

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ МЕТОДОМ ІОН-ФОТОННОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

Методом іонно-фотонної спектроскопії досліджено забруднення ґрунтів в придорожній смузі автодороги Ужгород - Чоп. Виявлено наявність у ґрунті поліютантів, джерелом яких є автотранспорт. Проаналізовано причини зміни вмісту антропогенно розсіяних елементів вздовж автодороги, а також зміна їх вмісту в агроландшафтах у залежності від типу ґрунтового покриву.

Ключові слова: іон-фотонна спектроскопія, забруднення ґрунту, поліютант, автомобільний транспорт, важкі метали, бомбардування іонами.

Вступ. Одним із основних показників, який оцінюється в процесі агроекологічного моніторингу є забруднення важкими металами (ВМ). Водночас мало уваги дослідники приділяють питанням забруднення ґрунтів вздовж автомагістралей з інтенсивним рухом транспорту. Такі дослідження особливо актуальні для Закарпаття, де мережа автодоріг місцевого, загальнодержавного і міжнародного значення є найбільш щільною і прокладена по землях найбільш придатних для сільськогосподарського виробництва.

Наразі інформацію про ступінь акумуляції техногенно розсіяних поліютантів, зокрема небезпечних важких металів, у ґрунтовому покриві придорожніх смуг маємо дуже обмежену. На окремих ділянках території Закарпаття вивчали акумуляцію ВМ в агроландшафтах, в т. ч. прилеглих до автомагістралей, вміст ВМ у рослинах та ґрунтах заплавних едафотопів Верхнього Потисся, забруднення ґрунтів і водних об'єктів від сміттєзвалищ та ін. [1-3].

В даній роботі приведено результати дослідження забруднення хімічними елементами, в т.ч. ВМ, верхніх ґрунтових горизонтів придорожньої смуги на ділянці автодороги Ужгород – Чоп. Метою даного дослідження, поряд із оцінкою стану екологічного забруднення автотранспортом компонентів агроландшафтів придорожньої смуги вибраної ділянки автодороги, була апробація інформаційних можливостей для таких досліджень сучасного фізич-

ного методу іонно-фотонної спектроскопії (ІФС) [4,5].

Методика та техніка досліджень. Вздовж автодороги було відібрано зразки ґрунту на 8 ділянках на відстані 50 м від краю її полотна. Географічні координати цих ділянок визначали за допомогою GPS і наносили на карту, яку доповнювали відомими даними про типи ґрунтів на досліджуваній території. Попередню підготовку відібраних зразків ґрунту виконано в лабораторії ґрунтознавства Державного підприємства «Закарпатський науково - дослідний та проектний інститут землеустрою». Її фахівцями були приготовлені по три ідентичних зразки з кожної досліджуваної ділянки з метою їх подальшого вивчення різними методами ще у двох лабораторіях: в Закарпатській державній екологічній інспекції та в Проблемній науково-дослідній лабораторії фізичної електроніки Ужгородського національного університету. Отримані результати в трьох лабораторіях узагальнені в даній роботі.

Методом ІФС досліджено якісний елементний склад та відносний валовий вміст різних хімічних елементів у зразках ґрунтів. Використовуючи в якості внутрішнього еталона зразок, кількісний елементний аналіз якого досліджено методом атомно-адсорбційної спектроскопії (ААС), отримані методом ІФС відносні величини набували абсолютних значень. Інформацію про елементний склад ґрунту методом ІФС отримуємо аналізуючи спектральний склад та інтенсивність оптичного випроміню-

