УДК 550.41.551.24.035.577.4(476+477)

Геохімічні критерії впливу зон тектонічних порушень на екологічну обстановку в Білорусі й Україні

Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О., Дмитренко К.Е.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Виявлено геохімічні критерії впливу зон тектонічних порушень на екологічну обстановку в Білорусі й Україні. Мета дослідження – розробка оптимального, ефективного і економічно вигідного комплексу геохімічних критеріїв трасування зон тектонічних порушень для виявлення екологічно небезпечних ділянок.

Тектонічні сили діють в напрямах, визначених геотектонічними особливостями розвитку території. Активні тектонічні процеси визначали масштаби і швидкість переміщення рудоносних розчинів. Надмірний тиск флюїдної фази обумовив дію гідравлічної тектоніки – розчини надходили в зони тріщин з формуванням відповідних рудних покладів. Сприятливе поєднання тектонофізичних і гідродинамічних чинників у цих умовах приводило до появи рідкої лінзи, збільшення її об'єму, здіймання пластичних шарів над нею у вигляді куполоподібних підвищень і у результаті – до формування рудного покладу [8].

Розвантаження розчинів завжди здійснюватиметься в зонах зниженого тиску – там, де діють сили розтягування і утворюються лінзи більш рідкої речовини.

Аномально високий тиск фіксується в зонах активних глибинних розломів і поблизу активних розломів взагалі.

Дослідно-методичні роботи. Об'єктами дослідження були компоненти природних і техногенних ландшафтів – ґрунти, поверхневі відклади, поверхневі та підземні води, рослинність. При вивченні техногенних та природних геохімічних аномалій використані традиційні геохімічні методи: літогеохімічний, гідрогеохімічний, біогеохімічний.

Літогеохімічний метод ґрунтується на визначенні параметрів вторинних ореолів, що є ділянками з підвищеним (у порівнянні з фоном) вмістом елементів у ґрунтах. У результаті площадного опробування ґрунтів фіксуються геохімічні аномалії, обумовлені наявністю мінералізованих зон у корінних породах або техногенним забрудненням ґрунтів. Виявлення тектонічних порушень ефективно проводилося за допомогою визначення рухомих форм хімічних елементів [4].

Для фіксації тектонічного порушення на поверхні необхідна наявність двох умов: присутність індикаторних елементів у формі мінеральних воднорозчинних сполук і висока вологонасиченість середовища, в якому розвивається їх розсіювання. За наявності зон тектонічних порушень флюїдодинаміка є основним процесом надходження індикаторних елементів у ґрунт.

У процесі розбраковки зон тектонічних порушень і зон техногенного забруднення було встановлено, що у ґрунтах низки урбанізованих територій вміст індикаторних елементів зменшується з глибиною.

© Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О., Дмитренко К.Е., 2009

Під час застосування біогеохімічного методу враховано, що у ґрунтах за рахунок їхньої сорбційної ємності триває накопичення елементів і це викликає морфологічні та мутаційні пошкодження рослин. Рослинність та органічна частина ґрунтів є найкращим геохімічним бар'єром і накопичувачем елементів-індикаторів.

Застосування гідрогеохімічного методу дозволяє фіксувати аномалії, представлені мінералізованими ділянками в корінних породах, що тривалий час є джерелом постачання у водотоки надмірної кількості хімічних елементів.

У процесі виявлення зон тектонічних порушень проведено розбраковку природних і техногенних джерел. При цьому враховано, що штучні джерела забруднення, на відміну від природних, мають короткий термін "життя" та пульсуючий характер. У тих випадках, коли джерела забруднення діють постійно і тривалий час, у водах і донних відкладах формуються адекватні одна одній аномалії [6].

Аналітичний матеріал одержано за допомогою сучасних фізичних і хімічних методів аналізу: емісійного спектрального (різних його модифікацій), атомної абсорбції, потенціометрії та ін.

Обробку фактичних даних проведено за допомогою аналітичних, статистичних, математичних методів та з використанням ГІС-технологій, визначення основних форм знаходження елементів у водах – за програмою PHREEQC. Це дозволило розробити геохімічні критерії впливу зон тектонічних порушень на екологічну обстановку в Білорусі й Україні.

