

СЪСТАВ НА ПАЛЕОГЕНСКИТЕ ВУЛКАНИТИ ОТ РАЙОНА НА АРДА ПЛАНИНА ОТ ЮЖНИТЕ РОДОПИ

Милорад Вацев

Минно-геоложки университет, 1700 София, България

РЕЗЮМЕ

Горноардинският грабенен басейн е в района на Арда планина от Южните Родопи и неговата южна част е в Гърция. Вулканските и вулканогенно-седиментните скали покриват и асоциират с горноеоценски и олигоценски теригенни седиментни скали. Представени са дацити, риодацити, туфи и значителен обем игнимбри. Вулканитите са кварц-фелдшпатови скали и плагиоклазите имат преобладаващо или еднакво развитие спрямо натриево-калиевия фелдшпат. Фемичните минерали са представени от биотит, молко амфибол и авгит. Скалите са високо калиеви и отношението K_2O/Na_2O не зависи от съдържанието на SiO_2 . Модалният и петрохимическият състав показват, че тук е представена калциево-алкална до субалкална трахидацит-трахириолитова серия, или висококалеева дацит-риолитова серия. Вулканските скали са част от палеогенските колизионни вулканити от централната част на Родопския район.

ВЪВЕДЕНИЕ

Горноардинският грабен (ГАГ) или басейн (Вацев, 1985, 1989а) е един от най-южните палеогенски басейни от Родопския район (РР) от територията на България. Той е разположен в най-южната, висока част от района Горна Арда от Централните Родопи (ЦР) и обхваща площта на Арда планина. Неговата южна част е на територията на Гърция и се разглежда като Дипотамски басейн (Baker and Liati, 1991). За басейна в България е използвано и наименованието Витинска депресия (Бахнева, Стефанов, 1973).

Кратки сведения и данни за петрографския състав и стратиграфската позиция на вулканитите от ГАГ има в работите на Бахнева, Стефанов (1973) и Вацев (1985, 1989а). Те привеждат данни за олигоценска възраст на вулканитите и присъствието на игнимбри. За разглежданите скали няма изложена по-пълна петроложка характеристика. Петроложките и геохимичните данни за дацит-риолитовите игнимбри от територията на Гърция, са съществено по-пълни (Eleftheriadis and Lippolt, 1984; Eleftheriadis, 1995).

Целта на настоящата работа, която представлява продължение на по-ранните изследвания на автора, е да предостави по-добра информация за вулканитите от ГАГ и да подобри разбирането за вулканизма. Вулканските скали са характеризирани въз основа на теренни, микропетрографски и петрохимични изследвания. Използвани са 33 бр. силикатни анализи, като 26 бр. са от България от които 21 бр. са по материали на автора, анализирани от ЦНИЛ "Геохимия" при МГУ по класическия воден силикатен анализ. Другите 6 бр. са по литературни източници, а 7 бр. са от Гърция (Innocenti et al., 1984; Eleftheriadis, 1995).

ГЕОЛОЖКА ОБСТАНОВКА

Горноардинският палеогенски грабен или грабенен вулканогенно-седиментен басейн (Вацев, 1985, 1989а), както и другите понижения от ЦР, е наложен върху докамбийския фундамент на РР и внедрени сред тях гранити с къснокредна и палеогенска възраст (Soldatos, Christofides, 1986; Kamenov et al., 1999). Грабенът е ограничен от север от няколко субпаралелни разседа с посока ЗСЗ-ИЮИ, по които са пропаднали южните крила, има дължина 25-30 km и ширина от 5-8 km на територията на България, а южната част в Гърция е по-широка - 10-15 km. Наличието на относително издигнати блокове от фундамента, наблюдавани при граничната бразда при с. Арда, при връх Грамада, югоизточно от с. Мочуре, при с. Витина и при с. Пловдивци, маркират сложния блоково-грабенен строеж на басейна.

Късноеоценските скали, изпълващи ГАГ, разкрити в неговата северна част в България, са представени последователно от: 1) Хулевинска брекчоконгломератна свита (200-250m) (Вацев, 1985); 2) Паловска пясъчничкова свита (70-90m) (Вацев, 1985); 3) Радичовишка конгломератна свита (150-200m) (Вацев, 1985) и 4) Гудевска аргилитопясъчничкова свита (Вацев, 1985), съдържаща пластове от въглища и риодацитови туфи. Късноеоценската възраст на седиментите е установена по фосилна флора (Вацев, 1985).

Отгорележащите олигоценски седиментни и вулкански скали са представени от: 5) Гоздевишка пясъчничково-конгломератна свита (150-200m) (Вацев, 1989), съдържаща лещовидни пластове от туфи; и 6) Грамаденска седиментно-вулканогенна свита (900-1300 m) (Вацев, 1989).

Грамаденската свита се състои от три единици (секвенции) от вулкански скали, разделени от клиновините Миленовски туфо-аргилито-пясъчников член (15-90 m) (Вацев, 1989a) и Мочурски туфо-аргилито-пясъчников член (10-25 m) (Вацев, 1989a), представени от флувиални и калдерно-езерни пясъчници, пясъчливи и битумоносни аргилити, пепелни туфи и тефроиди. Вулканските скали от първата (150-200 m), третата (500-600 m) и петата (250-300 m) единица имат сходен състав и строеж. Те са изградена от игнимбрити с и без фяме, лапилиеви и пепелни туфи, дацити и риолити (риодацити). Игнимбрити, дацити и риолити с порфирна структура са развити по-добре в горната част на вулканските единици. Късен елемент от вулканската последователност са дацит-риодацитови екструзиви, съдържащи порфирни кристали (до 10-15 mm) от натриево-калиев фелдшпат и по-малко фенокристали от биотит и кварц, и рядко такива от амфибол и диопсидов авгит. В теменната част на телата дацит-риодацитите са сивочерни и най-бедни на фенокристали (10-20%).

Олигоценската възраст на скалите от Грамаденската вулканогенна свита е определена по фосилна флора, установена сред седиментните скали от Маленовския туфо-аргилито-пясъчников член и в късно-късноеоценските седименти от подложката (Вацев, 1989a,б). Олигоценска - около 27-30.6 мил. г. - е възрастта на вулканските скали в съседна Гърция (Eleftheriadis and Lippolt, 1984).

Една от важните особености във формирането и развитието на ГАГ е тясната взаимна връзка на вулканизма и тектониката, развитието на вулканско-тектонски понижения от блоково-калдерен тип и значителен обем от игнимбрити.

ПЕТРОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА

Вулканските скали от ГАГ, независимо от различията в генезиса и стратиграфската позиция, не са съществено променени и имат фактически еднаква кристална фаза. Фенокристалите в обем от 20 до 63%, са представени от плагиоклаз, натриево-калиев фелдшпат, кварц, биотит, амфибол и авгит, които са сравнително равномерно разпределени.

Плагиоклазовите кристали (3-6 mm) имат зонален строеж, като съставът им от центъра до периферията варира от андезен (An 50-45) до олигоклаз (An 30-20). Броят на зоните е от 3-5 до 6-7. Установява се права, а на места и обратна зоналност, като съставът на зоните се изменя с 4-6 номера на плагиоклаза. Представени са и зърна с петниста зоналност и такива с по-базични ядра.

Натриево-калиевият фелдшпат е представен от автоморфни и натрошени индивиди от санидин (3-15 mm), установен в туфите, игнимбритите и риодацитите.

Кварцовите зърна (0.2-4 mm) са прозрачени и слабо опушени, техните очертания са неправилни, понякога частично хексагонални или кородирани със заливчета изпълнени от вулканско стъкло. Установяват се и полиинерални ксеногенни кварцови зърна, съдържащи прахови включения, циркон и апатит.

Биотитът е постоянно присъстващ (2-5 %) минерал. Представен е от разновидности относително богати на желязо, установяват се и люспи с тънки, по-тъмни външни зони. Биотитът е засегнат от опацизация и хлоритизация.

Амфиболът е сравнително рядък (под 1%) минерал с неравномерно развитие и е представен от обикновен зелен амфиболи, често е променен. Установяват се и единични зърна от диопсидов авгит, често заместен от амфибол.

Акцесорните минерали са представени от циркон, апатит, магнетит, рутил и рядко ортит. Магнетитът е рано отделен и е по-характерно представен. Минералите в празнините са представени от тридимит, кристобалит и рядко от натриево-калиев фелдшпат.

Основната маса на вулканските скали е изградена от вулканско стъкло, което е разкристализирало в различна степен. Преставени са скали с витрофинова, хиалопилитова, фелзитова и сферолитова структура. Последната е свързана с разкристализацията на вулканското стъкло. Разграничават се скали със сравнително еднороден строеж на основната маса и такива с неясен флуидално-ивичест строеж, свързан най-вероятно с процеси на ликвация и преместване.

