

## ПЕТРОЛОЖКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ХИПОАБИСАЛНИТЕ МАГМАТИТИ В РАЙОНА НА ВЪРБИШКА СТАРА ПЛАНИНА

**Бануш Банушев**

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, banushev@mgu.bg*

**РЕЗЮМЕ.** Изследвани са слабо изучени и с ограничено разпространение малки интрузивни тела и дайки, от северните и южни склонове на Върбишка Стара планина. Определено е пространственото положение на скалите, веществения състав, структурно-текстурните особености и хидротермалните промени. Според съвременната петрографската номенклатура изследваните интрузивни тела и дайки са кварцдиоритови, субалкални диоритови и субалкални кварцдиоритови порфирити, преобладаващи в монцодиоритови и кварцмонцодиоритови порфирити при увеличаване количеството на К-фелдшпат. Магматитите са внедрени сред горнотриаски алевролити и пясъчници на флишката, по-рядко в мергелно-варовиковата и мергелната задруга, в единични случаи и в долно- и средноюрски наслаги. Скалите са преситени на  $\text{SiO}_2$ , среднокалиеви, с преобладание на  $\text{Na}_2\text{O}$  над  $\text{K}_2\text{O}$ , с калциево-алкална и висококалиево калциево-алкална сериалност. Определен е химизмът на скалообразуващите плагиоклази, амфиболи, клинопироксени и биотит, извършени са геотермобарометрични разчети и е изказано предположение за P-T условията на кристализация. Направени са петрохимични сравнения със сходни, малки интрузивни тела и дайки, с аналогични веществени характеристики, намиращи се в непосредствена близост, в района на Ришкия проход.

### PETROLOGIC CHARACTERISTICS OF THE HYPABYSSAL MAGMATITES FROM THE REGION OF VARBITSA STARA PLANINA MOUNTAIN (BALKAN MOUNTAIN)

**Banush Banushev**

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" 1700 Sofia, banushev@mgu.bg*

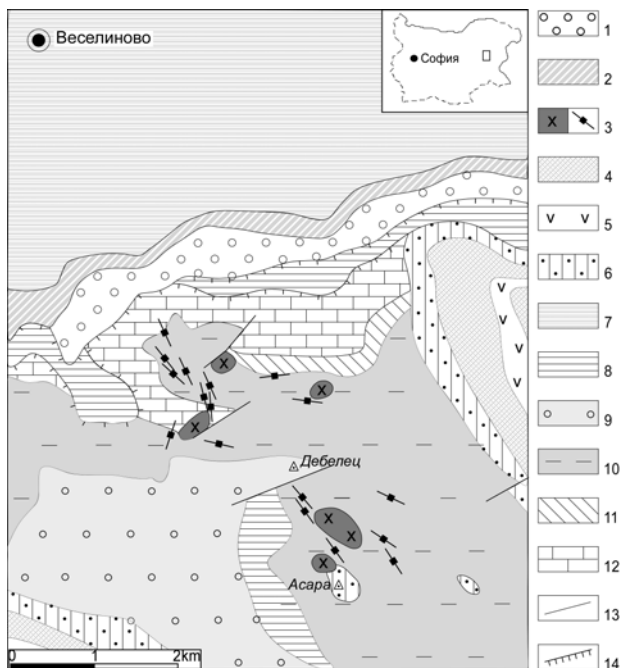
**ABSTRACT.** Objects of study are not enough analyzed and with local distribution small intrusive bodies and dykes in the northern and southern slopes Varbitsa Balkan Mountain. Determined is the spatial position of these rocks as well as their composition, structure-textural features and the hydrothermal alterations. According to the modern petrographic nomenclature the studied intrusive bodies and dykes are quartz-diorite, subalkaline diorite and subalkaline quartz-diorite porphyrites changing to monzodiorite and quartz-monzodiorite porphyrites with the increase of the K-feldspar content. The magmatites are intruded in Upper Triassic siltstones and sandstones of the flysch, rarely of the marl-limestone and marl suits and in single cases also in the Lower and Middle Jurassic depositions. The rocks are oversaturated in  $\text{SiO}_2$  and are medium-K with prevalence of  $\text{Na}_2\text{O}$  over  $\text{K}_2\text{O}$  with calc-alkaline and high-potassium calc-alkaline series. The chemical compositions of the rock-forming plagioclases, amphiboles, clinopyroxenes and biotite were determined. Geo-thermobarometric calculations were performed and on their basis the P-T conditions of crystallization were proposed. A petrochemical correlation with similar small intrusive bodies and dykes with analogous composition and situated nearby the region of Rish pass was also performed.

### Въведение

Източна Стара планина, в частност Върбишка планина се характеризира със слаба магмена активност и незначително разпространение на магмените продукти. Въпреки това районът представлява интерес за изясняване на някои аспекти, касаещи геодинамичната позиция, еволюцията и миграцията на горнокредния магматизъм в областта. Магмените продукти са представени от дайки и малки хипоабисални тела. Те са слабо изучени и сведенията за тях са оскъдни. Най-често са възприемани като андезити (Златарски, 1905; Kockel, 1929; Коен, 1938; Бончев и др., 1957; Ганев, 1961). В изследване, посветено на медитеранския тип Горна Креда в Източна Стара планина, Кънчев (1966) съобщава за диоритови порфирити западно от Трънашката синклинала. Въз основа на пространственото положение и тектоно-стратиграфската обстановка се предполага, че интрузивните скали и намиращите се в близост вулканити от Трънашката синклинала, са продукт на едно и също магмено огнище. За центрове на магмената дейност се

възприемат районите на разпространение на телата и дайките от диоритови порфирити. Първото петрографско изследване, посветено на интрузивните скали между селата Веселиново и Звезда, е на Кънчев, Иванова-Панайотова (1972). Въз основа на микроскопски и ограничен брой химични анализи, магмените скали в района са определени като диоритови порфирити и кварцсиенодиоритови порфирити. Според стратиграфското положение на вулканитите в горнокредния разрез на Трънашката синклинала е установено, че магмената дейност в района е осъществена в интервала късен Ценоман – ранен Кампан (Кънчев, 1966).