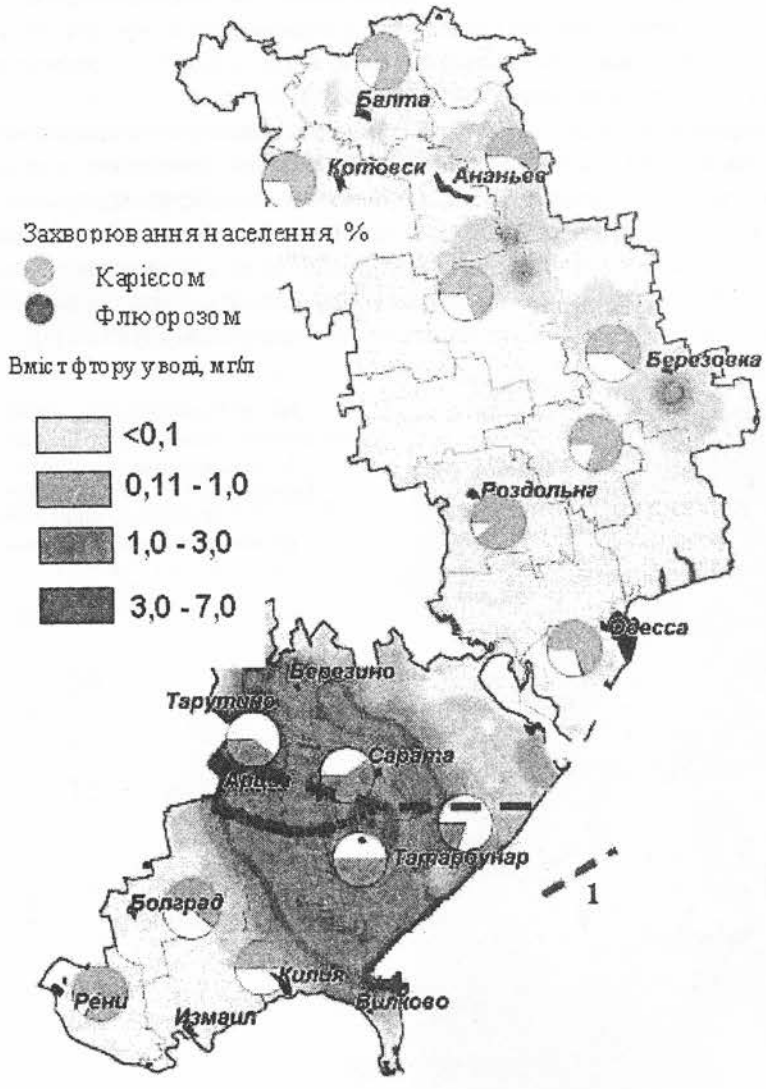

Рис. 1. Вміст фтору у водах сарматського горизонту на території Одеської області

Встановлення геохімічних критеріїв на території України. Встановлено, що фтор є елементом-індикатором тектонічних порушень. Найвищий вміст фтору властивий зонам тектонічних порушень і активізації, де створюються локальні ділянки областей зниженого тиску – найсприятливіші умови для привносу з глибин фтору водами різного походження.

Ділянка Арцизького розлому (Одеська обл.). Приуроченість аномальних значень фтору до зон тектонічних порушень показана на прикладі Одеської області. Різке збільшення вмісту фтору у водах пояснюється наявністю області тектономагматичної активізації, як у зоні Арцизького розлому (рис. 1), де максимальне надходження глибинних високо мінералізованих підземних вод спричиняє різке збільшення вмісту фтору у водах [6].

За наявності низького геохімічного фонового вмісту фтору (до 0,4 мг/л) чітко виділяються гідрогеохімічні аномалії (2,5–7,0 мг/л), що явно тяжіють до зони глибинних розломів. Виявлені гідрогеохімічні аномалії характеризуються також підвищеним (в порівнянні з фоном) вмістом стронцію у водах. У дослідженому районі виразно виявляється особливість ланцюжкового розташування гідрогеохімічних аномалій вмісту фтору у питних водах сарматського горизонту (1), що дублює розлом і зони тріщинуватості (ступінь захворювання флюорозом у даній місцевості максимальний).

Нами на території України проведено численні визначення вмісту рухомих форм хімічних елементів у ґрунтах над тектонічними порушеннями та встановлено, що підвищений вміст важких металів теж тяжіє до зон тектонічних порушень.

Певний мікроелементний склад питних вод є критерієм їх використання в профілактичних і лікувальних цілях. Нестача або надлишок їх у природних водах викликає появу у людей і тварин місцевих захворювань, так званих ендемій. Фтор є одним з елементів, некондиційний вміст якого у водах приводить до розвитку ендемій [6].

Біогеохімічна активність фтороносних вод, зокрема в районах тектонічних порушень, вплив їх на здоров'я людини залежать від фізико-хімічних особливостей природних вод та стану фтору в цих водах. Ступінь і характер ендемічної захворюваності залежить від вмісту в питній воді активних форм фтору. Розрахунки показали, що при оцінці ступеня екологічного ризику доцільно використовувати коефіцієнт біогеохімічної активності, який у більшості випадків визначається відношенням $F^- / MgF^+ + CaF^+$, або в цілому, $F^- / \Sigma Me_nF_{n\,m}$. При збільшенні вмісту у водах F^- і зменшенні $MgF^+ + CaF^+$ ступінь захворюваності флюорозом зростає [6].