вання, що емітують розпорошені із зразка ґрунту збуджені атоми, іони, молекулярні комплекси. Їх розпорошення здійснюється у вакуумі при бомбардуванні поверхні мішені досліджуваного зразка ґрунту прискореними іонами калію з енергією 10 кеВ. Для цього із попередньо підготовлених зразків ґрунту під тиском 200 кг/см^2 пресували тверді мішені розміром $10 \times 10 \times 3$ мм. Їх розміщували у вакуумній камері, що обладнана пристроєм оперативного і прецизійного переміщення зразків без розгерметизації камери. Випромінювання розпорошених з мішені збуджених частинок елементів, що містяться в мішені, аналізували світлосильним монохроматором типу МДР-6У. Інтенсивність випромінювання реєстрували за допомогою високочутливого фотоелектронного помножувача типу ФЕУ-106. Запис спектрів випромінювання здійснювали з використанням самозаписуючого пристрою та автоматичної системи розгортки спектру при стабільному режимі роботи іонного прискорювача, тобто при однаковій швидкості розпорошення матеріалу мішені. Це давало змогу за відносною інтенсивністю спектральних ліній розпорошених атомів домішок ґрунту (на явних у зразках) безпосередньо з високою точністю оцінювати відносні концентрації цих домішок. Похибка відносних вимірювань концентрацій елементів методом ІФС не перевищує 5-10 відсотків.

Результати та їх аналіз. Дані про місця відбору і фізико-хімічні властивості досліджених зразків ґрунту, а також про вміст поживних речовин приведено в табл.1. На дослідних ділянках виявлено шість різновидів ґрунту, що характеризуються відмінними властивостями за вмістом мікроелементів, поглинаючою здатністю, фізичними властивостями (вологоємність, вологопроникність, повітряний і тепловий режим). Загальна їх риса – легкий гранулометричний склад. Мулиста фракція змінюється від 9% (зразок №3) до 26% (№1), вміст фізичної глини – від 16% (№9) до 54% (№5). Досліджувані ґрунти слабкокислі або нейтральні, малогумусні (1,74-3,85%). Проте вони добре збагачені азотом. Вміст калію залежить від дрібних дисперсних частинок у ґрунті і коливається

від дуже низького (№2 і №7) до підвищеного (№ 3 і №4). Фосфор також варіює в широких межах: від 1,5 (№7) до 30% (№4 і №6), що є дуже високим значенням.

Результати дослідження ґрунту в різних лабораторіях методами ІФС та ААС узгоджуються. Виявлено, що ґрунти мають, окрім природних компонент, значну кількість техногенних домішок пов'язаних із викидами автотранспорту. В якості прикладу, на рис.1 приведено спектрограму іонно-фотонної емісії (ІФЕ) для зразка ґрунту з ділянки №5. Спектри для інших досліджених зразків ґрунту за спектральним складом подібні. Відмінності виявлені щодо відносної інтенсивності спектральних ліній різних елементів, тобто щодо вмісту елементів у зразках.

Найяскравіші лінії елементів та їх відносна інтенсивність приведені в табл.2. Виявлені наступні елементи: Si, Al, Mg, Fe, Cu, Pb, Zn, Sn, V, Ni, Cr, Sr, Mo, Cd, Li, Bi, Ti, Te, Ca, Ba, Rn. Серед них значна кількість ВМ, до яких умовно відносять метали з атомним номером понад 40 [6].

Серед ВМ особливо небезпечними є Cd, Pb, Zn і звичайно радіоактивні Sr та Rn. Зазначимо, що концентрація останніх не перевищує фонові значення. Вимірний нами рівень радіологічного забруднення безпосередньо на місцях під час відбору проб ґрунту складав 0,10-0,13 мкЗв/год, що корелює з відсутністю інтенсивних ліній цих елементів в спектрах ІФЕ, а отже вказує на відсутність їх антропогенного розсіювання від діяльності автодороги.

На рис.2 приведено діаграми відносного вмісту деяких металів в ґрунтах на досліджених ділянках автодороги Ужгород-Чоп. Спостерігається просторова неоднорідність розподілу ВМ вздовж автодороги, хоча інтенсивність руху транспортних засобів на дослідженому її відрізку практично однакова. Найбільший вміст ВМ виявлений для ґрунтів ділянок № 1,2,5 і 6. Концентрація окремих металів на різних ділянках змінюється в 3-5 разів. Це частково пов'язано з різними фізико-хімічними властивостями ґрунтів на вибраних ділянках, їх гранулометричним складом, вмістом гумусу, кислотністю (таблиця 1) та ін. Так, ґрунти важкого