Фямевидните обособления имат ивичеста микротекстура и сравнително малки размери – дължина 1-3 cm и дебелина до 1.5 cm. Лещовидните включения от вулканско стъкло (пемза) варират от 2-3 до 5-7 cm. Формата, границите и строежът на фяметата са указание за тяхното пластично деформиране в съответствие с игнимбритовите потоци.

В разглежданите скали са представени ксенолити и полиминерални зърна от гнайси и гранодиорити.

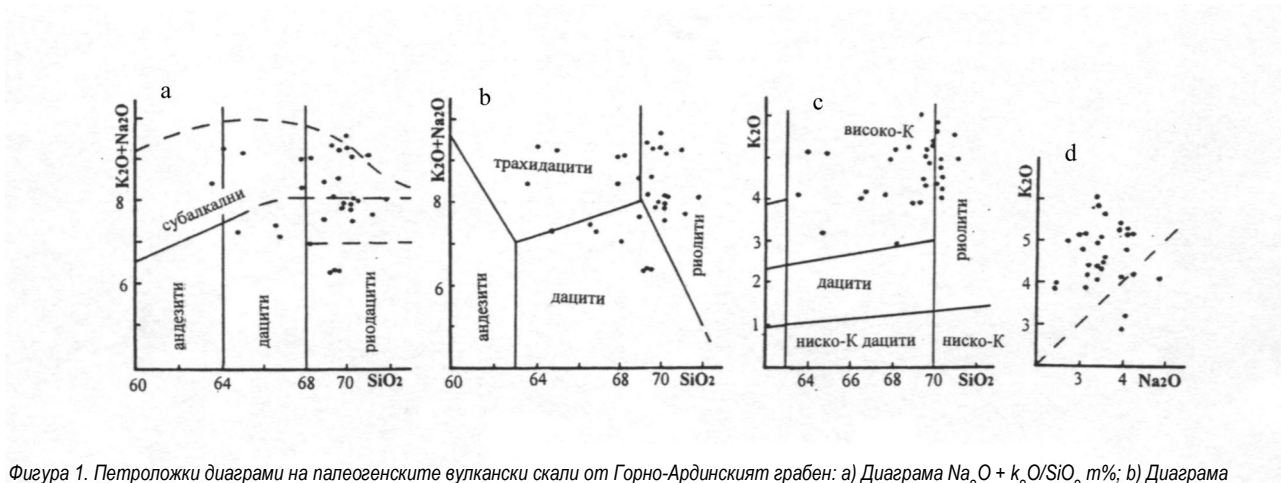
Наличните характерни асоциации от фенокристали, присъщи на нормални калциево-алкални до субалкални кисели скали и коефициентът на лъчепречупване (1.495-1.510) на основната маса дават основание да бъдат разграничени амфибол съдържащи биотитови и главно биотитови дацити и риодацити или риолити и игнимбрити с такъв състав. Те са формирани най-вероятно от една топилка.

ПЕТРОХИМИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

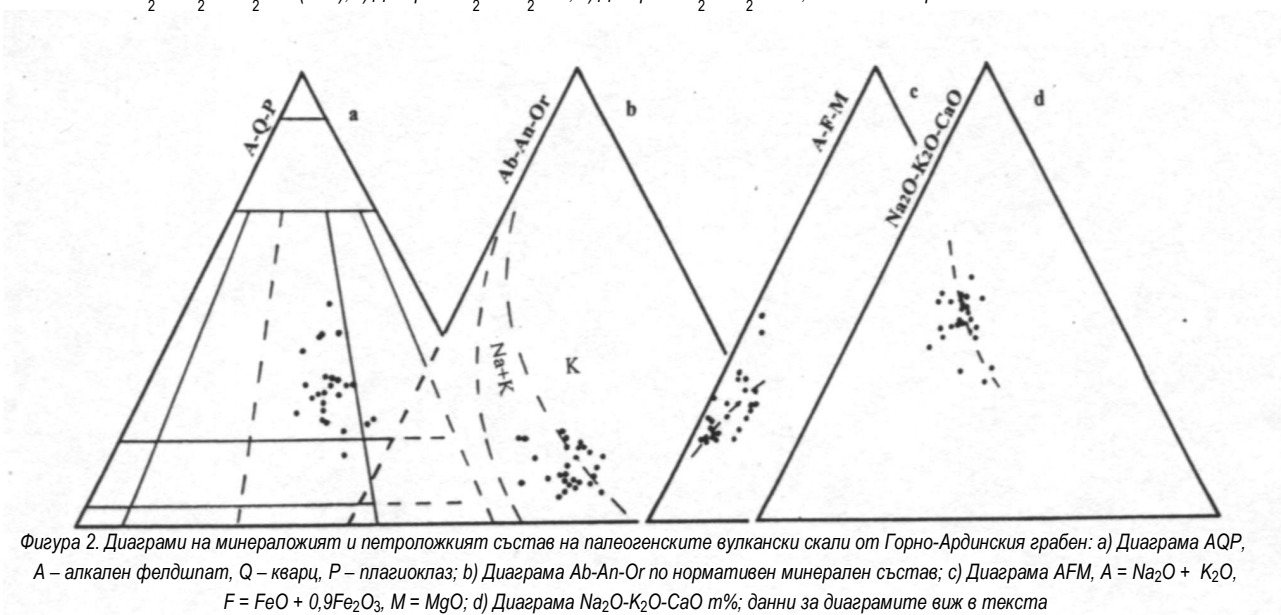
Вулканските скали от ГАГ са кисели (SiO_2 от 64 до 72 т. %), нормални калциево-алкални и субалкални. По класификацията и номенклатурата на магмените скали (CNI) – диаграма $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$ (Богатиков и др., 1985) се определят като нормална калциево-алкална и субалкална дацити-риодацитова серия (фиг. 1a). По същите данни, но по класификацията на вулканските скали (TAS диаграма) (Le Bas et al., 1992) това е трахидацит-трахириолитова серия (фиг. 1b). По класификацията по съдържанието на K_2O и SiO_2 (K/Si диаграма) (Peccherillo and

Taylor, 1976, допълнена от Ewart, 1982) това е висококалиева, калциево-алкална дацит-риолитова серия

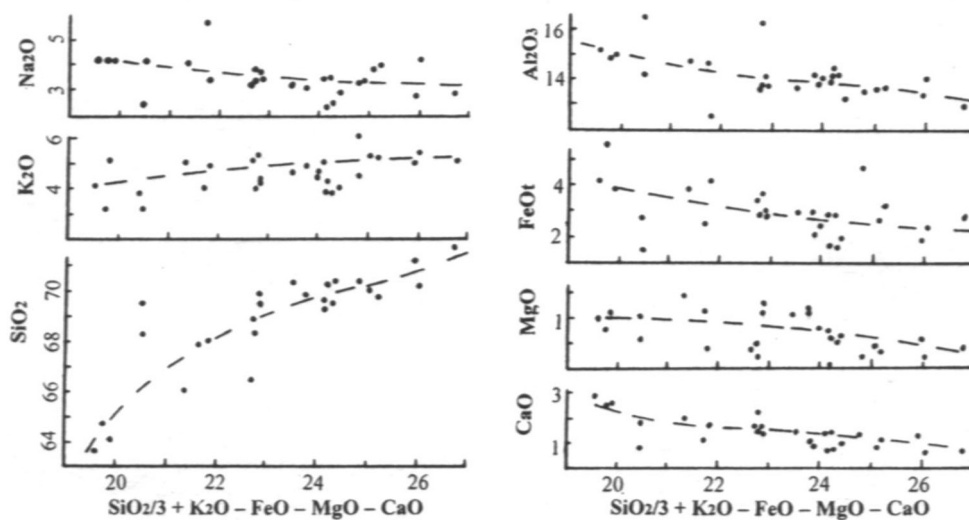
(фиг. 1c). Отношението $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ за силно преобладаващата част от анализите е под единица (фиг. 1d).



