

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ РІЗНИХ ФОРМ Co, Ni, Cr У ҐРУНТАХ РІЗНОГО ГЕНЕЗИСУ В УКРАЇНІ

В. Самохвалова, А. Фатєєв, Є. Лучникова, О. Ликова

*ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
вул. Чайковського, 4, Харків 61024, Україна
e-mail: v.samokhvalova@mail.ru*

На основі розрахунку й оцінки базових рівнів природного вмісту валових і рухомих форм мікроелементів у ґрунті, використання алгоритму еколого-геохімічного картографування результатів проведення ґрунтово-геохімічних досліджень у різних природно-кліматичних зонах України (Полісся, Лісостеп, Степ, Донбас, Крим, Карпати, Передкарпаття, Закарпаття) встановлено основні закономірності просторового розподілу Co, Ni, Cr у ґрунтах різного генезису та створено електронні картосхеми.

Ключові слова: ґрунтово-геохімічні дослідження, ґрунт, мікроелементи (кобальт, нікель, хром), фоновий рівень вмісту, еколого-геохімічне картографування.

Геохімічні ландшафти, ґрунт, хімічний елемент є фундаментальними поняттями природознавства [27]. Складовими геохімічних ландшафтів є біокосні системи (ґрунти, кори вивітрювання, підземні та ґрунтові води). Відповідно до закону *Вернадського-Кларка*, хімічні елементи є всюди, але в різних концентраціях, а максимальне напруження геохімічних процесів, що відбуваються у ландшафтах, характерна для ґрунтів [3].

Вивчення геохімії ґрунтів стало необхідним для вирішення ряду питань, пов'язаних із установами закономірностей формування хімічного складу різних компонентів трофічних ланцюгів (рослина, вода, тварина, людина), розробкою методологічних основ оцінки еколого-геохімічної стійкості ґрунтів до техногенних впливів, екологічного нормування вмісту хімічних елементів у об'єктах довкілля [2].

Встановлення закономірностей процесів надходження й накопичення мікроелементів (МЕ), важких металів (ВМ) є досить складним унаслідок високої варіабельності їхнього вмісту у ґрунтах, що іноді унеможлиблює узагальнення даних і виявлення існуючих просторових закономірностей їх розподілу [30]. Тому удосконалення методології одержання й обробки інформації щодо мікроелементного складу ґрунтів, які мають різні властивості, якісна й кількісна оцінка екологічного стану ґрунтового покриву для визначення ступеня забруднення та деградаційних змін довкілля, розробка оптимальних рішень щодо вибору доцільних засобів і заходів проведення детоксикації системи ґрунт – рослина, вибору шляхів подальшого використання ґрунтів, надання рекомендацій із поліпшення їхнього екологічного стану та зниження інтенсивності процесів деградації ґрунтів; прогнозування якості ґрунтів, харчових продуктів рослинного походження й опосередкованого та прямого впливу надлишку і нестачі хімічних елементів у трофічних ланцюгах є актуальними як у теоретичному плані, так і у прикладному аспекті їх втілення.

Аналіз літературних джерел показав, що характер функціонування ґрунту, прояв його властивостей пов'язані з перерозподілом сполук хімічних елементів. Для об'єктивної оцінки мікроелементного статусу ґрунтів (нестача МЕ, надлишок ВМ) як кінцевої мети фоновий моніторинг необхідними є дані як щодо валового мікроелементного складу ґрунтів, так і щодо вмісту рухомих форм МЕ певної території регіону за різних ґрунтово-

кліматичних умов [24, 34]. Однак валовий вміст елемента у ґрунті не завжди відображає його справжню міграційну здатність, тому що у ґрунті водночас наявні різні форми елементів, які відрізняються властивостями й доступністю для рослин. Отже, для більш точної оцінки зв'язку рухомості МЕ і їх міграції необхідно використовувати показники вмісту рухомих форм МЕ у ґрунті [16, 33].

Виходячи з того, що у різних геохімічних умовах природна норма для певного типу ґрунту і підтипів автоморфних ґрунтів може помітно відрізнятися, та враховуючи високу природну варіабельність вмісту сполук МЕ у ґрунтах, доцільно використовувати довірчі інтервали фонових концентрацій, тобто середнє значення вмісту речовини у ґрунті [23, 31]. Уявлення про фонові рівні вмісту (ФРВ) дає модальне значення (що зустрічається найчастіше). За умов визначення вмісту МЕ у ґрунтах та оцінки забруднення як фонові (еталонні) розглядають значення вмісту хімічних сполук, які є характерними для незабруднених територій із певним ґрунтовим покривом [4, 5, 25–26, 29, 31].

Мета даної роботи – проведення ґрунтово-геохімічних досліджень, аналіз отриманих даних щодо вмісту різних форм Co, Ni, Cr у ґрунтах різного генезису за використання алгоритму еколого-геохімічного картографування; визначення ФРВ їхніх валових і рухомих форм, ступеня рухомості МЕ ґрунтів у зональному аспекті, що забезпечить підвищення точності визначення, оцінки та прогнозування вмісту МЕ і ВМ у ґрунтах для об'єктивної характеристики ґрунтового покриву загалом, для подальшої розробки теоретичних основ діагностики стану й нормування вмісту МЕ і ВМ у системі ґрунт-рослина; удосконалення методології одержання й обробки інформації щодо мікроелементного статусу ґрунтів.

