

Приложение на метода на следите при определяне възрастта на слюди от пегматити в Южна България

Павел Мончев

Геолошко предприятие за лабораторни изследвания, 1113 София

P. Monchev — Application of the fission-track method in age determination of micas from pegmatites in South Bulgaria. Ages of micas from pegmatites from South Bulgaria were determined using the method of fission-tracks resulting from spontaneous decay of uranium in the micas. The "rejuvenation" of some ages is explained by influx of uranium and thermal influences during the geological existence of the samples. In order to obtain reliable age values it is recommended either to make age corrections through measurements of track lengths from spontaneous and induced decay or, if possible, to increase the time of development of the tracks from spontaneous decay.

При определяне на възрастта на пегматити от магмени и метаморфни скали от Южна България у нас се използват различни радиоизотопни методи — калий-аргонов, уран-оловен, оловно-изотопен. В настоящата работа са изложени някои резултати от датирането на слюди от пегматити по метода на следите.

Този метод е предложен от Price & Walker (1962) и се основава на свойството на слюдите да регистрират и запазват следите от фрагменти на делене на уранови ядра в резултат на техния естествен радиоактивен разпад.

Всички видове слюди (както и други естествени минерали) съдържат микроколичества радиоактивни тежки елементи — уран и торий. Съдържанието на урана в слюдите варира между 10^{-4} и 10^{-10} тегл. % (Берзина & Попенко, 1970). Ядрата на урана и тория се разпадат или спонтанно, или под въздействието на радиацията от естествените радиоактивни изотопи в Земята и космическото лъчение. Установено е, че най-голям принос в образуването на следи има процесът на спонтанно делене на ^{238}U (Fleischer et al., 1975). Спонтанното делене на ядрата на ^{238}U води до създаване на следи от разлитаци се фрагменти. Тези следи представляват зони на нарушения в структурата на минерала и имат повишена химическа активност. В резултат на това е възможно чрез „проявяване“ с подходящ химически реагент тези следи да бъдат увеличени и наблюдавани с микроскоп (Берзина, 1966; Кашукеев, 1973). Оптичната плътност на така получените следи е правопропорционална на възрастта на образеца и урано-

вото съдържание. Последното се определя, като се облъчи изследваният образец с поток от топлинни неутрони. В резултат на облъчването възникват нови следи от принудено (индуцирано) делене на ^{235}U , чиято плътност е пропорционална на общото ураново съдържание.

За изчисляване на възрасти, по-ниски от 10^9 години, се използва следната формула:

$$(1) \quad T = \frac{\pi \sigma \rho_s}{K \lambda \rho_i},$$

където π е интегрален неутронен поток от топлинни неутрони, с които е облъчен образецът; σ — сечение на делене на ^{235}U с топлинни неутрони; I — отношение на изотопните съдържания на ^{235}U и ^{238}U ; λ — константа на спонтанно делене на ^{238}U ; ρ_s — плътност на следите от спонтанно делене на ^{238}U ; ρ_i — плътност на следите от индуцирано делене на ^{235}U ; $K=2$, защото при спонтанното делене изследваната повърхност се бомбардира от фрагментите двустранно, а при индуцираното делене тя се бомбардира едностранно.

Както и при другите радиометрични методи, методът на следите също се основава на няколко предположения: 1) уранът е включен в минерала през време на кристализацията му; 2) изотопното отношение на ^{235}U и ^{238}U се е запазило постоянно; 3) през време на съществуването на минерала не е съществувала забележима миграция на урана; 4) минералът не е претърпял високотемпературни въздействия.

Подбор и обработка на образците

Датирани са мусковити от няколко пегматитови находища от Източни и Централни Родопи, от Рила и от гнайсите в Средна гора. Освен това е датиран и един образец от биотит в монзонити от мина „Росен“, Бургаско. Подбирани са по възможност прозрачни и големи (над 1 cm^2) пластини от слюди, които многократно са разцепвани, докато се получат здрави и чисти повърхности. Биотитът е проявен с 40% флуороводородна киселина при температура 20°C в течение на 2 min. Мусковитът също се проявява с 40% флуороводородна киселина при 20°C . Необходимото време за проявяване за всеки образец се подбира експериментално чрез т. нар. криви на насищане и обикновено е от порядъка на 4—5 h. Първоначално се определя оптичната плътност на следите от спонтанно делене. Следите в мусковита имат форма на каналчета с ромбично сечение, а в биотита — на каналчета със сечение във форма на петогълник. От всеки образец са прегледани по 4—5 пластинки с площ около 1 cm^2 . Наблюдението се извършва с обикновен оптичен микроскоп при увеличение 200—300 пъти от двама различни наблюдатели за намаляване на субективната грешка при диагностиката на следите. Облъчването на пробите се извършва в ядрения реактор ИРТ-2000 при мощност 2 MW. Определянето на интегралния неутронен поток от топлинни неутрони се извършва или чрез златен активационен монитор, като се измерва количеството на продукта на реакцията $\text{Au}^{197}/n, \gamma/\text{Au}^{198}$, или с помощта на предварително калибрирани стъклени детектори. По време на облъчването пробите са поставени в херметически полиетиленови контейнери, за да бъдат предпазени от замърсяване с радиоактивни вещества в реактора. След активирането се изчаква да мине известен период от време, докато радиоактивността спадне до безопасно ниво. Образците повторно се обработват с флуороводородна киселина, обаче по-кратко време (2—3 h за мусковита). Плътността на следите от ин-