В последните години са извършени геохимични и изотопни изследвания в Източното Средногорие и на образци от района на селата Заимчево и Звезда в Източния Балкан (Georgiev et al., 2009; 2012). Дайките и магмените тела от билните части и северните склонове на Източна Стара планина не са били обект на тези изследвания. Банушев (2013) представя нови данни за магмати-



Фиг. 1. Геоложка карта на района южно от с. Веселиново, Източна Стара планина (по Кънчев, 1993, с допълнения): 1-2 Палеоген: 1 – конгломератна задруга, 2 – пясъчникова и варовикова задруга; 3-6 Горна Креда: 3 – магмени скали - тела и дайки, 4 – флишка задруга (Ценоман-Турон), 5 – пачки от андезитови лавобрекчи и туфи, 6 – пясъчникова задруга (Ценоман); 7 Камчийска свита (Валанжин-Барем), 8-9 Юра: 8 – флишка задруга (Средна Юра), 9 – конгломератно-пясъчникова задруга (Долна Юра); 10-12 Триас: 10 – флишка задруга (Горен Триас), 11 – мергелна задруга (Горен Триас), 12 – обединени варовикова (Среден-Горен Триас), мергелно-варовикова (Среден Триас) и варовиково-мергелна задруга (Долен Триас), 13 – разлом, 14 – навлак

тите от района на Ришкия проход и първи сведения за химизма на скалообразуващите минерали.

Обект на настоящата работа са малки интрузивни тела и дайки от билните части, северните и южни склонове на Върбишка Стара планина, Ю-ЮИ от с. Веселиново. Целта на публикацията е да представи резултатите от петроложките изследвания на магматитите, първите данни за химизма на скалообразуващите минерали и петрохимичните сравнения с намиращите се в непосредствена близост магматити от района на Ришкия проход.

## Геоложка обстановка

Районът на Върбишка Стара планина се отнася към Балканската орогенна система на Алийския ороген. Източнобалканската единица, част от която е изследваният район, представлява сложно устроен синклиниорий, деформиран от северновергентни навлаци и възседи (Дабовски, Загорчев, 2009). В областта се разкриват триаски, юрски, горнокредни и палеогенски скали (фиг. 1).

Литоложният състав на долно-среднотриаските седименти включва варовици и мергели, обособени в няколко задруги. Горният Триас е представен от мергелна и флишка задруга – алтернация от ритмично редуващи се мергели, алевролити, пясъчници и конгломерати. Юрските наслаги са обособени в конгломератно-пясъчникова и

флишка задруга, включваща турбидитни пластове от пясъчници, алевролити, варовици и аргилити със сидеритни, рядко фосфоритни конкреции (Кънчев, 1995). Долнокредните наслаги са представени от мергели с турбидитни пластове от пясъчници. Горнокредната серия включва пясъчникова задруга (Ценоман), и флишка задруга (Ценоман-Турон), изградена от ритмична алтернация на варовити глини, пясъчници и алевролити, на места в западната част на Трънашката синклинала с лавови потоци от андезити, лавобрекчи и пирокластити (Кънчев, 1995). Палеогенът се разкрива в северните части на района, под формата на ивица с изток-западна посока. Той включва пясъчникова, варовикова и конгломератна задруга. Седиментите на конгломератната задруга, първоначално описани като „екзотични конгломерати” (Kockel, 1927), включват полигенни, несортирани конгломерати (с разнообразни късове от магмени, седиментни и метаморфни скали) и едрозърнести пясъчници, в по-малка степен алевролити и мергели.

## Материал и методи

Извършени са теренни изследвания и опробване на 5 магмени тела (едно, от които установено при настоящите изследвания) и 17 дайки от горнокредни магмени скали в района Ю-ЮИ от с. Веселиново. Лабораторните методи включват оптическа микроскопия на 46 образеца, 4 рентгеноструктурни, 21 микросондови и 14 химични анализа. Определен е разтворим компонент на 6 образеца от вместващите седиментни скали. Съставът и структурните особености на скалите са изяснени с поляризационни микроскопи Leitz Orthoplan-Pol и Meiji Techno. Рентгеноструктурните изследвания са осъществени с дифрактометър ДРОН-1 (CuK $\alpha$  лъчение, Ni филтър, 30 kV, 20 mA). Химизмът на минералите е определен с микросондови анализи в „Евротест-Контрол” ЕАД, на сканиращ електронен микроскоп JEOL JSM 35CF, с рентгенов микроанализатор Tracor Northern TN – 2000, чрез енергийно дисперсивна система (Аналитик – Х. Станчев). Химичните анализи на скалите са извършени в ЦНИЛ „Геохимия” при МГУ „Св. Иван Рилски”, с апарати – SPECTRO Analytical instruments (Germany) и оптико-емисионен спектрометър ICP-OES-720, Agilent Technologies, с източник на възбуждане индуктивно свързана плазма (Аналитици – Г. Стоянова и Д. Драгоева).

## Резултати

**Петрографска характеристика.** Магмените скали са под формата на малки интрузивни тела и дайки от кварцдиоритови, субалкални диоритови и субалкални кварцдиоритови порфирити, монцодиоритови и кварцмонцодиоритови порфирити (фиг. 2,а-г). Телата са изометрични, до слабо удължени, с видими размери около 50x100 до 200x600 m.

Дайките са с преобладаваща ориентировка СЗ-ЮИ и дебелина 1-20m. Размерите на някои са значително по-големи – дебелина до 80-100 m и дължина 1000 m (Кънчев, 1995). В някои дайки и крайни части на телата се наблюдава добре изразено призматично напукване и сферично



Фиг. 2. а-с Интрузивни тела: а-б – СЗ от вр. Асара, с – 3 от вр. Дебелец; d – субвертикална дайка с призматично напукване; е – дайка, 3 от вр. Дебелец; f – сферично изветряне на кварцдиоритови порфириди; g – контакт между монцодиоритпорфировата дайка и вместващи варовити алевролити; h-i – ивичести хорнфелзи, СЗ от вр. Дебелец (h), Кавалджи дере (i)

изветряне (фиг. 2,d,f).