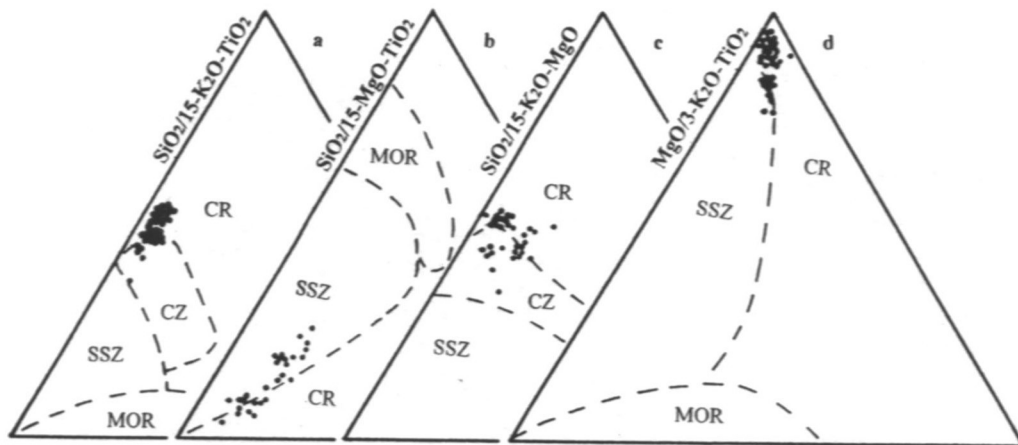
Фигура 1. Петроложки диаграми на палеогенските вулкански скали от Горно-Ардинският грабен: а) Диаграма $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ т%; б) Диаграма $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ т% (TAS); в) Диаграма $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ т%; г) Диаграма $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ т%; данни за диаграмите виж в текста



Фигура 2. Диаграми на минералогията и петроложкия състав на палеогенските вулкански скали от Горно-Ардинския грабен: а) Диаграма AQP, А – алкален фелдшпат, Q – кварц, P – плагиоклаз; б) Диаграма Ab-An-Or по нормативен минерален състав; в) Диаграма AFM, А = $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, F = $\text{FeO} + 0,9\text{Fe}_2\text{O}_3$, M = MgO; г) Диаграма $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$ т%; данни за диаграмите виж в текста



Фигура 3. Вариационни диаграми по параметъра на Ларсен на вулканските скали от Горно-Ардинският грабен



Фигура 4. Диаграми по съотношенията на Si, Mg, Ti и K на палеогенските вулкански скали от Горно-Ардинският грабен. Обстановки: MOR – срединно-океаски хребет, CR – континентален рифт, SSZ – субдукционна зона, CZ – континентална колизия; данни за диаграмите виж в текста

Преизчисленията на нормативния минерален състав са проведени по метода на американските геолози С.І.Р.В. Паралелно с това са преизчислени редица важни в типохимично отношение коефициенти и нормативни характеристики.

Нормативния минерален състав на скалите по диаграмата AQP (Le Bas, Streckeisen, 1991) (фиг. 2а), маркира калциево-алкална риолитова до слабо субалкална дацит-риолитова серия.

Игнимбритите, дацитите и риолитите с различна стратиграфска позиция по съдържанието на SiO₂ и алкалии, съществено не се различават, като съдържанието на Na₂O е от 2.4 до 4.9, средно 3.55 т.%, а това на K₂O е от 2.95 до 6.05, средно 4.48 т.%. По сумарното съдържание на алкалии (6.3-9.6 т.%) те са нормални и субалкални (фиг. 1). Характерно е, че отношението K₂O/Na₂O не зависи стриктно от съдържанието на SiO₂. На диаграмата AlAnOr (фиг. 2b) данните маркират наличието на калиеви и натриево-калиеви скали, съгласно разграничителните линии предложени от Irvine and Baragar (1971).

Тези данни, както и диаграмата K₂O/SiO₂ и характерното присъствие на калий съдържащи минерали, подчертават калиевата специфичност на вулканските скали. Те са умерено калиеви (K₂O < 7 т. %) в цяло, а наличието на нормативен кварц над 20% в дацитите позволява те да бъдат характеризирани като трахидаци и трахириолити. За разглежданите скали нормативният плагиоклазов коефициент $np = 100An / (Ab + An)$ варира от 7.5 до 33.3 и е средно 15.2, а нормативният кварцов коефициент $q = 100Q / (Q + Ab + An)$ се изменя от 16.5 до 56.3 и е средно 32.2. Характерно е също, че по съдържанието на нормативен Q, Or, Ab и An скалите съществено не се различават; съдържанието на An е ниско (5-13%).

Вулканитите от ГАГ са бедни на CaO (1.26-3.84, средно 2.38 т.%) и MgO (0.24-2.58, средно 2.32 т.%). Съдържанието на нормативен волластонит и енстатит е в рамките на първите няколко процента. Съдържанието на тези окиси е в обратна връзка с това на SiO₂. Такова е и съотношението на нормативния An спрямо Q и Or.

По съдържанието на Al₂O₃ (12.6-16.9, средно 14.2 т.%) това са скали с умерено ниско и умерено високо съдържание на алуминий (Богатиков и др., 1985), нормативен корунд почти не се установява.

Вулканитите от ГАГ са с крайно ниско и силно ниско съдържание на TiO₂ (0.2-0.58, средно 0.35 т.%), като то намалява в по-киселите скални разновидности.

В фямевидните игнимбрити и дацитите, бедни на фенокристали се установява намаляване съдържанието на SiO₂ с 3-6 т.%, и увеличаване това на Al₂O₃ с 1-3 т.%, на CaO с 0.5-1 т.%, на MgO с 0.7-1 т.%, и слабо увеличение на TiO₂ и MnO.

При разглеждането на валовия състав на вулканитите от ГАГ е характерно, че с увеличаването стойностите на параметъра на Ларсен (фиг. 3) нараства съдържанието на SiO₂ и K₂O, слабо намалява това на Na₂O и намалява количеството на Al₂O₃, CaO, MgO, и FeO + Fe₂O₃. На вариационните диаграми и на диаграмата AFM (фиг. 2c) и Na₂O-K₂O-CaO (фиг. 2d) проличава калциево-алкалния тренд на вулканитите.

Вариационните диаграми по параметъра на Ларсен (Фиг. 3) маркират калиева тенденция при нарастване съдържанието на SiO₂. Слабо изразената отрицателна корелация между Na₂O и SiO₂, може да се обясни със свойството на киселите магми да включват Na съвместно с Ca във фракцията на сравнително по-трудно топимите ранни

кристални фази (плагноклаз, биотит, амфибол, циркон) и ранно охладената основна маса. В това отношение трябва се има предвид и фактът, че в относително по-базичните дацити със сивочерна, витрофинова основна маса, съдържанието на Na_2O е по-високо от това на K_2O .

Приведените данни за модалния и нормативния минерален състав и петрохимичните характеристики на палеогенските вулканити от ГАГ са основание за определянето им като нормална калциево-алкална до субалкална, трахидацит-трахириолитова или риодацитова серия (CNI и TAS диаграма) или високо калиева калциево-алкална дацит-риолитова (K/Si диаграма) серия (Фиг. 1). Скалите от тази серия, представена главно от игнимбрити и риодацити, се характеризират с твърде сходен петрографски и нормативен състав. Еволюция на топилката се маркира от последователното развитие на игнимбрити, ивичести риодацити и по-късни вулканити, съдържащи относително повече фенокристали, а съдържанието на SiO_2 не се изменя значително. Особеностите на изследваните скали са свързани най-вероятно с нестабилните условия на кристализация на топилката, нейното предвижване и охлаждане. Порфирните по натриево-калиев фелдшпат дацити, маркират калиевата специфичност на топилката и са елемент на обратен тренд. Вероятно, това е топилката от долната част на магмената камера.

Трябва да се посочи също, че разглежданите вулканити са напълно сходни с вулканитите от другите понижения от ЦР и ЗР (Вацев, 1989; Вацев, Кацков, 1988; Вацев, Недялкова, 1984).

ОБСЪЖДАНЕ И ИЗВОДИ

За изучаваните вулкански скали е характерно, че отношението $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ не зависи стриктно от съдържанието на SiO_2 . То и петроложкият състав са указание за тектонско активизиране на земната кора (Маракшев, Яковлева, 1975).

Цялостното разглеждане на въпросите относно формирането на вулканитите в ГАГ, е невъзможно без разглеждането на основните въпроси относно магматизма в цяло най-малко в ЦР и ЗР. Това в тази журнална статия е невъзможно и тук ще бъдат изложени само някои основни положения:

-Проявен е кредно-палеогенски зонален метаморфизъм и гранитизация, датирани в района на Рила планина и ЦР (Арнаутов и др., 1980; Арнаутов, Амов, 1998; и др.), а съставът на гранодиорит-гранитния метатект, е близък с този на гнайсите от фундамента.

-Значителен е обемът на еднообразните по състав къснокредни и палеогенски гранодиорит-гранитни плутони (Kamenov et al., 1999; Soldatos, Christofides, 1986; и др.) в ЦР, ЗР и Пирин планина (Загорчев и др., 1987), разглеждани до сега общо като Южнобългарски гранити, а също така и на метаморфозирани гранитоиди в РР.

-Основна тектонска и морфо-тектонска единица в ЦР и ЗР е Западнородопското сводово и съседни с него

(Маданското и др.) подувания, свързани със сложно проявените през кредния и палеогенски периоди, процеси и етапи на метаморфизъм, последователно образуване на гранитни интрузии и олигоценски дацит-риолитови вулканити.

-Развитие на фона на метаморфно-магмените подувания на палеогенски грабени, изпълнени със значителни по обем седиментни и вулкански скали – ГАГ, Смолянски грабен (Вацев, 1989), Брацигово-Доспатско понижение (Вацев, Кацков, 1988), Местенски грабен (Вацев, Недялкова, 1984) и др.

-Пространствената привързаност и еднородният състав на последователно внедрените гранитни къснокредни и палеогенски плутони, и на палеогенските вулканити, свидетелства за еднообразните условия на формиране на магмата и използването на едни и същи подгрятни канали.

