

Геохимически метод за търсене на Sn и W

Ел. Алексиев

Геологически институт, 1113 София

E. Aleksiev — Methode géochimique de prospection de Sn et de W. La méthode a été éprouvée dans la prospection géochimique au Rwanda. Elle est basée avant tout sur quelques indices synthétisant des anomalies des auréoles de dispersion: coefficient d'anomalie K_a , potentiel anomalique I_a et suite majoritaire (MP). La prospection géochimique effectuée a permis de: découvrir 438 champs anomaliques en Sn et W, dont six localités dégagent d'intérêt tactique; mettre en évidence une ressemblance significative dans la spécialisation géochimique entre les minéralisations découvertes, les granites et les quartzites Nduba au Rwanda. Une hypothèse génétique est formulée pour cette raison: Les minéralisations de Sn et de W sont le résultat d'une mobilisation profonde effectuée par le magmatisme granitique développé dans les zones d'une plate-forme ancienne, enrichies en B, F, W, Sn et en métaux rares

Разсеяното състояние на химическите елементи в земната кора, особено на рудните, преобладава над концентрираното. Промислените запаси на рудните елементи съставляват нищожна част, по-малка от 0,1% от техните „геохимични запаси“, изчислени от кларките. Това важно положение в геохимията стои в основата на геохимичните методи на проучване.

Една от най-важните „следи“, използвани при геохимичните методи за търсене и проучване, е повишената концентрация на рудообразуващите и съпътстващите ги елементи в пространството около рудното находище — вместищи скали, почви, алувиални утайки. Геохимическите аномалии дават информация, която намира приложение на всички етапи на проучвателната работа — от началния, когато се търсят перспективни полета и площи, до завършителния, когато се прави оценка на прогнозния запас.

При изпълнението на един геологопроучвателен проект в Руанда (Източна Африка) беше апробиран геохимически метод за търсене на калай и волфрам, който почива главно на комплексната интерпретация на геохимическите аномалии (I v a p o v — A l e k s i e v, 1983). Методът показва голям проучвателен ефект и може да се използва за търсене и проучване и на други полезни изкопаеми.

Геоложки контекст

Теренът на Руанда е изграден от докамбрийски цокъл с Бурундиенска и Рузизиенска възраст (шисти, кварцити, пясъчници) и широко разпространени гранити със същата възраст (Zigababibili и др., 1980).

Петрографската асоциация на гранитите включва: гранити с биотит, левкократни гранити, в които биотитът частично е заместен с мусковит, и двуслюдени гранити с доминация на мусковита или само с мусковит. По структур-

но-петрографски белези някои автори разделят гранитите на две основни групи: двуслюдени гранитогнайси и пегматоидни гранити с мусковит (Grigoriev, 1982).

По-голямата част от рудопроявленията на Sn и W са привързани към пегматовите и кварцжилните полета около гранитните интрузии. По-значимите от тях са развити в екзоконтактната зона или по-далеч (6—10 km) на гранитните масиви. Ерозионният срез е на нивото на докамбрийския фундамент, непокрит с по-млади седименти и на излизащите на повърхността гранитни интрузии. Вместващите скали са претърпели нискотемпературен метаморфизъм или хидротермални изменения, като мусковитизация, грайзенизация, турманилизация, каолинизация, синхронни с минерализацията на Sn и W.

Калаят се среща под формата на каситерит, обикновено асоцииращ с колумботанталит, берил, волфрамит и амблигонит. Волфрамот е представен предимно от ферберит, рядко от шеелит и вторичните минерали антоанит и тунгстенит. Сулфидните минерали участвуват като следи.

Каситеритът е разпространен в пегматити и кварцови жили, а минералите на W — в кварцови жили, най-често секущи графитови шисти. Връзката на W с гранитите е неясна и дискуссионна.

Описание и възможности на метода

При търсенето и проучването на Sn и W се използва изцяло или частично геохимическата асоциация Sn, W, Mo, Be, Li, Rb, Cs, B, F, Nb, Ta, Th и As. От известните в литературата първични статистически параметри за ореолите на разсейване се извеждат няколко обобщаващи показателя, на които се придава най-голямо значение при интерпретацията.

