

Пошукова геохімія

УДК 550.84:564.296

Щодо можливості використання радонометрії для виявлення і трасування зон тектонічної активності

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

На прикладі м. Афіни, тектонічного району Аталанти, геотеплових полів Ніссірос Кальдера та Сусакі (Греція) проведене радонометричне дослідження об'єктів навколишнього середовища, що одержують радіаційно значиму дозу опромінення.

Вступ. Негативна дія на здоров'я населення підвищеного вмісту радону (високорадіоактивного продукту розпаду радію) в повітрі житлових, суспільних і робочих приміщень обґрунтувала виникнення нового наукового напрямку в області радіоекології і санітарної гігієни – "проблема радону". Радон є домінуючим чинником опромінювання населення найбільш небезпечними для здоров'я альфа-частинками і за дуже низьких кларкових значень вмісту у земній корі і атмосфері ($n \cdot 10^{-16} \%$ та $7 \cdot 10^{-17} \%$ відповідно) забезпечує практично третину природного опромінення на Землі [4]. Як інертний газ радон взаємодіє тільки з фтором, утворюючи сполуку RnF_2 .

Основним джерелом радону у природі є збагачені ним мінерали урану і торію. Найбільш високий природний рівень радіоактивності пов'язаний з епігенетичними утвореннями й накладеною гідротермальною чи гідрогенною діяльністю, наявністю артезіанських і нафтогазоносних басейнів або інтенсивною сучасною сейсмічною, вулканічною чи іншою тектонічною діяльністю.

Зони підвищеної тріщинуватості порід і зони розривних порушень є основними шляхами міграції флюїдів, форма і розміри міграційних ореолів визначаються положенням порушених і тріщинуватих зон. На ділянках, де є тектонічні порушення (зони підвищеної проникності), в поверхневих відкладах можуть спостерігатися чітко виражені газові, зокрема еманційні, аномалії.

Існує залежність між вмістом у природних утвореннях радію й радону та їх здатністю до еманції, яка збільшується разом зі ступенем порушеності порід [3]. В результаті еманції ізотопи радону займають пори, капіляри, тріщини й інші порожнини у гірських породах. Він сорбується і міцно утримується поверхнею тіл органічного і неорганічного складу, у адсорбованому стані є рухомими і легко перерозподіляється з поверхні тіл у глибину. Проте швидкий розпад радону виключає можливість його віддаленої міграції від первинних радієвих джерел.

Після радіоактивного розпаду радону (період напіврозпаду найбільш тривалого ізотопу $Rn-222$ становить 3,824 доби) радіонуклід дуже швидко взаємодіє з газами або парою, прикріплюється до аерозолів, що знахо-

дяться в повітрі. Через 1–100 секунд після розпаду радону в атмосфері виникає радіоактивний аерозоль, що містить дочірні продукти розпаду (ДПР) радону і торону, серед яких $Po-210$, $Pb-210$, $Bi-210$.

Можливості проводити дослідження на території Греції ми завдячуємо, передовсім, Національному університету Афін. Але замовлені ними роботи мали лише екологічне спрямування і передбачали комплексну оцінку радіаційного ризику населення. Протягом понад півроку проводилось ретельне дослідження об'ємної активності радону (ОАР) в ґрунтовому повітрі, повітрі у різних частинах житлових будівель, воді тощо. Накопичені дані, на нашу думку, можна застосовувати не тільки для екомоніторингу.

Мета даної статті – охарактеризувати можливість застосування радонометрії для порівняльних геохімічних досліджень.

Об'єкти дослідження – вода, ґрунтове і підґрунтове повітря, у яких експресним способом визначали об'ємну активність радону.

Методика дослідження. Опробування проводили за допомогою радіометра радона PPA-01M-01 "Альфарад" з пробовідбірним пристроєм ПОУ-04. Самостування радіометра, автоматичне врахування фону вимірювальної камери, вивід на матричному рідкокристалічному екрані прямих значень у абсолютних значеннях і похибок цих значень дають змогу експресно проводити дослідження і корегувати плани робіт. Діапазон вимірювань ОАР становить 20–20000 Бк/м³, похибка вимірювання – менше 30 % у діапазоні 20–100 Бк/м³, менше 20 % у діапазоні 100–20000.