-Проявената тектонска, метаморфна и магмена, кредно-палеогенска дейност маркира удебеляване и активизация на земната кора и горната мантия в РР. При отсъствието на датирани кредно-палеогенски базит-ултрабазични скали в района, индикатори за възбуденото състояние на горната мантия са петроложките данни за вулканитите (фиг. 4) и изотопно-геохимичните данни за къснокредните, грубопорфирни по калиев фелдшпат гранити (единица 1) от Западнородопския батолит; палеогенските гранити (единица 2 и 3) се разглеждат като късно- и след-колизийни (Kamenov et al., 1999).

Всичко това дава основание да се посочи, че олигоценските дацит-риолитови вулканити са произлезли най-вероятно от палингенни анатектични магми, свързани с къснокредно-палеогенската тектоно-магмена активизация на РР. Аналогични становища за генезиса на олигоценските вулканити от пониженията от ЦР и ЗР, са изложени от автора в посочените по-горе публикации.

Интензивно проявеният кредно-палеогенски метаморфизъм, спътстван от етапно внедряване на значителни гранитни плутони и формирането на значителни магмено-метаморфни подувания, свидетелстват за тектонска активизация и удебеляване на земната кора от РР. Те са свързана във времето с колизията в Алпо-Хималайския пояс (Descourt et al., 1993; Короновски и др., 1997; и др.). С последващ етап на издигане и разширение на Западнородопското подуване и РР е свързано развитието на еоцен-олигоценските грабени и вулканизъм. Връзката между палеогенският магматизъм от ЦР и ИР, и процесите на колизия е отбелязана в работи на Dabovski et al. (1991), Yanev et al. (1998) или орогенен епизод Eleftheriadis (1995).

Петроложките данни за вулканитите от ГАГ на диаграмите $\text{SiO}_2/15\text{-K}_2\text{O-TiO}_2$, $\text{SiO}_2/15\text{-MgO-TiO}_2 \times 2$, $\text{SiO}_2/15\text{-K}_2\text{O-MgO}$ и $\text{MgO}/3\text{-K}_2\text{O-TiO}_2$ (фиг. 4) показват също еднотипно групиране; разграничителните линии са по Демина, Симонов (1999). Петроложките и тектонските данни са основание вулканити от ГАГ да се разглеждат като колизийни. Разположението на точките частично и в съседното поле на континенталните рифтови вулканити, е указание за тектоно-магмена активизация на стабилна (40-50 km) земна кора, а вероятно и за началното встъпване в

следващия рифтов етап на развитие. Данните от диаграмите за наличието на вулкани и от субдукционна зона, навеждат на мисълта за комплексния характер на колизията и за елементи на остатъчна субдукция в дълбоките части на литосферата.

Спирането на вулканизма около границата палеоген-неоген, се съпровожда от инверсия, обхванала и палеогенските депресии (Вацев, 1984, 1999). През този стадий са внедрени малки плутони в ИР (Маврудчиев, 1992). Това е късноколизийният етап на свиване, сложно разломяване и отсядане.

Късно късноолигоцен-неогенският, следколизийен етап, е етап на сводово издигане, разширение и разломяване с елементи на остатъчна колизийност. Характеризира се с формирането на значителни рудни находища (Амов и др., 1993), единични базалтови дайки в ИР (Marchev et al., 1998) и развитието на нова, широкообхватна генерация от грабенови понижения и седиментни басейни в и около РР (Вацев, 1984, 1999).

ЛИТЕРАТУРА

- Амов, Б., Б. Кольковски, Р. Димитров. 1993. Генезис и възраст на хидротермални рудни минерализации в Родопската металогенна зона въз основа на изотопния състав на оловото в галенита. Год. СУ, Геол.-географ. Факултет, кн. 1, Геол., 85: 73-97.
- Арнаудов, В., Б. Амов. 1998. Терциента Pb-Pb възраст на камерни пегматити от метаморфния комплекс в Централни Родопи. Геохим. минерал. и петр., 34: 83-90.
- Арнаудов, В., Т. Танева, Р. Игнатова. 1980. Геохронологични изследвания по метода на следите на пегматити от Рила планина. Геохим. минерал. и петр., 13: 19-26.
- Бахнева, Д., Н. Стефанов. 1973. Формационна принадлежност на риолитите от Смолянската депресия. Год. МГУ, 17, ч. II, Геология: 125-139.
- Богатиков, О., В. Гоньшакова и др. 1981. Класификация и номенклатура магматических горных пород. Недра, М.: 1-160.
- Вацев, М. Д. 1984. Литостратиграфия на неогенските седименти от южната периферия на Доспатското понижение. Год. МГУ, 30, ч. II, Геология: 45-59.
- Вацев, М. Д. 1985. Литостратиграфия на еоценските седименти от Горноардинския грабен (Южни Родопи). Год. МГУ, 31, ч. II, Геология: 113-131.
- Вацев, М. Д. 1989а. Литостратиграфия на олигоценските седиментно-вулканогенни отложения от Горноардинския грабен (Южни Родопи). Год. МГУ, 35, ч. I, Геология: 19-31.
- Вацев, М. Д. 1989б. Състав на палеогенските вулкани от Смолянското понижение (Централни Родопи). Год. МГУ, 35, ч. II, Геология: 43-57.
- Вацев, М. Д., Н. Кацков. 1988. Състав на палеогенските вулкани от Брацигово-Доспатското понижение (Западни Родопи). Год. МГУ, 34, ч. I, Геология: 43-57.
- Вацев, М. Д., С. М. Неделкова. 1984. Състав на терциерните вулкани от Местенския грабен. Год. МГУ, 30, ч. II, Геология: 115-135.
- Демина, Л. И., Д. А. Симонов. 1999. Вулкани как индикатори процеса континентальной коллизии. Доклады АН России, Геология, 366, 6: 797-796.
- Загорчев, И., С. Мурбат, П. Лилов. 1987. Радиогеохронологические данные об альпийском магматизме в Западной части Родопского массива. *Geologica Balc.*, 17, 2: 59-71.
- Короновски, Н. В., М. Г. Ломизе, А. И. Гуцин и др. 1997. Главные события в тектонической эволюции Кавказского сегмента Средиземноморского складчатого пояса. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*, 4: 5-12.
- Маврудчиев, Б. 1992. Палеогенският плутонизъм в Източните Родопи. Автореферат на дисертацията за научна степен доктор на геол. науки. СУ. С.: 1-61.
- Маракушев, А. А., Е. В. Яковлева. 1975. Генезис кислых лав. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол.*, 1: 3-24.
- Baker, J. H. and A. Liati. 1991. The Oligocene volcano-sedimentary sequence of the Dipotama Basin, N. Greece: temporal relationships between Tertiary granites and volcanics, and implications for the regional tectonic evolution. *Geol. Mijnbouw*, 70: 75-83.
- Dabovski, Ch., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavrudchiev, G. Stanisheva, Y. Yanev. 1991. A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria. *Geologica Balc.*, 21, 4: 3-15.
- Dercourt, J., L. E. Ricou, B. Vrielynck. 1993. Atlas Tetyes Palaeoenvironmental Maps. Paris, Gauthier-Villars: 1-307.
- Eeftheriadis, G. 1995. Petrogenesis of the Oligocene volcanics from the Central Rhodope massif (N. Greece). *Eur. J. Minerals.*, 7: 1169-1182.
- Eleftheriadis, G. und H. J. Lippolt. 1984. Altersbestimmungen zum oligozanen Vulkanismus der Sud-Rhodopen/ Nord-Griechenland. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 3: 179-191.
- Ewart, A. 1982. The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with reference to the andesite-basaltic compositional range. In: Thorpe, R. S. ed. *Andesites: orogenic andesites and related rocks*. Wiley, Chichester: 25-95.
- Innocenti, F., N. Kolios, P. Manetti, R. Mazzuoli, A. Peccerillo, E. Rita and L. Villari. 1984. Evolution and geodynamics significance of the Tertiary orogenic volcanism in North-eastern Greece. *Bull. Volcanol.*, 47: 25-37.
- Irvine, T. N., and V. R. Baragar. 1971. A guide to the chemical classification of the volcanic rocks. *Can. J. Earth. Sci.*, 8: 523-548.
- Kamenov, B., I. Peytcheva, L. Klain, K. Arsova, Y. Kostitsin, E. Salnicova. 1999. Rila-West Rhodopes Batholith: Petrological and geochemical constraints for its composite character. *Geochim., Mineral., Petrology*, 36: 3-26.
- Kamenov, B., I. Peytcheva, L. Klain, K. Arsova, Y. Kostitsin, E. Salnicova. 1999. Rila-West Rhodope Batholith: Petrological and geochemical constraints for its composite character. *Geochim., Mineral., Petrology*, 36: 3-26.
- Le Bas, M. J., R.W. Maiter and A. R. Woolley. 1992. The construction of the Total Alkal-Silica Chemical Classification of Volcanic rocks. *Mineral. Petrology*, 46: 1-22.
- Le Bas, M. J. and A. L. Strekeisen. 1991. The IUGS systematic of igneous rocks. *J. Geol. Society*, 148: 825-833.
- Marchev, P., O. Vaselli, H. Downes et al. 1998. Petrology and geochemistry of alkaline basalts and lamprophyres: implications for the chemical composition of the upper mantle beneath the Eastern Rhodopes (Bulgaria). *Acta Vulcanol.*, 10, 2: 233-242.