Фоновата характеристика на вместващите скали се представя с два показателя:

— коефициент на фоновата акумулация $KF = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i/k_i$, където m означава

броя на елементите, \bar{x}_i — средна стойност, k — кларк в скалния тип, \bar{x}_i/k_i — фонов контраст на i -тия елемент в скалата;

— индекс на фоновата акумулация $IF = KF \frac{E_1 E_2 \dots E_m}{E'_1 E'_2 \dots E'_m} E''_1 E''_2 \dots E''_m$, където

с E са означени елементите с $\bar{x}/k > 2$, с E' — елементите с $\bar{x}/k = 1,5-2$, с E'' — елементите с $\bar{x}/k < 0,5$, подредени по намаляващи стойности.

Характеристиката на химическите аномалии се представя с три показателя:

— коефициент на аномалната акумулация $Ka = \bar{a}/F \cdot n/p_1$, където a означава аномалните стойности на елемента, превишаващи аномалния праг $1,5xF$; $F = k$ или \bar{x} — избира се по-голямата стойност; \bar{a} — средната стойност на аномалиите; \bar{a}/F — контраст на аномалията; p_1 — броят на аномалиите на елемента; n — броят на анализиранияте проби;

— индекс (потенциал) на аномалиите в скалата $Ia = \left(\sum_{i=1}^m Ka \right) \frac{E_1 E_2 \dots E_m}{E'_1 E'_2 \dots E'_m} E''_1 E''_2 \dots E''_m$, където E са елементите с $Ka > 20\%$, E' — елементите с $Ka = 10-20\%$, E'' — елементите с $5-10\%$ от $\sum_{i=1}^m Ka$.

— мажоритарен ред на елементите с аномални концентрации в скалата MP: $E_1 > E_2 > \dots, E_m > E'_1 > E'_2 > \dots, E''_m > E''_1 > E''_2 > \dots, E''_m$.

Статистическите параметри \bar{x} , V, E (ексес), A (асиметрия), корелационен коефициент, а (аномалия) и др. дават достатъчна информация за фоновата характеристика на отделните елементи. Новите показатели KF, IF, Ka, Ia резюмират по-голямата част от тази информация за всичките елементи, като придават комплексен характер на метода на ореолите на разсейване и го правят по-ефективен при решаване на следните геохимични задачи:

— извеждане и сравняване на данните за геохимическата специализация и металоносен потенциал на скални комплекси, скални типове и фазиеси, стремсидименти, почви и др. образувания;

— локализиране на перспективни площи и полета при геохимическата проспекция;

— типизация и корелация на аномалните площи и полета в рамките на поголеми геоложки единици и райони;

— проследяване на геохимическата зоналност (вертикална и латерална) и оценка на нивото на ерозионния срез на рудните минерализации;

— подбор на индикаторните елементи-следи за търсене и проучване на полезни изкопаеми;

— търсене на генетическата връзка на орудяванията или рудопроявленията с първичния източник.

При решаването на посочените задачи се дава предпочитание на един или друг комплексен показател или негов компонент. Така например индексът на фоновата акумулация IF може да бъде критерий за геохимическата специализация, а индексът на аномалиите Ia — критерий за металния потенциал на проучваните скали и

скални групи. Стойността на $\sum_{i=1}^m K_a$ дава интензитета, а числителят на Ia — съ-

става на аномалиите и рудопроявленията. Елементите E' и E'' от формулата за Ia, които са леснодостъпни за анализ, са потенциални индикатори за търсенето и проучването. От закономерните промени в местата на елементите във формулата за Ia може да се изведе критерий за зоналността на аномалиите и рудопроявленията. Промените в мажоритарните редове на проби от различни хоризонти са ефективен критерий за вертикалната зоналност и нивото на ерозионния срез. Елементите с близки места в числителя и знаменателя на формула Ia и с високи позитивни корелационни коефициенти могат да се групират в парагенетична асоциация и пр.

Резултати от геохимическата проспекция на Sn и W в Руанда

Геохимичната проспекция на алувиалните седименти в речната мрежа на Руанда доведе до откриването на 438 аномални полета с повишени концентрации предимно на Sn и W. В резултат на проверката на аномалиите по вторичните и първичните ореоли на разсейване на Sn, W, B, F, Be, Rb, U, Nb и др. в почвите и скалите бяха детерминирани и предложени за тактическо проучване шест района, перспективни за Sn и W.