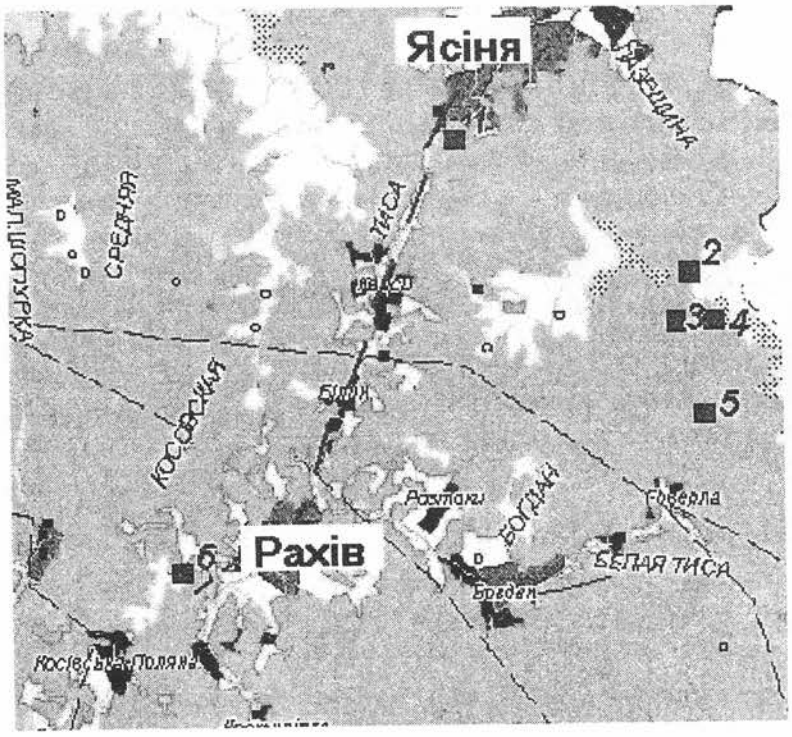

Рис. 2. Розташування ділянок досліджень. Умовно чисті ділянки: 1 – Рахів-Ясиня, 5 – урочище Туркулець, 6 – урочище Підділ; техногенно забруднені: 2 – урочище Брецкул, 3 – Праліс, 4 – урочище Товстий Грунь

Як водний мігрант, фтор бере участь у всіх природних процесах. Його міграція в природних розчинах здійснюється у вигляді комплексних сполук і фтор-іонів. Фтор-іон у зонах тектонічних порушень, частіше за все, утворює комплекси з комплексоутворювальними елементами з максимальною міграційною здатністю: Mg, Be, Al, Sc, Y, La, Ce, Zr, Nb, Ta [5]. У нейтральному і лужному середовищі окрім фтор-іону можуть існувати комплексні сполуки фтору з багатьма металами. Тому збільшення міграційної здатності фтору в кислому середовищі (pH < 7) пояснює його здатність утворювати стійкі комплексні сполуки з Ti, U, Zr, Mn, Al, Si, Ca, Fe, Mg, B. Висока стійкість у розчині притаманна також комплексним іонам Sc, TR, Ti, Hf. У сильнокислих водах (pH < 2) можливе існування комплексів фтору з Ti, Zr, Hf, Se, TR типу ZrF^{3+} тощо [6]. Оскільки в природних водах найбільш часто зустрічаються Al^{3+} і Fe^{3+}, їх можна вважати основними комплексоутворювальними елементами по відношенню до фтору. З комплексів типу $(MeFn)^{3-n}$ найбільш стійкими є FeF^{2+}, FeF^{2+}, AlF^{2+} и AlF^{2+}. При цьому AlF^{2+} вдесятеро стійкіший за FeF^{2+} і комплекси фтору з алюмінієм виникають, коли вміст фтору перевищує 0,002 мг/л.

Здоров'я є основним інтегральним показником екологічного стану території. Тому розгляд екосистеми "здоров'я – навколишнє середовище" завжди необхідно починати з оцінки першого компонента. Вміст фтору в питній воді – один з чинників, що визначають придатність води до вживання й використання в народному господарстві.

Отже, зони тектонічних порушень негативно впливають на екологічну обстановку, що є безперечним фактом і вимагає вивчення.

Ділянка Рахівсько-Тисинського розлому. На території Закарпатського біосферного заповідника (Чорногірська ландшафтно-геохімічна зона, рис. 2).

На шести ділянках проведено літогеохімічні та біогеохімічні дослідження з метою встановлення критеріїв впливу зон тектонічних порушень на екологічну обстановку [3]. До умовно забруднених ділянок належать: ділянка Рахів-Ясіня, розташована у межах тектонічної зони, урочище Підділ – біля автошляху й місця сходу снігових лавин та урочище Туркулець, де проводиться постійна рубка дерев. На всіх ділянках здійснено літогеохімічні дослідження і встановлено, що підвищений вміст металів у ґрунтах на техногенно-забруднених ділянках Підділ та Туркулець не є небезпечним для здоров'я населення.

При проведенні біогеохімічного дослідження ожини, бука і смереки встановленно, що найбільш придатною для вивчення індикаторною рослиною є ожина (вона є на всіх ділянках, окрім Брецкул). За результатами досліджень побудован діаграму інтенсивності накопичення рухомих форм хімічних елементів листям ожини (на прикладі Cu, Ni, Zn, рис. 3).

Інтенсивність накопичення (I) – відношення вмісту елементу у попелі рослини (р) до вмісту рухомих форм елементу у ґрунті (r): I = p/ r.

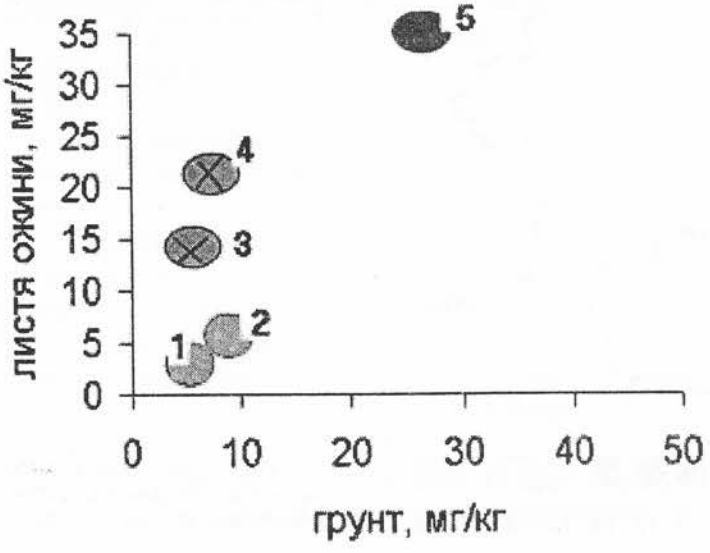

Рис. 3. Діаграма інтенсивності накопичення листям ожини рухомх форм металів (Cu, Ni, Zn). Умовно чисті ділянки: 1 – урочище Товстий Грунь, 2 – Праліс; техногенно забруднені ділянки: 3 – урочище Підділ, 4 – урочище Туркулець; ділянки у зоні тектонічного порушення: 5 – Рахів-Ясиня

