

УДК 550.84+556.334

І.В. КУРАЄВА, А.І. САМЧУК

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ГЕОХІМІЇ

Охарактеризовано основні напрямки розвитку сучасної екологічної геохімії: геохімії ландшафтів, геохімії ґрунтів, гідрогеохімії, біогеохімії.

ВСТУП

Основним завданням екологічної геохімії як нового наукового напрямку є вивчення закономірностей розподілу хімічних елементів та особливостей їх геохімічної поведінки в трофічному ланцюгу з метою прогнозування еколого-геохімічної ситуації та розробки принципів і підходів для захисту та реабілітації навколишнього середовища. Знання цих закономірностей дає змогу виділити природні та техногенні фактори і визначити їх вплив на розвиток та зміну флори та фауни, на хід різних біохімічних та фізіологічних процесів, що відбуваються в живих організмах, на виникнення й характер ендемічних та соматичних захворювань, а також своєчасно вжити заходів з профілактики негативного впливу довкілля на здоров'я населення.

Особливого значення набуває вивчення ендемічних захворювань, викликаних мікроелементами, та пов'язаних з геохімічними особливостями навколишнього середовища (параметрами води, ґрунтів, повітря, рослин), й визначення їх ролі в патології людини. На сьогоднішній день ці питання вивчені недостатньо.

За даними геохімічних досліджень, проведених нами в Україні більше, ніж за 30 років [1, 3, 5, 7-10, 13], встановлені регіони з недостатнім вмістом або надлишком есенціальних елементів (мідь, цинк, кобальт, марганець, бром та ін.). Досліджені території з небезпечним для проживання людини рівнем забруднення природного середовища (гірських порід, ґрунтових відкладів, підземних та поверхневих вод) токсичними елементами, що належать до першого класу небезпеки - ртуть, арсен, селен, кадмій, свинець, цинк, фтор, до другого - хром, кобальт, молибден, нікель, мідь, стібій, бор, і до третього - барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій. Виявлені закономірності розподілу та умов фізико-хімічної міграції елементів у природній системі ґрунт - природний розчин - рослина. Встановлено, що основними фізико-хімічними процесами, що визначають геохімічну поведінку мікроелементів у біосферних системах, є комплексоутворення, розчинність, сорбція та ін. Визначені та розраховані параметри техногенної міграції токсичних елементів в урбанізованих територіях із різним ступенем техногенного навантаження, а також розподіл важких металів у ґрунтах, біосі та біосубстратах людини в зоні впливу техногенних об'єктів.

Таким чином, основні дослідження в області сучасної екологічної геохімії, що проводять співробітники нашого Інституту, належать до таких напрямків: геохімія ландшафтів, геохімія ґрунтів, гідрогеохімія, біогеохімія.

ГЕОХІМІЯ ЛАНДШАФТІВ

Безпосереднім засновником ландшафтно-геохімічних досліджень в Україні є Є.С. Бурксер. Значний внесок в геохімію ландшафтів зробили

В.Г. Бондарчук, П.К. Заморій, І.К. Половко, О.М. Маринич, Б.Ф. Міцкевич, І.Є. Бучинський, Н.Б. Вернандер, П.С. Погребняк, В.К. Маков, А.Є. Бабинець та ін.

Міцкевичем Б.Ф. та Сушиком Ю.Я. [7, 9] розроблені принципи ландшафтно-геохімічного районування території Українського щита (УЩ) для проведення пошуків рудних родовищ по вторинних ореолах розсіювання. Розроблені еколого-геохімічні критерії стійкості ландшафтів [14].

Міцкевичем Б.Ф. [9] у межах УЩ виділено п'ять ландшафтно-геохімічних районів (північнополіський, південнополіський, лісостеповий, степовий) відповідно до фізико-географічної зональності території щита, що відображає обстановку і характер геохімічних процесів. Ці дослідження стали підґрунтям для проведення геохімічних пошуків по вторинних ореолах розсіювання та сприяти визначенню критеріїв оцінки екологічного стану ґрунтів [13-15].