**Фізико-хімічні та хімічні властивості ґрунтів з ділянок вздовж автодороги
Ужгород-Чоп**

№ ділянки	Місцезнаходження	Тип ґрунту	Гігроскопічна вологість, %	Гумус, %	Гідролітична кислотність мг-екв. на 100 гр. ґрунту	рН сольове	Гідролізований азот	Рухомий фосфор	Рухомий калій
							в мг. на 100 гр. ґрунту		
1	Околиця м.Чоп 48°26'36,0" 22°11'41,1"	піщанисто-важкосуглинкові	4.30	2.21	0.53	7.0	8.6	11.4	7.9
2	Околиця "Польського лісу" 48°28'16,1" 22°13'3,90"	крупнопилувато-середньосуглинкові	1.33	2.16	1.75	6.5	8.9	1.5	4.0
3	с.Тийглаш 48°29'0,11" 22°13'48,8"	супіщані	1.64	3.85	1.05	6.9	10.0	15.0	16.0
4	с.Сюрте (територія школи) 48°30'15,2" 22°13'47,3"	піщанисто-легкосуглинкові	1.86	3.43	0.53	7.0	11.2	30.0	16.6
5	Агрофірми "Еліта" (2,5 км від с.Холмок) 48°32'17,7" 22°14'59,8"	пилувато-легкоглинисті	3.64	3.64	1.05	6.9	9.8	24.0	8.3
6	с.Розівка (перехрестя доріг) 48°34'48,0" 22°16'29,8"	піщанисто-середньосуглинкові	1.24	3.53	0.53	7.0	9.8	30.0	12.9
7	с.Розівка (поблизу з-д "Джейбіл") 48°34'48,2" 22°15'53,9"	піщанисто-середньосуглинкові	1.53	2.48	2.63	6.2	9.8	1.5	3.2
8	Околиця м.Ужгород (територія Духовної семінарії) 48°35'55,5" 22°17'00"	піщанисто-середньосуглинкові	0.99	1.74	0.70	6.9	8.4	3.9	5.4