Матеріали та методи

Методика ґрунтово-геохімічного обстеження передбачала відбір об'єднаних проб ґрунтів (по кожному полю й ґрунтових виділах відповідно) згідно з чинними ДСТУ 4287:2004 [9], ДСТУ ISO 10381-2:2004 [13–14]; вивчення гранулометричного складу ґрунтів – ДСТУ 4730:2007 [11]; визначення загального гумусу ґрунту – ДСТУ 4289:2004 [10]; рН ґрунту – ГОСТ 2621291 [7]; атомно-абсорбційне визначення МЕ у ґрунтах – ДСТУ 4770.5:2007; ДСТУ 4770.7:2007 – ДСТУ 4770.8:2007 [12], МВВ 497058-016-2003 [22], Методики визначення складу та властивостей ґрунтів [23]; рН водної витяжки – ГОСТ 17.5.4.01-84 [6].

Використано фондові матеріали ґрунтово-геохімічних обстежень лабораторії охорони ґрунтів від техногенного забруднення щодо природного вмісту валових форм МЕ у ґрунтах, дані еколого-агрохімічної паспортизації земель територіальних центрів охорони родючості ґрунтів «Центрдержродючість».

В основу досліджень мікроелементного складу ґрунтів покладено досвід вивчення, визначення й узагальнення наявних даних лабораторії охорони ґрунтів від техногенного забруднення ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського» щодо вмісту МЕ у ґрунтах різних природно-кліматичних зон України, використовуючи єдину науково-методичну базу (НМБ) з метою досягнення єдності вимірів і мінімізації систематичної складової похибок.

НМБ передбачає таке: загальні теоретичні положення щодо формування мікроелементного статусу ґрунтів, природного вмісту МЕ в основних типах зональних ґрунтів України, закономірностей їхнього просторового поширення; досвід вивчення й визначення мікроелементного складу ґрунтів лабораторії фізико-хімії ґрунтів (вітчизняна школа досліджень МЕ й, зокрема, М.К. Крупського, Г.М. Александрової, Л.П. Головіної, М.М. Лисенко); досвід розробки комплексу показників діагностики й оцінки ґрунтової системи (Кулаковская, 1970; Добровольський, Никитин, 1975; Чесняк, 1978; Муха, 1980;

Гринченко, 1981 і ін.), теоретичні концепції щодо технобіогеомів (Глазовская, 1976), теорія геохімічних бар'єрів і геохімічних ландшафтів (Перельман, 1979); *результати використання уніфікованих методів аналізу властивостей ґрунтів* різних природно-кліматичних зон; *результати дослідження ґрунтових процесів і факторів ґрунтоутворення* на основі визначення основних фізико-хімічних і агрохімічних показників ґрунтів; установлених загальних закономірностей, зональних особливостей змін характеру ґрунтоутворення; зв'язку гранулометричного складу, властивостей ґрунтів із вмістом валових і рухомих форм МЕ; *використання єдиного алгоритму картографування мікроелементного складу ґрунтів*.

Моніторинг ґрунтів сполучених геохімічних ландшафтів зон Полісся, Лісостепу і Степу, Донбасу, Криму, Передкарпаття, Закарпаття України, аналіз проб ґрунту на вміст МЕ, визначення параметрів властивостей ґрунтів основних типів різного ступеня еродованості та ксероморфності профілю й експозиції, відбувався з використанням таких методів досліджень: аналізування, зіставлення, системного і екосистемного підходів; ландшафтно-геохімічних, експедиційних, аналітичних, статистичних [8, 32] і геостатистичного (метод ординарного кригінгу [15, 17–20]); експертного оцінювання нормативно-довідкової документації; еколого-геохімічного картографування [15, 17, 19, 28] (моделювання просторового розподілу МЕ, використовуючи ГІС; інтерполяція, складання картосхем просторового розподілу валових і рухомих форм МЕ у ґрунтах різних природно-кліматичних зон України проведено з використанням пакету *MapInfo 8*, нерегулярної сітки з географічною прив'язкою за допомогою *GPS*, більше 850 опорних розрізів ґрунтів).

Результати і їхнє обговорення

За результатами проведення й аналізування отриманих даних ґрунтово-геохімічних досліджень визначено ФРВ валових і рухомих форм **Co**, **Ni**, **Cr** у ґрунтах різної буферної здатності. Розрахунок ФРВ МЕ у типовому ґрунті для певної обстежуваної території проводили, встановлюючи середні значення їхнього вмісту у досліджуваній вибірці даних із довірчим інтервалом у межах стандартної помилки. ФРВ МЕ ґрунту визначають як модальні значення (що зустрічаються найчастіше), котрі відповідають лівому максимуму функції розподілу вибірки даних щодо вмісту МЕ у ґрунтах і є незміщеною оцінкою середнього рівня вмісту МЕ у ґрунті, розподіл яких, як правило, відповідає логарифмічно нормальному закону. Отже, розрахункові показники ФРВ МЕ характеризують вміст хімічного елемента у ґрунтах певної зони, території та їх доцільно розглядати як міру розповсюдженості МЕ.

