

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд на Християна Василева Георгиева

„Околорудни хидротермални изменения на скалите от медно-порфирно находище Елаците“

за получаване на образователната и научна степен „доктор“ в
професионално направление 4.4. Науки за Земята,
научна специалност Петрология

Рецензент: доц. д-р Атанас Георгиев Хиков
Геологически институт при БАН

1. Данни за докторанта

Християна Василева Георгиева е родена на 06.04.1990 г. в гр. София. Завършила е средно образование в 123 СОУ „Стефа н Стамболов“, гр. София, а висше образование магистърска степен, специалност „Геохимия“, в ГГФ на СУ „Св. Климент Охридски“ през 2014 г с отличен успех. От 2015 г. е редовен докторант в СУ „Св. Климент Охридски“, специалност „Петрология“. От 01.02.2018 г. е отчислена с право на защита след успешно изпълнение на образователната и научна програма. От 2020 г. работи като асистент в секция „Геохимията и петрология“ на Геологически институт при БАН. Владее английски и испански език.

2. Актуалност на темата

Меднопорфирните находища са най-важният суровинен източник на Cu (+Au, + Mo) както в световен мащаб, така и в България. Те обикновено са големи находища близко до повърхността, добивът се по открит способ в продължение на десетки години. Познаването на геоложката обстановка, хидротермалните промени и рудната минерализация е от особена важност за търсецо-проучвателните дейности, както и за оценка на перспективите на действащите находища. В този смисъл детайлното изучаване на хидротермалните промени в меднопорфирно находище Елаците ще позволи да се направи по-точен модел на магматично-хидротермалната система и да се оценят перспективите за развитието на находището в бъдеще.

3. Характеристика на дисертационния труд

Обемът на дисертационния труд е 320 страници, от които 225 стр. текст, 126 фигури, 33 таблици, 19 стр. литература (270 заглавия) и 73 стр. таблични приложения с данни от различни анализи заедно с таблица и карта на фактическия материал. Структуриран е в 10 глави. В самото начало дисертантът определя основните цели на настоящата дисертация като задълбочено събиране и изследване на данни за хидротермално

променените скали от района на находище Елаците, определяне на пространствените взаимоотношения между метасоматичните тела, охарактеризиране на някои от условия на образуване на хидротермалния флуид и неговата еволюция, посредством детайлното изучаване на петрографските особености, химичните и геохимичните параметри на променителните продукти. Основен акцент в изследването се поставя върху петрографията, минералогията и геохимията на нерудните минерали изграждащи метасоматичното изменение на скалите.

За постигането на тази цели авторът прилага богат набор от теренни и лабораторни методи. Събрани са 160 бр. проби на свежи и променени скали от рудника и са описани 4 сондажа. Извършени са микроскопски наблюдения на повече от 700 дюншлифи. Аналитичните изследвания включват мокър силикатен анализ, рентгенофлуоресцентен анализ, следови ICP-MS анализ и LA-ICP-MS анализ за определяне на микрокомпонентния състав на скали и минерали, електронен микрорентгеноспектрален (микросондов) анализ, анализ със сканиращ електронен микроскоп (SEM), рентгенодифрактометричен анализ, анализ на леките изотопи на въглерода, кислорода и сярата от променените скали от находището. Тези изследвания са извършени в СУ „Св. Климент Охридски“, Геологическия институт при БАН, „Евротест-Контрол“ ЕАД – София, Рударско-геоложкия факултет към Белградски университет, Сърбия, института за атомни изследвания „Атомки“ към Унгарската академия на науките в гр. Деберцен, Унгария. Чрез използването на различни геотермометри са изчислени температури на образуване на биотити и хлорити, определено е налягането за образуване на хидротермални амфиболи, определен е окислително-редукционния потенциал на средата по време на образуване на хидротермален биотит и др.