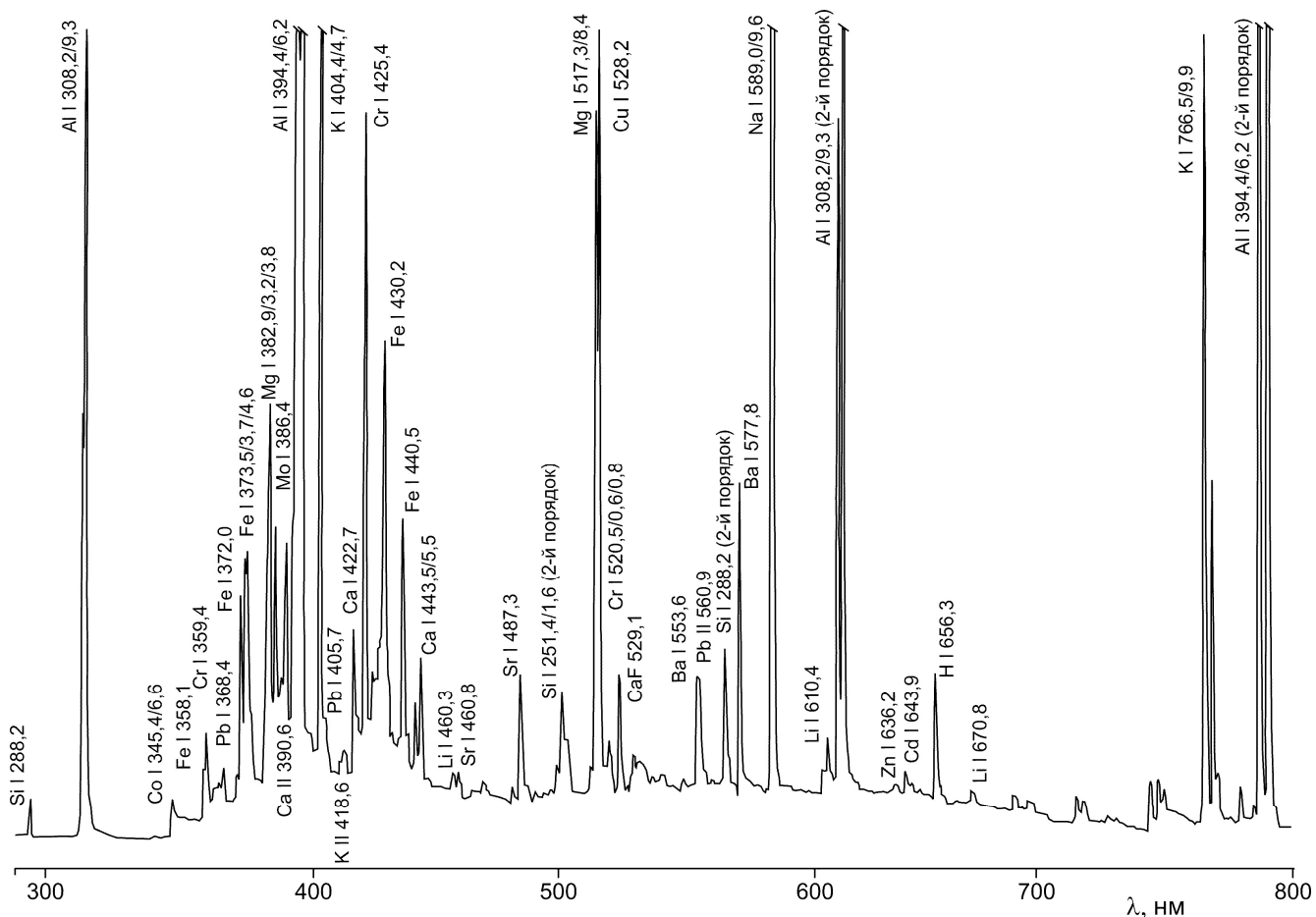


Рис.1. Спектрограма іон-фотонної емісії для ґрунту з ділянки №5.

Таблиця 2

Найяскравіші спектральні лінії та їх відносна інтенсивність основних елементів, що виявлені методом іонно-фотонної спектроскопії для зразка ґрунту з ділянки №5

Лінія, нм	Інтенсивність, відн. од.	Лінія, нм	Інтенсивність, відн. од.
Sn I 286.3	0.08	Ca I 422.7	1,00
Si I 288.2	1,00	Cr I 425.4	7,00
V I 318.5	0.22	Sr I 483.2	0.80
Co I 345.5/6.6	0.13	Cu I 521.8	8.40
Ni I 349.8	0.05	Tl I 535.1	0,50
Pb I 368.4	0.20	Li I 610.4	1,00
Fe I 373.5/7	2.25	Cd I 643.9	0.50
Mo I 386.4	1.75	Rn I 745.0	1.10
Ca II 393.37	2,00	K I 766.5	19,0