Згідно з розробленим нами алгоритмом, урахування просторової залежності ФРВ МЕ ґрунтів відбувається на підставі того, що окреме значення параметрів властивості ґрунту певного типу є функцією його розташування у ґрунтовому покриві. Отже, властивість приймається як змінна величина (районовані змінні), розглядається її зміна у просторі статистично, а придатність геостатистичних методів спирається на конфігурацію точок відбору проб за площею.

Для встановлення взаємозв'язку груп МЕ в межах кожного ґрунтово-геохімічного району або підрайону за вмістом валових і рухомих форм МЕ використано факторний аналіз; кластерний аналіз – для аналізу вибірки за сукупністю елементів кожної асоціації МЕ; ґрунтові карти – для просторової екстраполяції виділених ґрунтово-геохімічних умов.

Алгоритм картографування мікроелементного складу ґрунтів включав підготовку й використання вихідних картографічних матеріалів, присвоєння їм атрибутивної інформації, опис просторових об'єктів, створення бази геоданих, проведення реєстрації зображен-

ня, перевірку даних, макетування електронних картосхем і легенди до них, розробка ГІС «МЕ ґрунтів України».

Для створення цифрових картосхем розподілу МЕ у ґрунтах використано картографічні матеріали (ґрунтові карти масштабу 1:2 500 000 і 1:200 000 за редакцією Н.К. Крупського, топографічні карти масштабу 1:200 000). Оцифровано контури ґрунтового покриття, населених пунктів, водних об'єктів, лісових насаджень, присвоєно їм атрибутивну інформацію, використано пошаровий (оверлейний) спосіб опису просторових об'єктів, створена база геоданих. Далі сформовано електронні цифрові картосхеми розподілу МЕ в ґрунтах. Таким чином, дрібномасштабне картографування (1:2 500 000) дало змогу виявити основні закономірності поширення й забезпеченості ґрунтів України валовими та рухомими формами МЕ. Для цього обрано одну з концептуальних моделей просторової інформації, що заснована на різних властивостях середовища та необхідних для його аналізу й інтерпретації, географічних полів безперервного розподілу, які оцінювалися в обраних точках із заданими координатами. Використано статистичну версію інтерполяції – кригінг, що є оптимальним інтерполятором і одночасно методом апроксимації даних, ґрунтуючись на математичних і статистичних моделях, з виділенням інтервалів вмісту МЕ у ґрунтах. Угрупування кількісних ознак здійснювалося на основі розподілу діапазону значень вмісту МЕ у ґрунті на інтервали однакового розміру. Вибір числа класів здійснено з огляду на обсяг вибірки. При обсязі вибірки 200 – число класів становило 5. Отже, отримані електронні картосхеми інтерполюють значення концентрацій МЕ для кожної моніторингової точки ґрунтового покриття обстежених територій.

Визначено статистичні характеристики розподілу кількісних параметрів мікроелементного статусу ґрунтів з урахуванням їхньої просторової мінливості. Такий підхід дав змогу встановити зональні типові закономірності вмісту і розподілу МЕ у ґрунтах, виявити фактори, що впливають на вміст і рухомість МЕ у ґрунтах, тобто на процеси розсіювання і концентрації МЕ у ґрунтовій системі.

Розрахунок і оцінку даних проводили за умов обов'язкового урахування критерію їх репрезентативності, що забезпечує достовірність зроблених висновків при проведенні оцінки вмісту МЕ, яка є не більшою ніж достовірність, що закладена в репрезентативності даних, виходячи з того, що запланований рівень статистичних характеристик одержаних даних впливає на вибір процедур відбирання проб, часу відбору проб тощо.

КОБАЛЬТ (Co). Відомо, що у ґрунтах Co наявний у дво- та тривалентній формах [18]. Co^{2+} легко мігрує у складі розчинів у вигляді хлоридів, сульфатів і бікарбонатів, але у ґрунтах Co^{2+} швидко переходить у Co^{3+} , який сполучається в нерухомі форми органічною речовиною. Виходячи зі здатності Co змінювати ступінь окислення, його рухомість у ґрунті залежить від окисно-відновлювальних умов, із підвищенням рН вона зменшується. Зміна рН з 5,8 до 7,2 зменшує поглинання Co ґрунтом удвічі [18, 21].

У ґрунтовому покритті України вміст і розподіл валових форм Co (рис. 1) залежить від його запасів у ґрунотвірній породі, кислотно-лужних умов, рівня окисно-відновлювального потенціалу, кількості та якості гумусу. У ґрунтах із високим рівнем кислотності, низьким вмістом органічної речовини та промивним типом водного режиму сформувався низький вміст цього елемента, який коливається від 3,8 мг/кг ґрунту в Західному районі провінції до 11 мг/кг ґрунту – у Лівобережному. У Поліссі встановлено зменшення вмісту Co у ґрунтах до 2,5 мг/кг, а у ґрунтах Карпат – підвищення накопичення Co до 40–76 мг/кг ґрунту.

Зона Лісостепу загалом характеризується високим рівнем валового вмісту Co у ґрунтах. Середній вміст цього елемента тут коливається в межах 14–21 мг/кг ґрунту, про-

те сірі лісові й темно-сірі опідзолені ґрунти характеризуються нижчим вмістом Со, ніж чорноземи. Ґрунти Лівобережного Лісостепу, за винятком піщаних терас Дніпра та його приток, мають високі запаси Со – 15–25 мг/кг ґрунту.

