

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДВНЗ „УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”**  
**ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**



**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ ІІ-ї ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ**  
**ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**„СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ”**

**Ужгород 2017**

УДК 502.3(477)+528.4(063)

ББК Б1(4Укр)+Д1л0

С76

**Матеріали II-ї Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції „Стан і перспективи природокористування в Україні”**, (25 травня - 5 червня 2017 року, м. Ужгород). – 2017 р.

У збірнику подані праці, що висвітлюють стан і перспективи природокористування в Україні з врахуванням засадничих вимог сталого розвитку й охоплення основних напрямків збереження, раціонального використання та відтворення лісових та земельних ресурсів. Наголошується на підтримці збалансованого природокористування, екологічного потенціалу лісів і сприянні можливому його підвищенню.

Рекомендується для використання науковців, практичних спеціалістів землевпорядкування, кадастру земель, лісівників, студентів природоохоронних спеціальностей.

*Редакційна колегія: д.ф.-м.н., проф. Поп С.С., д.ф.-м.н., проф. Дробич В.Г.,  
к.т.н. Калинич І.В., к.с.-г.н. Кічура В.П., к.б.н. Потіш Л.А.,  
к.б.н. Мигаль А.В., к.с.-г.н. Бокоч В.В.*

*Технічний редактор: к.с.-г.н. Бокоч В.В.*

Рекомендовано до друку вченою радою ДВНЗ УжНУ, протокол №8 від 22 червня 2017 року.

## ЗМІСТ

<b>СЕКЦІЯ 1. УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНИМИ РЕСУРСАМИ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....</b>	<b>6</b>
<i>О. А. Голуб</i> ІНСТИТУЦІЙНІ ПРІОРИТЕТИ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ.....	6
<i>О. В. Сакаль</i> ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ: ЗОВНІШНІ ЕФЕКТИ ТА ЇХ ІНТЕРНАЛІЗАЦІЯ .....	12
<b>СЕКЦІЯ 2. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ .....</b>	<b>17</b>
<i>С. С. Поп, Н. Чонка</i> ПОТЕНЦІАЛ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ.....	17
<i>С. С. Поп, І. С. Шароді, Ю. В. Шароді</i> ОСВОЄННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ – ЗАПОРУКА ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ ТА РОЗВИТКУ ЗАКАРПАТТЯ.....	21
<b>СЕКЦІЯ 3. РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ.....</b>	<b>29</b>
<i>В. В. Бокоч, Р. Р. Ігнатик</i> ДИНАМІКА ПРОДУКТИВНОСТІ НАСАДЖЕНЬ УЖГОРОДСЬКОГО ВІЙСЬКОВОГО ЛІСНИЦТВА.....	29
<i>В. П. Кіцура, А. В. Кіцура</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНИЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ПРИ НЕДОТРИМАННІ ВИМОГ ЇХ ФОРМУВАННЯ.....	35
<i>В. І. Роман, А. В. Мисаль</i> ВИКОРИСТАННЯ САТЕЛІТНИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОСЕРЕДКІВ ВСИХАННЯ У ПОХІДНИХ ЯЛИНОВИХ НА ТЕРИТОРІЇ ІННІ «ЗАЧАРОВАНИЙ КРАЙ».....	41
<i>Є. Є. Чепур, Д. М. Угрин</i> СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМИ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ СІЛЬСЬКОГО ТИПУ.....	46
<i>І. Ф. Шинкаренко, В. С. Феніш, В. В. Лутак, А. В. Котубей</i> АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ ВУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ДО ТА ПІСЛЯ СТВОРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО	

ПАРКУ «ЗАЧАРОВАНИЙ КРАЙ».....

**СЕКЦІЯ 4. ГЕОДЕЗІЯ, ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ, КАДАСТР.....**

***С. В. Бєзічев, Г. С. Ішутіна***

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННО-ЗАБРУДНЕНИХ  
ЗЕМЕЛЬ УКРАЇНИ.....

***С. О. Малахова, З. Р. Рижок***

СТАН ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДНОСИН У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....

***Г. Б. Нестеренко***

НОВАЦІЇ МІСТОБУДІВНИХ НОРМ У ЗАКОНОПРОЕКТІ 4733-1.....

***М. Р. Ничвид, І. В. Калинич, М. Москаль***

ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІНИ ЯКІСНОГО ТА КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ  
СТУДЕНТІВ-ЗЕМЛЕВПОРЯДНИКІВ ПРОТЯГОМ 2007-2016 рр.....

***М. В. Приходько, І. Є. Митропольський, С. С. Поп***

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ  
І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТАХ.....

