

МАГМАТИЧНИ КОМПЛЕКСИ В МОМЧИЛГРАДСКАТА ДЕПРЕСИЯ (ИЗТОЧНИ РОДОПИ)

Владимир Георгиев, Петър Милованов

Геологически институт на БАН, София, 1500; E-mail: vlado69geo@yahoo.com.

РЕЗЮМЕ

Калабашкият андезитов, Рабовският латиандезитов, Звезделският андезитобазалтов, Светиилийският трахириодацитов, Момчилградският трахидацитов и Равенският риолитов комплекс имат общ ареал на разпространение и сходни геохимични и изотопни особености. Те са резултат от еволюцията на една магмена камера със среднокисел състав. Техният състав еволюира от среднобазичен към кисел. Тези комплекси се обединяват в Дамбалска група. Екструзивите от Перперешкия трахириолитов и Устренския риолитов комплекс стоят изолирани от основните вулкански постройки, имат специфични геохимични особености и вероятно са резултат от еволюцията на отделни магмени камери с кисел състав.

УВОД

През 1960 г., в една и съща книжка, излизат две обобщаващи работи за палеогенските отложения и магматизма в Източни Родопи (Горанов, 1960; Иванов, 1960). Те имат много сходни черти – използват литологостратиграфски подход при разчленяване на магматизма и отделят по три среднокисели и кисели вулканогенни хоризонта. При Горанов това са Pr_4 , OI_2 , OI_5 (среднокисели) и OI_1 , OI_3 , OI_6 (кисели). Иванов маркира по-голямата част от магматичните центрове и описва Боровишки и Момчилградски вулкански район и Ардинска вулканска ивица. Отделя три цикъла в които среднокиселата фаза се сменя с кисела – съответно I, II, III среднокисел и I, II, III кисел вулканизъм,

Тези изследвания са огромно постижение в изучаване на магматизма в Източни Родопи. Популярност добива схемата на Иванов (1960). През следващите 40 години идеята за цикличния характер на вулканизма стои в основата на повечето схеми при подялбата на магматизма в Източните Родопи. Променя се само броя на циклите (3 или 4) и обхвата на хоризонтите или задругите (Иванов, 1961; Горанов, 1995; Горанов, Шилияфова, 1995; Yanev et al., 1998).

МЕТОДИЧНИ БЕЛЕЖКИ

Стремещът за създаване на единна литологостратиграфска схема в Източните Родопи, довежда до идеята за цикличния характер на вулканизма. Палеогенският магматизъм в Източните Родопи е засебен в няколко ареала, които са резултат от еволюцията на отделни магмени камери. Те са плод на единна колизионна тектономагматична обстановка (Харковска и др., 1989; Yanev et al., 1995). Отделните магмени камери обаче имат различен състав и вероятно са резултат на мобилизация

на различен тип земна кора (Yanev et al., 1995). Те имат сходна, но не еднаква и не едновременна еволюция. Поради това корелирането на продуктите на отделните магмени камери в единна схема е некоректно. По-целесъобразна е различна подялба на отделните магмени ареали, които са продукт на различни магмени камери.

При подялбата на магматичните скали е използван комплекс в смисъла на Стратиграфски кодекс на България (Николов, Сапунов, 2002), като официална литостратиграфска единица на смесени скали. Тази единица е използвана поради различния тип на скалите които влизат в комплексите – стратифицирани ефузивни, пирокластични, епикластични и седиментни скали и секущи субвулкански тела, дайки и интрузивни скали.

Като критерии за отделяне на комплексите са използвани: сходен минерален и химичен състав; близка възраст на образуване; еднакви пространствени и възрастови отношения със съседните единици; единен ареал на разпространение (предполагащ единен магматичен източник); "картируемост" на отделните единици.

Вулканизмът в Момчилградската депресия се развива в плитък воден басейн. Вулканите са острови (атоли) в него. Във вътрешните части на вулканските конуси, в аерална обстановка, се формират само вулкански фацисии (експлозивен, ефузивен и субвулкански). В основата и по периферията на вулканските конуси се налагат и седиментни фацисии – епикластични, теригенни седименти и рифови варовици. Някои магматични комплекси (фази) са представени в няколко вулкана. Между тях се смесват (зацепват) туфи и лавови потоци от различни вулкани, но с еднакъв или близък състав (от един комплекс).

Дебелините на лавовите потоци и туфите бързо намаляват с отдалечаване от магмените центрове. И обратно. Седиментните фацисии увеличават дебелините

си в по-отдалечените райони. В композитните типови разрези са посочвани максималните дебелини.

Класификацията на пирокластичните и епикластичните скали е по Le Maitre (1989).

Данните за абсолютната възраст на комплексите по K/Ar метод са по обобщени литературни данни в Георгиев, Милованов (2003а).

МАГМАТИЧНИ КОМПЛЕКСИ И ГРУПИ

Калабашки андезитов комплекс

Име. По името на вр. Калабак, Крумовградско.

Дефинитивни белези. Порфирни по Pl, Amph, Py, Vi андезити – субвулкански тела, лавови потоци и туфи.