В четвърта глава дисертанта представя накратко теренните си наблюдения върху свежи и променени скали от района на находище Елаците. Изложението е стегнато и придружено с нагледен снимков материал. Следващата глава е посветена на петрографската характеристика на хидротермално променените скали на базата на прецизни микроскопски наблюдения. Отделени са следните типове хидротермалните изменения: К-силикатна промяна, К-силикатно-филитова промяна, пропилитова промяна, кварц-серицитова промяна, кварц-адулар-карбонатна промяна, подобно на аргилизитово изменение, Na-Ca промяна, Na-Ca-K-силикатна промяна и Са-метасоматоза (скарни и „епидозити“). Последните три типа се отделят за първи път в находището. Описанията са много подробни, като е обърнато внимание на взаимоотношенията и последователността на отлагане на минералите, морфоложките им особености, цвета и др. характеристики, различията свързани с първичните скали (метаморфни, палеозойския Веженски гранодиоритов плутон или горнокредните порфирити) или хидротермално променени скали, по които са образувани. Отделят се различни прояви на хидротермалните промени (жили и площни изменения), както и различни проявления в отделните части на находището. Отделени са и някои подтипове, като например К-силикатна промяна с преобладаване на биотит и с преобладаване на К-фелдшпат и К-силикатно-филитова промяна с преобладаване на хлорит и с преобладаване на серицит.

Голяма част от изследването е посветено на минераложките и геохимични особености на вторичните минерали (шеста глава). Описани са основните минерали, които изграждат хидротермално променени те скали, като се представят техните особености свързани с присъствието им в различни промени. Описани са подробно биотит (2 типа), хлорити (4 типа), плагиоклази (5 типа), калиев фелдшпат (5 типа), амфиболи (5 типа), серицит (4 типа), епидот (8 типа), пренит, титанит (3 типа), рутил, карбонати (3 типа), циркон, апатит, анхидрит, zeолити, флуорит, гранат, пироксен (3 типа) и др. Представянето е придружено с богат снимков материал, микросондовите и химичните анализи са използвани в класификационни и харкерови диаграми, хондрит-нормирани разпределения на REE и MORB-нормирани разпределения на редки елементи, в някои случаи и разпределения на рудни елементи. По този начин авторът успява в повечето случаи да разграничи минералните и химични особености свързани с различни хидротермални изменения или развити по различни изходни скали, както и прояви в разнообразни жили.

В следващата глава се разглеждат привнос-износа на главни оксиди и редки елементи в хидротермално променените скали, използване на индекси на промяната и Rb/Sr отношение за оценка на интензитета на промяната и др. За оценка на привнос-износа авторът е избрал подход на директно сравнение и нормиране с непроменени скали, анализите на които ползва по литературни данни. Използвани са средни състави на свежи и променени скали, в някои случаи единични анализи. Представени са диаграми за привнос-износа за K-силикатната и K-силикатно-филитовата промяна развити по гранодиоритите на Веженския плутон, за Na-Ca промяна, K-силикатно-филитовата, кварц-серицитовата, пропилиловата промяна и аргилизитоподобното изменение развити по кварц-монцодиоритови порфирити, за Na-Ca-K промяна, K-силикатно-филитовата, кварц-серицитовата, пропилиловата промяна развити по гранодиоритови порфирити. Диаграмите дават нагледна представа за привноса и износа на главни и редки елементи за отделните хидротермални промени, развити по една и съща първична скала. За допълнително характеризиране на хидротермалните промени докторантът използва три различни индекса на промяна, които използвани в комбинирани диаграми дават представа за тяхната еволюция. Интересен резултат е и съпоставянето на индексите на промяна с Rb/Sr отношение. Според рецензента Rb/Sr отношение има по-голям потенциал за отделяне на различните хидротермални промени и може да се използва самостоятелно.

