції досліджуваних сільськогосподарських культур.

Висновки. Рівень поглинання фтору рослинами залежить від відстані до техногенних

джерел забруднення елементом, видів рослин та їх органів. Найбільше фтору міститься у вегетативній масі, а найменше — в зерні. У зонах впливу техногенних джерел надходження фтору (відстань до 5–7 км) екологічно небезпечним є вирощування чутливих до його впливу культур, таких як ячмінь, кукурудза, у зерні яких уміст елемента перевищує рекомендований норматив у 2–2,5 рази. Проте можна вирощувати пшеницю і соняшник, однак за умов постійного контролю за вмістом елемента в рослинній продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кабата-Пендіас А., Пендіас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. С. 306–316.
2. Танделов Ю.П. Фтор в системе почва — растение / Под ред. В.Г. Минеева. 2-е изд. Красноярск, 2012. 146 с.
3. Ліщук А.М. Екоотоксикологічна оцінка небезпечності фтору залежно від ґрунтово-кліматичних умов та застосування добрив: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.00.16 «Екологія» / Інститут агро-екології і біотехнології УААН. К. ІАБ, 2004. 16 с.

4. Тригуб В.І. Фтор у системі «грунт–рослини»: екологічні аспекти // Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. 2014. Т. 19. Вип. 4. С. 77–87.
5. Тригуб В.І. Особливості вмісту фтору в системі ґрунт–рослини // Вісник Львівського університету: Серія Географічні науки. 2009. Вип. 36. С. 308–313.
6. Тригуб В.І. З історії досліджень фтору // Вісник Львівського університету: Серія Географічні науки. 2013. Вип. 44. С. 372–379.
7. Тригуб В.І., Позняк С.П. Фтор у чорноземах південного заходу України: монографія. Львів: ЛНУ, 2008. 148 с.
8. Іваненко О.В., Тогачинська О.В., Ничик О.В., Тимощук Т.М. Вплив систем удобрення сої на вміст рухомих форм фтору у сірому опідзоленому ґрунті // Вісник Житомирського національного агро-екологічного університету. 2014. № 2 (42). Т. 1. С. 43–49.
9. Пашова В.Т. Накопление фтора в почве и сельскохозяйственных растениях при длительном применении суперфосфата // Интенсификация сельскохозяйственного производства и проблемы защиты окружающей среды. М.: Наука, 1980. С. 84–90.
10. Назаренко Е.А., Нікозять Ю.Б., Іващенко О.Д. Оцінка екологічної безпеки сільськогосподарських культур при підвищеному вмісті фторидів у ґрунтах полтавської області // Вісник Кременчуцького національного університету. 2015. Вип. 2 (91). С. 159–164.
11. Сметанко М.В., Пересипкіна Т.М. Еколого-біологічні особливості рослин в умовах аерогенного забруднення фторидами // Вісник Запорізького державного університету. 1998. № 1. С. 1–3.
12. Чарков С.М. Техногенное влияние алюминиевой промышленности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (102). С. 34–40.
13. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 2002. 334 с.
14. Ількун Г.М., Мотрук В.В., Счасливець Ю.З. Накопичення фтору рослинами // Український ботанічний журнал. 1977. № 2. С. 123–126.
15. Приседський Ю.Г. Вплив забруднення ґрунту фторидами та сульфітами на ростові показники деяких видів квітково-декоративних рослин // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2014. № 1. С. 115–119.
16. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. [Чинний від 2004-04-30]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. (Національні стандарти України).
17. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / под общ. ред. акад. В.Д. Панникова. М.: ВИУА, 1975. 101 с.
18. Хаваш Е. Ионо- и молекулярно селективные электроды в биологических системах. М.: Мир, 1988. С. 142–0143.
19. Практикум по агрохимии: учебное пособие / Под ред. В.Г. Минеева. М.: МГУ, 2001. 689 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
21. Довкілля Донеччини. Статистичний збірник. Донецьк, 2013. 160 с.
22. Дудик А.М. Временные методические рекомендации по геолого-экологическим работам в пределах горнопромышленных районов Украины. Донецк, 1992. 105 с.
23. Тригуб В.І. Оцінка екологічного нормування гранично допустимих концентрацій фтору в системі «природне середовище–людина» // Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. 2014. Т. 19. Вип. 1. С. 139–149.