***Р. О. Рукавчук, В. Г. Дробнич***

СТВОРЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ РОБОТИ З ПУБЛІЧНОЮ  
КАДАСТРОВОЮ КАРТОЮ УКРАЇНИ В СЕРЕДОВИЩІ QGIS.....

***Р. О. Рукавчук, В. Г. Дробнич***

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНИХ РОЗРАХУНКІВ В  
ТЕОРІЇ КАРТОГРАФІЧНИХ ПРОЕКЦІЙ ГАУСА-КРЮГЕРА ТА UTM.....

***І. С. Трєвого, Є. Ю. Ільків, М. В. Галвирник***

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ (АСПЕКТИ) МОНИТОРИНГУ  
ГЕОДЕЗИЧНИХ ПУНКТІВ.....

**СЕКЦІЯ 5. ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА БЕЗПЕКА ДОВКІЛЛЯ  
В КОНТЕКСТІ АНТРОПОГЕННИХ І КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН.....**

***І. Ю. Фекета***

ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ПОПУЛЯЦІЙ  
CENTAURIUM ERYTHRAEA RAF. В УМОВАХ ЗАКАРПАТТЯ.....

## Передмова

На сучасному етапі цивілізаційного розвитку безсумнівно визначено, що людство для свого життєзабезпечення, з одного боку, вимушене користуватися природними ресурсами, а з іншого, їх використання порушує баланс екосистем. Це зумовлює основну проблему природокористування, вирішення котрої необхідно розглядати через призму відтворювальної здатності природи з врахуванням комплексного поєднання соціальних, економічних та екологічних вимог.

Особливої актуальності проблема використання природних ресурсів набуває під час економічних спадів, які супроводжуються складними екологічними ситуаціями й викликають збільшення інтенсивності природокористування через обумовлене надання пріоритетності в реалізації сировини, а не виробленої продукції.

Сподіваємось, що результати наукових досліджень, викладених у статтях збірника, сприятимуть розв'язанню згаданих проблем природокористування в різних регіонах України.

*Володимир Кічура – к.с.-г.н.,*

*член-кореспондент Лісівничої академії наук України,*

*доцент кафедри лісівництва УжНУ*

УДК 502.62 (292.45/454)

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТАХ

### ANALYSIS OF ACTUAL METHODS FOR DETERMINING HEAVY METALS AND TRACE ELEMENTS IN SOILS

*Приходько М.В., Митропольський І.Є., Поп С.С.*

*Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Університетська, 14*

*E-mail: [kaf-physgeo@uzhnu.edu.ua](mailto:kaf-physgeo@uzhnu.edu.ua)*

*Проаналізовано сучасні методи визначення вмісту важких металів і мікроелементів у ґрунтах. Визначено переваги та недоліки даних методів. Вивчено можливість впровадження метода іон-фотонної спектроскопії для безеталонного аналізу складу досліджуваних проб ґрунту.*

**1. Атомно-абсорбційний та атомно-емісійний аналіз.** Провідним методом визначення вмісту ВМ є атомно-абсорбційний аналіз (ААА) з полум'яним або електротермічним способом атомізації проби [1]. Метод заснований на поглинанні ультрафіолетового або видимого випромінювання атомами газу. Щоб перевести пробу (хоча б частково) у газоподібний стан, її вводять у полум'я. Як джерело випромінювання застосовують лампу з порожнистим катодом з аналізованого металу. Інтервал довжин хвиль спектральної лінії, що випромінюється джерелом випромінювання, і лінії поглинання того ж самого елемента в полум'ї дуже вузький, тому поглинання інших елементів практично не позначається на результатах аналізу. Метод ААА широко використовують для визначення рухомих форм металів (Mn, Cr, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Co), а також кислоторозчинних форм металів (Cu, Zn, Pb, Ni, Cd) в ґрунтах у відповідності до існуючих стандартів; при визначенні важких металів (Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Cd) в органічних добривах; для визначення вмісту Ca, Mg, Na, K, Cu, Pb, Zn, Cd в кормах, комбікормі, комбікормовій сировині [2-4].

Пробу матеріалу, що аналізується, розчиняють (звичайно з утворенням солей) різними способами. Вигляді аерозолі подають в полум'я пальника. В полум'ї (3000°C) молекули солей дисоціюють на атоми, які можуть поглинати світло. З загального випромінювання спектральні лінії, що досліджуються, виділяють монохроматором, а їх інтенсивність фіксують блоком реєстрації.