У зоні Степу вміст і розподіл Со в чорноземах звичайних близький до чорноземів Лісостепу. Вміст Со у ґрунтах в середньому становить 15–17 мг/кг ґрунту. Деяке зниження вмісту цього елемента спостерігається в чорноземах південних (до 8–15 мг/кг ґрунту).

У ґрунтах Донбасу найбільший вміст Со виявлено в чорноземах звичайних – до 30–36 мг/кг ґрунту, а середній показник – 23 мг/кг ґрунту.

Ґрунти Криму також характеризуються високим рівнем вмісту Со. Вміст валових форм Со у чорноземах південних малогумусних становить 22 мг/кг і 28 мг/кг ґрунту – у темно-каштанових ґрунтах.

У Карпатській зоні середній вміст Со у ґрунтах близький до зони Лісостепу, але в дерново-буроземних ґрунтах Закарпаття його кількість знижується до 5 мг/кг ґрунту.

Аналіз вмісту рухомих форм Со у ґрунтового покриві України засвідчує їх рівномірний розподіл (рис. 2). Винятком є ґрунти Полісся (дерново-слабопідзолисті ґрунти Західного Полісся, дерново-середньопідзолисті супіщані оглеєні ґрунти Правобережного Полісся), де вміст Со становить 0,15 мг/кг ґрунту. У темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах і чорноземах опідзолених важкосуглинкових Лісостепу, в чорноземі звичайному середньогумусному й каштанових солонцюватих ґрунтах Степу вміст рухомих форм Со значно коливається (відповідно 0,16; 0,14; 0,16; 0,09 мг/кг ґрунту). В інших ґрунтах вміст цих форм Со коливається в межах 0,24–0,36 мг/кг для зони Лісостепу та 0,47–0,87 мг/кг – для зони Степу, 0,44–0,78 мг/кг – в чорноземах Донбасу, а в степовій зоні Криму вміст рухомих форм Со коливається в межах 0,08–0,42 мг/кг ґрунту. Відзначено, що більша рухомість Со притаманна темно-каштановим солонцюватим ґрунтам.

За оцінювання ступеня рухомості Со у ґрунтах встановлено, що найвищий коефіцієнт рухомості Со притаманний Поліссю, де він досягав 11,84% із коливанням від 1,4 до 11,8%. У ґрунтах Лісостепу коефіцієнт рухомості Со становив 0,97–6,6%, у Степу в чорноземах звичайних важкосуглинкових і глинистих коефіцієнт рухомості Со дорівнює 0,5–3,6%, а в чорноземах південних і темно-каштанових ґрунтах – 2,76–6,0%. Найбільшу рухомість Со встановлено у чорноземах та дернових щебенюватих ґрунтах на елювії щільних безкарбонатних порід.

У чорноземах Донбасу коефіцієнт рухомості Со, як і вміст рухомої форми, більш вирівняний і коливається від 2,53 до 2,91%, а в чорноземах солонцюватих збільшується і досягає 4,58%. У зоні Криму коефіцієнт рухомості Со в чорноземі південному малогумусному дорівнює 0,86%, у чорноземах на елювії карбонатних порід – 1,75%.

Встановлено, що коефіцієнт рухомості Со в буроземах опідзолених глеюватих Передгір'я Карпат дорівнює 0,92%, а лучно-буроземні та бурі гірські ґрунти характеризуються підвищенням рухомості Со до 1,52–1,86%.

НИКЕЛЬ (Ni). Розподіл валових форм Ni у ґрунтового покриві України відповідає розподілу території на ґрунтово-кліматичні зони (рис. 3) з чітким поступовим збільшенням вмісту Ni з півночі на південь. Так, у Поліссі середній вміст Ni становить 11–13 мг/кг з коливанням у межах 9–15 мг/кг. Більш високі показники його вмісту характерні для ґрунтів Західного Полісся – до 13–15 мг/кг, а в зоні Лісостепу вміст Ni у ґрунтах значно збільшується та досягає 21–36 мг/кг з коливанням 10–80 мг/кг. У світло-сірих, сірих лісових, темно-сірих опідзолених ґрунтах виявлено, що вміст валових форм Ni нижчий, ніж у чорноземах опідзолених.

У Степовій зоні вміст Ni у ґрунтах характеризується рівномірним розподілом: від 24–29 мг/кг у чорноземах звичайних до 25–28 мг/кг ґрунту в темно-каштанових і каштанових солонцюватих ґрунтах.

Строкатість ґрунтового покриву Донбасу відіграє вирішальну роль і в розподілі Ni у ґрунтах і залежить від його кількісного вмісту у ґрунотвірній породі. Так, чорноземи, які сформувалися на піщаних безкарбонатних породах, на елювії карбонатних і щільних безкарбонатних порід, містять Ni в середньому 12–15 мг/кг, а на лесах – 22–30 мг/кг ґрунту.

У чорноземах південних Криму вміст валових форм Ni є близьким до аналогів ґрунтів зони Степу України – 30 і 29 мг/кг ґрунту відповідно.