Інформація про авторів

Коноваленко Людмила Іванівна — кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник відділу технологій виробництва сільськогосподарської продукції, Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України (Україна, 85330, Донецька обл., Покровський р-н, с. Гришине, пр. Гагаріна, 1; e-mail: cnzdiarpw@ukr.net)

Вінюков Олександр Олександрович — кандидат сільськогосподарських наук, директор, Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України (Україна, 85330, Донецька обл., Покровський р-н, с. Гришине, пр. Гагаріна, 1; e-mail: alex.agronomist@gmail.com)

Бондарева Ольга Браунівна — кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, учений секретар, Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України (Україна, 85330, Донецька обл., Покровський р-н, с. Гришине, пр. Гагаріна, 1; e-mail: olbraun58dds@ukr.net)

L.I. Konovalenko

Candidate of Chemical Sciences

Donetsk State Agricultural Science Station of NAAS
(Ukraine, Hryshyne; e-mail: cnzdiapw@ukr.net)

O.O. Vinyukov

Candidate of Agricultural Sciences

Donetsk State Agricultural Science Station of NAAS
(Ukraine, Hryshyne; e-mail: alex.agronomist@gmail.com)

O.B. Bondareva

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Donetsk State Agricultural Science Station of NAAS
(Ukraine, Hryshyne; e-mail: olbraun58dds@ukr.net)

PECULIARITIES OF STORAGE OF FLUORINE IN SOIL AND PLANTS IN THE ZONE OF THE INFLUENCE OF TECHNOGENESIS

The article is devoted to the study of the features of the accumulation of fluorine in soil and plants in the zone of influence of technogenesis. The topicality of the study of fluorine in the soil is due to the properties of this element negatively to affect on human health through the trophic chains. The purpose of the research was to determine the technogenic sources of fluorine intake in the agricultural area of the Donetsk region and to study the factors affecting the ways and levels of fluoride accumulation in soil and plants. The methodological basis of the study consists of the following methods: field, laboratory, measuring, calculation and comparison, graphical data display. Along with the well-known methods used some special: analysis and synthesis. The studies were conducted using certified and standardized in Ukraine methodologies and methodological approaches. Analytical measurements of fluoride content were carried out in straw, grain and soil samples, which were taken from the arable layer at the same time as the plant samples. Selection of soil and plant samples was carried out from the arable layer in accordance with the current requirements and recommendations. Statistical processing of the results was carried out in accordance with the «Methodology of field experience» B.A. Dospehova.

Based on the analysis of statistical data on emissions from industrial enterprises, it is determined that technogenic sources of fluorine pollution of agrolandscapes of Donetsk region are metallurgy and power engineering. These enterprises supply around 200 tons of fluorine per year to the environment. At a distance of up to 5 km, the concentration of water-soluble form of fluorine in the soil exceeds the MPC (10 mg/kg) by 1,5 to 3 times. When removed, the content of soluble forms is reduced. Outside the technogenic impact (10–15 km), the concentration of water-soluble form of fluorine in the soil practically does not exceed the MPC. It is established that the greatest amount of fluorine is contained in the vegetative mass and least of all in the grain. High sensitivity to fluorine was observed in barley and corn, for which the fluorine content exceeded the recommended standard by 2–2,5 times. Winter wheat and sunflower were less sensitive to fluorine. The content of the element in the grain of these crops did not exceed the norm or was on the verge. There was no excess of the normative content of fluorine (15 mg/kg) in the by-products of agricultural crops that were studied.

Keywords: technogenic sources, fluorine, soil, water-soluble fluorine content, maximum permissible concentration, agricultural plants, vegetative mass, grain.

REFERENCES

1. Kabata-Pendias, A. & Pendias, X. (1989). *Mikrojelementy v pochvah i rastenijah* [Microelements in soils and plants]. Moscow: Mir. (in Russ.)
2. Tandelov, Yu.P. (2012). *Ftor v sisteme pochva — rastenie* [Fluorine in the soil-plant system]. Mineev V.G. (Ed.). Krasnoyarsk. (in Russ.)
3. Lischuk, A.N. (2004). *Ekotoksikologichna otsinka nebezpechnosti ftoru zalezno vid gruntovo-klimatychnykh umov ta zastosuvannia dobryv* [Ecotoxicological evaluation of the danger of fluorine depending on the soil-climatic conditions and the application of fertilizers] (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). Institute of Agroecology and Biotechnology of UAAS, Kyiv, Ukraine. (in Ukr.)
4. Trigub, V.I. (2014). *Ftor u systemi «hrunt-roslynny»: ekolohichni aspekty* [Fluorine in the system of «soil-plant»: ecological aspects]. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya: «Heohrafichni ta heolohichni nauky»* [Bulletin of Odessa National University. Series: «Geographical and geological sciences»], 4, 77–87. (in Ukr.)