Великими можливостями при визначенні елементного складу (валової кількості металів) різних агрохімічних об'єктів володіє метод атомно-емісійної спектроскопії (АЕС). Однією з багатьох достоїнств цього методу, зокрема, можливість одночасного багатоелементного аналізу, прекрасної відтворюваності вимірів, можна відзначити широкі можливості для

вживання для проведення експертиз і науково-дослідних робіт в області агрохімії, захисту рослин, родючості ґрунтів (включаючи оцінку стану родючості ґрунтів земельних ділянок), а також для контролю забруднення об'єктів довкілля [4]. Завдяки високій аналітичній чутливості емісійний спектральний аналіз дозволяє швидко і надійно встановлювати наявність основних, побічних та слідових компонентів [5]. Метод АЕС придатний переважно для визначення вмісту Ва, Cr, Cu, Ni, V, Mn, Ti, F, а при значній кількості й — Zn, B, Co, Mo, зокрема при застосуванні АЕС у варіанті прямого (без розкладання) визначення ВМ на дифракційному спектрографі (метод просіювання дробленого ґрунту через дугу змінного струму або спалювання проби в кратері вугільного електроду [6]).

Суттєвою відмінністю методів атомної абсорбції від емісійної спектрометрії є те, що в останньому методі вимірюється випромінювання, що випускається атомами в збудженому стані, а атомна абсорбція заснована на вимірі випромінювання, поглиненого нейтральними, не збудженими атомами, що перебувають у полум'ї, яких у полум'ї набагато більше, ніж збуджених. Цим пояснюється висока чутливість методу при визначенні елементів, що мають високу енергію збудження. Найбільшу чутливість атомно-абсорбційна спектроскопія проявляє при визначенні As, Be, Bi, Cd, Hg, Mg, Pb, Ti, Zn, Cs, In. Проте більшу чутливість емісійний метод проявляє при визначенні Li, K, Na, Ba, Sr, Tl. Чутливість визначення інших елементів приблизно однакова при визначенні їх обома методами [7].

В принципі атомно-абсорбційна спектрометрія подібна до звичайної спектрофотометрії, аналогічна їй використовується в обох методах апаратура [7]. В обох методах випромінювання пропускають через аналізовану пробу, що частково його поглинає, а пропущене світло проходить через монохроматор і попадає на фотодетектор — пристрій, що реєструє кількість пропущеного або поглинутого випромінювання. Розходження цих методів — у джерелі світла й у кюветі для проби.

Джерелом світла в атомно-абсорбційній спектроскопії є лампа з порожнистим катодом, яка випромінює вузький інтервал довжин хвиль, порядку 0,001 нм. Лінія поглинання аналізованого елемента дещо ширша випромінюваної смуги, що дозволяє вимірювати поглинання в її максимумі. Кожна лампа призначається для визначення тільки одного елемента. Існують лампи, призначені для визначення декількох елементів (наприклад, Mg, Ca, Al) [8], але застосування їх не рекомендується із-за можливості помилок.

Кюветою в атомно-абсорбційній спектроскопії служить саме полум'я. Для отримання полум'я в якості пального використовують ацетилен, пропан або водень, а як окислювач — повітря, кисень або оксид азоту. Вибрана газова суміш визначає температуру полум'я. Повітряно-ацетиленове й повітряно-пропанове полум'я мають низьку температуру (2200 — 2400°C). Таке полум'я, використовують для визначення елементів, сполуки яких, легко

розкладаються при цих температурах. Таких елементів більшість [7]. При визначенні елементів, що утворюють важкодисоціюючі сполуки, використовують високотемпературне полум'я (3000 – 3200°C), створене сумішшю оксид азоту та ацетилену. Таке полум'я необхідне при визначенні алюмінію, берилію, кремнію, ванадію й молібдену. Для визначення миш'яку і селену, потрібно полум'я, що утворюється спалюванням водню в аргонно-повітряній суміші. Ртуть визначають «безполум'яним методом» [9], оскільки вона може існувати в газоподібному стані і при кімнатній температурі.

Переваги методів ААА — простота, висока селективність і малий вплив складу проби на результати аналізу. Обмеження методу — неможливість одночасного визначення декількох елементів при використанні лінійчатих джерел випромінювання і, як правило, необхідність переведення проб в розчин.

Слід зазначити, що забезпечення чутливості, правильності і відтворюваності методів атомної спектроскопії для екологічних досліджень потребує усунення матричних перешкод, які зумовлені впливом природи матриці досліджуваного зразка на аналітичний сигнал, що не усувається корекцією фону. Найбільш часто для усунення матричних ефектів використовують хімічні модифікатори, які забезпечують контрольоване хімічне оточення елемента, що визначається в момент атомізації [10]. Більшість хімічних модифікаторів — це комплекси сполуки паладію з органічними лігандами, які є дорогими і тому збільшують собівартість аналітичного контролю. Тому актуальним є пошук нових більш дешевих модифікаторів матриці.