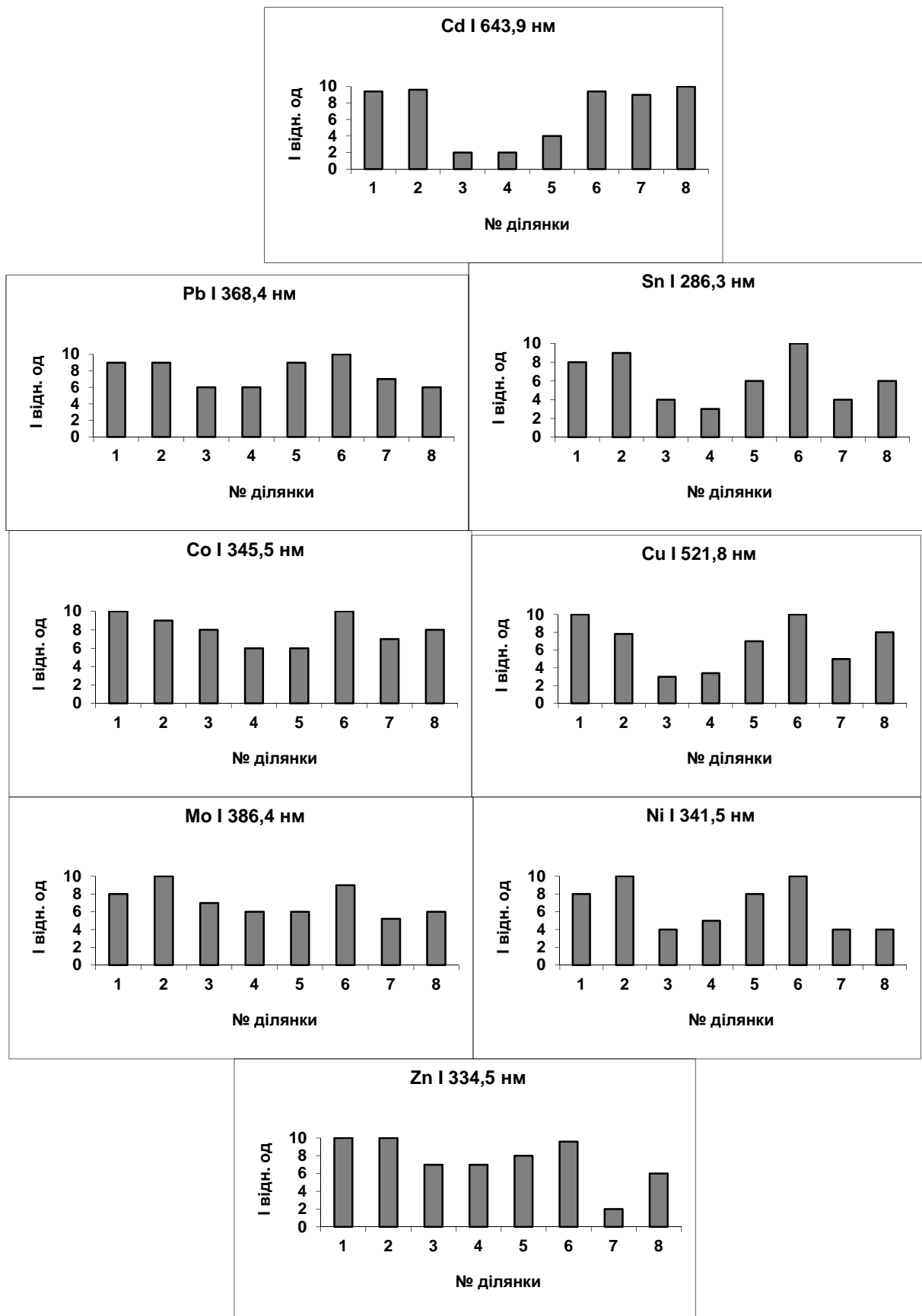


Рис.2. Діаграми валового вмісту ВМ на ділянках придорожньої смуги автодороги Чоп-Ужгород, отримані методом ІФС.

гранулометричного складу міцніше пов'язують метали. Такий же ефект спричиняє високий вміст органічної речовини. Надлишок вологи у ґрунті сприяє переходу металів у менший ступінь окислення і в розчинні форми.

Важливим чинником, який впливає на просторове розповсюдження ВМ є рельєф, зокрема крутизна схилів, а також сила і напрямок вітру, водно-промивний режим біля дороги, швидкість руху автотранспорту, які не є ідентичними для досліджених ділянок. Проаналізуємо ділянки, ґрунти яких характеризуються підвищеним вмістом ВМ. Це може бути пояснено особливостями придорожного ландшафту та фізико-хімічними властивостями ґрунтів. Так, ділянки №1 та №2 розміщені у низовині, мають підвищений рівень вологості. Це зумовлює інтенсивне накопичення ВМ у ґрунті, які змиваються сюди з боку автомагістралі та осідають тут в лучно-болотних ґрунтах, не маючи можливості розповсюджуватись далі аеротехногенним

шляхом. На ділянці № 6 забрудненню сприяють будівлі, які розташовані поблизу. Вони створюють наземні перепони повітряному потоку й впливають на умови розсіювання ВМ. Через це, а також близькість дорожнього перехрестя з малою швидкістю руху автотранспорту, узбіччя дороги піддається інтенсивному забрудненню, що і видно із табл.3. Ділянки №3 та №8 відділені від дороги санітарно-гігієнічними насадженнями. Цим можна пояснити менше розповсюдження викидів автотранспорту на придорожні едафотопи.