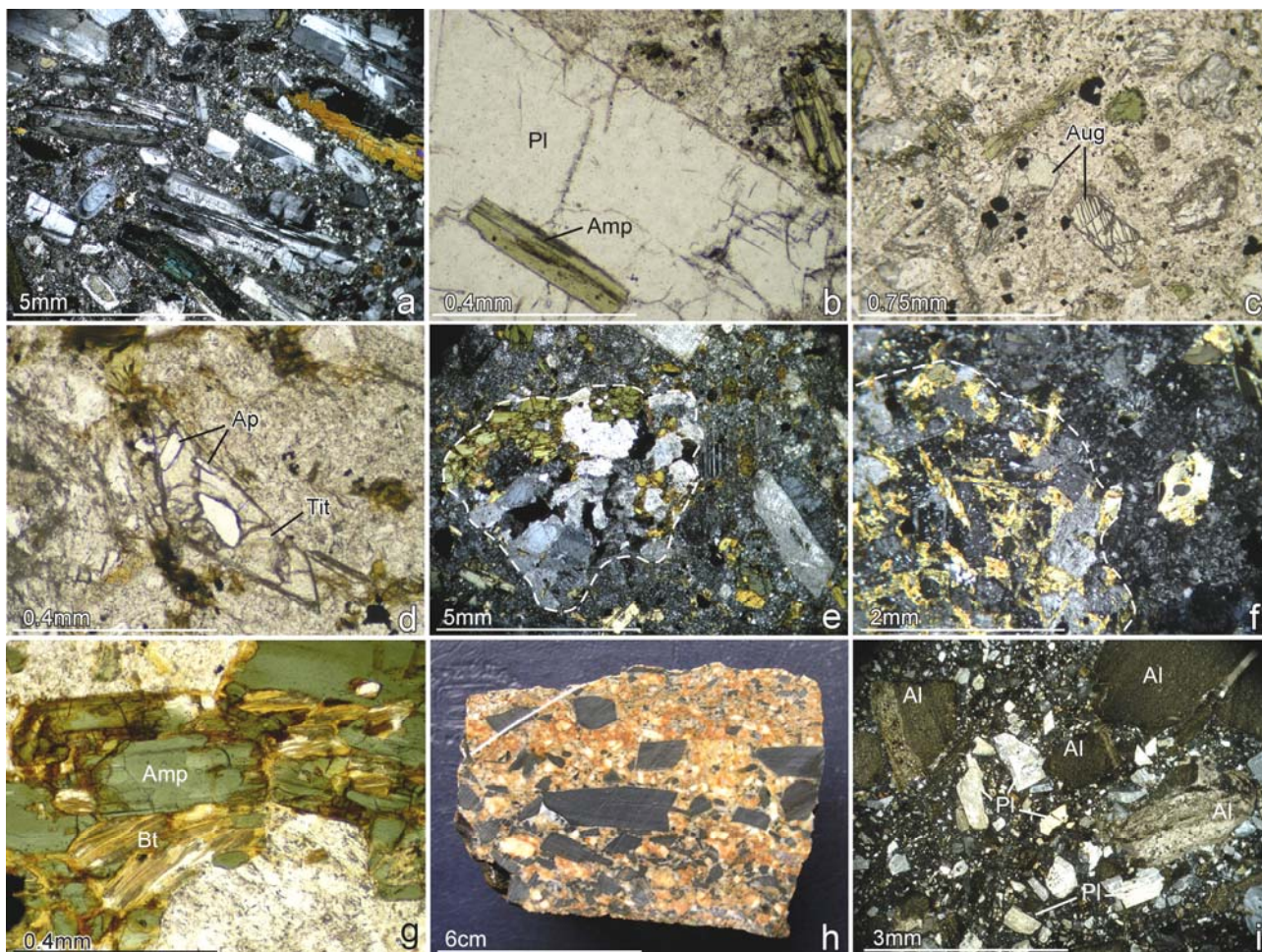
Магматитите са вместени в горнотриаски алевролити и пясъчници на флишката задруга, по-рядко в мергелно-варовиковата и мергелната задруга (фиг. 1). Единични дайки са внедрени в долноюрски конгломерати и пясъчници (южните части на района) и в средноюрски флишки наслаги (северни части).

Алевролитите са варовити, кафяви, зеленокафяви и тъмносиви до черни, с финослоеста текстура и алевритна структура. На места в приконтактните части с магмените скали са уплътнени и темперирани, но без прекристализация на материала, със запазена слоеста текстура. Характерно е многократното редуване на слоеве, с дебелина 1-2 mm от дребно- и едрозърнести алевролити, с различно съдържание на калцит и глинести минерали. Кластичният компонент е незаоблен и полузаоблен, с изометрична и удължена форма, с преобладаващи размери 0,02-0,06 mm, вариращи в различните слоеве. Представен е от минерални зърна (кварц, мусковит, биотит, плагиоклази), на места субпаралелно ориентирани и редки скални късове от кварцити. Разтворимият компонент е от 28 до 44%. Циментът е от микрозърнест

калцит и глинести минерали, малко хлорит и органично вещество. Черните алевролити са с аналогичен състав, пигментирани от фино диспергирано органично вещество, на места и от Fe-хидроксида, процепени от късни калцитни жилки. В дребнозърнестите варовити алевролити се наблюдават кафяви калцитни конкреции с размери 2-3 cm. Вариращото количество кластични минерали и калцит обуславят преходи и фино редуване на варовити алевролити и алевритни варовици.

Пясъчниците са варовити, по-рядко слабоваровити, слабоалевритни, дребно- до среднозърнести, сиви до тъмносиви, на изветрителна повърхност – кафеникави. Текстурата е слоеста, а структурата дребно- до среднозърнеста псамитна и алевропсамитна. На места са катаклазирани, с натрошени до дребнозърнест агрегат кварцови зърна и процепени от множество различно дебели калцитни жилки. Изградени са от незаоблени и заоблени, несортирани кластични минерали (кварц, К-фелдшпат, плагиоклаз, хлоритизиран биотит и мусковит) и редки скални късове от кварцити, мусковитови шисти и гнайси?, с размери 0,03-2 mm, преобладаващи 0,1-0,5 mm. Разтворимият компонент е 22-43%. Циментът е от микрозърнест калцит от базален и поров тип.