Найголовнішою умовою проведення радіометричних досліджень є контроль за температурою і вологістю повітря, які є важливими чинниками міграції радону [2, 5]. Вміст радону у ґрунтах і ґрунтовому повітрі залежить від геологічних умов території і за розміром збільшується з глибиною. Однак еманування зменшується за наявності снігового покриву, підвищеному атмосферному тиску, зливах і, навпаки, збільшується за нормальної вологості у пористих ґрунтах. Існує зворотна залежність концентрації радону від температури повітря,

що можна пояснити конденсаційними процесами в поровому просторі верхніх шарів ґрунту, які призводять до змін капілярного об'єму і, як наслідок, до ефекту накопичення чи вивітрювання газів. Вплив опадів на вміст радону полягає у закупорюванні приповерхневих капілярів і утворенні своєрідного екранувального горизонту з частковим накопиченням радону під ним [1].

Результати і обговорення. Нами проведено дослідження у трьох районах Греції, що характеризуються проявами геотектонічної активності – зоні тектонічної активізації Аталанти і геотеплових полях Ніссірос Кальдера та Сусакі (рисунок).

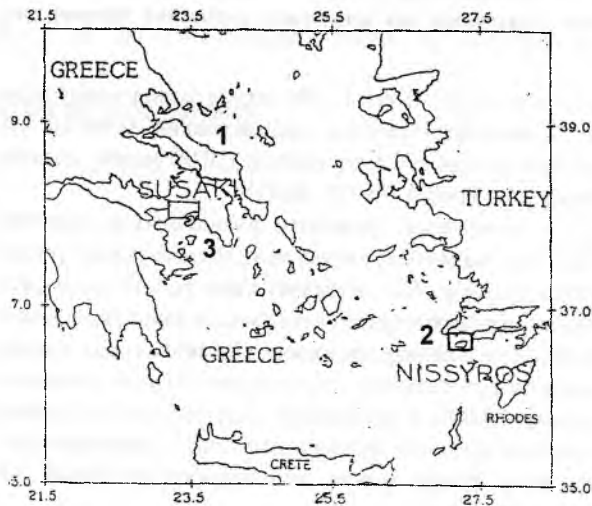


Схема розташування районів досліджень: 1 – зона Аталанти; 2, 3 – геотеплові поля (2 – Ніссірос Кальдера, 3 – Сусакі)

Зона Аталанти розташована у 100 км на північ від м. Афіни і є областю тектонічної активізації шириною ~ 90 км з багатою сейсмологічною і геотектонічною діяльністю.

За тектонічною будовою зона має шість головних зон тектонічних порушень, напрям їх переважно північно- і південно-західний. П'ятнадцять головних тектонічних блоків формують області, подібні за літологічними параметрами і загальною еволюцією протягом верхнього четвертинного періоду. Породи представлені переважно вапняками і доломітами тріасового й юрського віку, а також мергелистими вапняками, мергелями і конгломератами верхньоміоценового, озерними мергелями, конгломератами, пісковиками і глинами плейстоценового віку.

Результати досліджень показали, що зазвичай на даному полігоні рівень ОАР у повітрі збільшується у 2–5 разів відносно фонові концентрації.

Геотеплові поля Ніссірос Кальдера і Сусакі. Дослідження проведені на території двох геотеплових полів: Ніссірос Кальдера в східній частині грецької вулканічної дуги в Егейському морі й у області Сусакі на західній її стороні. При замірах у тих районах досліджуваних територій, де немає тектонічних порушень, виявлено, що концентрація радону в Ніссірос Кальдера складає 0–14,440, в районі Сусакі не перевищує 3,600 Бк/м³.

Ніссірос Кальдера – вулканічний острівець, близько 7 км в діаметрі, складений переважно дацитом. Тут сформовані вулканічні куполи, висота яких сягає 700 м, але східна частина острова майже плоска. Тектонічна діяльність пов'язана з диференціальним рухом блоків. ОАР на деяких ділянках зростає подекуди у десятки разів і сягає 0–36*10³ Бк/м³.