**2. Мас-спектральний аналіз.** Мас-спектрометрія є універсальним аналітичним вимірювальним методом вищої категорії, що забезпечує в сучасних технологіях контроль складу і домішок в будь-яких матеріалах і сировині. У багатьох випадках вона є єдиним методом прецизійного контролю складу речовини в будь-яких станах: газоподібному, твердому або рідкому. Мас-спектроскопія – метод дослідження речовини шляхом визначення мас іонів цієї речовини (частіше відношення мас іонів до їхніх зарядів) і їхніх кількостей. Істотною відмінністю мас-спектрометрії від інших методів полягає в тому, що оптичні, рентгенівські і деякі інші методи досліджують випромінювання або поглинання енергії молекулами або атомами, а мас-спектрометрія має справу з самими частками речовини [11].

У мас-спектроскопії використовується поділ у вакуумі іонів різних мас під впливом електричних і магнітних полів. Тому досліджувана речовина насамперед піддається процесу іонізації. У випадку ґрунтів їх або попередньо випаровують, а потім іонізують, або застосовують поверхневу іонізацію. Частіше досліджуються позитивні іони, тому що іонізаційні методи іонізації дозволяють одержувати їх більше простими шляхами й у більших кількостях, ніж негативні. Це дає можливість застосовувати мас-спектрометрію для дослідження повільно



катіонів важких металів у ґрунтах [11]. Однак у ряді випадків досліджують і негативні іони [12].

Мас-спектрометрія є одним з основних методів, за допомогою яких одержують дані про маси ядер й атомні маси елементів [13]. Варіації ізотопного складу елементів можуть бути визначені з відносною погрішністю  $\pm 10^{-2}\%$ , а маси ядер — з відносною погрішністю  $\pm 10^{-5}\%$  для легких і  $\pm 10^{-4}\%$  для важких елементів. У геології й геохімії мас-спектральне визначення ізотопного складу ряду елементів (свинцю, аргону й інших) лежить в основі методів визначення віку гірських порід і рудних утворень. Аналіз нафти і нафтопродуктів потрібний для того, щоб визначити потрапляння їх в оточуюче середовище [13]. У епоху "хімізації сільського господарства" дуже важливим стало питання про присутність слідових кількостей вживаних хімічних засобів (наприклад, пестицидів) в харчових продуктах. У мізерних кількостях ці речовини можуть завдати непоправної шкоди здоров'ю людини. Цілий ряд техногенних речовин являються супертоксикантами (що мають отруйну, канцерогенну або шкідливу для здоров'я людини дію в гранично низьких концентраціях). Прикладом є добре відомий діоксин.

Мас-спектральний аналіз елементної сполуки речовини особливо точний, коли ця речовина випаровується у вигляді вихідних молекул, що не розпалися, і помітна частка цих молекул не розпадається в іонному джерелі спектрометра. Тоді, застосовуючи мас-спектрометри з високою роздільною здатністю, можна, наприклад, однозначно визначити число атомів С, Н, О і інших у молекулі органічної речовини по масі молекулярного іона. Для аналізу елементної сполуки важко летучих речовин застосовують іонізацію методом вакуумної іскри [13]. Якісний молекулярний мас-спектральний аналіз сумішей заснований на тому, що мас-спектри молекул різної будови різні, а кількісний — на тім, що іонні струми від компонентів суміші пропорційні вмістам цих компонентів.

Точність кількісного молекулярного аналізу в найкращому разі досягає точності ізотопного аналізу, однак часто кількісний молекулярний аналіз утруднений через рівність мас різних іонів, що утворюються при іонізації різних речовин. Для подолання цих труднощів у мас-спектрометрах використовують «м'які» способи іонізації, що дають мало осколкових іонів, або ж комбінують мас-спектрометрію із іншими методами аналізу, особливо часто з газовою хроматографією [14]. Висока абсолютна чутливість мас-спектрометрії дозволяє використати її для аналізу дуже невеликої кількості речовини (10-12 г. ).

Останнім часом все більше зростає потреба в проведенні досліджень агрохімічних об'єктів на нанорівні: визначення їх елементного і ізотопного складу. Для цих цілей оптимальним варіантом є мас-спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою. Сучасні мас-спектрометри з індуктивно-зв'язаною плазмою (наприклад Xseries2, виробництва Thermo Fisher Scientific) дозволяють, визначати елементний склад об'єктів агрохімії мікро- і нанорівні; визначати домішки бору, поширених і рідкоземельних елементів в ґрунтах. Рекордна чутливість

була досягнута в експериментах, що довели утворення трансуранового елементу курчатовію, коли для аналізу вистачило приблизно 100 атомів одного з його ізотопів. Проте нині вже звичайною справою стає вимір концентрацій що становлять одну частину на мільярд ( $10^{-9}$ ) і навіть на трильйон ( $10^{-12}$ ), а абсолютні кількості визначуваних елементів часто складають 1-10 фг ( $10^{-14}$  —  $10^{-15}$  г) [13].