5. Trigub, V.I. (2009). Osoblyvosti vmistu ftoru v systemi grunt-roslyny [Features of the fluorine content in the soil-plant system]. *Visnyk L'viv's'koho universytetu. Seriya: «Heohrafichni nauky»* [Visnyk of Lviv National University. Series: «Geographic Sciences»], 36, 308–313. (in Ukr.)
6. Trigub, V.I. (2013). Z istoriyi doslidzhen' ftoru [From the history of fluorine studies]. *Visnyk L'viv's'koho universytetu. Seriya: «Heohrafichni nauky»* [Visnyk of Lviv National University. Series: «Geographic Sciences»], 44, 372–379. (in Ukr.)
7. Trigub, V.I. & Poznyak, S.P. (2008). *Ftor u chornozemakh pviddenoho zakhodu Ukrainy* [Fluorine in black earths of southwestern Ukraine]. Lviv: LNU. 148. (in Ukr.)
8. Ivanenko, A.V., Togachinska, O.V., Nichik, O.V. & Timoshchuk, T.N. (2014). Vplyv system udobrennya soyi na vmist rukhomykh form ftoru u siromu opidzolenomu hrunti [Influence of soy fertilizer systems on the content of mobile forms of fluoride in gray podzolized soil]. *Visnyk Zhytomyrs'koho natsional'noho ahrrarno ekonomichnoho universytetu* [Bulletin of the Zhytomyr National Agrarian and Economic University], 2 (42), 43–49. (in Ukr.)
9. Pashova, V.T. (1980). *Nakopleniye ftora v pochve i sel'skokhozyaystvennykh rasteniyakh pri dlitel'nom primenenii superfosfata. Intensifikatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva i problemy zashchity okruzhayushchey sredy*. [Accumulation of fluorine in soil and agricultural plants with long-term use of superphosphate. Intensification of agricultural production and problems of environmental protection]. M.: Nauka. (in Russ.)
10. Nazarenko, E.A., Nikozyat, Yu.B. & Ivashchenko, O.D. (2015). Otsinka ekolohichnoyi bezpeky sil's'kohospodars'kykh kul'tur pry pidvyshchenomu vmisti ftorydiv u hruntakh poltavs'koyi oblasti [Estimation of ecological safety of agricultural crops with high content of fluorides in soils of the Poltava region]. *Visnyk Kremenchuts'koho natsional'noho universytetu* [Bulletin of the Kremenchug National University], 2 (91), 159–164. (in Ukr.)
11. Smetanko, M.V. & Peresyphkina, T.N. (1998). Ekoloho-biolohichni osoblyvosti roslyn v umovakh aerennoho zabrudnennya ftorydamy [Ecological and biological features of plants under the conditions of aerogenic fluoride contamination]. *Visnyk Zaporiz'koho derzhavnoho universytetu* [Bulletin of the Zaporizhzhya State University], 1, 1–3. (in Ukr.)
12. Charkov, S.M. (2013). Tekhnogennoye vliyaniye alyuminiyevoy promyshlennosti [Technogenic influence of the aluminum industry]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of the Altai State Agrarian University], 4 (102), 34–40. (in Russ.)
13. Orlov, D.S., Sadovnikova, L.K. & Lozanovskaya, I.N. (2002). *Jekologiya i ohrana biosfery pri himicheskoy zagryaznenii* [Ecology and protection of sphere in chemical pollution]. M.: Vysshaya shkola. 332 (in Russ.)
14. Ilkun, G.M., Motruk, V.V. & Shchaslivets, Yu.Z. (1977). Nakopychennya ftoru roslynamy [Accumulation of fluorine by plants]. *Ukrayins'kyi botanichnyy zhurnal* [Ukrainian Botanical Journal], 2, 123–126. (in Ukr.)
15. Prisedsky, Yu.G. (2014). Vplyv zabrudnennya gruntu ftorydamy ta sul'fitamy na rostovi pokaznyky deyakykh vydiv kvitkovo-dekoratyvnykh roslyn [Influence of soil pollution by fluorides and sulphites on growth indices of some species of flower and ornamental plants]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho derzhavnoho ahrrarno-ekonomichnoho universytetu* [Bulletin of Dnepropetrovsk state agrarian-economic university], 1, 115–119. (in Ukr.)
16. *Yakist gruntu. Vidbyrannia prob: DSTU 4287:2004*. [The quality of the soil. Sampling: State Standard 4287:2004]. (2004). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (in Ukr.)
17. *Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami: pod obshch. red. akad. V. D. Pannikova* [Methodical instructions for conducting research in long-term experiments with fertilizers. V.D. Pannikov (Ed.)]. (1975). M.: VIUA. 101. (in Russ.)
18. Khavash, E. (1988). *Iono- i molekulyarno selektivnyye elektrody v biologicheskikh sistemakh* [Iono- and Molecularly Selective Electrodes in Biological Systems]. Moscow: Mir. (in Russ.)
19. *Praktikum po agrokhimii: ucheb. Posobiye* [Practical work on agrochemistry: tutorial]. (2001). Moscow: Izd-vo M GU. 689. (in Russ.)
20. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. M.: Agropromizdat. 351. (in Russ.)
21. *Dovkillya Donechchyny. Statystychnyy zbirnyk* [Environment of the Donbass. Statistical Digest]. (2013). Donetsk. 160. (in Ukr.)
22. Dudik, A.M. (1992). *Vremennyye metodicheskiye rekomendatsii po geologo-ekologicheskim robotam v predelakh gornopromyshlennykh rayonov Ukrainy* [Temporary methodological recommendations for geological and ecological works within the mining regions of Ukraine]. Donetsk. 105. (in Ukr.)
23. Trigub, V.I. (2014). Otsinka ekolohichnoho normuvannya hranychno dopustymykh kontsentratsiy ftoru v systemi «pryrodne seredovyshche-lyudyna» [Estimation of ecological rationing of the maximum permissible concentrations of fluorine in the system «natural environment-man»]. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya «Heohrafichni ta heolohichni nauky»* [Bulletin of Odessa National University. Series «Geographical and geological sciences»], 1, 139–149. (in Ukr.)