Область Сусакі – сейсмічна область інтенсивних вертикальних рухів. Породи представлені мергелистими конгломератами і пісковиками, а також неогеновими і четвертинними відкладами озерних і морських фацій. Дослідження проведено у місцях поблизу виходів фумарол. Визначення активності радону у геотеплових полях дає можливість виявити напрям геотермального потоку та наявність зон тектонічних порушень. Емісія радону не перевищує значення 1,2*10³ Бк/м³. Це можна пояснити тим, що у районі Ніссірос Кальдера відносна камера магми є широкою, тоді як в області Сусакі геотермальна система не доторкується до камери магми. Радонівий метод дозволяє виявляти особливості вулканічної діяльності в цих двох геотермальних областях.

Проведені вимірювання дають змогу не тільки уточнити тектонічну будову зон активізації й теплових полів, а й дослідити характер циклічності змін вмісту радону у приповерхневому і ґрунтовому повітрі, обґрунтовано розділяти зміну вимірної ОАР, зумовлену зовнішніми чинниками (тиск, температура, вологість) і активізацією еманцій. Останнє дасть змогу проводити експресний моніторинг сучасних геодинамічних проявів.

Авторами проведений значний обсяг робіт з розробки найбільш ефективного комплексу методів трасування тектонічних порушень та зон тектонічної активізації на території України і Молдови. Застосування різних геохімічних методів зумовлено тим, що до складу еманцій постійно входять кілька десятків хімічних елементів, а глибина еманційної зйомки уже сягає 200 м. Картування цих зон найчастіше проводять з використанням комплексу геохімічних методів: літогеохімічного, гідрогеохімічного, методу рухомих форм, фторометричного, ртутнометричного, геодинамічного та інших з широким застосуванням сучасних технологічних розробок, що дозволяють виявляти направленість геохімічних процесів, визначати термодинамічну рівновагу природної системи порода-розчин та багато інших.

В окремих випадках використання такого комплексу геохімічних досліджень може дозволити визначити активність зони і в подальшому давати комплексний прогноз на ті чи інші корисні копалини, що пов'язані з зоною тектономагматичної активізації. Зокрема, структурний контроль є одним з провідних чинників флюоритової мінералізації, розміщення флюоритового зруденіння кероване крупною та дрібною тріщинуватістю. Родовища плавикового шпату і прояви його мінералізації часто пов'язані із зонами тектонічних порушень найчастіше у районі розвитку карбонатних товщ різного віку.

Досвід авторів з літогеохімічних пошукових робіт з застосуванням фторометричного методу за рухомими

формами дає можливість передбачати високу результативність застосування фторометрії на території Греції для трасування зон тектонічної активності і уточнення глибинної будови теплових полів.

Значний обсяг результатів радонової зйомки, проведене виявлення фонових площ, окреслення аномальних полів склали б основу моніторингових досліджень, до яких, на нашу думку, необхідно включити на території

Греції й фторометричний метод – для вирішення, передовсім, пошукових задач.

Територія тектонічно активних зон і теплових полів може стати надзвичайно цікавим і перспективним об'єктом для пошуків різних видів корисних копалин, зокрема флюоритової мінералізації, і для дослідження сумісного впливу радону і фтору на екологічні параметри навколишнього середовища і здоров'я населення.

Дослідження виконано у межах спільного проекту науково-технічного співробітництва між Міністерством освіти і науки України і Національним університетом Афін (Греція) та компанії "Terra Mentor": "Оцінка радонового ризику при міському плануванні (моніторинг та стратегія)" (договір № М/68 – 2006).

1. Багрій І. Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоecологічних та пошукових задач. – К., 2003. – 149 с.

2. Жовинський Е. Я., Комов І. Л., Крюченко Н. О. Вміст радону-222 і фтору в підземних водах м. Києва // Мінерал. журн. – 2004. – С. 28–35.

3. Зверев В. Л., Токарев А. Н., Тыминский В. Г., Швед В. М. Радионуклидная геохимия. – М., 1980.

4. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. В 6 кн. – М.: Недра, 1996. – Кн. 3: Редкие р-элементы. – 352 с.

5. Основные проблемы радоновой безопасности. – К.: Логос, 2005. – 351 с.

На примере г. Афины, тектонического района Аталанти, геотепловых полей Ниссирос Кальдерра и Сусаки (Греция) проведено радонометрическое исследование объектов окружающей среды, получающих значительную дозу облучения.

On an example Athens, tectonic district of Atalanti, geothermal fields of Nissiros Kal'dera and Susaki (Greece) radonometric research is conducted of objects of environment, which get the meaningful dose of irradiation radiation.