Обмеження методу полягають в необхідності обов'язкового випару хоч би частини проби (якщо проба не газоподібна) у вакуумі з наступною або одночасною її іонізацією. У разі попереднього розподілу складних сумішей методом газової хроматографії, передумання мас-спектральному аналізу, виконання останнього настільки полегшується, що сучасні мас-спектрометри практично завжди містять вбудовані газові хроматографи. Це фактично самостійний метод хромато-мас-спектрометрії [15].

**3. Активаційний аналіз.** Із ядерно-фізичних методів, які застосовуються при екологічному моніторингу гірських порід, ґрунтів, забруднень нафтопродуктами основним є активаційний аналіз (АА) — метод визначення якісного і кількісного складу речовини, заснований на активації атомних ядер і вимірі їх радіоактивного випромінювання [15]. При проведенні АА досліджуваний матеріал протягом деякого часу опромінюють (активують) ядерними частками (нейтрони, протони,  $\alpha$ -частки і т. д.) або жорсткими  $\gamma$ -променями, а потім за допомогою спеціальної апаратури визначають вигляд і активність кожного з радіоактивних ізотопів, що утворюються. Кожен радіоактивний ізотоп володіє своїми, властивими лише йому, характеристиками: періодом напіврозпаду  $T_{1/2}$  і енергією випромінювання  $E_{\text{вип}}$ , які ніколи не збігаються з аналогічними характеристиками інших ізотопів. Ці характеристики табличні величини і дозволяють надійно ідентифікувати елементи [16].

Для проведення кількісного АА використовують ту обставину, що активність радіоактивного ізотопу після опромінення зразка пропорційна числу ядер вихідного ізотопу, що брав участь в ядерній реакції. Кількісний АА може бути виконаний абсолютним або відносним способом [16]. У першому випадку вимірюють абсолютну активність ізотопу і знаючи час опромінення, число активуючих часток, що проходить через зразок в одиницю часу, ефективний переріз ядерної реакції (характеризує ймовірність протікання ядерної реакції), ізотопний склад хімічного елементу,  $T_{1/2}$  радіоактивного елементу, що утворюється і час, що проходить після припинення опромінення до моменту виміру активності, — розраховують вихідний вміст аналізованого елементу. У другому випадку разом з досліджуваним зразком в строго ідентичних умовах опромінюють спеціально призначений еталон або серію еталонів, вміст визначуваного елементу в яких точно відомий. Потім порівнюють активність зразка з активністю еталонів і враховуючи, що кількість радіоактивних атомів, що утворюються при опроміненні, пропорційно вмісту досліджуваного елементу.

знаходять потрібне значення (при використанні еталонів визначення зазвичай проводять по калібрувальній кривій залежності активності від вмісту елементу).

Найбільш інформативні дані про радіоекологічний стан природного середовища отримують при пошаровому визначенні активності забруднювачів у вертикальному розрізі ґрунтів зони дослідження [16]. Це дає можливість з'ясувати характер розподілу радіонуклідів по профілю зони дослідження, механізм та параметри переносу радіонуклідів на досліджуваній території, що були затримані верхнім, деревним ярусом рослинності і вже через рік опинилися на ґрунті.

Через те, що ядра багатьох ізотопів найлегше активуються нейтронами [15] і АА на нейтронах володіє високою чутливістю, нейтронний АА набув найбільшого поширення в порівнянні з АА на інших ядерних частках або  $\gamma$ -променях. За допомогою нейтронного АА визначають кількості слідів домішки в матеріалах, використовуваних в реакторо- і ракетобудуванні (наприклад,  $10^{-4}$  % гафнію в цирконії), в напівпровідниковій техніці (чутливість нейтронного АА на миш'як, присутність якого в германієвих транзисторах повинно бути строго обмежено, досягає  $10^{-10}$  —  $10^{-11}$  %) і так далі. Нейтронний АА придатний для визначення таких елементів, як золото при вмісті (до  $10^{-9}$  —  $10^{-10}$  %) і платина (до  $10^{-5}$  —  $10^{-6}$  %). Близько 70% елементів мають властивості, що дозволяють використовувати нейтронно-активаційний аналіз для їх ідентифікації і кількісного аналізу. Методом нейтронно-активаційного аналізу було встановлено вміст 15 рідкісних елементів в системі рослини — торфотворювачі — торф'яний поклад — болотяні води. Лише легкі елементи (такі, як бор, кисень, азот і вуглець) не утворюють ізотопів, придатних для дослідження нейтронами.