Фиг. 3. Микрофотографии на магмени скали от Върбишка Стара планина: а – субпаралелно ориентирани плагиоклази и амфиболи, +N; б – порфирен плагиоклас с включение от амфибол, IIN; с – субпорфирен авгит, IIN; д – титанит с включения от апатит, IIN; е-ф – диоритови включения в монцодиоритов порфирит, +N; г – метасоматичен биотит по амфибол в диоритово включение, IIN; h-i – монцодиоритов порфирит със загребани късове от варовити алевролити (Al), i – +N; а, е, i – бинокулярен стереомикроскоп Olympus с поляризатор, b-d, f-g – поляризационен микроскоп, h – естествена повърхност

На места, послойно, или незакономерно се наблюдават Fe-хидроксида и неравномерно разпределено органично вещество. В зависимост от състава са определени като дребно- до среднозърнести аркозови ваки. В случаите, в които матриксът намалява под 15% скалите бележат преходи към аркозови аренити.

В приконтактните части с магмените тела и по-големите дайки, алевролитите са темперирани и уплътнени, на места превърнати в хорнфелзи. Преходът към хорнфелзи се осъществява с намаляване количеството на калцита и увеличаване на микрозърнения кварц, който от отделни лещи и неправилни по форма тела, постепенно преминава в издържани слоеве. В състава на хорнфелзите участват микро- до криптозърнест кварц, плагиоклази, хлоритизиран биотит, хлорит и неравномерно разпределен карбонат. Най-често прекристализацията на материала е непълна, без достигане до типична микрогранобластна структура. На места се наблюдават хорнфелзи с ивичеста текстура, обусловена от редуващи се сиви и тъмносиви ивици, с различно и неравномерно съдържание на карбонат – от 5 до 30%, което най-вероятно е унаследено от протолита (фиг. 2 h). В южните части на района, около най-голямото тяло, в района на Кавалджи дере, се разкриват хорнфелзи, с редуващи се сивозеленикави и кафявовиолетови

микрозърнести и дребнозърнести ивици (Фиг. 2i). В тези части хорнфелзите са с по-пълна и цялостна прекристализация. Структурата е микрогранобластна, бластоалевритна и бластопсамитна. Микрозърнестите ивици, с вероятен протолит алевролити, са изградени от микрозърнест кварц, клинопироксен, хлорит, калцит и рудни минерали. В състава на дребнозърнестите ивици, с протолит алевролит – дребнозърнест пясъчник участват кварц, в по-малка степен плагиоклази, К-фелдшпати, клинопироксени, калцит и Fe-хидроксида.

Магмените скали са сивозелени, с масивна текстура, порфирна и гломеропорфирна структура. Изградени са от магматични плагиоклази, амфиболи, биотит, клинопироксени, К-фелдшпат, кварц, апатит, циркон, титанит, аланит, магнетит и вторични – хлорит, карбонат, дребнолюспеста бяла слюда (серицит), албит, кварц, епидот, К-фелдшпат, биотит, клинопироксени, глинести минерали и Fe-хидроксида. Фенокристалите (плагиоклази, амфиболи, биотит и клинопироксени), често са с добре изразена субпаралелна ориентировка (фиг. 3a). Количеството им е от 15-20% в периферните части, до 45% в централните части на телата и по-дебелите дайки. Съотношението плагиоклази/мафични минерали е от 70/30 до 60/40. Плагиоклазите са ясно зонални, в две генерации

– порфири (1,5x5 mm, до 4x8 mm) и субпорфири (с преобладаващи размери 0,1x0,4 mm). Някои кристали са протокластично огънати. Те са сравнително свежи, до частично (най-често концентрично-зонално) заместени от дребнолюспеста бяла слюда, глинести минерали, карбонат, рядко хлорит, на места и албит. Съдържат включения от амфибол, биотит и иглест апатит (фиг. 3,b). Амфиболите са порфирни (до 0,6 x 2 mm) и субпорфирни (около 0,1 x 0,3 mm), дългопризматични, заместени от хлорит, карбонат и малко епидот, с отделени Fe-Ti минерали и Fe-хидроксиди. Свежите кристали показват зонален строеж и ясен плеохроизъм по схемата  $Z > Y > X$ . На места съдържат включения от плагиоклази и апатит. Биотитът е представен от редки хлоритизирани, мусковитизирани и карбонатизирани субпорфири. Свежите кристали са силно плеохроитни, по схемата  $Z \cong Y > X$ , светложълт и светлокафяв по X, до наситено тъмнокафяв по  $Z \cong Y$ . Клинопироксените са най-редки. Установени са в по-базичните представители от южните части на района, в магмените тела около вр. Асара и Кавалджи дере. Те са зонални, призматични с размери до 0,5x1 mm (фиг. 3,c). Заместват се частично по периферията и по пукнатини от карбонат и хлорит-сметитов агрегат. Акцесорните минерали са от апатит (в две генерации – деблопризматичен, до 0,3x1 mm и иглест), циркон, клиновидни титанитови кристали (някои с включения от апатит), аланит и магнетит (фиг. 3,d). В субалкалните разновидности количеството на акцесорния апатит и титанит се увеличава. Основната маса, с микропризматичнозърнеста, по-рядко микрографична структура е пълнокристалинна, дребнозърнеста, изградена от плагиоклази, амфиболи, К-фелдшпат, редки клинопироксени, апатит, вторичен кварц и рудни минерали. Към периферните части на дайките размерите на минералите намаляват и плагиоклазите от дребнозърнести, призматични, преминават в микролити. На места се наблюдават неравномерна карбонатизация и хлоритизация, ксеноморфни агрегати от карбонат и кварц и Fe-хидроксиди около сулфидни минерали. В кварцдиоритовите порфирити от северните части на района се установяват фенокристали от магматично кородиран кварц, с размери до 2 mm. Появата на К-фелдшпат в основната маса, бележи преход към субалкални диоритови порфирити, а увеличаването на К-фелдшпат над 10% – към монцодиоритови и кварцмонцодиоритови порфирити, при наличие и на кварц над 5%.