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

Soldatos, T., G. Christofides, 1986. Rb-Sr geochronology and origin of the Elatia Pluton, Central Rhodotes, N. Greece. *Geologica Balc.*, 16, 1: 15-23.

Yanev, Y., F. Innocenti, P. Manetti, G. Serri. 1998. Upper Eocene-Oligocene Collision-related Volcanism in Eastern Rhodopes (Bulgaria) – Western Thrace (Greece): Petrogenetic Affinity and Geodynamic Significance. *Acta Volcanol.*, 10, 2: 279-291.

COMPOSITION OF PALEOGENE VOLCANICS IN THE REGION OF ARDA MOUNTAIN, SOUTH RHODOPES

Milorad Vatsev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, Bulgaria

ABSTRACT

The Upper Arda graben basin is located in the area of Arda Mountain in the Southern Rhodopes, both on the territory of Bulgaria and Greece. The volcanic and volcano-sedimentary rocks overlie and associate with Upper Eocene and Oligocene terrigenous sediments. Dacites, rhyolites and tuffs are dominating rock types. Ignimbrites are also quite common. The volcanics are quartz-feldspar rocks containing plagioclase and K-Na feldspar nearly in equal quantities, or with prevalence of plagioclase. Femic minerals are biotite, rarely amphibole and augite. The rocks are high-K and the relation K_2O/Na_2O does not depend on the SiO_2 content. The modal and petrochemical composition indicate calc-alkaline to subalkaline trachydacite-trachyrhyolite or high-K calcalkaline dacite-rhyolite series. The volcanic rocks are part of the Paleogene collision-related volcanics from central part of the Rhodopes region.

INTRODUCTION

The Upper-Arda Graben (trough) or basin (UAG) (Vatsev, 1985, 1989a) is one of the southernmost Paleogene basins in the Rhodope region on the territory of Bulgaria. It is located in the southernmost, high part of the Upper Arda region in the Central Rhodopes (CR) and occupies the area of Arda Mountain. Its southern part extends on the territory of Greece and is known as Dipotama basin (Baker and Liati, 1991). The Bulgarian part of the basin is denoted as Vitina depression (Bahneva, Stefanov, 1973).

Brief information and data on the petrographic composition and stratigraphic position of the volcanics in UAG are given in the publications of Bahneva, Stefanov (1973) and Vatsev (1985, 1989a). They report data on the Oligocene age of the volcanics and occurrence of ignimbrites. More detailed petrologic characteristics of the rocks under consideration have not been reported so far. The petrologic and geochemical data about the same rocks on the territory of Greece are much more complete (Eleftheriadis and Lippolt, 1984; Eleftheriadis, 1995).

The present work, which is a continuation of earlier studies of the author, aims at giving a more detailed information about the volcanics of UAG and improving the understanding of the volcanism in the CR. The volcanic rocks are characterized on the basis of field, micropetrographic and petrochemical studies. For this purpose, 33 silicate analyses were used. 26 of them were made in Bulgaria, of which 21 based on author's investigations and analysed at the "Geochemistry" Central Research Laboratory of the University of Mining and Geology by classical water silicate analysis. The other 6 analyses are from literature sources and 7 are from Greece (Innocenti et al., 1984; Eleftheriadis, 1995).

GEOLOGICAL SETTING

The Palaeogene Upper Arda volcano-sedimentary basin (Vatsev, 1985, 1989a), as well as the other depressions in the CR, overlie the Pre-Cambrian basement of the Rhodopes region (RR) as well as Upper Cretaceous and Paleogene granites (Soldatos, Christofides, 1986; Kamenov et al., 1999). It is bordered on the north by several WNW-ESE subparallel faults with subsided southern blocks. The graben is 25-30 km long and 5-8 km wide on the territory of Bulgaria. The southern, wider part of the basin (10-15 km) is located in Greece. The relatively uplifted blocks of the basement, exposed along the Bulgarian-Greek border at the village of

Arda, at Gramada summit, south-east of Mochure, at the villages of Vitina and Plovdivtisi, mark the complex block-graben structure of UAG.

The Upper-Eocene sedimentary fill of UAG in its northern, Bulgarian part consists from bottom to top of the following units: 1) Hulevina breccia-conglomerate Formation (200-250m) (Vatsev, 1985); 2) Palova sandstone Formation (70-90 m) (Vatsev, 1985); 3) Radichevo conglomerate Formation (150-200 m) (Vatsev, 1985) and 4) Gudevo argillite-sandstone Formation (450-500 m) (Vatsev, 1985), containing seams of coal and tuff layers. The Late Eocene age is dated on the basis of fossil flora (Vatsev, 1985).

The overlying Oligocene sedimentary and volcanic rocks are represented by: 5) Gozdevitsa sandstone-conglomerate Formation (150-200m) (Vatsev, 1989), containing tuff layers and 6) Gramada volcano-sedimentary Formation (900-1300m) (Vatsev, 1989).

The Gramada Formation is composed of three volcanic units (sequences), divided by two wedge-shaped, fluvial and caldera-lacustrine sedimentary and pyroclastic units: Milenovo tuff-argillite-sandstone Member (15-90 m) (Vatsev, 1989a and Mochure tuff-argillite-sandstone Member (10-25 m) (Vatsev, 1989a). The volcanic rocks of the first (150-200 m), third (500-600m) and fifth (250-300 m) unit show similar composition and structure. They comprise ignimbrites, with and without fiamme, lapilli and ash-tuffs, dacites and rhyolites (rhyodacites). The ignimbrites, dacites and rhyolites with porphyry texture are better developed in the upper parts of the volcanic units. A late element of the volcanic sequences are dacite-rhyolite extrusive rocks, containing phenocrysts (to 10-15 cm) of Na-K-feldspar and less quartz and biotite, as well as amphibole and diopside-augite. In the upper part of the bodies, the rocks are grey-black and poorest in phenocrysts (10-20%).

The Oligocene age of the rocks was proved on the basis of fossil flora, identified in the sedimentary rocks of Malenovo tuff-argillite-sandstone Member and in the late Late Eocene sediments of the underlying units (Vatsev, 1989a,b). The age of the volcanic rocks in Greece is about 27-30.6 Ma – Oligocene (Eleftheriadis and Lippolt, 1984).

One of the most important features of UAG is the close interrelation between volcanism and tectonics, development of volcanic-tectonic depressions of block-caldera type and significant volume of ignimbrites.

PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS

The volcanic rocks in UAG, regardless of differences in genesis and stratigraphic position, are not essentially altered and have practically identical crystal phases. The phenocrysts (20 to 63 % of the rock volume) are plagioclase, Na-K feldspar, quartz, biotite, amphibole and augite, which are relatively evenly distributed.

Plagioclase crystals (3-6 mm) show a zonal structure. Their composition varies from the centre to the periphery from andesine (An 50-45) to oligoclase (An 30-20). The number of zones varies from 3-5 to 6-7. Normal and locally reverse zonality is observed. The composition of the zones varies by 4-6 numbers of the plagioclase, but spotted zonality may occur as well. Some crystals have more basic cores.

Na-K feldspar is represented by automorphic and broken individuals of sanidine, found in tuffs, ignimbrites and rhyodacites.

Quartz crystals (2-4 mm) are transparent and slightly smoked grains, with irregular outlines, sometimes partially hexagonal or corroded by volcanic glass. Polymineral xenogenous quartz crystals have been found as well, containing powder inclusions, zircon and apatite.

Biotite (2-5%) is represented by varieties rich in iron and is often affected by opacitization and chloritization. There are biotite grains with thin, darker coloured outer zone.

Amphibole is a relatively rare mineral (below 1%) of unsteady development. It is represented by ordinary green, often altered amphibole. Pyroxene is a rare mineral, appearing as single grains of augite, often replaced by amphibole.

Accessory minerals include zircon, apatite, magnetite, rutile and orthite. Magnetite was formed earlier and is more typical. The minerals filling cavities are trydimite, cristobalite, rarely Na-K feldspar.

The ground mass of the volcanic rocks is composed of volcanic glass, devitrified to a different extent. There are rocks with vitrophyric, hyalopelitic, felsitic and spherulitic texture. The latter is related to devitrification of volcanic glass. Some varieties show relatively homogeneous structure of the ground mass, and others – a vague fluidal-striped texture, controlled by liquation processes and magma flow.

The fiamme of the ignimbrites show striped structure and are 1 to 3 cm long and up to 1.5 cm thick. The pumice clastics are lenticular and vary from 2-3 to 5-7 cm in length. The shape, boundaries and structure of the fiamme are indicators of their plastic deformations within the ignimbrite flows.