В екологічних дослідженнях набуває поширення й АА, заснований на ядерних реакціях, що протікають під дією  $\gamma$ -випромінювання [17]. Так, вимірюючи потік нейтронів, що випускаються аналізованим зразком після опромінення його  $\gamma$ -променями, вдається визначити присутність  $10^{-4}$  % берилію в пробі масою 100 г [16]. Склад форм Рb широко варіюється, що пояснює відмінність його біологічної доступності в геохімічних ландшафтах. Розуміння залежності між хімічною формою і біодоступністю елементу можливо лише після повної, точної і прямої ідентифікації форм Рb. Для досягнення цієї мети недавно застосували рентгенівську техніку [18]. Визначення легких елементів, ізотопи яких погано активуються нейтронами (вуглець, азот, кисень), може бути проведене шляхом виміру випромінювання ізотопів, що утворюються в результаті опромінення жорсткими  $\gamma$ -променями ядер відповідно  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$  і  $^{16}\text{O}$ . АА на заряджених ядерних частках (протони,  $\alpha$ -частки і ін.) також дає у ряді випадків задовільні результати [15].

Велика перевага будь-якого АА — відсутність небезпеки забруднення аналізованої речовини домішками, що містяться в хімічних реактивах, що дає змогу достовірно, без

викривлення результатів оцінювати малі кількості елементів в ґрунтах, продуктах рослинництва та тваринництва [17,18]. Недоліки АА пов'язані головним чином з тим, що не всі елементи добре активуються, і з необхідністю використання дорогого устаткування і дотримання спеціальних запобіжних засобів.

**4. Іон-фотонна спектроскопія.** Застосування традиційних методів дослідження ґрунтів, які описані вище, супроводжуються дією на ґрунтову систему агресивних хімічних агентів, що призводять до неминучого викривлення отриманих результатів. Вміст валових кількостей ВМ у ґрунтах в десятки разів вищий, ніж рухомих форм. Але визначення валових кількостей металів в ряді випадків буває більш складнішим, ніж визначення рухомих форм, внаслідок більшого забруднення аналізованого розчину супутніми мікроелементами. Крім того більшість хімічних модифікаторів, які використовуються при визначенні металів, є дорогими і тому збільшують собівартість аналітичного контролю, саме як й застосування ядерно-фізичних методів. До того ж отримати всебічну інформацію про вміст забруднювачів у ґрунті можливо тільки застосувавши певний набір різних методів. Особливо актуальним для екологічного моніторингу є вибір таких методів, які найбільш чутливі і точні для визначення більшої кількості хімічних елементів у ґрунті. В роботі пропонується для елементного аналізу ґрунтів застосувати метод іон-фотонної спектроскопії (ІФС) [19]. Він дозволить в тій чи іншій мірі вирішувати деякі зазначені проблеми, а саме: а) можливість визначення елементного складу ґрунтів без активних хімічних реагентів; б) одночасне визначення великої кількості елементів в ґрунті, навіть в надмалих концентраціях.

Метод ІФС ґрунтується на явищі іон-фотонної емісії (ІФЕ). Іон-фотонна емісія — це випромінювання фотонів розпорошеними, розсіяними або десорбованими в збудженому стані атомами, іонами, молекулами, кластерами, а також випромінювання самої поверхні (врівноваженого теплового), яке спричинене дією іонного пучка на поверхню.

Схема методу ІФС представлена на рис.1. Іон-фотонний спектрометр містить такі основні вузли і системи: камеру надвисокого вакууму; розташоване в ній іонне джерело досліджуваній зразок на маніпуляторі для його переміщення і обертання; системи аналізу та детектування оптичного випромінювання (бажано у якомога більшому діапазоні, частіше в 200-800 нм); систему безмасляного глибокого помпування ( $<10^{-8}$  тор); системи розділення іонів за масою і зарядом (може бути відсутня), стабілізації їхньої енергії і струму та інші. Важливою вимога до однорідності іонного пучка не тільки за зарядом і енергією, але й за розподілом густини струму у поперечнику пучка. Неоднорідність густини струму пучка може привести до неоднакової швидкості розпорошення поверхні у різних точках попадання пучка призведе до похибок, особливо при пошаровому аналізі. На практиці цього легше досягти при роботі з пучками іонів лужних металів.