ГЕОХІМІЯ ҐРУНТІВ

Геохімія ґрунтів - це історія хімічних елементів у ґрунтах. Геохімічний підхід до вивчення ґрунтів охоплює декілька основних напрямків, що лежать на стику хімії ґрунтів, геохімії ландшафту, біогеохімії: 1) поширеність елементів, тобто питання про кларк-к-у елементів у ґрунтах; 2) геохімія процесів ґрунтоутворення (геохімія вивітрювання порід, ґрунтів; окисно-відновна та лужно-кислотна зональність ґрунтів; геохімічна структура ґрунтів, геохімічні бар'єри); 3) латерально-міграційна диференціація, геохімічна організація ґрунтового покриву; 4) проблеми ґрунтово-геохімічного картування; 5) техногенне забруднення та техногенна геохімічна трансформація ґрунтів та ін.

Співробітники Інституту більшу частину своїх досліджень на сьогоднішній день присвячують вивченню закономірностей розподілу хімічних елементів в основних типах ґрунтів України; визначенню мобільних форм важких металів у ґрунтах природних і техногенних ландшафтів; розробці інформаційно-довідкової системи та банку геохімічних даних та еколого-геохімічному картування ґрунтів України.

Вивчено закономірності розподілу техногенних металів та галогенів в основних типах ґрунтів України. Встановлено залежність вмісту хімічних елементів у ґрунтах від фізико-хімічних властивостей ґрунтів, мінерального складу ґрунтоутворювальних порід, ландшафтних та техногенних умов території України [5, 12].

Встановлено основні форми знаходження важких металів у зональних типах ґрунтів України, пов'язані з фракціями: ґрунтового гумусу, "залишковою",

карбонатною, адсорбованою, обмінною й легкорозчинною. Визначено, що рухомість металів у ґрунтах знижується зі збільшенням вмісту гумусу й глинистої фракції.

У зв'язку з сучасними уявленнями, а також виходячи з експериментальних даних було розроблено [13] фізико-хімічну модель утворення мобільних форм токсичних елементів у системі ґрунт - розчин, яка об'єднує такі процеси: іонний обмін у ґрунтово-поглинльному комплексі; утворення розчинних різнолігандних і різнометалевих хелатних сполук з фульвокислотою; утворення абсорбційно-міцелярних комплексів з гуміновою кислотою; утворення абсорбційних сполук важких металів на поверхні гідроксидів заліза і марганцю.

Визначено фоновий природний рівень вмісту металів у ґрунтах основних ландшафтно-геохімічних зон України, їх вміст у ґрунтах заповідників [4, 5, 11]. Встановлено що, ґрунти територій, на які впливають викиди підприємств вугільної, чорної та кольорової металургії, машинобудування, хімічної й металообробної промисловості, вміщують важкі метали в кількості, що перевищує природний геохімічний фон в десятки й сотні разів. Найбільш забруднені важкими металами ґрунти промислових та селітебних зон підприємств вугільної, чорної та кольорової металургії. Менше забруднені металами ґрунти, на які впливають викиди підприємств хімічної промисловості, машинобудування й металообробки. В техногенно забруднених ґрунтах підвищується вміст металів у обмінній та легкорозчинній формах і значно збільшується їх рухомість порівняно з ґрунтами фонових територій. Середній вміст рухомих форм металів у ґрунтах на територіях підприємств вугільної промисловості складає, % від валового: цинк - 47,5; мідь - 34,5; кобальт - 29,7; свинець - 35,5; нікель - 73.

За допомогою методу термодинамічного аналізу та за результатами експериментальних робіт встановлені основні форми міграції важких металів у ґрунтових розчинах - це вільні катіони металів і розчинні металоорганічні комплекси.

Визначено потенційну буферну здатність (ПБЗ) основних типів ґрунтів України. По відношенню до забруднення важкими металами ґрунти України складають такий ряд (за мірою зростання їх ПБЗ): світло-сірі опідзолени < дерново-середньопідзолисті < каштаново-солонцюваті < чорноземи звичайні. Світло-сірі й дернові ґрунти з невеликим вмістом глини, гумусу та незначною ємністю катіонного обміну мають менше значення ПБЗ, ніж чорноземи. На основі теоретичних розробок та аналітичних досліджень створено інформанійно-довідкову систему та банк еколого-геохімічних даних, що характеризують фізико-хімічний стан ґрунтів, мінеральну, геохімічну та еколого-біологічну їх характеристику, є основою для створення ґрунтово-геохімічного моніторингу [5].

Нові підходи до еколого-геохімічного картування ґрунтів на основі визначення показників рухомості та особливостей міграції хімічних елементів дозволили розробити принципи комп'ютерного картування та побудувати моно- та поліелементні геохімічні карти розподілу валових і рухомих форм металів, а також методи оцінки ступеня техногенного забруднення [5].