В някои субалкални диоритови и монцодиоритови порфирити се установяват включения от диорити и микродиорити, с размери 0,5-3 cm (фиг. 3,e-f). Включенията са с резки контакти, пълнокристалинни, равномерно-зърнести, дребно- до среднозърнести. Изградени са от плагиоклази, амфиболи, редки биотитови кристали, единични кварцови зърна, апатит и магнетит. В някои диоритови включения, амфиболите са заместени по пукнатини и в периферните части от дребнолюспест биотит (фиг. 3g). Наличието на метасоматичен биотит във включенията и отсъствието му във вместващите скали, е резултат на високотемпературна К-метасоматоза, осъществена, най-вероятно в късномагматичния стадий на интрузивно тяло с диоритов състав, части, от което са заграбени, частично усвоени и изнесени към повърхността. Установени са и единични, дребни (около 5 mm) ксенолити от биотитови гнайси. На места в крайните части, някои

дайки съдържат множество заграбени късове (до 30%), с преобладаващи размери от 3-6 mm до 1-2 cm от вместващите варовити алевролити и варовици (фиг. 3,h-i).

В литературата са описани постепенни преходи от диоритови порфирити в крайните части на телата към кварцсиенодиоритови порфирити в централните (Кънчев, Иванова-Панайотова, 1972). Настоящите изследвания показват, че в повечето случаи се касае за еднородни дайки от кварцдиоритови, субалкални диоритови и субалкални кварцдиоритови порфирити. Същото се отнася и за интрузивните тела. Само в най-голямото тяло, в района на Кавалджи дере, към централните части се наблюдават постепенни преходи към по-кисели и по-алкални разновидности. В южните части на района (около вр. Асара), се установяват по-базични представители, в които количеството на мафичните минерали се увеличава и е приблизително равно на плагиоклазите, появяват се и клинопироксени.

Таблица 1.

Представителни микросондови анализи на плагиоклази: *c* – ядро, *r* – периферия. *S Dp* – субалкален диоритов порфирит; *S QDp* – субалкален кварцдиоритов порфирит, *Qdp* – кварцдиоритов порфирит.

Скала	S Dp		S QDp		QDp			
	54-1-1c	54-1-2r	60-1-7c	60-1-8r	33-1-11c	33-1-12r	49-1-15c	49-1-16r
SiO <sub>2</sub>	58,41	54,39	58,85	63,57	54,64	61,44	58,23	58,63
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,03	0,04	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,13	28,08	26,20	22,77	29,16	24,91	26,68	26,31
FeO <sup>(II)</sup>	0,20	0,49	0,13	0,18	0,22	0,28	0,12	0,08
MnO	0,11	0,29	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03
MgO	0,20	0,82	0,20	0,23	0,19	0,10	0,16	0,19
CaO	6,41	8,77	6,43	3,05	10,08	5,67	7,01	6,66
Na <sub>2</sub> O	7,51	5,67	7,52	9,89	5,35	6,82	7,25	7,48
K <sub>2</sub> O	0,57	0,54	0,60	0,26	0,29	0,69	0,47	0,54
BaO	0,37	0,85						
Total	99,91	99,90	99,96	99,97	99,96	99,94	99,96	99,96
An	31,0	44,6	31,0	14,3	50,1	30,1	33,9	32,0
Ab	65,7	52,1	65,6	84,2	48,2	65,5	63,4	65,0
Or	3,3	3,3	3,4	1,5	1,7	4,4	2,7	3,0

**Хидротермални изменения.** Вторичните промени на скалите в северните части на района се характеризират с неравномерна и слабо изразена пропилизация, с типоморфна минерална асоциация хлорит, епидот, карбонат и албит. Локално, около тектонизирани зони е развит аргилизитов тип изменение, с хидротермална минерална асоциация главно от монтморилонит и илит-монтморилонит, които заместват в различна степен фенокристалите и минералите от основната маса. Хидротермални изменения на скалите от южните части, са установени в най-голямото тяло, в района на Кавалджи дере. Изразяват се в слаба К-фелдшпатизация, с вторична минерална асоциация от дребнолюспест метасоматичен биотит, развит в периферните части и по пукнатините на амфиболите и клинопироксените, дребнозърнест магнетит, вторичен клинопироксен (около амфиболите, на места и като къси неиздържани жилки) и К-фелдшпат в основната маса.

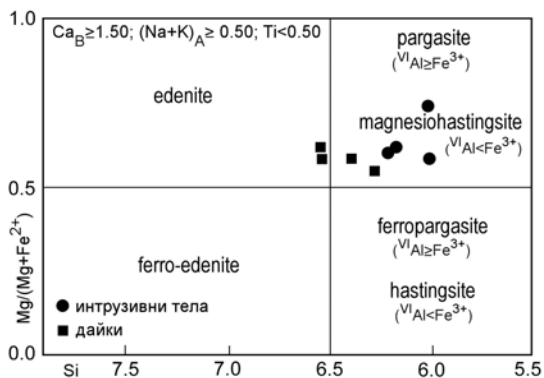
**Химизъм на минералите.** Плагиоклазите варират по със-

Таблица 2.

Представителни микросондови анализи на амфиболи: с – ядро, г – периферия.  $Mg\# = Mg/(Mg+Fe^{2+})$

Скала	S Dp		S QDp		QDp				
	Образец	54-2-3с	54-2-4г	60-2-9с	60-2-10г	33-2-13с	33-2-14г	49-2-18с	49-2-19г
SiO <sub>2</sub>		41,01	41,11	40,22	41,48	43,93	42,98	44,42	41,93
TiO <sub>2</sub>		1,54	1,64	2,07	1,43	1,72	1,64	1,05	1,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		12,31	12,06	13,11	14,42	10,52	10,79	10,87	12,11
FeO <sup>(t)</sup>		15,33	15,66	15,42	12,02	15,72	16,52	15,81	16,70
MnO		0,85	0,82	0,33	0,11	0,25	0,52	0,77	0,56
MgO		10,48	10,67	10,94	13,13	11,12	10,80	10,95	9,93
CaO		11,12	11,21	12,96	12,06	11,93	11,91	11,18	11,66
Na <sub>2</sub> O		2,54	2,43	1,99	2,50	1,61	1,97	2,06	2,27
K <sub>2</sub> O		1,60	1,49	1,12	1,01	1,30	0,95	0,89	1,25
BaO		1,23	0,94						
Total		98,01	98,03	98,16	98,16	98,10	98,08	98,00	98,01
Mg#		0,60	0,62	0,59	0,74	0,59	0,59	0,62	0,55
		Pargasite	Mg-hastingsite	Pargasite	Pargasite	Edenite	Mg-hastingsite	Edenite	Pargasite