У зоні Карпат вміст валових форм Ni коливається від 15 мг/кг в буроземно-підзолистих ґрунтах до 47 мг/кг ґрунту – в лучних та лучно-буроземних. Але розповсюджені в Передкарпатті дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти містять 30 мг/кг ґрунту Ni, у Карпатах – бурі гірські лісові та дерново-буроземні містять 29–32 мг/кг ґрунту Ni, а в Закарпатті – дернові опідзолені й оглеєні їх види – до 34 мг/кг ґрунту Ni.

Встановлено, що характер розподіл рухомої форми Ni у ґрунтовому покриві України є відмінним від розподілу його валового вмісту (рис. 4). Більшим (до 1,7 мг/кг) вмістом рухомих форм Ni характеризуються ґрунти Полісся. Так, у ґрунтах Західного Полісся середній вміст Ni коливався в межах 0,06–3,07 мг/кг ґрунту, у ґрунтах Правобережного Полісся – 0,08–1,7 мг/кг, а у ґрунтах Лівобережного Полісся – 0,03–1,8 мг/кг ґрунту.

Найменший вміст рухомих форм Ni (до 0,03 мг/кг) встановлено для дернових і дерново-підзолистих оглеєних ґрунтів. Подальше підвищення (до 0,5–0,9 мг/кг ґрунту) їх вмісту виявлено у супіщаних їх різновидах і до 1,43–1,7 мг/кг – у сірих опідзолених ґрунтах.

У зоні Лісостепу найбільший вміст рухомої форми Ni (0,44–1,33 мг/кг ґрунту) встановлено для ґрунтів підзолистого ряду (ясно-сірі, сірі, темно-сірі, чорноземи опідзолені). У чорноземах типових вміст рухомих форм Ni коливався у межах 0,91–1,7 мг/кг, у лучно-чорноземних – від 0,03 до 1,5 мг/кг ґрунту.

Виявлено, що вміст рухомої форми Ni у ґрунтах зони Степу України є аналогічним до вмісту у ґрунтах Лісостепу, Донбасу й Криму, окрім темно-каштанових солонцюватих ґрунтів, де вміст становив 1,08 мг/кг ґрунту з коливаннями у межах 0,06–5,0 мг/кг ґрунту.

За аналізу ступеня рухомості Ni у ґрунтах встановлено, що коефіцієнт рухомості є найвищим у ґрунтах зони Полісся – 1,5% (із коливанням 0,77–1,53%) – у дерново-підзолистих оглеєних ґрунтах Західного Полісся, до 3,8% – у дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Правобережного Полісся, до 4,7% – у дерново-підзолистих піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах Лівобережного Полісся.

У зоні Лісостепу коефіцієнт рухомості Ni у ґрунтах становить 2,4% для сірих і ясно-сірих лісових ґрунтів; 2,13% – для чорноземів опідзолених важкосуглинкових; 1,33% – для чорноземів типових.

У ґрунтах зони Степу найвищим коефіцієнт рухомості Ni був у каштанових солонцюватих ґрунтах (4,5%), у чорноземах звичайних – 2,5%. Найнижчими рівнями рухомості Ni характеризувалися лучно-чорноземні та дернові глеєві ґрунти (0,005%).

У степовій зоні Криму встановлено зниження рухомості Ni до 0,86% у чорноземах південних малогумусних, до 1,2% – у темно-каштанових ґрунтах.

ХРОМ (Cr). Досліджено, що коливання вмісту валових форм Cr у ґрунтах України є значними – 18 мг/кг в окремих ґрунтах Полісся, 282 мг/кг ґрунту – у ґрунтах Закарпаття (рис. 5). У зоні Полісся виявлено незначні коливання вмісту Cr в окремих ґрунтах, більша кількість цього елемента відповідає ґрунтам Західної провінції – 48 мг/кг ґрунту, а менша – у Лівобережній – 33 мг/кг.