Физико-химичните условия на образуването на хидротермално променените скали са разгледани в отделна глава. Изчислени са температури на образуване на вторичен биотит 640–730°C от K-силикатната промяна и 699–725°C от Na-Ca-K-силикатната промяна. Изчислени са температури на образуване на хлорити по 4 различни геотермометри, като резултатите им са близки и за повечето хлорити са около 250–330°C. Направени са изчисления за определяне на налягането при образуване на хидротермалните амфиболи от Na-Ca промяна и от Na-Ca-K-силикатната промяна. Направени са изчисления за определяне фугитивността на кислорода при хидротермалните биотити, като е установено, че fO_2 намалява с намаляване на

температурата. С различни графични построения се показва, че хидротермалните биотити, апатити и амфиболи са образувани в условия на висок кислороден потенциал.

Направените изследвания на изотопите на S, C и O от пирит и калцит от кварц-адулар-карбонатните промени предполагат магматичен източник на сярата и участие на метеорни води във флуидната фаза, а присъстието на въглерод е свързано с взаимодействието на флуидите и карбонатното вещество от шистите от подложката.

Последната глава е посветена на дискусия върху еволюцията и модел на магматично-хидротермалната система на медно-порфирно находище Елаците. Стъпвайки на досегашните изследвания на находището и на новите данни от дисертацията докторантът изгражда обоснован ход на еволюцията на магматично-хидротермалната система. Според него хидротермалната дейност в находище Елаците започва след внедряване на първия импулс на монцодиоритовите порфирити, с образуване на кварц-магнетитови и кварцови жили, които са придружавани от К-силикатната промяна. Характеристиките на промяната са свързани с повишен окислителен потенциал, образувана е в условия близки до Mt-Нем буфер, температури между 630–730°C и високо K^+/H^+ отношение под въздействието на магматични флуиди. Импулсното освобождаване на флуид от магмата и неговото смесване с подгретите води от метаморфната подложка, вероятно са причината за преходните характеристики на Na-Ca-K-силикатната промяна (образуване от среда с висок окислителен потенциал около Ni-NiO/Mt-Нем буфер, разтвори с относително по-ниска соленост и температури близки до магматичните (около 680°C)). За синхронното образуване на К-силикатната и Na-Ca промяна се съди по сложните им взаимоотношения, които са взаимнопроникващи. Предполага се, че образуването на Na-Ca промяна е под въздействието на подгрети води от метаморфните скали богати на карбонатна компонента. Na-Ca промяна се образува в среда с по-нисък окислителен потенциал от Na-Ca-K-силикатната и К-силикатната промяна (но все още висока fO_2), по-висок потенциал на CO_2 , по-ниски температури на образуване около 294–330°C. Тук десертантът правилно отбелязва, че тези температури са определени по хлорит, който е по-късен и не е парагенетичен. Вероятно температурите на Na-Ca промяна са значително по-високи, но засега не са намерени подходящи геотермометри.

Тъй като освобождаването на флуиди е многократен процес, при внедряване на нов порфиритов импулс се образува нова К-силикатна промяна, която се налага върху вече съществуваща К-силикатна промяна (какъвто случай е документиран в находището). Продължаващата еволюция на магматичния флуид във вертикална посока е свързана с промяната на вторичен биотит в хлорит и серицит и образуването на К-силикатно-филитовата промяна, при повишаващото се значение на метеорната вода. След това еволюцията на магматичния флуид е свързана с образуването на кварц-серицитовата промяна, при която участието на метеорен компонент вече е значително. Освободеният K^+ при хлоритизацията на вторичен биотит ще участва в изграждането на бели слюди от кварц-серицитовата промяна. Кварц-адулар-карбонатните промени са едни от най-късните изменения в находище Елаците и имат ясен структурен контрол. Образуват се при 270-300°C при висока aK^+ . Пропилитовата промяна се развива

основно извън ареала на рудника. Изследванията на химичния и минералния състав говорят за образуване от неутрални флуиди, при температури между 140–340 °C.

Предложеният модел на магматично-хидротермалната система на меднопорфирно находище Елаците е обоснован и убедителен, като в него са отразени съществуващите и новите факти за магмените и хидротермалните прояви в района. Същевременно той е в синхрон с най-новите представи за меднопорфирните системи в световен мащаб. Към модела трябва да се добавят и процесите на отлагане на рудната минерализация.