Тобто, ділянка, яка знаходиться в зоні впливу тектонічного розлому, і є найбільш небезпечною (максимальний вміст важких металів у ґрунті та рослинності).

При визначенні еколого-геохімічних особливостей підземних вод було вивчено вміст мікроелементів, тривалий дефіцит або надлишок яких спричиняє порушення обміну речовин і виникнення захворювань.

Зроблено спробу виявити причинно-наслідковий зв'язок захворюваності із надлишковим вмістом елементів у підземних водах. Для цього проведено дослідження 10 джерел, воду з яких використовує населення для пиття (температура води у джерелах 6–9 °С, виключенням є джерело 10, температура води у якому – 23–25 °С, де вода має специфічний сірководневий запах). Усі води мають слабку мінералізацію – до 0,7 г/л. Із джерел відібрано воду на визначення рухомих форм: NO_3^-, F^-, Cu, Co, Ni, Zn, Fe, Pb, Li, а також pH, Eh.

Підземні води характеризуються підвищеним вмістом літію, арсену, нікелю, заліза та інших хімічних елементів. Слід відмітити, що в воді окремих джерел відзначається перевищення ГДК, кількість разів: Li – 150, As – 4000, Ni – 2, Fe – 30.

За результатами визначень побудовано схеми вмісту мікроелементів у підземних водах у зоні Рахівсько-Тисинського глибинного розлому і встановлено, що літій і арсен є найбільш індикаторними елементами [2] з досліджених нами.

Встановлення геохімічних критеріїв на території Білорусі. Кристалічний фундамент території є складно дислокованою ділянкою земної кори з порід різного петрографічного складу, розбитих системою розломів. Протягом різних відтинків геологічного часу вони характеризувались підвищеною тектонічною активністю і виконували роль основних провідників флюїдів, окремих іонів і атомів, забезпечуючи посилення активності вертикальної міграції елементів.

Різні комплекси порід кристалічного фундаменту Білорусі характеризуються асоціаціями хімічних елементів, що відображають металогенічну спеціалізацію цих комплексів. Аналіз розподілу аномального вмісту показує, що до позитивних структурнотектонічних зон, які вміщують породи чарнокітового комплексу, приурочені аномалії Fe, Ni, Co, Cr, V, Zn, Cu [1]. Це дозволяє розглядати їх в цілому як металогенічну провінцію чорних і кольорових металів.

Рис. 4. Розташування ділянок досліджень на території Білорусі [7]: 1 – Полоцька, 2 – Молодечненська, 3 – Заславська, 4 – Негорельська, 5 – Колосовська, 6 – Засульська, 7 – Узденська, 8 – Слуцька, 9 – Солигорська, 10 – Івацевичська, 11 – Березовська, 12 – Логишинська, 13 – Борисовська, 14 - Засточська, 15 – Сосновоборська, 16 – Васильківська, 17 – Гомельська, 18 – Ісловська

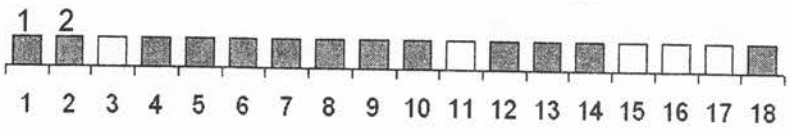

Рис. 5. Геохімічні асоціації елементів у осадових відкладах. 1 – переважно Ni, Nb; 2 – Mn, Cr