Результати досліджень вмісту валових та рухомих форм ВМ у зразках ґрунту придорожньої смуги приведено в табл.3. Видно, що вміст валових та рухомих форм ВМ перевищує відповідні значення, які було визначено у ґрунтах на фонівій ділянці поблизу ділянки №2, де не ведеться господарська діяльність. Лише для Cd на ділянках №3 та №7 вміст рухомих форм відповідає фоновому значенню.

Таблиця 3

Вміст валових і рухомих форм ВМ в ґрунтах на ділянках придорожньої смуги автодороги Ужгород-Чоп та фоновій проби (мг/кг)

Елемент Ділянка	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn
1	0,63*	19,3	35,6	70,6	33,6	114,3
	0,28	4,8	11,9	14,3	13,8	7,9
2	0,70	16,2	30,1	72,3	30,7	106,3
	0,20	2,8	8,8	17,4	14,5	13,5
3	0,45	16,1	25,4	54,5	31,5	81,5
	0,12	1,4	11,0	16,5	11,6	13,2
4	0,51	13,6	28,6	59,1	31,0	88,6
	0,17	3,1	14,1	9,9	14,2	15,7
5	0,65	18,0	34,5	65,6	32,8	98,2
	0,15	2,2	10,2	10,8	15,0	10,4
6	0,71	19,3	37,8	72,7	37,8	120,5
	0,18	3,5	15,5	13,8	13,1	23,5
7	0,60	14,7	27,3	63,1	25,7	70,3
	0,12	2,2	11,9	14,8	12,3	8,5
8	0,50	13,1	30,0	60,1	30,6	88,4
	0,14	3,3	11,2	13,6	12,1	8,4
Фоновіа проба	-	-	18,2	45,3	15,8	52,0
	0,12	1,2	2,8	3,0	2,6	2,75
ГДК	3	50	55	50	32	100
	0,7	5	3	4	6	23

*) вміст валових форм – верхній рядок;
вміст рухомих форм – нижній рядок.

Перевищення ГДК валових форм спостерігається для Ni і Zn на всіх ділянках, для Pb - на ділянках № 1, 5 і 6. Для Cd, Co і Cu перевищення не зафіксовано. Для рухомих форм спостерігається перевищення ГДК тільки для Pb в 2-2,5 рази, Ni – 2,5-4,3 і Cu – 3-5,2 рази, а для Cd, Co і Zn перевищень ГДК не виявлено. Інтервал зміни валового вмісту ВМ наступний (в дужках вказане середнє значення): Cd - 0,45-0,71 (0,59 мг/кг), Co – 13,1-19,3 (16,3), Cu – 25,4-37,8 (31,16), Pb – 25,7-33,6 (31,37), Ni – 54,5-72,7 (64,75), Zn – 70,3-120,5 (96,0).

За середнім значенням валового вмісту ВМ у ґрунтах досліджених ділянок акумулятивний ряд є наступним:

$Zn > Ni > Pb > Cu > Co > Cd$.

Для рухомих форм ВМ, які є більш небезпечними, в цьому ряду свинець і цинк міняються місцями:

$Pb > Ni > Zn > Cu > Co > Cd$.

Це свідчить про домінуючий внесок антропогенно розсіяного свинцю, тобто про його значне надходження в ґрунти придорожньої смуги від транспорту.

Висновки. Акумулявання забруднювачів від автотранспорту в придорожній смузі певною мірою визначається особливостями рельєфу, кліматично-гідрологічними умовами ділянок, механічними, фізико-хімічними і хімічними характеристиками їх ґрунтів. Особлива роль належить типу ґрунтового покриву, ступе-

ню агрообробки, віддаленості від джерел забруднення.