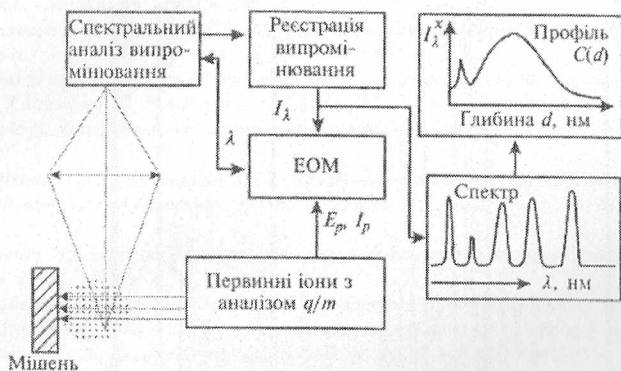


Рис. 1. Схеми іон-фотонної спектроскопії

Якісний елементний аналіз методом ІФС виконати досить просто. Для цього необхідно записати спектр ІФЕ і ідентифікувати, частинки яких елементів випромінюють спостережувані у спектрі лінії, смуги. Зауважимо, що ІФС є селективним методом (наприклад, атоми кисню не дають ліній в спектрі ІФЕ). Проте ефективно утворюються збуджені атоми і іони значної більшості металів, напівпровідників, інертних газів [20].

Кількісний аналіз елементів досліджуваної мішені вимагає, по-перше, проведення якісного аналізу і, по-друге, градування ІФС за наявними елементами зразками. Для безталонного елементного аналізу необхідно знати імовірність  $W_i$  збудження  $i$ -го рівня частинок, а також визначити коефіцієнт розпорошення  $S$  і виходу збуджених у даний стан частинок вибраного сорту  $Y_{ij}$ , оскільки концентрація досліджуваного елемента:

$$C = Y_{ij} / A_{ij} \varepsilon_i W_i S \quad (1.5),$$

де  $A_{ij}$  – коефіцієнт Ейнштейна.

На рис.2 представлено зразок спектрограми іон-фотонної емісії проби ґрунту, яка була підібрана поблизу автошляху Ужгород-Чоп [21]. На даній спектрограмі легко можна ідентифікувати наступні елементи: Si, Al, Mg, Fe, Cu, Pb, Zn, Sn, V, Ni, Cr, Sr, Mo, Cd, Li, Bi, Ti, Te, Ca, Ba, Rn, серед яких значна кількість ВМ, до яких умовно відносять метали з атомним номером понад 40.

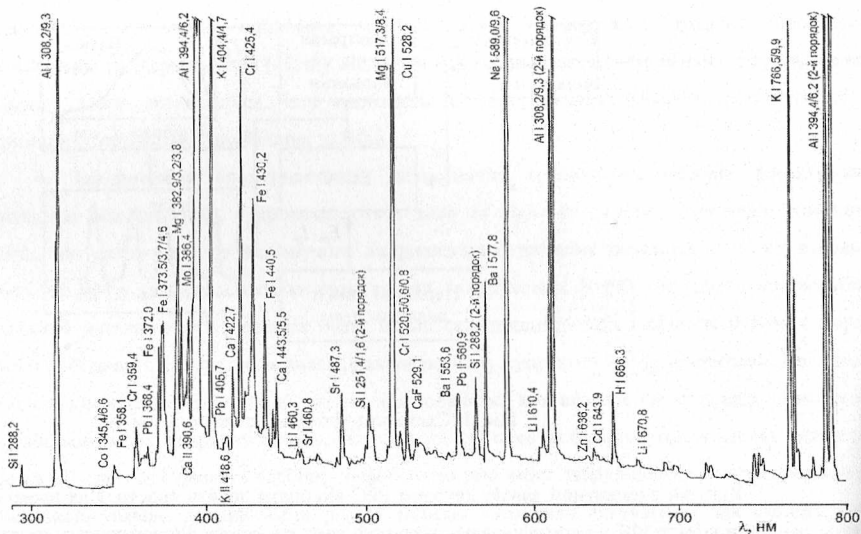


Рис. 2. Спектрограма іон-фотонної емісії для ґрунту з ділянки поблизу автошляху Ужгород-Чоп

Таким чином проведена порівняльна характеристика сучасних методів щодо виявлення та ідентифікації кількісного вмісту антропогенних забруднювачів у елементах агроландшафтів, зокрема ґрунтах, дала змогу виявити переваги і недоліки розглянутих методик. Виходячи з цього можна зробити висновок, що апробований нами метод іон-фотонної спектроскопії може мати ряд переваг у порівнянні з іншими методами, а саме він дає змогу одночасно виявляти елементи-забруднювачі ґрунтів та продуктів рослинництва навіть в малих концентраціях, досліджувати динаміку зміни їх концентрації в залежності від антропогенного навантаження. Чутливість до багатьох елементів таблиці Менделєєва, точність, достовірність (не потребує застосування хімічних реактивів, які можуть викривляти результати досліджень), висока продуктивність дозволяє поряд з іншими традиційними методами запровадити ІФС в систему постійного екологічного моніторингу.