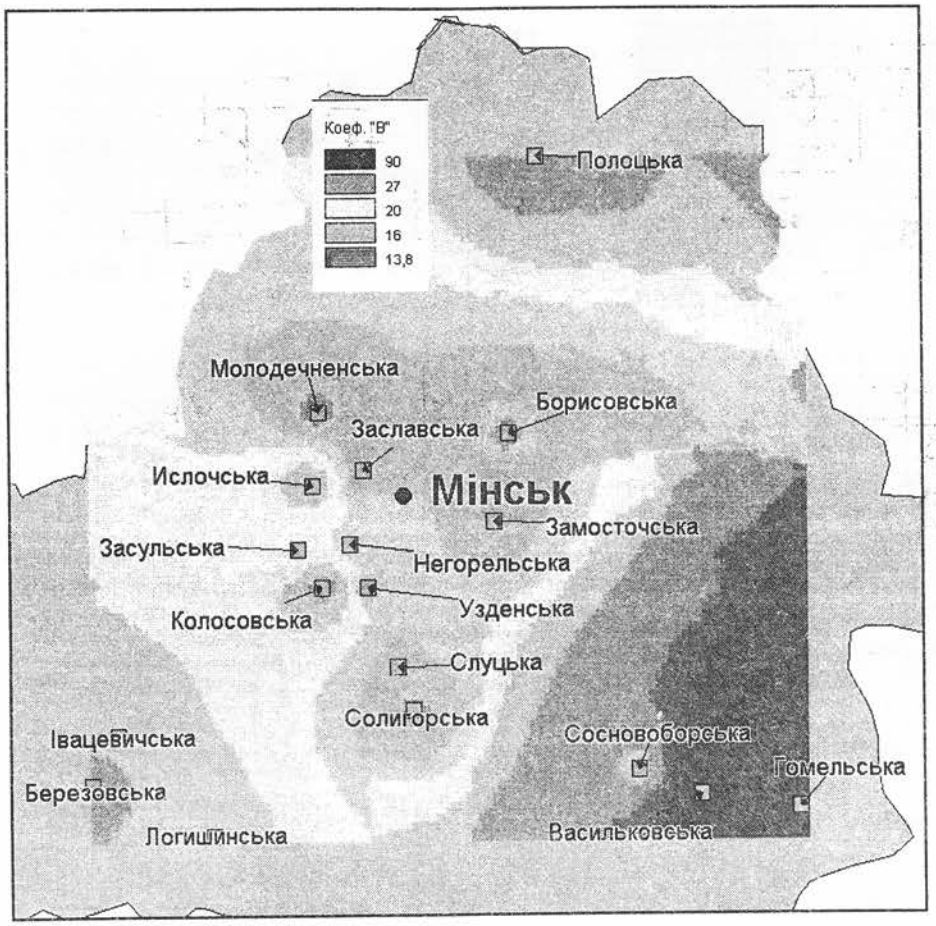

Рис. 6. Градація території за коефіцієнтом «B» (Mn/Ti)

З породами граніто-гнейсового комплексу (негативні значення магнітного поля) пов'язаний аномальний вміст Be, Th, Cu та інших елементів, що дозволяє розглядати негативні структурнотектонічні зони як металогенічну провінцію рідкісних металів і міді [1].

Верхньопротерозойські відклади представлені, %: піщано-алеврітовими – 67, глинистими – 15, карбонатними – 1, вулканогенно-осадовими – 10 і тілітоподібними – 7 породами. Основний об'єм вивченої частини розрізу складений глинистими і піщаними відкладами (82 %) [1].

Для вивчення впливу глибинних розломів на розподіл мікроелементів у верхніх горизонтах осадового чохла, зокрема в покривних відкладах, проведено літогеохімічне опробування в межах 18 ключових ділянок (рис. 4) [7].

На всіх ділянках проби відібрано з покривних відкладів вхрест простяганню розривних порушень окремо з глибини 0,1–0,2 та 0,9–1,0 м. Проведено систематизацію та математичну обробку результатів спектрального аналізу проб на 15 елементів.

Повсюдно вміст Ni, Mn, Ti, Zn, Co, Nb, B, Ba, Pb вищий від кларкового. Значна кількість елементів з підвищеним вмістом у нижній частині розрізу непрямо підтверджує наявність їх вертикальної міграції, тобто надходження з нижніх горизонтів.

Підвищений рівень накопичення цих елементів у покривних відкладах підвищує ступінь екологічної небезпеки ділянки, але водночас дозволяє виділити елементи-індикатори зон глибинних розломів і диференціювати тектонічні порушення.

Аналіз коефіцієнтів концентрації всіх вивчених елементів у нижній частині розрізу дозволив визначити рівні їх накопичення на різних ділянках і виявити ведучі геохімічні асоціації (рис. 5). На більшості вивчених ділянок виділяються асоціації, де основними елементами є Ni та Nb, або Mn та Cr.

На основі запропонованого Н.М. Страховим залізо-марганцево-титанового модуля, що визначає рівень глибинних ексгаляцій, розроблений коефіцієнт ***B*** (відношення вмісту марганцю