дуцирано делене може да се определи по два начина — или като се преброят директно следите от индуцирано делене, или като се пресметне сумарната плътност на двата вида следи (от спонтанно и индуцирано делене) и от нея се извади първоначалната плътност на следите от спонтанно делене. При първия начин следите от индуцирано делене се диагностират по значително по-малките си размери в сравнение със следите от спонтанно делене.

При определянето на плътностите според Б е р з и н а и др. (1966) трябва да се имат предвид няколко особености:

1. Ако съществуват струпвания от спонтанни следи и след облъчването в тази област не възникнат струпвания от индуцирани следи, може да се говори за изнасяне на уран от слюдата през време на нейното съществуване.

2. Наличието на струпвания от спонтанни и индуцирани следи на едно и също място показва, че не е съществувала миграция на урана.

3. Съществуването на струпвания само от индуцирани следи позволява да се направи заключение за навлизане на уран в слюдата (най-често по плоскостите ѝ на цепителност) след нейното образуване.

Резултати и обсъждане

Резултатите от измерванията са показани в табл. 1, като много от образците имат и определения на възрастта по калий-аргоновия метод. Всяка от представените възрасти е получена като среден резултат от 5—10 измервания на отделни пластинки слюда при различни стойности на неутронния поток, т. е. при различни условия на експеримента. При образци с поредни номера 1, 3, 4, 5, 6 и 9 разликата между отделните измервания бе сравнително малка, докато в останалите образци тя бе сравнително голяма. От Родопите има измерени 4 образца. Възрастта на проба № 1 (с. Долен, Източни Родопи) показва много добро съвпадение с калий-аргоновата възраст, но тя е по-ниска от стойностите, получени по метода на следите, уран-оловния и оловно-изотопния метод (К а ш у к е е в и др., 1979). Другият образец от Източните Родопи (№ 2) има стойност, която е много близка до стойността, изчислена по метода на следите, измерени от горепосочените автори. Проби № 3 и № 4 са от пегматити от метаморфния комплекс от Централните Родопи и показват възрасти от 42 и 40 млн. години, т. е. стойности, еднакви със стойността на проба № 1, като също напълно се покриват с данните от калий-аргоновия метод.

От пегматити в Рила са измерени 3 проби. Проба № 5 от местността Пчелина, западно от Рилския манастир, показва значително по-висока възраст от тази, измерена от А р н а у д о в и др. (1980), независимо че плътността на следите от спонтанен разпад бе доста ниска. Възрастта ѝ обаче е по-ниска от калий-аргоновата възраст, което би могло да се дължи на високотемпературно въздействие, заличило част от спонтанните следи. Проби № 6 и № 7 имат еднакви възрасти помежду си и се характеризират с наличието на уранови струпвания на следи от индуциран разпад. Това най-вероятно се дължи на привнос на уран. Според А р н а у д о в и др. (1980) в резултат на нискотемпературни, даже хипергенни изменения уранът се извлича от най-неустойчивите урансъдържащи минерали, мигрира и по този начин може да измени чувствително съдържанието си дори в границите на отделни, неголеми по обем минерални индивиди. Подобен е случаят тук, където плоскостите на цепителност благоприятствуват миграцията на урана. Следователно възрастите на образци № 6 и № 7 би трябвало да се разглеждат като долна граница на истинската им възраст. Образци № 8 и № 9 имат по-ниски възрасти от калий-аргоновите резултати. Най-вероятно това се дължи на по-