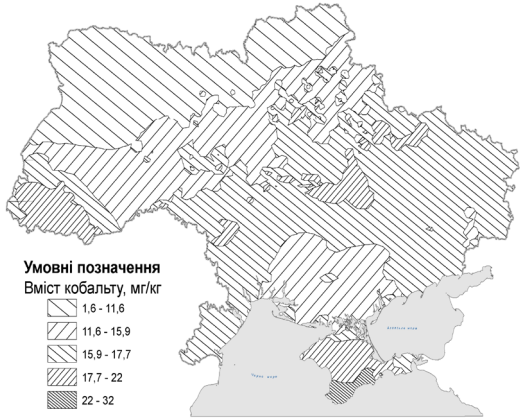


Рис. 1

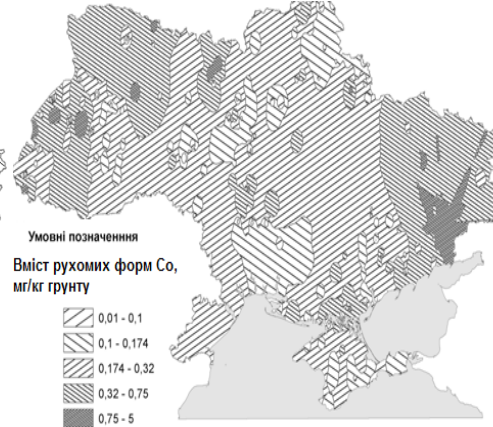


Рис. 2

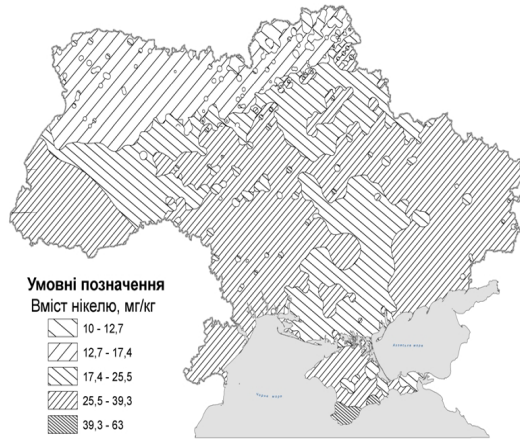


Рис. 3

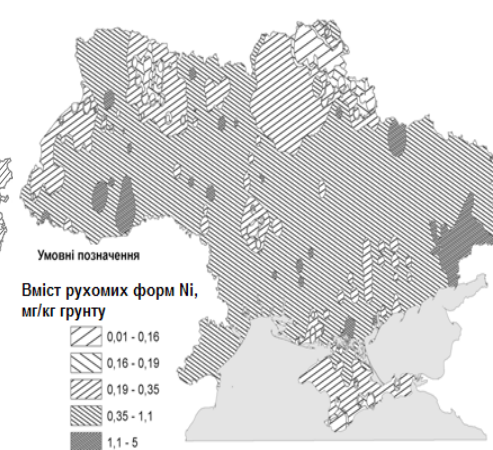


Рис. 4

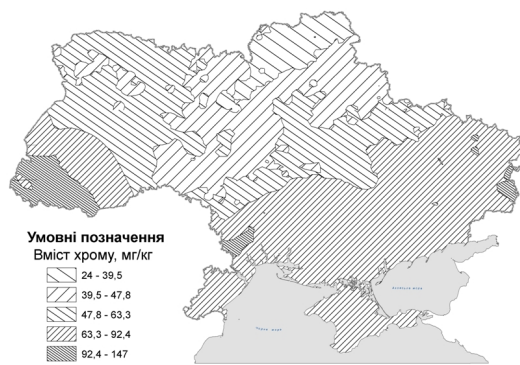


Рис. 5

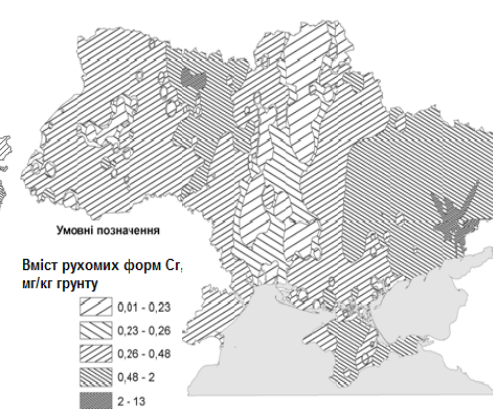


Рис. 6

Рис. 1–6. Просторовий розподіл вмісту валових (1, 3, 5) і рухомих (2, 4, 6) форм Со, Ні, Сг у ґрунтах.

У ґрунтовому покриві Лісостепу вміст валових форм Сг досить високий (у середньому 51 мг/кг), а коливання вмісту Сг є значними – 10–100 мг/кг ґрунту. Мінімальний вміст – 10 мг/кг ґрунту виявлено в окремих виділах темно-сірого опідзоленого ґрунту, а максимальне значення 100 мг/кг – в чорноземі опідзоленому середньосуглинковому.

У ґрунтах зони Степу України кількість валових форм Сг збільшується в середньому до 85 мг/кг із коливанням 40–150 мг/кг ґрунту (68 мг/кг – у каштанових солонцюватих ґрунтах, 111 мг/кг ґрунту – у чорноземі звичайному середньогумусному).

Вміст валових форм Сг у ґрунтах Донбасу зменшується в середньому до 48 мг/кг, а встановлений мінімум вмісту – 15 мг/кг ґрунту виявлено в чорноземах звичайних і дерново-карбонатних ґрунтах на елювії карбонатних порід.

Високий рівень вмісту валових форм Сг виявлено у ґрунтах степової зони Криму (40–156 мг/кг ґрунту), зони Карпат (30–160 мг/кг) і Закарпаття (30–282 мг/кг ґрунту).

Встановлено, що закономірності просторового розподілу вмісту рухомих форм Сг у ґрунтах України не збігаються із закономірностями вмісту його валових форм. Зокрема, в чорноземах і дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся вміст цього елемента найнижчий – 0,07–0,66 мг/кг, а в аналогічних ґрунтах Правобережного і Лівобережного Полісся досягає 0,08–11,19 мг/кг ґрунту (рис. 6).

У ґрунтовому покриві зони Лісостепу вміст рухомих форм Сг більш рівномірний, з коливаннями від 0,17 до 0,98 мг/кг ґрунту залежно від типу ґрунту і вмісту гумусу.

У зоні Степу, в чорноземах звичайних глибоких, рівень вмісту рухомих форм Сг досягає 0,9–1,84 мг/кг ґрунту. В малогумусних аналогах вміст рухомих форм Сг знижується до 0,40–0,89 мг/кг ґрунту, а в чорноземах південних – до 0,39 мг/кг ґрунту.