The volcanic rocks under consideration contain xenoliths and polymineral grains of gneisses and granodiorites.

The observed characteristic associations of phenocrysts, inherent to normal calc-alkaline to subalkaline acid rocks, and the refraction coefficient of the ground mass (1,495-1,510) allow to differentiate amphibole containing biotite and mainly biotite dacites and rhyodacites or rhyolites, ignimbrites and tuffs of analogous composition. They originated most probably from one melt.

PETROCHEMICAL CHARACTERISTICS

The volcanic rocks from UAG are acid (SiO_2 from 64 to 72 wt %) normal calc-alkaline and subalkaline varieties. On the basis of the classification and nomenclature of igneous rocks (CNI) - $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$ diagram (Bogatikov et al., 1985) (Fig. 1a) they are calc-alkaline and subalkaline dacites and rhyodacites. Based on the same data, according to the classification of volcanic rocks (TAS Diagram) (Le Bas et al., 1992), they belong to the trachydacite-trachyrhyolite series (Fig. 1b). According to the $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ diagram (Peccherillo and Taylor, 1976, supplemented by Ewart, 1982) they may be classified as dacites and rhyolites with high K content (Fig. 1c). The ratio $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ for most of the analyses is below 1 (Fig. 1d). Recalculations of the normative mineral composition were carried out by the methods of the American geologists C.I.P.W. Parallel to that a number of important typochemical coefficients and normative characteristics were calculated.

On the basis of the normative mineral composition, according to the AQP diagram (Le Bas, Streckeisen, 1991), the rocks may be referred to the calc-alkaline rhyolite (Fig. 2a) to subalkaline dacite-rhyolite series.

Ignimbrites, dacites and rhyolites with different stratigraphic position do not differ substantially by the content of SiO_2 and alkalies, the content of Na_2O varying from 2.4 to 4.9, on the average 3.55 wt%, and that of K_2O varying from 2.95 to 6.05, on the average 4.48 wt%. On the basis of the total content of alkalies (from 6.3 to 9.6 wt%), the rocks are normal and

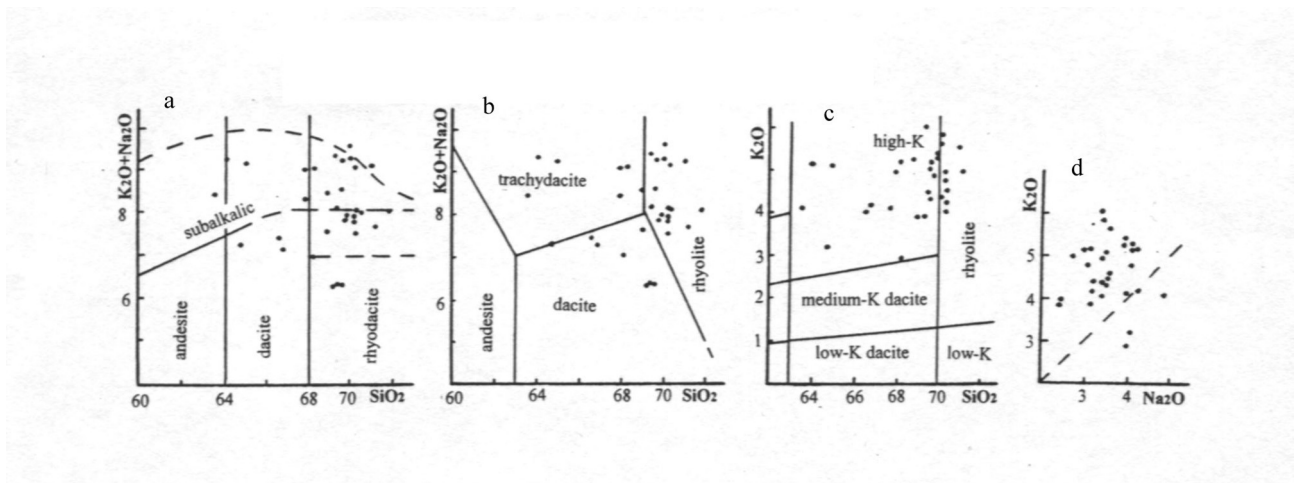


Figure 1. Petrologic diagrams of the Paleogene volcanic rocks from Upper-Arda graben: a) Diagram $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ wt%; b) Diagram $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ wt% (TAS); c) Diagram $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ wt%; d) Diagram $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ wt%; data of diagrams see in paper

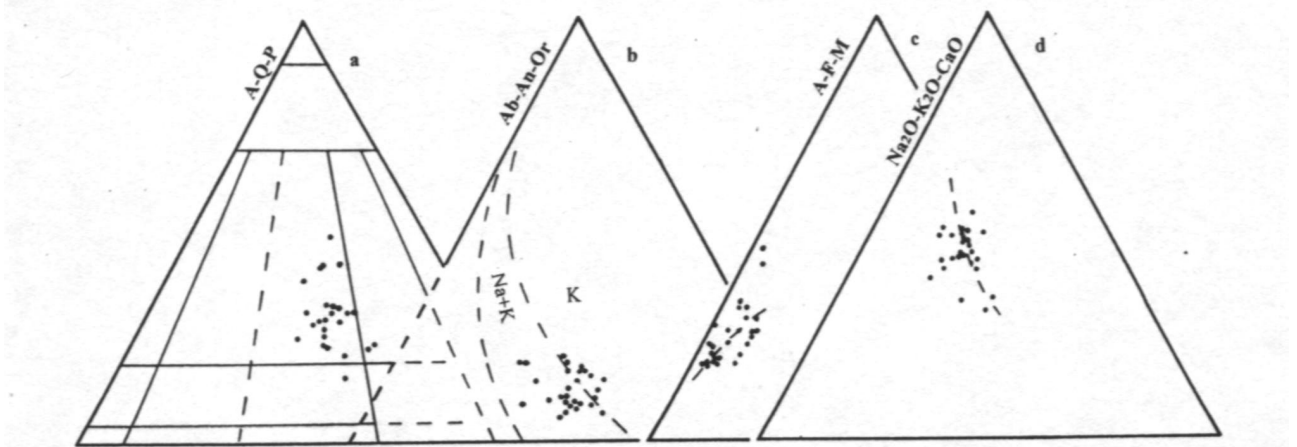


Figure 2. Mineralogical and petrologic diagrams of the Paleogene volcanic rocks from Upper-Arda graben: a) Diagram AQP, A – alkaly feldspar, Q – quartz, P – plagioclase; b) Diagram Ab-An-Or normative minerals; c) Diagram AFM, A = $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, F = $\text{FeO} + 0,9\text{Fe}_2\text{O}_3$, M = MgO; d) Diagram $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$ wt%; data of diagrams see in paper

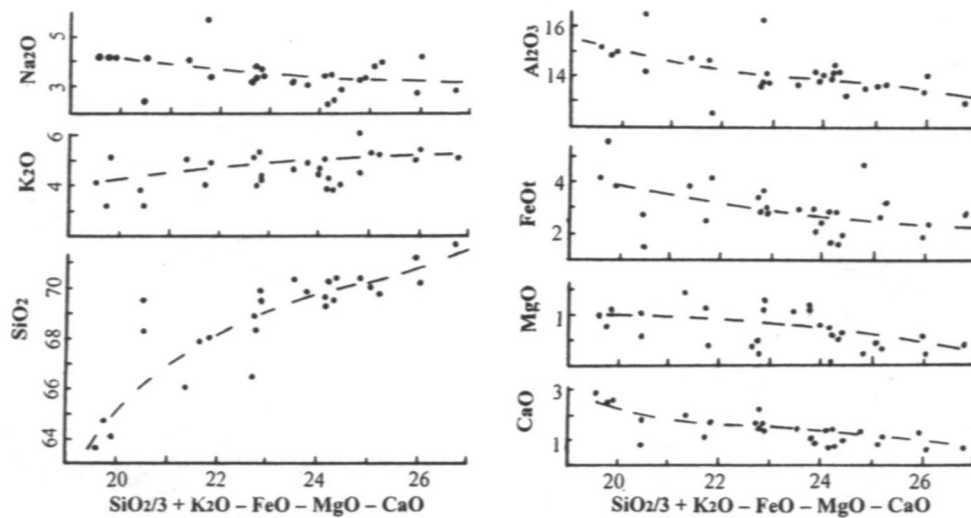


Figure 3. Variation diagrams of the parameter of Larsen of the Paleogene volcanic rocks from Upper-Arda graben