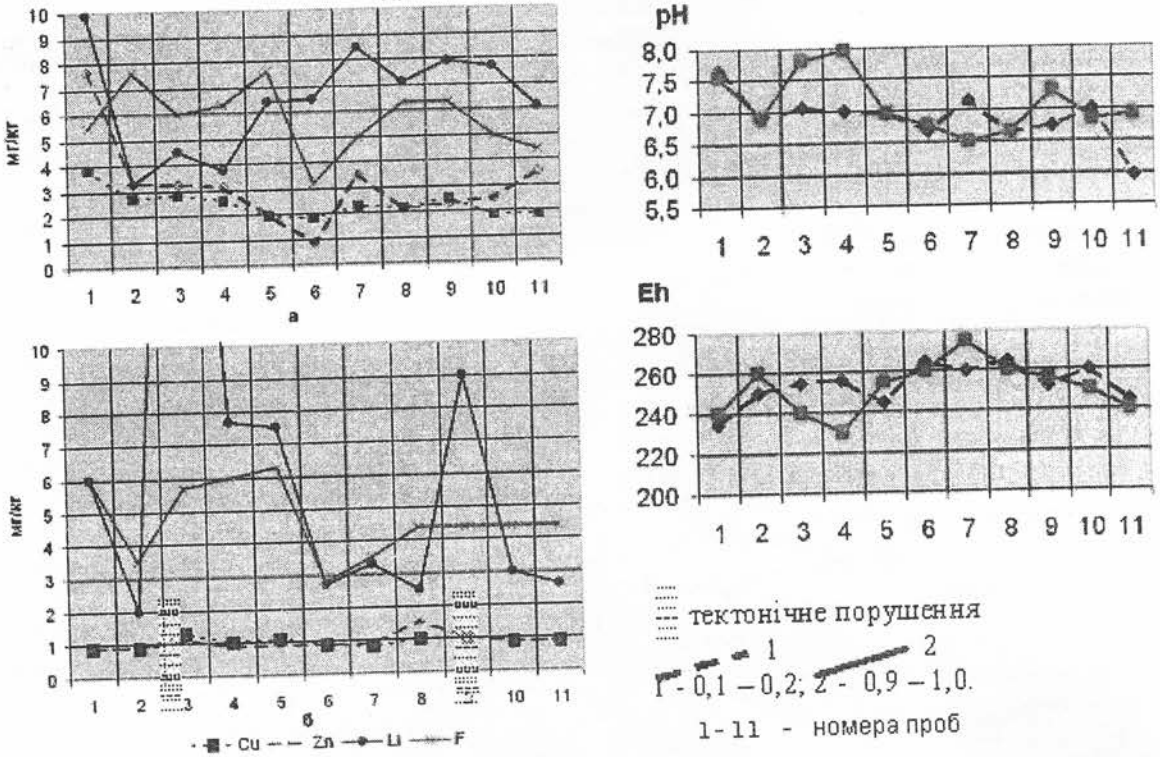

Рис. 7. Вміст рухомих форм хімічних елементів, pH та Eh у поверхневих відкладах Молодечненської ділянки. Глибина відбору, м: а – 0,1 – 0,2; б – 0,9 – 1,0

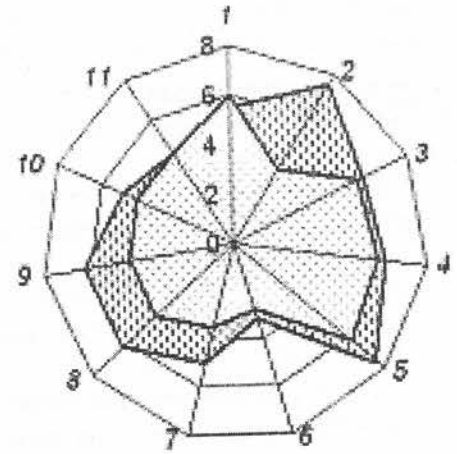

Рис. 8. Порівнювальна діаграма вмісту фтору у профілі Молодечненської ділянки, мг/кг: 1 – верхній горизонт (0,1–0,2м), 2 – нижній горизонт (0,9–1,0м)

до титану), як показник наявності в осадових відкладах більш глибинного матеріалу (ексгаляцій, флюїдів, атомів, іонів тощо) [7]. Відповідні розрахунки дали змогу проградувати територію за цим коефіцієнтом (рис. 6). Максимальне значення коефіцієнту приурочено до зон розломів у межах Полоцької, Колосовської, Березовської ділянок (> 28,0) і особливо Васильківської (89,5) і Гомельської (63,4). Виділені геохімічні асоціації елементів, рівні їх накопичення, група елементів-індикаторів, величина коефіцієнта дозволяють диференціювати зони глибинних розломів за активністю.

Нами проведено детальні дослідження поверхневих відкладів за вмістом рухомих форм хімічних елементів з метою встановлення критеріїв зон тектонічних порушень на двох ділянках – Молодечненській та Заславській.

Дослідження на Молодечненській ділянці. Відбір проб також проводили окремо з глибини 0,1–0,2 та 0,9–1,0 м. На Молодечненській ділянці глибина залягання порід фундаменту близько 0,42–0,45 км. Породи нижнього архею представлені амфібол-двупіроксеновими і амфіболовими кристалічними сланцями, гранат-біотитовими гнейсами та гранулітовим комплексом – глиноземистими гнейсами і кристалічними сланцями. Платформний чохол складений нижньокембрійським комплексом порід потужністю близько 250 м (піщано-алеврітова формація). Під