1. Попов В.В., Соловьев Г.А. Контроль загрязнения почв тяжелыми металлами // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – №11. – С.80-82.
2. Гомонай В.І., Богоста А.С., Ходаковський В.С., Лобко В.Ю. Динаміка зміни важких металів в ґрунтах м. Ужгорода. Вісник УжНУ. Сер. Хімія. -2009, Вип 22. — С. 139-142.
3. Николайчук В.І., Рошко В.Г., Грабовський О.В. Важкі метали та їх вплив на екологічну ситуацію в Закарпатській області // Наук. вісник Ужгородського університету. серія Біологія, № 9. - Ужгород, 2001. -С. 30-32.
4. Убугунов В.Л., Кашин В.К. Тяжелые металлы в садово-огородных почвах и растениях г. Улан-Удэ. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. – 2004. – 128 с.
5. Данцер К., Тан Э., Мольх Д. Аналитика. Систематический обзор. Пер. с нем. // Ид

ред. Ю.А.Клячко. – М.: Химия. –1981. – 280 с.

6. Харламов И.П., Еремина Г.В. Атомно-абсорбционный анализ в черной металлургии. М. –1982. – 166 с.

7. Методи аналізу ґрунтів і рослин (методичний посібник) / За заг. ред. С.Ю.Булигіна, С.А.Балука, А.Д.Міхновської, Р.А.Розумної -Харків, 1991. - 160 с.

8. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия. /Пер. с англ./ — М. 1976. — 358 с.

9. Гладкова Н.С., Малинина М.С. Применение метода термической возгонки для атомно-абсорбционного определения ртути в почвах // Почвоведение. — 1997. - № 11. — С. 1358-1361.

10. Brennan M.C. A practical approach to quantitative metal analysis of organic matrices. — Wiltshire: Wiley. 2008. — 278 p.

11. Гильберт Э.Н., Шабанова Л.Н. Современные многоэлементные методы анализа объектов окружающей среды // Сибирский химический журнал. -1992. -Вып. 3. -С. 5-14.

12. Delves H.T. Status of lead analytical methodology // ICP Inf. Newslett. -1995. — Vol. 21. — № 5. -P. 315-316.

13. Клюев Н.А., Бродский Е.С. Современные методы масс-спектрометрического анализа органических соединений // Рос. хим. жс. -2002. —Т. XLVI, №4. —С.57-63.

14. Царев Н.И., Царев В.И., Катраков И.Б. Практическая газовая хроматография — Барнаул. Изд. Алтайского ун-та. 2000. — 156 с.

15. Тейлор Д. Нейтронное излучение и активационный анализ / пер. с англ. — М.: Атомиздат.-1965. — 203 с.

16. Грабовський В.А. Прикладна спектроскопія іонізуючих випромінювань: Навчальний посібник. — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка.- 2008. — 296 с.

17. Маслов О.Д., Густова М.В. Многокомпонентный инструментальный анализ почв и других объектов окружающей среды на токсичные и сопутствующие элементы // Стандарт предприятия. СТП-105. Дубна:ОИЯИ. —2004. -15с.

18. Поп С.С., Бельх С.Ф., Дробнич В.Г., Ферлегер В.Х. Ионно-фотонная эмиссия металлов.—Ташкент.: ФАН, 1989.—200 с.

19. Поп С.С. Ионно-фотонная спектроскопия // Поверхность. Физика, химия, механика.-1985. -С.1-14.

20. Morin G., Ostergren J.D., Juillot F., Ildefonse P., Calas G., Brown J.E. XAFS determination of the chemical form of lead in smelter-contaminated soils and mine tailings: Importance of adsorption process // Am. Mineral. -1999. -V. 84.-P. 420-434.

21. М.Приходько, І. Митропольський, І. Шароді, В. Буксар, С. Поп Дослідження забруднення ґрунтів придорожньої смуги ділянки автодороги Ужгород, - Чоп // Вісник Львівського національного аграрного університету. Архітектура і сільськогосподарське будівництво. - № 12, 2011.

**Prychodko M. V., Mytropolskyi I. Ye., Pop S. S. Analysis of actual methods for determining heavy metals and trace elements in soils. The actually methods for determining the content of heavy metals and trace elements in soils was analysis. The advantages and disadvantages of these methods were found. The possibility of implementing the method of ion-photon spectroscopy to non-etalon analysis of soil samples studied.**

**Приходько М. В., Митропольский И. Е., Поп С. С. Анализ современных методов определения содержания тяжелых металлов и микроэлементов в почве. Проанализировано современные методы определения содержания тяжелых металлов и микроэлементов в почве. Определено преимущества и недостатки данных методов. Изучено возможность внедрения метода ионно-фотонной спектроскопии для безэталонного анализа состава исследуемых проб почвы.**