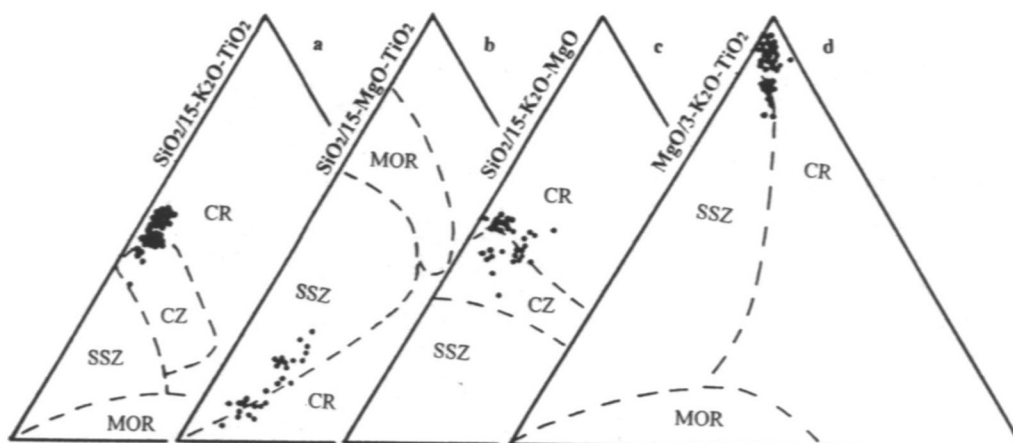


Figure 4. The Paleogene volcanic rocks from Upper-Arda Graben on the diagrams of correlations of Si, Mg, Ti and K. Environments: MOR – middle oceanic ridge, CR – continental rift, SSZ – subduction zone, CZ - continental collision; data of diagrams see in paper

subalkaline, or high-K calc-alkaline. The data on the Al-An-Or diagram (Fig. 2b) mark the presence of K- and Na-K rocks, according to the distinguishing lines suggested by Irvine and Baragar (1971). These data, as well as the K_2O/SiO_2 diagram and the characteristic presence of K-containing minerals, emphasise the K specificity of the volcanic rocks. The K-content in them is moderate ($K_2O < 7$ wt%), and the presence of normative quartz more than 20% characterises these rocks as trachydacites and rhyolites.

The normative plagioclase coefficient $np = 100An/(Ab + An)$ varies from 7.5 to 33.3 and its average value is 15.2; the normative quartz coefficient $q' = 100Q/(Q + Ab + An)$ ranges from 16.5 to 56.3, on the average 32.2. It must be pointed out, however, that the rocks do not differ substantially by the content of normative Q, Or, Ab and An; the content of An is low (5-13 %).

The rocks are poor in CaO (from 1.26 to 3.84, with average value 2.38 wt%) and MgO (from 0.24 to 2.58, with average value 2.32 wt%). The content of normative wollastonite and enstatite is in the range of the first several percents. The content of these oxides is in a reverse relation to that of SiO_2 and that of the normative An with respect to Q and Or, respectively.

The content of Al_2O_3 varies from 12.6 to 16.9, the average value being 14.2 wt%, and the rocks are moderate low- and moderate high-aluminous (Bogatikov et al., 1985). Normative corundum practically has not been found.

The UAG volcanics are characterised by low content of TiO_2 - from 0.2 to 0.58, on the average 0.35 wt%, with a tendency to decrease in the more acid rock varieties.

The fiamme ignimbrites and dacites, poor of phenocrysts, are characterized by a decrease of the SiO_2 content by 3-6 wt

% and increase of Al_2O_3 by 1-3 wt%, of CaO by 0.5-1 wt%, of MgO by 0.7-1 wt% and a negligible increase of TiO_2 and MnO.

When considering the bulk composition of the volcanics, it is found out that parallel to the increase of the values of Larsen's parameter, the contents of SiO_2 and K_2O also increase, the content of Na_2O slightly decreases and the contents of Al_2O_3 , CaO, MgO, TiO_2 and $FeO+Fe_2O_3$ decrease. The variation diagrams (Fig. 3) as well as the AFM and Na_2O-K_2O-CaO diagrams (Fig. 2c, d) mark the calc-alkaline trend of the volcanics.

Variation diagrams constructed according to Larsen's parameter (Fig. 3), mark the high-K tendency with increasing SiO_2 content. The poorly expressed negative correlation between Na_2O and SiO_2 can be explained by the characteristic property of acid magmas to include Na together with Ca in the fraction of more difficult to melt early crystal phases (plagioclase, biotite, amphibole, zircon) and the early cooled ground mass. In this connection, it should be taken into consideration that, in the relatively more alkaline dacites with grey-black vitrophyritic matrix, the Na_2O content is higher than that of K_2O .

On the basis of the modal and normative composition, as well as of the petrochemical characteristics of the volcanic rocks from UAG, they can be referred to the normal to subalkaline trachydacite-trachyrhyolite series (CNI, TAS) or to the high-K dacite-rhyolite series (K-Si diagram) (Fig. 1). The rocks of this series, represented mainly by ignimbrites and rhyodacites, are characteristic with the great similarity of their petrographic and normative composition. The magma evolution is marked by the subsequent development of ignimbrites, banded rhyodacites and volcanics containing more phenocrysts. These peculiarities of the rocks are related most probably to unstable conditions of crystallisation, transport and magma cooling. The dacite-rhyodacites with phenocrysts of Na-K-feldspar mark the K-character of the volcanics and are

element of an opposite trend. This melt was probably derived from the lower parts of the magma chamber.

The volcanics from UAG are analogous to the volcanic rocks in other depressions in CR and WR – Smolian graben (Vatsev, 1989), Bratsigovo-Dospat depression (Vatsev, Katskov, 1988) and Mesta graben (Vatsev, Nedyalkova, 1984).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Typical for the studied volcanic rocks is that the K_2O/Na_2O ratio does not depend strictly on the SiO_2 content. This feature and the petrologic composition of the rocks are indicators of a crustal tectonic activity (Marakushev, Yakovleva, 1975).

A comprehensive consideration of the problems related to the origin of the volcanics in UAG is impossible without considering the basic questions of magmatic activity as a whole, at least in the Central and Western Rhodopes. This is beyond the scope of the present study and only some basic problems will be outlined:

- Cretaceous-Paleogene zonal metamorphism and granitization were established and dated in the region of Rila Mountain and Central Rhodopes (Arnaudov et al., 1980; Arnaudov, Amov, 1998; etc.); the composition of the granodiorite-granitic metatect is close to that of the gneisses of the basement.

- Uniform in composition Late-Cretaceous and Paleogene granodiorite-granitic plutons (formerly known as South Bulgarian granites) are of wide occurrence (Kamenov et al., 1999; Soldatos, Christofides, 1986; etc.) in the Central Rhodopes, Western Rhodopes and Pirin Mountain (Gagorcev et al., 1987); there are also metamorphosed granitoids in the Rhodopes region.

- The basic tectonic and morphotectonic unit in the Central and West Rhodopes is the West-Rhodopean dome and the neighbouring Madan and other domes, related to the processes and stages of metamorphism during Cretaceous and Paleogene time, sequence granite intrusions and Oligocene dacite-rhyolitic volcanism.

- Development of Paleogene grabens on the background of the metamorphic-magmatic domes, filled with considerable volumes of sedimentary and acid volcanic rocks - UAG, Smolian graben (Vatsev, 1989), Bratsigovo-Dospat depression (Vatsev, Katskov, 1988), Mesta graben (Vatsev, Nedyalkova, 1984), etc.

- Spatial relation and uniform composition of the consecutively intruded Late Cretaceous and Paleogene granite plutons and Paleogene volcanics, indicating uniform conditions of magma generation and emplacement in the same heated conduits.

- The tectonic, metamorphic and magmatic Cretaceous-Paleogene activities mark thickening and activation of the crust and activation of the upper mantle in the RR. Cretaceous-Paleogene basic-ultrabasic rocks are not established in the region, but the activated state of the upper mantle can be deduced from petrological data about the volcanics (Fig. 4) and from isotopic-geochemical data about the Late-Cretaceous, coarse-porphyric K-feldspar granites (Unit 1) of the West-

Rhodope batholith; the Paleogene granites (Units 2 and 3) are considered to be late- and post-collisional (Kamenov et al., 1999).

The above considerations lead to the conclusion that the Oligocene dacite-rhyolitic volcanics originated most probably from paligenetic anatectic magmas, connected with tectono-magmatic activation of RR. Analogous ideas, concerning the genesis of the Oligocene volcanics from the Central Rhodope and West Rhodope depressions, have been reported by the author in the above mentioned publications.

The intensive Cretaceous-Paleogene metamorphism, accompanied by consecutive intrusions of large granite plutons and formation of large magma-metamorphic domes, are indicators of tectonic activation and thickening of the Earth's crust in the RR. They are related during the time with the collision in the Alpo-Himalayan belt (Dercourt et al., 1993; Koronovski et al., 1997; etc.). The development of Eocene-Oligocene grabens and the volcanic activity are related to a following stage of uplift and extension in the West-Rhodope dome and the RR. The Paleogene magmatic products from RR have been related to collisional processes in the papers of Dabovski et al. (1991), Yanev et al. (1998) or to orogenic episode such as a rapid tectonic uplift under an extensional geotectonic regime (Eleftheriadis, 1995).