Таблица 1

Возраст на слюди по метода на следите

№ по ред	Ляб. №	Минерал	Находище	Неутронен поток (н. см ⁻²)	P _s (см ⁻²)	P _i (см ⁻²)	Възраст (млн. години)		Забележка
							метод на следите	К-Аг метод	
1	1—479	мусковит	с. Долен, Източни Родопи	2,27 · 10 ¹⁵	616	1049	40,7	41,5	
2	19	"	махала Ахадулар, Източни Родопи	1,20 · 10 ¹⁶	57	448	48	—	
3	2—633	"	между Смолян и Мадан	9,90 · 10 ¹⁵	400	2680	42	41,6	
4	12—632	"	между Смолян и Мадан	3,26 · 10 ¹⁵	547	1379	40	40	
5	7—477	"	местност Пчелина, Рила	2,79 · 10 ¹⁵	67	121	47	78	
6	21—РХГ 1	"	ВЕЦ „Крива река“, Рила	1,60 · 10 ¹⁶	534	5117	51,5	—	уранови струпувания P _i
7	23—РХГ 13	"	Сухото езеро, Рила	1,61 · 10 ¹⁶	910	8995	51	—	уранови струпувания P _i
8	3—95	"	Стрелча, Средна гора	2,50 · 10 ¹⁵	114	41	212	239	уранови струпувания P _i
9	28—11/82	"	Панагюрище, Средна гора	2,66 · 10 ¹⁶	70	321	178	264	уранови струпувания P _i
10	14—892	биотит	мина „Росен“, Бургаско	3,10 · 10 ¹⁶	2396	4218	50,8	85	уранови струпувания P _i

късо или по-дълготрайно термално въздействие. Единственият образец от биотит (№ 10) от мина „Росен“, Бургаско, показва възраст, значително по-ниска от калий-аргоновата. Най-вероятно това се дължи на аналитични грешки при измерването, тъй като определянето на плътностите на следите се извършваше (за разлика от мусковитите) на отразена светлина в микроскопа. В този случай (тъй като биотитът е слабо непрозрачен минерал) различаването на следите от спонтанно и индуцирано делене от други подобни фигури (дефекти и нарушения) бе силно затруднено и грешката бе голяма.

Заклучение

Получените възрасти по метода на следите показват в по-голямата си част добро съвпадение с възрастите, получени по калий-аргоновия метод. В случаите, когато пробите имат калий-аргонова възраст значително над 100 млн. години, често се наблюдава значително занижение („подмладяване“) на възрастите по метода на следите. Най-вероятно това се дължи на две причини: по-късни температурни въздействия и (или) процеси на миграция и преразпределение на урана. При датирание на мусковит с възраст под 100 млн. години методът на следите позволява да се получат възрасти, които са в съгласие с другите радиоизотопни геохронологички методи. Следователно от гледна точка на практическото приложение на метода е желателно да бъдат датирани по-млади образци, при които вероятността от наложени процеси е по-малка. За коригиране на евентуални въздействия от наложени процеси може да се използва по-продължително проявяване на следите от спонтанно делене (Мончев, 1984) и измерване на образци с равномерна плътност на следите от спонтанно и индуцирано делене. Трябва да се има предвид, че другите геохронологички методи засега имат по-висока аналитична точност, тъй като все още при метода на следите не се прилагат автоматически системи на преброяване на следите, обезпечаващи добра статистическа точност. Главни достоинства на този метод обаче са неговата простота, достъпност и ниска стойност, което съвсем не е маловажно, имайки предвид скъпите радиоизотопни измервания.

Литература

- Арnaudов, В., Т. Танев, Р. Игнатова. 1980. Геохронологички изследвания по метода на следите на пегматити от Рила планина. — *Геох., минер. и петрол.*, 13, 19—26.
- Берзина, И. 1966. Некоторые данные о слюдах по следам от осколков деления урана. — *Докл. АН СССР*, 170, 3, 681—683.
- Берзина, И., И. Берман, И. Злотова. 1966. Определение возраста слюды по следам от осколков деления урана. — *Изв. АН СССР, Сер. геол.*, 9, 10—25.
- Берзина, И., Д. Попенко. 1970. Диагностика слюды по фигурам травления на следах от осколков деления — атлас, ВНИИЯГГ, Москва.
- Кашукеев, Н. 1973. Твърди диелектрични детектори и техните приложения. С., Наука и изкуство.
- Кашукеев, Н., Бл. Амов, В. Арnaudов, М. Кашукеева, Т. Танева, Р. Игнатова. 1979. Изследвания върху геоложката възраст на слюдоносни пегматити от Източни Родопи по метода на следите. — *Геох., минер. и петрол.*, 10, 3—10.
- Мончев, П. 1984. Корекция на термално занижени възрасти на мусковит по метода на следите. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 45, 3, 364—368.
- Fleischer, R., P. Price, R. Walker. 1975. *Nuclear tracks in solids*. Berkely Univ. of California Press.
- Price, P., R. Walker. 1962. Electron microscope observation of etched trace from spallation recoil in mica. — *Phys. Rev. Lett.*, 8, 5, 217—219.

(Постъпила на 3. XII. 1984 г.)