тав от олигоклаз-андезин (An<sub>14.3-31.0</sub>) до андезин-лабрадор (An<sub>30.1-50.1</sub>) (табл. 1). Анортитовото съдържание постепенно се увеличава от субалкалните кварцдиоритови порфирити, към субалкалните диоритови порфирити и кварцдиоритовите порфирити. Плагиоклазите са с нормална зоналност – анортитовото съдържание намалява от централните към периферните части на кристалите, съответно от An<sub>50.1</sub> до An<sub>14.3</sub>. Изключение прави интрузивното тяло северозападно от вр. Асара, в което плагиоклазите са обратно зонални – An<sub>31.0</sub> в централните до An<sub>44.6</sub> в периферните (табл. 1), което може да се дължи на процеси на смесване на магми.



Фиг. 4. Класификационна диаграма на Leake et al. (1997), с разположение на фигуративните точки на амфиболи от магмени скали от Върбишка Стара планина

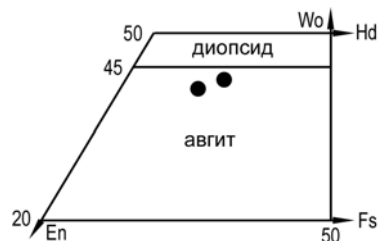
Според класификационната схема на Leake et al. (1997) амфиболите са калциеви – паргасит, магнезиохейстингсит и еденит (фиг. 4). Паргаситът се установява в субалкалните диоритови и субалкалните кварцдиоритови порфирити, по-рядко в кварцдиоритовите порфирити, а еденитът е характерен за кварцдиоритовите порфирити. Магнезиохейстингсит се среща както в субалкалните, така и в нормалноалкалните разновидности (табл. 2).  $Mg\#$  съотношение е между 0,55 и 0,74, преобладаващо – 0,60. Установената микроскопски зоналност се потвърждава и от микросондовите анализи, при които с изключение на някои тела от южните части на района се наблюдава намаляване на MgO и увеличаване на FeO и Na<sub>2</sub>O към периферните части на кристалите.

Таблица 3.

Представителни микросондови анализи на клинопироксени и биотити: с – ядро, г – периферия,  $Mg\# = Mg/(Mg+Fe^{2+})$ .

Скала	Клинопироксени		Биотити	
	S Dp		QDp	
Образец	54-3-5с	54-3-6г	48-1-20	48-1-21
SiO <sub>2</sub>	54,55	52,94	37,85	39,11
TiO <sub>2</sub>	0,09	0,28	3,83	3,57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,55	3,87	16,08	15,82
FeO <sup>(t)</sup>	5,88	7,07	15,26	14,44
MnO	0,26	0,27	0,51	0,48
MgO	16,00	14,21	13,11	13,34
CaO	19,33	20,39	0,03	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,89	0,91	0,39	0,00
K <sub>2</sub> O	0,02	0,04	8,96	9,27
Total	99,57	99,98	96,02	96,03
Mg#	0,83	0,78	0,60	0,62
Wo	40,25	42,88		
En	46,37	41,59		
Fs	10,03	12,07		
Ac	3,35	3,46		

Клинопироксените са с добре изразен зонален строеж. Според класификацията на Morimoto (1983) те са авгити (фиг. 5). Съставът в централните им части е Wo<sub>40.2</sub>En<sub>46.3</sub>, а в периферните – Wo<sub>42.8</sub>En<sub>41.5</sub>. Съдържанията на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO и CaO нарастват, а на MgO и параметърът  $Mg\#$  намаляват от централните към периферните части на кристалите (табл. 3). Магнезиалното съотношение  $Mg\# = Mg/(Mg+Fe^{2+})$  е 0,78-0,83 и съответства на сравнително високи температури на кристализация.



Фиг. 5. Класификационна диаграма на Morimoto (1983), с фигуративни точки на клинопироксени от магмени скали от Върбишка Стара планина

Химизмът на биотитите е отразен в таблица 3. На диаграмата  $Fe/(Fe + Mg) - IVAl$  те попадат в полето на биотита, на границата с флогопита. Магнезиалното съотношение е между 0,60 и 0,62 (табл. 3).

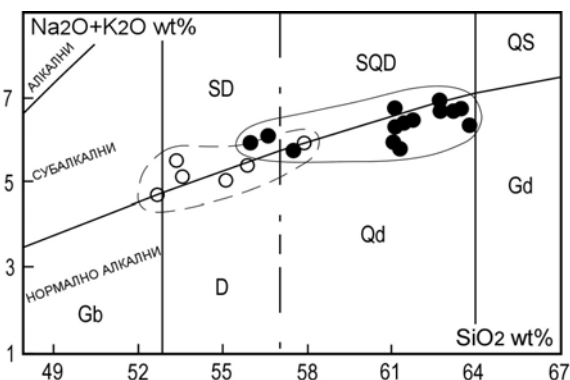
**Петрохимични особености.** На класификационната диаграма на Богатиков и др. (1981), изследваните интрузивни тела и дайки попадат в полетата на кварцдиоритовите, субалкалните диоритови и субалкалните кварцдиоритови порфирити (фиг. 6).  $SiO_2$  варира от 55,98 до 63,81%, като най-ниски съдържания се отбелязват в интрузивното тяло северозападно от вр.