Ґрунти дослідженої придорожньої смуги автодороги Ужгород-Чоп середньо забруднені свинцем та мають підвищений вміст кадмію та інших ВМ. В низинних районах Закарпаття, з розвинутою мережею доріг місцевого, обласного, загальнодержавного та міжнародного значення, існує небезпека використання для сільськогосподарського призначення земель безпосередньо прилеглих до автодоріг. Таких земель чимало, до того ж в більшості населених пунктів не має практично можливості відвести необхідну санітарно-гігієнічну смугу і полотно дороги відділене від присадибних ділянок тільки тротуаром. Через дефіцит земель тут ведеться вирощування огородини, овочів, фруктів. Тому надзвичайно важливим є рекомендація населенню вирощувати таку рослинну продукцію, яка не є акумулятором важких металів [7,8]. Потрібна активна роз'яснювально-пропагандистська робота з населенням щодо оптимізації землекористування на ділянках прилеглих до автодоріг, виключення вирощування рослин-концентраторів хімічних речовин.

Апробований вперше в даній роботі сучасний фізичний метод ІФС є придатним для геомоніторингових спостережень як високочутливий, точний і інформативний щодо валового вмісту хімічних елементів в зразках ґрунту і рослинності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рошко В.Г., Грабовський О.В. Оцінка забруднення важкими металами агроценозів, межуючих з автомагістралями // Вісник УжНУ, серія Біологія, № 6, 1999. — С. 259-262.
2. Бойко Н.В., Балажі Ш. Забруднювачі та їх вплив на екологічно-вразливі екосистеми Верхнього Потисся // Ужгород-Ніредьгаза: Bessenyei Gyorgy. 2008. — 380 с.
3. Чонка І.І., Чундак С.Ю., Рубець О.В. Особливості вирішення проблеми відходів в умовах Закарпатської області // Вісник ХНУ, №893, 2010. — С.77-82.
4. Поп С.С. Ионно-фотонная спектроскопия // Поверхность. Физика, химия, механика. 1985. — С. 1—14.
5. Поп С.С. Фізична електроніка. Ужгород, 1998.—192 с.
6. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. — М. Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. — 4 с.
7. Григора І.М., Соломаха В.А. Основи фітоценології. — К.: Фітосоціоцентр, 2000. — С. 132-135.
8. Методи аналізів ґрунтів і рослин (методичний посібник) / За заг. ред. С.Ю.Булигіна, С.А.Балука, А.Д. Міхновської, Р.А.Розумної - Харків, 1991. - 160 с.

I.S. Sharodi, I.E. Mitropolskiy, M.V. Prikhodko, L.M. Lintur, S.S. Pop
Uzhhorod National University, 88000, Uzhhorod, Voloshin Str., 54.

RESEARCH OF POLLUTION OF SOILS BY HEAVY METALS BY THE METHOD OF ION-PHOTON SPECTROSCOPY

By the method of ion-photon spectroscopy it is investigated pollution of soils in the roadside strip of motorway Uzhgorod-Chop. The presence of pollutants in the soil, whose source is motor transport, is found. Reasons of change of composition are analyzed anthropogenic the dissipated elements along a motorway, and also change of their maintenance in agrolandscape depending on the type of soil cover.

Keywords: ion-photon spectroscopy, soil pollution, pollutant, motor transport, heavy metals, ion bombardment.

И.С. Шароди, И.Е. Митропольский, М.В. Приходько, М.И. Линтур, С.С. Поп
Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Волошина, 54.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ ИОННО-ФОТОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Методом ионно-фотонной спектроскопии исследовано загрязнение почв в придорожной полосе автодороги Ужгород-Чоп. Обнаружено наличие в почве поллютантов, источником которых есть автотранспорт. Проанализировано причины изменения состава антропогенно рассеянных элементов вдоль автодороги, а также изменение их содержания в агроландшафтах в зависимости от типа почвенного покрова.

Ключевые слова: ионно-фотонная спектроскопия, загрязнение почвы, поллютант, автомобильный транспорт, тяжелые металлы, бомбардирование ионами.