4. Научни приноси

Дисертацията на Християна Георгиева има редица несъмнени научни приноси: Определени са нови разновидности на хидротермалните промени на скалите в находището и в България (Na-Ca промяна и Na-Ca-K-силикатна промяна), като и Ca-метасоматоза (скарни и „епидозити“); Описани са много детайно петрографски отделните хидротермални промени, както и техните взаимоотношения; Представени са значителен обем данни за химичния и микрокомпонентния състав на вторичните минерали получени с микросондов анализ и LA-ICP-MS анализ; Направен е масбаланс за привнос-износ на елементите за най-важните променени скали; Изведени са „индекси на промяна“ и Rb/Sr отношение за най-разпространените разновидности на метасоматитите и са оценени възможностите за тяхната употреба при търсенето на зони на интензивна промяна; Изследван е състава на леките изотопи на C, O, S в нискотемпературни минерали от находището; Получени са нови сведения за температурата и наляганията на образуване на различните променени скали; Предложен е обобщен модел на хидротермалната система на находище Елаците.

5. Критични бележки и въпроси

- Скарните се описват от много автори като част от меднопорфирните системи. Те се развиват по карбонатни и карбонат-съдържащи скали. Калцият обикновено е инертен компонент при тяхното образуване. Затова рецензентът не приема за скарните да се говори като за калциева метасоматоза. В скарните се описва и карбонат като вторичен минерал. Не е ли това първичен карбонат от метаморфните скали?

- В дисертацията се описват титанити образувани при различни хидротермални промени. Известно съмнение предизвиква титанита от K-силикатно-филитовата промяна, още повече, че тя е свързана с износ на калций, в някои случаи и титан. Същевременно не се пописва титанов минерал в кварц-серицитовата промяна, в която би следвало да присъства рutil.

- Забелязват се някои неточности на фигурите: На фиг. 56 има еднакъв растер за подвидове амфиболи, описани в текста. На фиг. 86 за хидротермални карбонати има анализи означени с черни триъгълници, които не са обяснени. На фиг. 111 и 112 анализите на непроменени скали са означени с бели точки, които не се виждат. Част от фигурите изглеждат претрупани, което може да се избегне с намалени растери.

- За по-добро възприемане на резултатите за привнос-износа би било добре да се представи таблица с изчисленията. Освен това на графиките привнос-износа е

неправилно представен в тегловни проценти и ppm, докато всъщност той е в процент от съдържанието на дадения елемент в непроменената скала.

- За температура на образуване на Na-Ca промяна се приема 294–330°C, която е определена по хлорит, който е по-късен и не е парагенетичен. Вероятно температурите на Na-Ca промяна са значително по-високи, след като се говори за синхронно образуване на K-силикатната и Na-Ca промяна. Трябва да се потърсят други подходящи геотермометри.

- Макар че на много места в текста се говори за рудни минерали, те не са във фокуса на дисертацията. Остава неясен въпроса с кои от хидротермалните промени е свързано орудяването в находище Елаците.

6. Публикации и автореферат

Авторефератът коректно отразява същността на дисертационния труд. В автобиографията са посочени 6 публикации и 3 абстракта по темата на дисертацията. Препоръчвам публикуването на поне част от резултатите от дисертацията в пълен текст в престижни геоложки научни списания.

7. Заключение

Направените критични бележки в никакъв случай не умаловажават достойнствата на дисертационния труд на Християна Георгиева. Това е едно комплексно и задълбочено изследване, извършено на съвременно научно ниво. Поставените цели са изпълнени и работата има цялостен завършен вид. Убеден съм, че тя напълно отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав и на Правилника за неговото приложение в СУ „Св. Климент Охридски“. Оценявам положително дисертационния труд и препоръчам на уважаемите членове на Научното жури да присъдят на Християна Василева Георгиева образователната и научна степен „доктор“.

София

21.02.2024 г.

Рецензент:

доц. д-р Атанас Хиков