

АКТУАЛЬНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК З ГЕОХІМІЇ ІЗОТОПІВ

2019 року вийшов друком навчальний посібник "Геохімія ізотопів" (автор Петро Білоніжка. Львів: Львів. нац. ун-т імені Івана Франка, 2019. 190 с.), в якому розглянуто теоретичні основи будови атомів і атомних ядер хімічних елементів і стабільні та радіоактивні ізотопи, детально охарактеризовано радіологічні методи визначення віку гірських порід, мінералів та інших природних утворень, проаналізовано геохімію і розподіл стабільних ізотопів вуглецю, сірки, кисню, водню і азоту у природних процесах та їхнє генетичне і пошукове значення, показано використання радіоактивного розпаду ізотопів у ядерній енергетиці, наукових дослідженнях і техніці та вплив радіоактивності на довкілля.

Визначення віку гірських порід і мінералів, що ґрунтується на радіоактивному розпаді ізотопів хімічних елементів, здавна застосовується в геології. Саме на підставі вивчення закономірностей розпаду радіоактивних ізотопів у мінералах з'явилася унікальна можливість установити вік мінералів і розмаїтих породно-рудних комплексів гірських порід. З допомогою сучасних радіологічних методів можна визначити час перебігу складних геологічних процесів, тобто пізнати геологічну історію різних регіонів. Проте необхідно зазначити, що радіологічні методи ґрунтуються на складних теоретичних засадах ядерної фізики. За впливу потужних ендегенних і екзогенних геологічних процесів проходять значні зміни первинного складу гірських порід із утворенням нових мінеральних асоціацій і відбуваються зміни структури мінералів, з якими пов'язані ізотопні системи, що веде до заниження або завищення їхнього віку. Тому інтерпретація даних з геохімії ізотопів є досить складною.

Показово, що за таких передумов на кафедрі мінералогії геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка вже багато років поспіль для студентів п'ятого курсу спеціальності "геохімія і мінералогія" читають лекції та проводять практичні заняття з курсу "Геохімія ізотопів". З огляду на важливість цього курсу для вирішення багатьох геологічних і геохімічних проблем, потрібно ввести його для студентів усіх геологічних спеціальностей, а належного рівня викладання можна досягнути за допомогою відповідного навчального посібника з цього профілю. Це і визначає актуальність рецензова-

ного навчального посібника Петра Білоніжки "Геохімія ізотопів". Посібник містить передмову, чотири розділи і список літератури, добре ілюстровано.

У першому розділі "Загальна геохімічна характеристика ізотопів" описано історію вивчення радіоактивності та ізотопів, головні риси будови атомів, зокрема будову атомних ядер, стабільні ізотопи, радіоактивні ізотопи, типи радіоактивного розпаду ізотопів, ряди радіоактивних ізотопів, синтез трансуранових хімічних елементів, поширення радіоактивних ізотопів у природі.

У другому розділі "Радіологічні методи визначення віку гірських порід, мінералів та інших природних утворень" з різним ступенем детальності охарактеризовано уран-свинцевий, свинцевий, калій-аргоновий, рубідій-стронцієвий, самарій-неодимовий, реній-осмієвий, радіовуглецевий, тритієвий, берилієвий та іонієвий методи. Обговорено закон радіоактивного розпаду, коректність відбору та підготовки зразків гірських порід і мінералів для визначення віку, наголошено на умовах, за яких вік природних об'єктів можна точно визначити. Також названо мінерали і природні утворення, найпридатніші для визначення віку за допомогою конкретних методів. Детально описано уран-свинцевий (U-Pb) метод. Зазначено, що вік мінералів можна визначити за чотирма незалежними рівняннями, а правильність визначення засвідчує отримання однакових чи близьких значень. У разі захоплення ізотопів свинцю безпосередньо з мінералоутворювального середовища застосовують метод ізохрон, а у випадку винесення чи привнесення радіо-

генного свинцю чи радіоактивних ізотопів урану й торію — метод конкордії. Для визначення віку мінералів зі складною геологічною історією, зокрема, з високометаморфізованих порід, рекомендовано застосовувати дискордію. Особливо детально розглянуто калій-аргоновий (К-Аг) метод і застереження щодо його застосування. За даними виконаних автором посібника досліджень виявлено, що для визначення віку за цим методом можна успішно застосовувати не лише глауконіт, але й гідрослюди (іліти). Оскільки К-Аг методом визначають час утворення, а не перевідкладення мінералів, то ці дані можна використати для визначення генезису гідрослюд і областей зносу теригенного матеріалу. Можливість застосовувати глауконіт як геохронометр осадових утворень деякі геологи оцінюють скептично, бо, на їхню думку, складно з'ясувати питання первинності мінералу. Однак Петро Білоніжка встановив, що характерна ознака первинності — наявність у його зернах тріщин синерезису, тоді як у перевідкладеному, перекристалізованому глауконіті вони відсутні. З метою використання результатів датування гірських порід і мінералів для вивчення геологічних процесів наведено Міжнародну стратиграфічну шкалу фанерозою і Загальну стратиграфічну шкалу докембрію України із зазначенням даних щодо віку утворення відкладів кожного ярусу фанерозою і докембрійських утворень (у мільйонах років). Цікавими є і дані з визначення віку найдавніших гірських порід і мінералів з усіх континентів Землі.