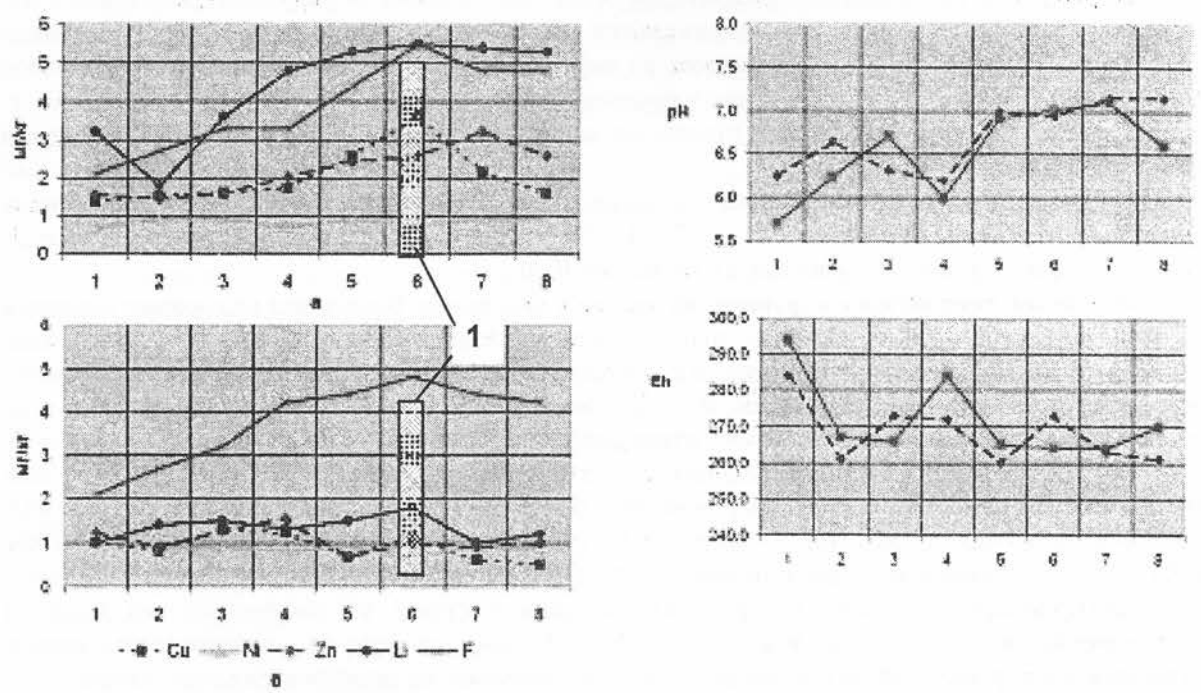

Рис. 9. Вміст рухомих форм хімічних елементів у поверхневих відкладах Заславської ділянки. Глибина відбору, м: а – 0,1–0,2; б – 0,9–1,0. 1 – тектонічне порушення

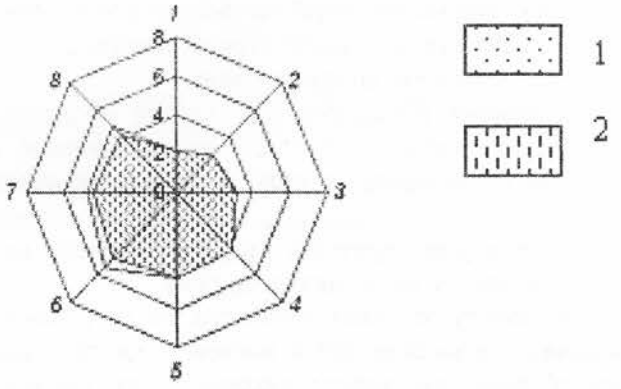

Рис. 10. Порівнювальна діаграма вмісту фтору у профілі Заславської ділянки, мг/кг: 1 – верхній горизонт (0,1 – 0,2 м), 2 – нижній горизонт (0,9–1,0 м)

четвертинними відкладами залягають середньодевонські доломіти, вапняки, піски, пісковики і глини (120–130 м).

Пройдено профіль вхрест простягання тектонічного порушення, взято 11 проб, відстань між пробами 250 м. Результати аналітичних досліджень наведені на рис. 7. Найбільш цікавими є т. 3 і 9, бо підвищений вміст Li та F збігається. За результатами визначення pH та Eh висновків робити не можна, бо коливання їх значень невеликі.

Фтор є індикатором наявності тектонічних порушень. З діаграми вмісту фтору у верхньому і нижньому горизонтах (рис. 8) видно, що на дослідних ділянках (№ 1, 3) різниці в надходженні фтору у поверхневі відклади практично немає.

Для встановлення кореляційних залежностей між вмістом хімічних елементів на різній глибині було побудовано кореляційну матрицю та зроблено висновки, що найбільш індикаторним буде горизонт відбору проб 0,9–1,0 м, для якого встановлюється сильна кореляція літію з міддю, кобальтом та свинцем, фтору з міддю, значення pH з міддю, кобальтом нікелем та фтором.

Дослідження на Заславській ділянці. На Заславській ділянці глибина залягання фундаменту 0,42–0,45 км. Породи нижньоархейського ендербіт-чарнокітового комплексу. В чохлі переважає середньодевонсько-середньотріасові комплекси потужністю до 200 м (конгломерати, пісковики, алевроліти, доломіти, мергелі і глини). У верхній частині осадового чохла переважають крейдяні піски, пісковики, алеврити, мергелі. Потужність четвертинних відкладів складає 170–180 м.

За результатами визначень рухомих форм хімічних елементів у ґрунтах (рис. 9) найбільш цікавою є т. 6, бо тут ми маємо максимальний збіг значень Li та F (наявність тектонічного порушення). Значеня pH від слабокислого до нейтрального – не показово для висновків щодо наявності тектонічного порушення, це стосується і значення Eh.

Вміст фтору на різній глибині практично не змінюється (рис. 10), ділянка є однорідною в плані проникності порід.

Побудована кореляційна матриця та одержано наступні висновки: у пробах, відібраних з глибини 0,1–0,2 м наявна кореляція Zn–Cu–Li, F–Cu–Zn–Li; з глибини 0,9–1,0 м – Zn–Cu–Li. Кореляція фтору у двох горизонтах дуже висока (0,9).

Вплив зон тектонічних порушень на здоров'я населення. Відомо, що над зонами активних розломів виникають лінійні аномалії інертних газів та радіоактивних ізотопів природних газів: Rn, He, Ar, N_2, CH_4, CO_2; парів металів: Hg, Cd, Li, As, Se, Ti та ін. У різних ділянках розломних зон формуються аномальні геохімічні поля [5]. Газові еманації забруднюють поверхневий стік, рослинно-ґрунтовий покрив і приземну атмосферу Mg, Fe, Sr, Al та іншими елементами.