Закономірності розподілу елементів у ґрунтах, особливості фізико-хімічної міграції відображаються на еколого-геохімічних картах для вирішення практичних завдань прикладної геохімії, агрохімії, медицини й охорони навколишнього середовища. Експериментальні та дослідно-методичні роботи з визначенням показників рухомості (інтенсивних, екстенсивних та буферних) в основних типах ґрунтів України дозволили знайти принципово нові підходи оцінки та прогнозу стану довкілля. Перший досвід створення еколого-геохімічної електронної карти ґрунтових відкладів за показниками рухомості важких металів було здійснено на прикладі Київської області.

ГІДРОГЕОХІМІЯ

Хоча коріння гідрогеохімії сягають глибокої давнини, найголовніший внесок у становлення сучасної гідрогеохімії належить В.І. Вернадському.

До сучасних напрямків гідрогеохімії належать вивчення: мінералогії води, еволюції системи вода - порода - газ - органічна речовина, динаміки гідрогеохімічних процесів, ізотопної та екологічної гідрогеохімії, геохімії вільних та капілярних вод, геохімії океану, геологічної та біологічної ролі води, фізико-хімічне моделювання процесів пов'язаних з водою. Протягом декількох десятиліть співробітники Інституту працюють у галузях пошукової гідрогеохімії, фізико-хімічного моделювання, екологічної гідрогеохімії.

Розрахунок рівноважного стану форм знаходження мікроелементів у системі порода - розчин виконаний нами [5] шляхом мінімізації енергії Гіббса системи та шляхом обчислення системи рівнянь констант рівноваги хімічних реакцій з врахуванням балансу мас і потенціалів рухомих компонентів. Отримано дані щодо форм міграції макро- та мікроелементів у підземних водах Дніпрово-Донецького артезіанського басейну. Проведено оцінку мікроелементного складу підземних вод для питного водопостачання Київського мегаполіса, що дозволила визначити мікроелементи, які мають значення для вивчення впливу питної води на здоров'я населення.

Роль деяких елементів у мікроелементному балансі в організмі людини і вміст у прісних підземних водах досі не визначені. Це, передовсім, рідкісні елементи: платина, ніобій, самарій, гадоліній, тербій, диспрозій, гольмій, ербій та інші, на вивчення геохімічних особливостей яких будуть направлені наші подальші дослідження. Представлені результати є початковим етапом дослідження геохімії мікроелементів у підземних водах Київського мегаполіса.

БІОГЕОХІМІЯ

Біогеохімічні дослідження почалися в Києві під керівництвом В.І. Вернадського - 1918 року була створена перша у світі біогеохімічна лабораторія. Співробітники лабораторії зафіксували постійну присутність в трьох видах мохів та квіткових рослин Київської області 26 хімічних елементів. Дослідження інколи здавалися безплідними, а присутність таких елементів як кобальт, мідь, нікель - випадковістю. Але час показав протилежне. Біогеохімія як розділ геохімії, що вивчає життя в аспекті міграції атомів та трансформації енергії, продовжує

набувати актуальності. У сучасній біогеохімії знайшли відображення ідеї В.І. Вернадського про єдність життя в геохімічному середовищі, геохімічної та планетарної ролі живої речовини, функціях біосфери та її техногенної еволюції. Екологічні аспекти біогеохімії найбільш повно висвітлені в концепції біогеохімічних провінцій та екологічної геохімії (О.П. Виноградов, В.В. Ковальський). Основні напрямки, яким приділена увага співробітників Інституту, - це застосування біогеохімічних методів пошуків корисних копалин в Україні, біогеохімія ґрунтів та рослин.

Для дослідження території УЩ біогеохімічні методи впроваджені з 1955 р. з метою розв'язання теоретичних і практичних питань. Теоретичні дослідження були спрямовані на визначення ролі рослинності в руйнуванні гірських порід та мінералів і переходу рідкісних, розсіяних і кольорових металів у рухомий стан. Результати цих досліджень показали, що біогенні агенти значно енергійніше переводять в рухомий стан деякі рідкісні метали, ніж природні води. До кола практичних питань належать виявлення оптимальних термінів та об'єктів опробування, визначення вмісту металів у різних видах рослин.