У третьому розділі "Геохімія стабільних ізотопів" описано фракціювання (розділення) ізотопів під впливом фізико-хімічних умов середовища і біогенезу, глибину якого визначають кінетичні і термодинамічні чинники, та виділено головні закономірності розділення стабільних ізотопів. Розглянуто геохімію і біогеохімію стабільних ізотопів вуглецю, сірки, кисню, водню і азоту — легких елементів, яким властивий найбільший ефект фракціювання, наведено склад і вміст ізотопів кожного елемента, формули, за якими визначають співвідношення ізотопів, стандарти. Детально описано розподіл ізотопів цих елементів у породах осадового, магматичного і метаморфічного походження, газах хімічного і біогенного походження, в різних типах вод, кам'яному вугіллі, нафті, природному горючому газу, метеоритах тощо. Наведено приклади збагачення

легкими ізотопами одних природних об'єктів і важкими ізотопами — інших. З огляду на генетичне і розшукове значення стабільних ізотопів, значну увагу приділено застосуванню власне стабільних ізотопів легких елементів для з'ясування умов утворення родовищ самородної сірки, сульфідних руд, калійних солей, графітів та ін. Наведено цінні дані щодо відмінностей процесів утворення базальтів і гранітів різного походження за співвідношенням ізотопів $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ та віку і генетичних особливостей свинцевих руд, що не містять радіоактивних ізотопів урану і торію, за співвідношенням ізотопів $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ і $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$.

Матеріали четвертого розділу "Використання радіоактивного розпаду ізотопів у промисловості, наукових дослідженнях і техніці" акцентують увагу на використанні енергії розпаду радіоактивних ізотопів в атомних електростанціях, на кораблях, підводних човнах, у виробництві ядерної зброї та наукових дослідженнях і на радіоактивних ізотопах як індикаторах біохімічних і фізіологічних процесів. У контексті ядерної енергетики розглянуто причини та наслідки аварії на Чорнобильській атомній електростанції, вплив радіоактивності на довкілля та наявні проблеми щодо збереження радіоактивних відходів.

Навчальний посібник Петра Білоніжки містить велику базу фактичних даних з геохімії і біогеохімії ізотопів та їхнього застосування для вирішення практичних завдань. Його написано на належному науковому, педагогічному і методичному рівні, водночас складний курс викладено логічно і послідовно, добре ілюстровано. Важливо, що кожен із розділів завершується переліком контрольних запитань і завдань, які дають можливість студентам самостійно оцінити якість засвоєння матеріалу. Завдяки предметному покажчику можна швидко зорієнтуватися, зокрема щодо головних положень.

Аналіз матеріалів рецензованого навчального посібника "Геохімія ізотопів" свідчить, що Петро Білоніжка, виконуючи ґрунтовні наукові розвідки, результати яких увійшли до ряду монографій, у тому числі "Геохімічні закономірності формування родовищ калійних солей Передкарпаття", і численних статей у фахових виданнях України та інших держав, особисто отримав вагомні дані з геохімії ізотопів, проаналізував і проінтерпретував літературні матеріали і вміло виклав це у доступній

формі. Завдяки зрілому науково-педагогічному і методичному досвідові, набутому автором упродовж багатолітньої праці на геологічному факультеті Львівського університету, у посібнику доступно й кваліфіковано на стику геології, мінералогії, геохімії, ядерної фізики і радіохімії розглянуто теоретичні основи будови атомів і атомних ядер хімічних елементів, стабільні і радіоактивні ізотопи, типи і ряди радіоактивного розпаду ізотопів, поширення радіоактивних ізотопів у природі, синтез трансуранових хімічних елементів, описано уран-свинцевий, свинцевий, калій-аргоновий, рубідій-стронцієвий, самарій-неодимовий, реній-осмієвий методи визначення віку гірських порід і мінералів, датування інших природних утворень Землі радіовуглецевим, триті-

євим, берилієвим, іонієвим методами, геохронологію фанерозою і докембрію та вік найдавніших гірських порід і мінералів, проаналізовано фракціювання стабільних ізотопів, геохімію і розподіл стабільних ізотопів вуглецю, сірки, кисню, водню і азоту в природних процесах, їхнє генетичне і пошукове значення, використання радіоактивності в ядерній енергетиці, наукових дослідженнях і в техніці та вплив радіоактивності на довкілля. Навчальний посібник "Геохімія ізотопів" буде цінним для студентів, аспірантів геологічних спеціальностей закладів вищої освіти, працівників наукових установ і виробничих організацій.

I.M. НАУМКО

Надійшла 24.03.2020