Историческа справка. Pr₄ (Горанов, 1960); I среднокисел вулканизъм (Иванов, 1960; Горанов, 1995).

Композитен типов разрез. В района на Ирантепенския вулкан, Крумовградско.

Покривка: Белипластки риодацитов комплекс (не се описва тук, тъй като магмените му центрове са извън разглеждания район); Рабовски латиандезитов комплекс;

K₃ – Amph-Py андезити – субвулкански тела и лавови потоци (100 m);

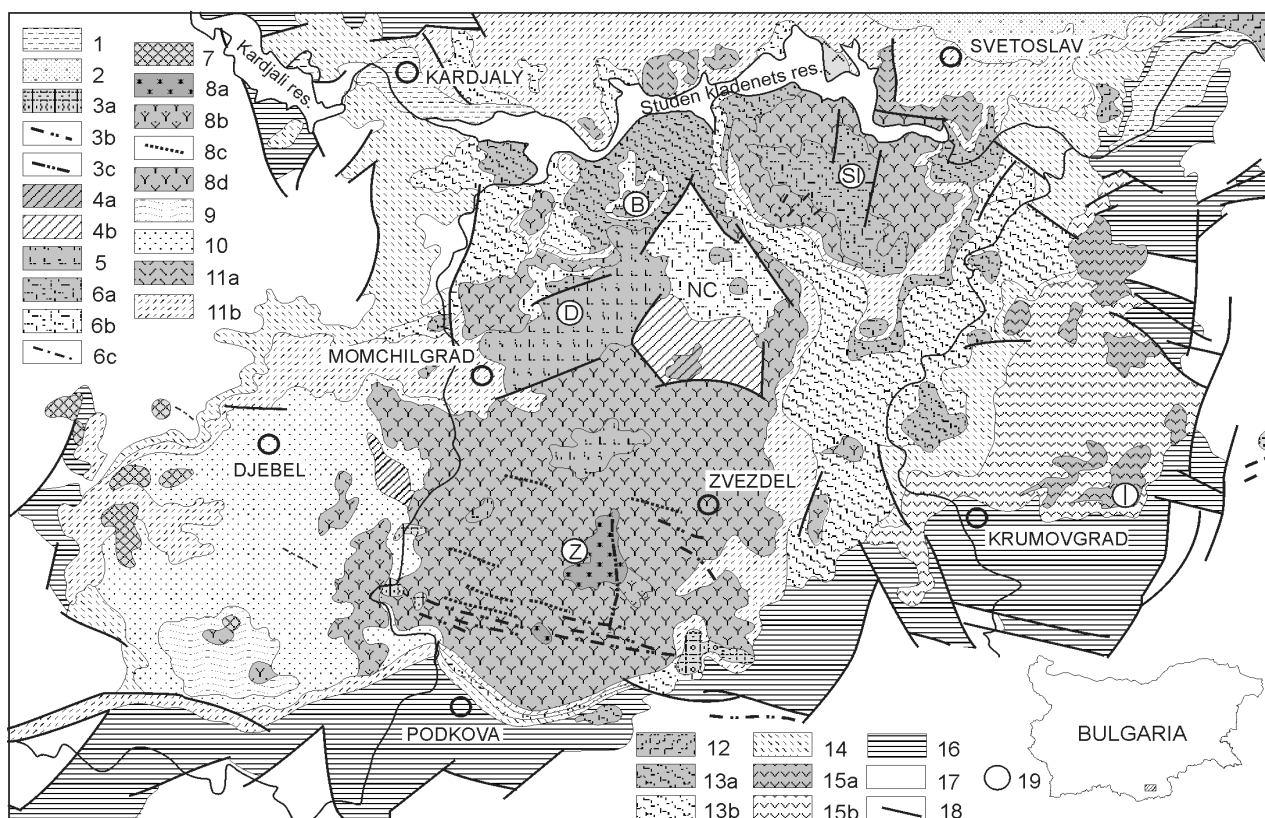
K₂ – лапилни туфи и агломерати (300 m);

K₁ – епикластити – конгломерати, брекчи, пясъчници, алеврити, туфити, варовици (120 m).

Подложка. мергелно-варовикова и въгленосно-пясъчникова задруга (приабон).