Асара (табл. 4). Наблюдава се тенденция за постепенно увеличаване на  $SiO_2$  от южните към северните части на района. Скалите са преситени на  $SiO_2$ , среднокалиеви, с преобладаване на  $Na_2O$  над  $K_2O$ , като съотношението  $K_2O/Na_2O$  е между 0,40 и 0,61. Коефициентът  $al'$  от 1,72 до 3,48. Пералкалният индекс е между 0,46 и 0,57 (табл. 4). На диаграмата  $K_2O-SiO_2$  фигуративните точки на кварцдиоритовите порфирити почти изцяло попадат в полето на калциево-алкална серия, а субалкалните разновидности са с висококалиево калциево-алкална сериалност (фиг. 7).

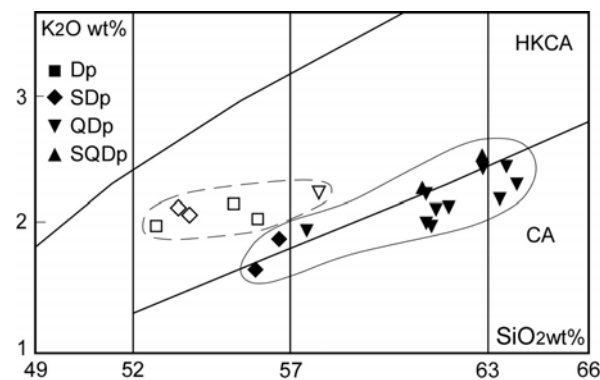
Таблица 4.

Химичен състав (wt %) на магмени скали от района на Върбишка Стара планина;  $K/Na = K_2O/Na_2O$ ;  $al' = Al_2O_3/(Fe_2O_3 + FeO + MgO)$ ;  $PI = Na_2O + K_2O/Al_2O_3(mol)$ .

Образец	EB 28-54 S	EB 29-55 S	EB 15-36 N	EB 11-29 N	EB 16-37 N	EB 26-51 S	EB 6-23 N	EB 5-22 N	EB 13-33 N	EB 16-48 N	EB 14-34 N	EB 3-16 N	EB 34-60 S	EB 37-63 S	
Скала	S Dp			QDp										S QDp	
$SiO_2$	55,98	56,65	57,42	61,04	61,13	61,30	61,41	61,82	62,86	63,31	63,52	63,81	61,10	62,83	
$TiO_2$	0,56	0,58	0,54	0,45	0,40	0,41	0,44	0,38	0,39	0,33	0,35	0,38	0,38	0,37	
$Al_2O_3$	17,86	17,54	16,94	17,10	17,98	18,07	17,91	17,95	17,24	17,24	17,38	18,02	18,15	18,26	
$Fe_2O_3^t$	6,98	6,48	6,96	5,11	4,55	4,52	4,42	3,81	4,04	3,40	3,42	3,75	4,58	3,85	
$MnO$	0,13	0,12	0,11	0,16	0,12	0,09	0,14	0,10	0,08	0,11	0,06	0,12	0,07	0,12	
$MgO$	2,81	2,98	2,90	1,66	1,47	1,97	1,48	1,74	2,08	1,65	1,58	1,78	1,60	1,78	
$CaO$	6,30	6,54	6,05	4,99	5,36	5,01	5,05	4,93	4,34	4,42	4,07	3,42	4,71	3,59	
$Na_2O$	4,22	4,29	3,76	3,71	4,27	3,78	4,34	4,32	4,33	4,52	4,33	4,04	4,54	4,36	
$K_2O$	1,68	1,86	1,93	2,25	2,00	1,99	2,08	2,13	2,40	2,19	2,41	2,27	2,21	2,52	
$P_2O_5$	0,34	0,36	0,23	0,21	0,22	0,28	0,23	0,19	0,37	0,34	0,33	0,20	0,25	0,29	
$SO_3$	0,57	0,42	0,15	0,66	0,03	0,03	0,23	0,15	0,09	0,03	0,03	0,22	0,42	0,03	
LOI	2,46	1,97	2,87	2,55	2,27	2,38	2,38	2,38	1,96	2,15	2,45	1,94	2,06	1,78	
Total	99,89	99,79	99,86	99,89	99,80	99,83	100,11	99,90	100,18	99,69	99,93	99,95	100,07	99,78	
$K/Na$	0,40	0,43	0,51	0,61	0,47	0,53	0,48	0,49	0,55	0,48	0,56	0,56	0,49	0,58	
$al'$	1,82	1,85	1,72	2,53	2,99	2,78	3,04	3,23	2,82	3,41	3,48	3,26	2,94	3,24	
PI	0,49	0,52	0,49	0,50	0,51	0,46	0,52	0,52	0,56	0,57	0,56	0,51	0,54	0,54	



Фиг. 6. Класификационна диаграма (Богатиков и др., 1981) с разположение на фигуративните точки на магмени скали от района на Върбишка Стара планина (черни точки) и Ришки проход (празни точки)



Фиг. 7. Диаграма на Resserillo, Taylor (1976) с разположение на магмени скали от района на Върбишка Стара планина (пълтни символи) и Ришки проход (празни символи). Сери: CA – калциево-алкална; HKCA – висококалиево калциево-алкална

**Условия на кристализация.** За определяне P-T условията на кристализация на хипоабисалните интрузиви от Върбишка Стара планина е използван химизма на плагиоклазовите и амфиболови фенокристали. Температурите са определени по амфибол-плагиоклазовия геотермометър на Blundy, Holland (1990) и Holland, Blundy (1994), а налягането е оценено по амфиболовия геобарометър на Schmidt (1992) и Anderson & Smith (1995).

Температурите на кристализация между двата геотер-

Таблица 5.

Термобарометрични данни от амфибол-плагиоклазови двойки. BH – Blundy, Holland (1990); HB – Holland, Blundy (1994); S – Schmidt (1992); AS – Anderson & Smith (1995)

Скала	T °C	P kb	
Кварцдиоритов порфирит	BH 750°-780°	S	5,7-7,2
	HB 710°-750°	AS	5-6
Субалкален диоритов порфирит	BH 790°-850°	S	7,2-7,5
	HB 780°-830°	AS	4-5
Субалкален кварцдиоритов порфирит	BH 800°-810°	S	7,8-8,8
	HB 760°-780°	AS	6-7



мометъра са съпоставими, като при геотермометъра на Holland, Blundy (1994) те са малко по-ниски (табл. 5). Сравнявайки P-T условията, следва да се отбележи, че субалкалните разновидности се характеризират с високи температури на кристализация (табл. 5).