Минерализациите на Sn и W се отнасят към три рудни типа (Л а р и ч к и н, 1981): пегматити с каситерит (I), кварцови жили с каситерит и по-малко волфрамит (II) и кварцови жили с ферберит и антоанит (III). Интерпретацията на първичните ореоли на разсейване в скалите на три еталонни находища (табл. 1) позволи да се изведе геохимическата специализация на трите типа минерализации.

Аномалиите от типа I се отличават с подсилено присъствие на Be, Nb, Th и Rb, от типа II — с присъствието на As и Mo и значително разсейване на Sn, W, B и As във вместиращите скали, от типа III — с присъствието на As, Pb и Mo, отсъствието на Li и най-голямо разсейване на W във вместиращите скали. Геохимическата връзка на

Таблица 1

Геохимическа характеристика на първичните ореоли

| Тип | Скали | Ia | MP | Парагенетични асоциации | Вертикална зоналност (в. з.) | Индикатори на в. з. | Индикатори за търсене |
|-----|---------------|--|---------------------------------|---|---|----------------------------------|----------------------------|
| I | пегматити | 1038 $\frac{\text{SnBe}}{\text{LiNb}}$ MoFW (As) | Sn-Be-Li-B -Nb-Mo-F -W-As | (SnBeNbRb, LiF) (NiCoCu) | As-PbZn- BTh-WCu- NbBe-Ni CoLi-FMo -RbSn | Sn/As—за скалите | |
| | шисти | 46 $\frac{\text{Sn}}{\text{B}}$ BeW (FNb) | Sn-B-Be-W -F-Nb | | | WCd/ CrBe Sc—за касситерит | Be, F, Li ($r > 050$) |
| | латерити | 38 $\frac{\text{Sn}}{\text{—}}$ NbWBeB (LiAs Rb Th) | Sn-Nb-W -Be-B | | | | |
| I | кварцови жили | 110 $\frac{\text{As}}{\text{B}}$ SnBeLiWNI (FMo) | As-B-Sn-Be- Li-W-Ni- FMo | (SnBFLiRb NbTh) (Mo NiCoCuAs) | не се установява | | |
| | шисти | 126 $\frac{\text{AsB}}{\text{—}}$ BeFSnWLi (MoRb) | As-B-Be-F -Sn-W-Li-Mo -Rb | | | | As, B, Be, Li |
| | кварцити | 130 $\frac{\text{B}}{\text{As}}$ SnWMoLi (FBe) | B-As-Sn-W -Mo-Li-F-Be | | | | |
| III | кварцови жили | 1289 $\frac{\text{WAs}}{\text{—}}$ Pb (MoSnBF) | W-As-Pb -Mo-Sn-B-F | (SnNbBFLi RbThBe) (WMo) (NiCoCuPb Zn) | B-NbTh- NiCoPbZn -SnBe-W- CuMn-MoF -LiRb-As | B/As 10PbZn/ As | Pb, As, F, B |
| | шисти | 1048 $\frac{\text{WAs}}{\text{—}}$ FSn | W-As-F-Sn | | | | |
| | латерити | 745 $\frac{\text{WAs}}{\text{B}}$ | W-As-B | | | | |

Еталонни находища: I тип — Мусени; II тип — Рутонго; III — Шиоронги.

Sn с B, F и Be и на W с As е постоянна, докато връзката на Sn с As не е задължителна.

По-голямата част от аномалиите на Sn и W са съсредоточени в ю. и. част на страната, разположена между три гранитни интрузии и в ю. з. част на страната, около големия гранитен масив Кабаиа. Аномалиите на Sn най-често са ориентирани по оста на тектонски разломи в метаседиментите или по контактите на гранитните масиви. Аномалиите на W винаги са привързани към графитсъдържащи шисти от стратиграфското ниво на кварцитите от типа NDUBA.

Геохимическите характеристики на първичните ореоли от първи и втори класификационен тип както в скалите от еталонните находища, така и в набелязаните за тактическо проучване перспективни полета показват постоянно присъствие на преобладаващо силни аномалии на Sn, W, Nb, Li, F, B и As. В резултат на проведените геохимични изследвания на пет гранитни интрузии (Кабаиа, Лютциро, Гитарамба, Гатумба и Рузумо) се установи, че същият тип аномалии, с изключение на As, се наблюдават и в гранитите от Руанда. По своята геохимическа типизация, изведена по метода на Де Ла Рош (De La Roche et al., 1980), последните се отлича-

ват с добре изразен силико-калиевоалкален и алуминиев характер. Потенциалът на аномалиите на редките и разсеяни елементи в тях е от типа $18 \frac{\text{Sn}}{\text{GsBRb}} \text{FWLiB (I v a p o v — A l e k s i e v, 1983)}$. Слюдите в същите гранитите са носители на аномално високи концентрации на Sn (до 250 г/т в мусковита), Ta (до 92 г/т в биотита), Nb (112 до 158 г/т в мусковита и биотита), Ti (1,5% в биотита) и Li (1150 до 1400 г/т в мусковита и биотита).