Чорноземи звичайні Донбасу містять рухомих форм Сг від 0,25 до 12,5 мг/кг, чорноземи південні степового Криму – до 0,92 мг/кг, дернові опідзолені суглинисті ґрунти Закарпаття – 0,08–0,3 мг/кг, буроземи опідзолені Передгір'я Карпат – 0,19 мг/кг ґрунту.

Виявлено, що коефіцієнт рухомості Сг є найвищим у ґрунтах Правобережного Полісся (коливається від 1,58 до 5,4%), тоді як в інших ґрунтово-кліматичних зонах – від 0,24 до 1,9%.

Таким чином, за результатами комплексного еколого-геохімічного обстеження та картографування районування території України щодо закономірностей просторового розподілу різних форм Со, Ні, Сг у ґрунтах, використання удосконаленої бази даних мікроелементного складу ґрунтів України встановлено, що вміст МЕ у ґрунтах України підпорядковується природній зональності, обумовлений вмістом гумусу, типом і гранулометричним складом ґрунту.

Встановлено закономірності просторового розподілу вмісту різних форм Со у ґрунтах – зростає вміст і рухомість елемента від зони Полісся до Криму.

Середній вміст різних форм Ні у ґрунтах і ступінь рухомості його сполук є найвищою у зоні Карпат, Передкарпаття, Закарпаття та зоні Степу. Мінімальні значення вмісту різних форм Ні притаманні ґрунтам Полісся.

Особливостями просторового розподілу вмісту різних форм Сг у ґрунтовому покриві України відповідно до природно-кліматичних зон є збільшення їх вмісту від зони Полісся до Лісостепу і Степу, від Донбасу до Криму. Максимальні значення вмісту різних форм Сг встановлено для ґрунтів Передкарпаття і Закарпаття.

Створені електронні картосхеми вмісту МЕ у ґрунтах сприяють ефективному оцінюванню МЕ статусу ґрунтів різних природно-кліматичних зон України.

Роботу підтримано грантом ДФФД № Ф43 /010 за договором із Державним агентством з питань науки, інновацій та інформатизації України. Роботу виконано

в лабораторії охорони ґрунтів від техногенного забруднення ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» НААНУ.

Автори висловлюють щиру подяку директорові ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», академіку НААН, д-ру с.-г. наук, професору С. А. Балюку, директорам обласних центрів системи «Центрдержродючість» за сприяння та дієву допомогу в організації відбору зразків ґрунтів різного генезису у різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. География, общество, окружающая среда. Т. VII: Картография, геоинформатика и аэрокосмическое зондирование / Под ред. А.М. Берлянт. М.: ИД «Городец», 2004. 624 с.
2. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Смоленск: Ойкумена, 2002. 286 с.
3. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. школа, 1988. 324 с.
4. Головина Л. П., Лысенко М. М. Вміст рухомих форм мікроелементів у ґрунтах УРСР // Довідник працівника агрохімслужби / за ред. Б.С. Носка. К.: Урожай, 1991. С. 10–15.
5. Головина Л. П., Лысенко М. Н., Александрова А. М. Геохимический фон тяжелых металлов в почвах УССР // Химия в сельском хозяйстве. № 2. 1987. С. 52–54.
6. ГОСТ 17.5.4.01-84 Охрана природы. Рекультивация земель. Метод определения рН водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород.
7. ГОСТ 2621291 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.
8. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995. 320 с.
9. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб.
10. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини.
11. ДСТУ 4730:2007 Визначення гранулометричного (зернистого) складу ґрунту методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського.
12. ДСТУ 4770.5:2007; ДСТУ 4770.7:2007 – ДСТУ 4770.8:2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук Со, Ні, Ст у ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.
13. ДСТУ ISO 10381-1:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Ч. 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб.
14. ДСТУ ISO 10381-2:2004 Якість ґрунту. Ч. 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381-2:2002, IDT).
15. Екологічна географія і екологічна картографія / В.А. Барановський. К.: Фітосоціоцентр, 2001. 249 с.
16. Жовинский Э. Я., Кураева И. В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. К.: Наук. думка, 2002. 213 с.
17. Картографування ґрунтів: навч. посібник / за ред. Д. Г. Тихоненко. Х.: ХНАУ, 2001. 321 с.
18. Крупский Н. К., Александрова А. М. Содержание микроэлементов в почвах УССР // Агрохимическая характеристика почв СССР. Украинская ССР. М.: Наука, 1973. С. 107–124.
19. Кузякова И. Ф., Романенков В. А., Кузяков Я. В. Применение метода геостатистики при обработке результатов почвенных и агрохимических исследований // Почвоведение. 2001. № 11. С. 1365–1376.