Authors

Konovalenko Lyudmila Ivanivna — Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher of Department of Agricultural Production Technologies, Donetsk state agricultural science station of the National academy of agrarian sciences of Ukraine (85330, Ukraine, Donetsk region, Pokrovsk district, Vlg. Grishino, Ln. Gagarina, 1; e-mail: cnzdiapw@ukr.net)

Vinyukov Oleksandr Oleksandrovich — Candidate of Agricultural Sciences, Director, Donetsk state agricultural science station of the National academy of agrarian sciences of Ukraine (85330, Ukraine, Donetsk region, Pokrovsk district, Vlg. Grishino, Ln. Gagarina, 1; e-mail: alex.agronomist@gmail.com)

Bondareva Olga Braunivna — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Scientific Secretary, Donetsk state agricultural science station of the National academy of agrarian sciences of Ukraine (85330, Donetsk region, Pokrovsk district, Vlg. Grishino, Ln. Gagarina, 1; e-mail: olbraun58dds@ukr.net)

УДК 502.53 : 504.4.054

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ЧОРНИЙ ТАШЛИК)

Г.М. Вовкодав

кандидат хімічних наук, доцент

Одеський державний екологічний університет

(Україна, м. Одеса; e-mail: galinakoltykova@rambler.ru)

Стан водної екосистеми р. Чорний Ташлик поблизу розташування ЗАТ «Кіровоградграніт» відображає зростання техногенного навантаження, що зумовлює процес її деградації. У роботі здійснено оцінку якості вод р. Чорний Ташлик у межах Добровеличківського району Кіровоградської області. Метою дослідження є оцінка впливу забруднюючих речовин, що потрапляють в р. Чорний Ташлик під час скиду стічних вод підприємства за його роботи на повну (проектну) потужність. Об'єкт дослідження — якість вод р. Чорний Ташлик і стічних вод підприємства. Науковий внесок полягає в удосконаленні чинної методики розрахунку концентрацій гранично допустимих скидів підприємства в частині корегування умовного фону і в перевірці розрахунків.

Вихідні дані надано лабораторією ЗАТ «Кіровоградграніт» Помічянський кар'єр щодо річкових і стічних вод за період з 2011 до 2016 рр. Нормативно-технічну документацію надано відділом охорони навколишнього природного середовища ЗАТ «Кіровоградграніт». Оцінку якості вод виконували за допомогою методу детального аналізу. Він базується на вимірюванні або розрахунку значення кожного показника для оцінки якості вод та порівнянні з його нормативом (ГДК). Згідно з отриманими результатами, можна зробити висновок про придатність або не придатність вод для певних потреб. Аналіз даних, свідчить, що стан р. Чорний Ташлик не відповідає вимогам санітарних норм, встановлених для водних об'єктів комунально-побутового призначення: спостерігається перевищення ГДК щодо ХСК, БСК₅, сульфатів, заліза загального, міді, цинку та хрому (VI). Інші показники знаходяться в межах норми.

Ключові слова: *оцінка якості, стічні води, забруднюючі речовини, поверхневі води, гранично-допустимі скиди, якість води, мінералізація, аніони, катіони групи сульфатів, зворотні води.*

Постановка проблеми. Скиди забруднюючих речовин зі стічними водами у водні об'єкти передбачено Водним Кодексом України [1]. Проблема якісного й кількісного виснаження водних ресурсів із кожним роком стає дедалі гострішою. Стан водної екосистеми р. Чорний Ташлик поблизу розташування ЗАТ «Кіровоградграніт» відображає зростання техно-

генного навантаження, що зумовлює процес її деградації. Для покращення стану вод річки необхідно виділити пріоритетні напрями екологічної діяльності. На сьогодні актуальним залишається питання щодо аналізу стану вод р. Чорний Ташлик та, відповідно, оцінювання роботи очисних споруд, які здійснюють скиди в поверхневі водойми.