## Заклучение

Магматитите от Върбишка Стара планина са под формата на малки интрузивни тела и дайки внедрени в седиментите на горния Триас, по-рядко в долно- и средноюрски наслаги. Според съвременната петрографска номенклатура, те са кварцдиоритови, субалкални диоритови и субалкални кварцдиоритови порфирити, преходящи в монцодиоритови и кварцмонцодиоритови порфирити с увеличаване количеството на K-фелдшпат. Скалите са преситени на SiO<sub>2</sub>, среднокалиеви, високоалуминиеви, с преобладание на Na<sub>2</sub>O над K<sub>2</sub>O, калциево-алкална и висококалиево калциево-алкална сериалност.

Изследванията показват, че в повечето случаи се касае за интрузивни тела и дайки с еднороден състав. Изключение прави най-голямото тяло, в района на Кавалджи дере, в което от периферните към централните части се наблюдават постепенни преходи към по-кисели и по-алкални разновидности. Веществените характеристики на изследваните включения в магматитите, предполагат за наличие на интрузивно тяло в дълбочина с диоритов състав, подложено на високотемпературна K-метасоматоза, осъществена най-вероятно в късномагматичния стадий, части от което са заграбени, частично усвоени и изнесени към повърхността.

За разлика от скалите в района на Ришкия проход, които са предимно диоритови и субалкални диоритови порфирити, с модални клинопироксени, някои и оливин, магматитите югоизточно от с. Веселиново са по-кисели и по-алкални, по-високоалуминиеви и с по-висок пералкален индекс от тези в Ришкия проход. Най-вероятно тези особености се дължат на еволюционни процеси (диференциация осъществена с малък размах) към по-кисели и алкални магмени типове, а някои веществени характеристики не изключват и процеси на смесване на магми.

## Литература

Банушев, Б. 2013. Нови данни за магматизма в района на Ришкия проход, Източна Стара планина. – *Год. МГУ*, 56, Св. I – *Геология и геофизика*, 58-64.

Богатиков, О. А., Н. П. Михайлов, В. И. Гоньшакова (ред.). 1981. *Класификация и номенклатура магматических горных пород*. М., Недра, 160 с.

Бончев, Е., Е. Белмустаков, М. Йорданов, Ю. Карагюлева. 1957. Главните линии в геоложкия строеж на Предбалкана между долината на Янтра и Черно море. – *Изв. Геол. инст.*, 5, 3-78.

Ганев, М. 1961. Стратиграфия на триаса от Лудокамчийския дял на Източна Стара планина. – *Тр. геол. Бълг. Сер. Стратигр. и тект.*, 5, 3-78.

Дабовски, Х., Ив. Загорчев. 2009. Въведение: Мезозойска еволюция и алпийски строеж. – В: Загорчев, И., Х.

Дабовски, Т. Николов, (ред). 2009. *Геология на България. Том II. Мезозойска геология*. С., Акад. изд. "Проф. Марин Дринов", 13-37.

Златарски, Г. 1905. Сенонските образувания в Източния и отчасти в Централния Балкан и на юг от тая планина. – *Период. сп. Бълг. книжовно д-во*, 66, 113-125.

Коен, Е. 1938. Общи ориентировъчни профилирания през Източна Стара планина с оглед на петролната геология. – *Сп. Бълг. Геол. д-во*, 10, 1, 1-34.

Кънчев, И. 1966. Медитерански тип горна креда в Лудокамчийския дял на Източна Стара планина. – *Изв. НИГИ*, 3, 15-71.

Кънчев, И. 1993. *Геоложка карта на България. М 1:100000. К. л. Айтос*. С.

Кънчев, И. 1995. *Обяснителна записка към геоложка карта на България. М 1:100000. К. л. Айтос*. С., КГМР, Геология и геофизика, 111 с.

Кънчев, И., В. Иванова-Панайотова. 1972. Върху присъствието на триас и субинтрузивен магматизъм между селата Веселиново и Звезда, Източна Стара планина. – *Сп. Бълг. Геол. д-во*, 33, 3, 361-367.

Anderson, J. L., D. R. Smith. 1995. The effect of temperature and oxygen fugacity on Al-in-hornblende barometry. – *Amer. Mineral.*, 80, 549-559.

Blundy, J. D., T. J. B. Holland, 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 104, 208-224.

Georgiev S, A. von Quadt, C.A. Heinrich, I. Peytcheva, P. Marchev. 2012. Time evolution of a rifted continental arc: Integrated ID-TIMS and LA-ICPMS study of magmatic zircons from the Eastern Srednogorie, Bulgaria. – *Lithos*, 154, 53-67.

Georgiev S, P. Marchev, C.A. Heinrich, A. von Quadt, I. Peytcheva, P. Manetti. 2009. Origin of Nepheline-normative High-K Ankaramites and the Evolution of Eastern Srednogorie Arc in SE Europe. – *Journal of Petrology*, 50, 1899-1933.

Holland, T., J. Blundy. 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 116, 433-447.

Kockel, C. W. 1927. Zur Stratigraphie und Tektonik Bulgariens Mit einem Beitrag von F. Kossmat. Das Grenzgebiet zwischen östlichen und zentralen Balkan. – *Geol. Rundsch.*, 18, 5, 349-355.

Kockel, C. W. 1929. Transgressionen und Überschiebungen im Ostbalkan. – *Geol. Rundsch.*, 20, 4-5, 319-330.

Leake, B. E. et al. 1997. Nomenclature of amphiboles. Report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and minerals names. – *Canadian Mineral.*, 35, 219-246.

Morimoto, N. 1988. Nomenclature of pyroxenes. *Forschr. Miner.*, 66, 2, 237-252.

Peccerillo, A., S. R. Taylor. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, 63-81.

Schmidt, M. W. 1992. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 110, 304-310.

Статията е рецензирана от проф. д-р Венелин Желев и препоръчана за публикуване от кат. „Минералогия и петрография“.