Співробітниками відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії Інституту досліджено вплив вмісту важких металів на мікробіоту ґрунту поблизу Південного гірничо-збагачувального комбінату та Криворізького металургійного заводу (Криворіжсталь). Досліджено резистентність, хемотропічні реакції та сорбційну здатність мікоміцетів щодо іонів важких металів [10].

Проведено дослідження рослинності на території Українського Полісся з метою встановлення ступеня забруднення довкілля важкими металами. Досліджений валовий вміст мікроелементів у попелі деревної рослинності, розраховані показники коефіцієнтів біологічного поглинання. Визначено, що найбільше в деревах накопичуються Cu, Zn, Mn [15].

Біогеохімічні показники, поруч з геохімічними характеристиками ґрунту та води, є надійними критеріями для оцінки еколого-геохімічного стану навколишнього середовища.

Таким чином, для науково обґрунтованої оцінки еколого-геохімічного стану навколишнього середовища необхідно провести комплексне дослідження з геохімії ландшафтів, геохімії ґрунтів, гідрогеохімії, біогеохімії, що дасть змогу отримати надійні геохімічні критерії оцінки стану ґрунтів, біоти та води, створити підґрунття для проведення еколого-геохімічного моніторингу та прийняття рішень щодо покращення стану довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия фтора (прикладное значение). - Киев: Наук. думка, 1987. - 158 с.
2. Жовинский Э.Я., Кураева И.В., Маничев В.И. и др. Минералого-геохимические особенности заповедных зон Украины в условиях техногенеза // Минерал. журн. - 2000. - 22, № 4. - С. 54-61.

3. Жовинский Э.Я., Маничев В.И., Кураева И.В. и др. Эколого-геохимические исследования природных сред в условиях городской агломерации. - Препр. ИГФМ. - Киев, 1991. - 57 с.

4. Жовинський Е.Я., Самчук А.І., Манічев В.І., Петриченко Г.В. Важкі метали у ґрунтах Поліського заповідника // Мінерал. журн. - 2004. - 26, № 2. - С. 47-53.

5. Жовинський Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. - Киев: Наук. думка, 2002. - 213 с.

6. Касимов Н.С., Перельман А.Н. О геохимии почв // Почвоведение. - 1992. - № 2. - С. 6-9.

7. Мицкевич Б.Ф., Сущик Ю.Я. Основы ландшафтно-геохимического районирования. - К.: Наук. думка, 1981.

8. Мицкевич Б.Ф., Сущик Ю.Я., Самчук А.И. Физико-химические условия формирования экзогенных ореолов и потоков рассеяния бериллия. - Киев: Наук. думка, 1984. - 176 с.

9. Мицкевич Б.Ф. Геохімічні ландшафти Українського щита. - К.: Наук. думка, 1971.

10. Олішевська С.В., Захарченко В.О., Наконечна Л.Т., Манічев В.І., Кураева І.В. Вплив іонів важких металів на мікробіоту ґрунту м. Кривий Ріг Дніпропетровської області та його околиць // Мікробіол. журн. - 2008. - № 5. - С. 64-72.

11. Самчук А.И., Огар Т.В. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах Украинского Полесья // Пошукова та екологічна геохімія. - 2007. - № 1. - С. 43-46.

12. Самчук А.И., Огар Т.В., Красюк О.П. Влияние физико-химических свойств почв на образование мобильных форм тяжелых металлов // Пошукова та екологічна геохімія. - 2006. - № 2. - С. 55-58.

13. Самчук А.І., Долін В.В. Важкі метали в ґрунтах Українського Полісся // Мінерал. журн. - 1999. - 21, № 5/6. - С. 40-47.

14. Самчук А.І., Кураєва І.В., Єгоров О.С. та ін. Важкі метали в ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу. ІГМР НАНУ. - К.: Наук. думка, 2006. - 170 с.

15. Самчук А.І., Огар Т.В. Розподіл мікроелементів у ґрунтах та рослинності природних і техногенних ландшафтів // Мінер. журн. - 2008. - 30, № 1. - С. 80-87.

РЕЗЮМЕ

Охарактеризованы основные направления развития современной экологической геохимии: геохимии ландшафтов, геохимии почв, гидрогеохимии, биогеохимии.

SUMMARY

Conducted analysis of basic directions of development of modern ecological geochemistry. Among them appear basic: geochemistry of landscapes, geochemistry of soils, gidrogeochemistry, biogeochemistry.

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ
e-mail: togar@online.ua*