20. *Лурье И. К.* Основы геоинформатики и создания ГИС. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Ч. 1 / под ред. А.М. Берлянта. М.: Изд-во ООО «ИНЭКС-92», 2002. 140 с.
21. *Лысенко М. Н.* Содержание и распространение кобальта в почвах Левобережной Лесостепи Украинской ССР: дис. ... канд. с.-х. наук. Х., 1972. 175 с.
22. МВВ 31-497058-015-2003 Визначення вмісту рухомих форм важких металів (Co, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe) у ґрунті в 1n HCl на атомно-абсорбційному спектрофотометрі / Методи аналізів ґрунтів і рослин. Х.: ННЦ ІГА, 1991. С. 175–192.
23. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / Балюк С.А., Барахтян В.О., Лазебна М. Є. / за ред. С.А. Балюка. Х., 2004. С. 193–210.
24. *Мірошниченко М. М., Фатєєв А. І., Бородіна Я. В.* та ін. Відображення просторової неоднорідності мікроелементного складу ґрунтів за результатами ґрунтового-геохімічних та еколого-агрохімічних обстежень // Агрохімія та ґрунтознавство. 2007. Вип. 67. С. 129–135.
25. *Мотузова Г. В.* Соединения микроэлементов в почвах: Системная организация, экологическое значение, мониторинг. Изд. 2-е. М.: КД «ЛИБРОКОМ», 2009. 168 с.
26. Патент на корисну модель № 70345 UA Спосіб встановлення атестованих значень показників вмісту хімічних елементів / компонентів у системі ґрунт-рослина / В.Л. Самохвалова, В.П. Філатов (Україна) / Державна служба інтелектуальної власності України, 11.06.2012, Бюл. №11.
27. Патент на корисну модель № 50068 UA Спосіб оцінки забруднення та нестачі мікроелементів ґрунту за встановлення фонового вмісту різних їх форм / В.Л. Самохвалова, Є.В. Лучникова (Україна) / Міністерства освіти і науки України, Державна служба інтелектуальної власності, 25.05.2010, Бюл. №10.
28. *Перельман А. И., Касимов Н. С.* Геохимия ландшафта. М: МГУ, 1999. 610 с.
29. *Позняк С. П., Красеха Є. Н., Кім М. Г.* Картографування ґрунтового покриву: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені І.Франка, 2003. 500 с.
30. *Самохвалова В. Л., Фатєєв А. И., Лучникова Е.В.* и др. Уровни фонового содержания микроэлементов в почвах разного генезиса в Украине // Почвенно-земельные ресурсы: оценка, устойчивое использование, геоинформационное обеспечение: материалы междунауч. научн.-практ. конф. (6–8 июня 2012, Минск, Беларусь). Минск: Изд. центр БГУ, 2012. С. 206–208.
31. *Самохвалова В. Л., Фатєєв А. И., Лучникова Є. В., Ликова О. А.* Методика ґрунтового-геохімічного моніторингу в системі землекористування // «Довкілля для України». Зелена економіка: перспективи впровадження в Україні: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. 3б. міжнар. екол. форуму. (К., 24–26 квітня 2012): у 2 т. К.: Центр екоосвіти та інформації, 2012. Т. 1. С. 322–326.
32. *Самохвалова В. Л., Фатєєв А. И., Лучникова Є. В.* Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікроелементів ґрунту // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2011. Вип. 55. С. 125–133.
33. *Самсонова В. П., Мешалкина Ю. Л., Дядькина С. Е.* Практикум на комп'ютері по курсу: «Математическая статистика». М.: ИТК «Дашков и К», 2005. 36 с.
34. *Самчук А. І., Кіраєва І. В., Єгоров О. С.* та ін. Важкі метали у ґрунтах українського Полісся та київського мегаполісу. К.: Наук. думка, 2006. 108 с.
35. Фоновий вміст важких металів у ґрунтах України / за ред. А.І. Фатєєва і Я.В. Пащенко. Х., №13, 2003. 117 с.

Стаття: надійшла до редакції 20.08.12

доопрацьована 02.10.12

прийнята до друку 03.10.12

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF DIFFERENT FORMS OF Co, Ni, Cr IN SOILS OF DIFFERENT GENESIS IN UKRAINE

V. Samokhvalova, A. Fateev, E. Luchnikova, E. Lykova

*NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky»
4, Chajkovskiy St., Kharkiv 61024, Ukraine
e-mail: v.samokhvalova@mail.ru*

For calculations, and estimation of the natural baseline levels content of the trace elements total and mobile forms in soils, using of the algorithm ecological and geochemical mapping of the results of soil-geochemical studies in different climatic zones of Ukraine (Polesie, Forest-steppe, Steppe, Donbass, Crimea, the Carpathians, Precarpathian, Transcarpathia) sets the basic regularities of Co, Ni, Cr spatial distribution in soils of different genesis and created electronic schematic maps.

Keywords: soil-geochemical investigations, soil, trace elements (cobalt, nickel, chromium), background levels, ecological and geochemical mapping.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАЗНЫХ ФОРМ Co, Ni, Cr В ПОЧВАХ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА В УКРАИНЕ

В. Самохвалова, А. Фатеев, Е. Лучникова, Е. Лыкова

*ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени О.Н. Соколовского»
ул. Чайковского, 4, Харьков 61024, Украина
e-mail: v.samokhvalova@mail.ru*

При проведении расчетов и оценивании базовых уровней природного содержания валовых и подвижных форм микроэлементов почв, использовании алгоритма эколого-геохимического картографирования результатов почвенно-геохимических исследований в разных природно-климатических зонах Украины (Полесье, Лесостепь, Степь, Донбасс, Крым, Карпаты, Предкарпатье, Закарпатье) установлены основные закономерности пространственного распределения Co, Ni, Cr в почвах разного генезиса и созданы электронные картосхемы.

Ключевые слова: почвенно-геохимические исследования, почва, микроэлементы (кобальт, никель, хром), фоновый уровень содержания, эколого-геохимическое картографирование.