На підставі результатів проведених досліджень виявлено загальний взаємозв'язок між активними глибинними або поверхневими розломами та захворюваністю населення. Імовірнішим є вплив розломних тектонічних структур поверхневої частини земної кори. «Життя» цих розломів сьогодні є проявом сучасних геодинамічних процесів стискання земної кори. Максимальна кількість поверхневих розломів насувної та насувно-зсувної природи зосереджена в межах рахівського району. Максимальним за поширенням рівнем захворюваності у цих районах характеризуються гіпертонія та цереброваскулярні хвороби.

Наявність над зонами розломів аномалій Hg, Cd, Li, As, Se, Ti спричиняє захворювання кровоносної системи серед місцевого населення. Аналогічні хвороби зумовлені надмірним вмістом Fe, Cd, Mg, Cu та інших важких металів у харчових продуктах та воді, які в межах описуваних районів найбільше поширені. Крім того, тимчасове перебування та проживання населення у таких зонах може призвести до виникнення стану стійкого стресу, який ослаблює імунну систему та збільшує чутливість організму до різних типів захворювань.

Відповідно, місця розривних порушень є типовими геопатогенними зонами (геологічні аномалії, де виявлено тектонічні розломи й тріщини, магнітні аномалії, місця, пов'язані з рудними покладами й копальнями, заболочені місця, гравітаційні аномалії тощо), що завдають найбільшої шкоди здоров'ю людини.

Висновки. Встановлено, що у межах досліджуваних територій природні аномалії над зонами тектонічних порушень часто мають значну довжину та незначну ширину.

Результати дослідження розподілу валового вмісту хімічних елементів та їх рухомих форм у вертикальному розрізі поверхневих відкладів дозволили дійти висновку, що природні ореоли у тектонічних зонах характеризуються збільшенням вмісту рухомих форм хімічних елементів з глибиною і нестабільним розподілом сумарного вмісту. Це залежить, у першу чергу, від мінерального та хімічного складу поверхневих відкладів та ґрунтів.

Аномалії над зонами тектонічних порушень та тектонічної активізації характеризуються підвищеним вмістом рухомих форм F, Br, I, а також переважанням катіонних та аніонних форм.

Встановлено причинно-наслідковий зв'язок захворювань із надлишковим вмістом елементів (рухомих форм літію, нікелю і арсену) у підземних водах у зоні Рахівсько-Тисинського глибинного розлому Карпат та фтору в зоні Арцизького розлому. Зроблено висновок, що через вміст токсичних елементів у підземних водах джерел щоденне вживання їх як питних шкідливе для здоров'я. Можна рекомендувати їх як лікувальні за умови проведення додаткових медичних досліджень.

За результатами біогеохімічних та літогеохімічних досліджень, проведених у Чорногірській ландшафтно-геохімічній зоні Закарпаття, за рухомими формами важких металів та фтору встановлено, що у районах тектонічних порушень наявний підвищений вміст важких металів у ґрунтах та рослинності, він має не локальний, а площинний характер і впливає на здоров'я населення.

Проведені дослідження на території Білорусі дозволили встановити небезпечні ділянки за вмістом рухомих форм важких металів та кореляційними зв'язками між елементами.

Тобто, встановлено наступні геохімічні критерії: підвищений вміст рухомих форм фтору у підземних водах; підвищений вміст фтору, літію, арсену у ґрунтових витяжках; форми міграції хімічних елементів, характерні для кислого середовища; найбільша інтенсивність поглинання важких металів рослинністю; наявність флюїдодинаміки; площинний (не локальний) характер підвищеного вмісту індикаторних елементів.

Дослідження проведені за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень України (проект 14.3/004).

1. Бордон В.Е. Геохимическое поле платформенного чехла. – Минск: Наука и техника, 1986. – 144 с.

2. Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О., Сухарюк Д.Д., Папарига П.С. Рухомі форми металів у ґрунтах Карпатського біосферного заповідника (Угольсько-Широколужанський масив) // Мінерал. журн. – 2006. – 28, № 4. – С. 53–58.

3. Жовинський Е.Я., Папарига П.С., Крюченко Н.О. Важкі метали у ґрунтах та рослинності Чорногірської ландшафтно-геохімічної зони на прикладі Карпатського біосферного заповідника // Пошукова та екологічна геохімія. – 2008. – № 1(8). – С. 13–22.

4. Жовинский Э.Я., Крюченко Н.О. Геохимические методы поисков по подвижным формам химических элементов на Украинском щите // Дальний Восток-2. Горный информационно-аналитический бюллетень. – Вып. 15. – 2007. – С. 213–222.

5. Жовинский Э.Я., Крюченко Н.О. Прикладное значение геохимии фтора // Пошукова та екологічна геохімія. – 2007. – № 1(6). – С. 3–13.

6. Иванов В.В. Екологічна геохімія елементів. – М.: Наука, 1996. – т. 3. – 352 с.

7. Матвеев А.В., Бордон В.Е. Геохимическая диагностика зон разломов: ассоциации элементов, уровень их накопления, индикаторы // Пошукова та екологічна геохімія. – 2008. – № 1(8). – С. 7–12.

8. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1970. – 235 с.

Выявлены геохимические критерии влияния зон тектонических нарушений на экологическую обстановку в Беларуси и Украине.

The geochemical criteria of influencing of areas of tectonic violations on an ecological situation in Belorus and Ukraine are exposed.