По екстремната си геохимическа специализация Руандските левкогранити се доближават до „плюмазитовите редкометални левкогранити“ по класификацията на Таусон (1979), които са перспективни за Sn, W, Li и редки земи. По геохимическата си типизация и по редките и разсеяни елементи те си приличат с херцинските левкогранити от Френския масив, които също са калаеносни (Алексиев, 1982). По литературни данни, от същия тип са и гранитите от Рудна гора (Чехословакия, ГДР), Карловия масив (Чехословакия), Източното Забайкалие, Източния масив в Монголия и др. В повечето случаи това са късни диференциати на палингени магми, богати на летливи компоненти.

В и около Руандинските гранитни масиви се наблюдава добре изразена геохимическа зоналност: U (гранити) → Sn (контактите и близката ивица около гранитите) → W (по отдалечената ивица около гранитите), която е характерна за минерализации, генетично свързани с гранитите.

В районите на калаените и волфрамовите рудопроявления почти винаги се разкрива стратиграфското ниво на кварцитите от типа NDUBA (долната серия на Бурундиенската формация на метаморфния комплекс), които притежават следната геохимична характеристика:

Ia — $7 \frac{\text{As}}{\text{CuSn}} \text{LiNb(BW)}$ (кварцити); $8 \frac{\text{As}}{\text{Sn}} \text{ThNbLiAu}$ (кварцити + шисти), с аномални асоциации — As—Cu—Sn—Li—Nb—Ni (кварцити);
As—Sn—Th, Nb—Li (кварцити + шисти)

Специализацията на кварцитите има по-скоро ендеогенен, отколкото седиментогенен характер и се намира в добра корелация с металогенния характер на района.

В югоизточната и югозападната част на страната, където няма гранити, а е развит базичен магматизъм с Ia — $8-11 \frac{\text{CuAuAg}}{\text{AsThCo}}$, геохимическата специализация на скалите и почвите е характерна със свършено друг тип аномална асоциация: Cr, As, Cu, Au и W. Намерените хидротермални златопроявления, изглежда, имат връзка с базичния магматизъм.

Посочените особености в геохимичния контекст на територията на Руанда, добрата корелация между аномалиите и рудопроявленията в пегматитите, кварцовите жили и метаседиментите около тях с геохимическата специализация на гранитите и повишеният металоносен потенциал на някои стратиграфски нива на докамбийските метаседименти дават основание за една генетическа хипотеза. Минерализацията на калая и волфрама в Руанда са образувани в резултат на дълбочинна мобилизация от гранитния магматизъм, развит в зоните на старата платформа, обогатени на В, F, W, Sn и редки метали.

Л и т е р а т у р а

- Л а р и ч к и н, В. А. 1981. Геологические основы прогноза и методы оценки оловорудных месторождений. — М., Недра. 190 с.
- Т а у с о н, Л. В. 1979. Геохимически типове и потенциална металоносност на гранитоидите. — М., Наука. 278 с.
- A l e k s i e v, E. I. 1982. Sur la typologie géochimique et le potentiel métallogénique des granitoïdes leucocrates et acides. *Géol. Balc.*, 12, 3, 23—34.
- D e l a R o c h e et al. 1980. Les granites à deux micas hercyniens Français. — *Sci. de la Terre*, t. XXIV, n° 1, 1—121.
- G r i g o r i e v, S. 1982. L'or de Nyungwe. — *Rapport — PRM (RWA)*.
- I v a n o v - A l e k s i e v, E. 1983. Prospection géochimique au Rwanda (Géochimie des alluvions, sols et roches). — *Rapport — PRM (RWA)*.
- Z i g i r a b a b i l i, J., B. B a u d i n et Z i s e r m a n. 1980. *Carte des gîtes minéraux du Rwanda*.

(Постъпила на 3. XI. 1986 г.)