The petrologic data about the volcanics from UAG plotted on the diagrams $SiO_2/15-K_2O-TiO_2$, $SiO_2/15-MgO-TiO_2 \times 2$, $SiO_2/15-K_2O-MgO$ and $MgO/3-K_2O-TiO_2$ (Fig. 4) show as well identical grouping; the dividing lines are proposed by Demina, Simonov (1999). The presented petrologic and tectonic data suggests that the volcanics from UAG are most probably collision-related. The distribution of the plots in the next-door neighbour part of the field of continental-rift-related volcanics, indicates tectono-magmatic activation of a stable (40-50 km) continental crust and are probably an indicator of the transition to a following rift stage of development. The data about subduction-related volcanics suggest the idea of the complex character of the collision and of elements of residual subduction in the lower part of the lithosphere.

The cessation of volcanism around the boundary Paleogene-Neogene is accompanied by an inversion, spread all over the Palaeogene depressions (Vatsev, 1984, 1999). During this stage, minor plutons were intruded in the East Rhodopes (Mavroudchiev, 1992). This is a late-collisional stage of compression, complex faulting and shearing.

The late Late-Oligocene-Neogene post-collisional stage is a stage of arch uplifting, extension and faulting, and having elements of residual collision. It is characterised similarly of development of considerable ore mineralizations (Amov et al., 1993), rare basalt dikes in ER (Marchev et al., 1998) and a new generation of depressions and sedimentary basins in and around Rhodope region (Vatsev, 1984, 1999).

REFERENCES

- Amov, B., B. Kolkovski, R. Dimitrov. 1993. Genesis and age of hydrothermal mineralization in the Rhodope Metallogenic zone of the basis of the isotopic composition of lead in galena. *Ann. Sofia Univ. Part 1, Geol.*, 85: 73-98 (in Bulgarian with an English abstract).
- Arnaudov, V., T. Taneva, R. Ignatova. 1980. Geochronological studies of pegmatites from the Rila Mountain according to the Track method. *Geochem., Mineral., and Petrology*, 13: 19-26 (in Bulgarian with an English abstract).
- Arnaudov, V., B. Amov. 1998. Tertiary Pb-Pb age of chamber pegmatites from the Central Rhodope crystalline complex. *Geochem., Mineral., and Petrology*, 34: 83-90 (in Bulgarian with an English abstract).**
- Bahneva, D., N. Stefanov. 1973. Formational affinity of the rhyolites from the Smolian depression. *Ann. Univ. Mining and Geol., part II - Geology*, 17: 125-136 (in Bulgarian with an English abstract).
- Baker, J. H. and A. Liati. 1991. The Oligocene volcano-sedimentary sequence of the Dipotama Basin, N. Greece: temporal relationships between Tertiary granites and volcanics, and implications for the regional tectonic evolution. *Geol. Mijnbouw*, 70: 75-83.
- Bogatikov, O.A., V. I Gonshacova, S. V. Efremov et al. 1985. Classification and nomenclature of igneous rocks. Nedra, Moscow: 1-160 (in Russian).
- Dabovski, Ch., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavroudchiev, G. Stanisheva, Y. Yanev. 1991. A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria. *Geologica Bal.*, 21, 4: 3-15.
- Demina, L. I., D. A. Simonov. 1999. The volcanics as indicators of the process of the continental collision. *Dokladi Akad. Nauk., Geol.*, 366, 6: 793-796 (in Russian).
- Dercourt, J., L. E. Ricou, B. Vrielynck. 1993. Atlas Tety's Palaeoenvironmental Maps. Paris, Gauthier-Villars: 1-307.
- Eeftheriadis, G. 1995. Petrogenesis of the Oligocene volcanics from the Central Rhodope massif (N. Greece). *Eur. J. Minerals.*, 7: 1169-1182.
- Eleftheriadis, G. und H. J. Lippolt. 1984. Altersbestimmungen zum oligozanen Vulkanismus der Sud-Rhodopen/ Nord-Griechenland. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 3: 179-191.
- Ewart, A. 1982. The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with reference to the andesite-basaltic compositional range. In: Thorpe, R. S. ed. *Andesites: orogenic andesites and related rocks*. Wiley, Chichester: 25-95.
- Innocenti, F., N. Kolios, P. Manetti, R. Mazzuoli, A. Peccerillo, E. Rita and L. Villari. 1984. Evolution and geodynamics significance of the Tertiary orogenic volcanism in North-eastern Greece. *Bull. Volcanol.*, 47: 25-37.
- Irvine, T. N., and V. R. Baragar. 1971. A guide to the chemical classification of the volcanic rocks. *Can. J. Earth. Sci.*, 8: 523-548.
- Kamenov, B., I. Peytcheva, L. Klain, K. Arsova, Y. Kostitsin, E. Salnicova. 1999. Rila-West Rhodope Batholith: Petrological and geochemical constraints for its composite character. *Geochim., Mineral., Petrology*, 36: 3-26.
- Koronovski, N. V., M. G. Lomize, A. I. Guschin et al. 1997. Basal events of tectonic evolution of the Caucasus segment from Mediterranean orogenic belt. *Vestn. Moscow Univ. Ser. 4. Geol.*: 5-12 (in Russian).
- Le Bas, M. J., R.W. Maiter and A. R. Woolley. 1992. The construction of the Total Alkal-Silica Chemical Classification of Volcanic rocks. *Mineral. Petrology*, 46: 1-22.
- Le Bas, M. J. and A. L. Strekeisen. 1991. The IUGS systematic of igneous rocks. *J. Geol. Society*, 148: 825-833.
- Marakushev, A. A., E. V. Yakovleva. 1975. Genesis of the acid lavas. *Vestn. Moscow Univ. Ser. 1. Geol.*: 3-24 (in Russian).
- Marchev, P., O. Vaselli, H. Downes et al. 1998. Petrology and geochemistry of alkaline basalts and lamprophyres: implications for the chemical composition of the upper mantle beneath the Eastern Rhodopes (Bulgaria). *Acta Vulcanol.*, 10,2: 233-242.
- Mavroudchiev, B. D. 1992. The Paleogene plutonism in Eastern Rhodopes. Abstract Doctor Thesis, Sofia Univ., : 1-62 (in Bulgarian).
- Peccerillo, N. A., S. R. Taylor. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib Mineral. Petrol.* 58: 63-81.
- Soldatos, T., G. Christofides, 1986. Rb-Sr geochronology and origin of the Elatia Pluton, Central Rhodotes, N. Greece. *Geologica Balc.*, 16, 1: 15-23.
- Vatsev, M. D. 1984. Lithostratigraphy of Neogene sediments from the southern periphery of the Dospat Depression. *Ann. Univ. Mining and Geol., part II - Geology*, 30: 45-59 (in Bulgarian with an English abstract).
- Vatsev, M. D. 1985. Lithostratigraphy of Eocene sediments in the Upper-Arda Graben (South Rhodopes). *Ann. Univ. Mining and Geol., part I - Geology*, 31: 113-131 (in Bulgarian with an English abstract).
- Vatsev, M. D. 1989. Lithostratigraphy of Oligocene sediment – volcanic rocks from the Upper-Arda Graben (South Rhodopes). *Ann. Univ. Mining and Geol., part II - Geology*, 35: 19-31 (in Bulgarian with an English abstract).
- Vatsev, M. D. 1989. Composition of Paleogene volcanic rocks from Smolian depression (Central Rhodopes). *Ann. Univ. Mining and Geol., part I- Geology*, 35: 43-57 (in Bulgarian with an English abstract).
- Vatsev, M. D. 1999. Regional cycles of deposition in the Neogene trough basins of the Southwestern Rhodope in Bulgaria: *Ann. Univ. Mining and Geol., part I- Geology*, 42: 21-34 (in Bulgarian with an English abstract).
- Vatsev, M. D., N. Katskov. 1988. Composition of the Tertiary volcanics of the Bratsigovo-Dospat depression (Western Rodopes). *Ann. Univ. Mining and Geol., part I- Geology*, 42: 21-34 (in Bulgarian with an English abstract).
- Vatsev, M. D., S. Nedyalkova, 1984. Composition of the Tertiary volcanites from the Mesta Graben. *Ann. Univ. Mining and Geol., part I - Geology*, 30: 115-135 (in Bulgarian with an English abstract).
- Yanev, Y., F. Innocenti, P. Manetti, G. Serri. 1998. Upper Eocene-Oligocene Collision-related Volcanism in Eastern

Rhodopes (Bulgaria) – Western Thrace (Greece):
Petrogenetic Affinity and Geodynamic Significance. *Acta
Volcanol.*, 10, 2: 279-291.

Zagorcev, I., S. Moorbath, P. Lilov. 1987. Radiogeochronologic
data on the Alpine magmatism in the western part of the
Rhodope massif. *Geol. Balcanika*, 17, 2: 59-71 (in Russian
with an English abstract).

*Recommended for publication by Department
of Geology and Paleontology, Faculty of Geology*