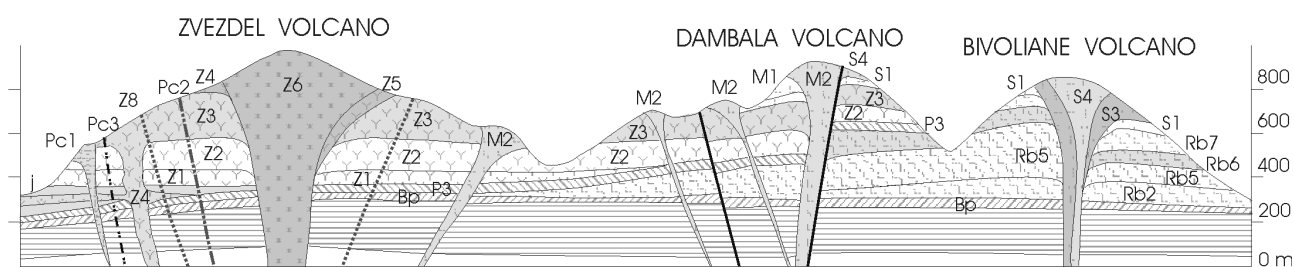
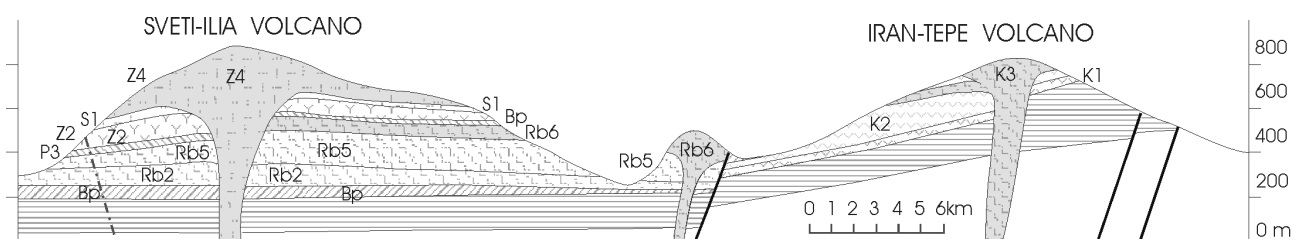
Регионални аспекти. Разкрива се между Крумовград, с. Сбор и с. Сладкодум на площ около 400 km². Изгражда Ирантепенския вулкан и няколко по-малки вулкана северно от него.

Хроностратиграфска принадлежност. По K/Ar метод се датира 35,0-39,0 Ма. По взаимоотношения със съседни комплекси се определя като приабон.



Фигура 1. Геоложка карта на Момчилградската депресия.

1 – Кватернер; *Олигоцен-Миоцен*: 2 – Вълчеполска задруга; *Олигоцен*: 3 – Пчелояден дайков комплекс – риолитови тела (a), риолитови дайки (b) и латитови дайки (c); 4 – Равенски риолитов комплекс – тела (a), туфи и туфозни варовици (b); 5 – Момчилградски трахидацитов комплекс; 6 – Светиилийски трахириодацитов комплекс – тела (a), туфи и туфозни варовици (b), дайки (c); 7 – Устренски риолитов комплекс; 8 – Звезделски андезитобазалтов комплекс – монзонитоидна интрузия (a), субвулкански тела (b), дайки (c), епикластити, андезитобазалтови лави и туфи (d); 9 – Стомански риолитов комплекс – туфи и туфозни варовици; 10 – Джебелска пясъчникова свита; 11 – Перперешки трахириолитов комплекс – тела (a), туфи и туфозни варовици (b); 12 – Маджаровски латитов комплекс – тела; 13 – Рабовски латиандезитов комплекс – лавови потоци (a), епикластити, туфи и туфозни варовици (b); 14 – Белипластки риодацитов комплекс - туфи и туфозни варовици; *Еоцен*: 15 – Калабашки андезитов комплекс – лавови потоци (a), епикластити и туфи (b); *Еоцен-Палеоцен(?)*: 17 – седиментни скали; 18 – разлом; 19 – вулкански център: Z – Звезделски вулкан, D – Дамбалъшки вулкан, B – Биволянски вулкан, SI – Светиилийски вулкан, I – Ирантепенски вулкан; NC – Нановишка калдера.



Фигура 2. Геоложки разрези през Момчилградската депресия. Условни знаци както на фиг. 1

Рабовски латиандезитов комплекс

Име. По името на с. Рабово, Кърджалийско

Дефинитивни белези. Миндални сивочерни латиандезити и трахидацити (порфирни по Pl, Py, Amf, Bi) – субвулкански тела, лавови потоци и туфи.

Историческа справка. Ol₂ (Горанов, 1960); II среднокисел вулканизъм (Иванов, 1960; Горанов, Шилияфова, 1995; Горанов, 1995);

Композитен типов разрез. Районът на с. Рабово.

Покривка: Перперешки трахириолитов, Звезделски андезитобазалтов комплекс.

Rb₇ – андезитова пирокластична брекча (70 m);

Rb₆ – дребнопорфирни андезити – лавови потоци (30 m);

Rb₅ – лапилни туфи (40 m);

Rb₄ – грубопепелни туфи (30 m);

Rb₃ – миндални латиандезити – лавови потоци и субвулкански тела (100 m);

Rb₂ – епикластити (туфити, туфозни пясъчници; 100 m);

Rb₁ – пепелни и лапилни туфи (80 m).

Подложка: Белипластични риодацитов комплекс.

Регионални аспекти. Разкрива се в района между гр. Кърджали, с. Поточница, Крумовград, с. Подкова, Момчилград, на площ от около 750 km². Изгражда първите фази в Студен кладенец, Светиилийския, Биволянский и Дамбалъшкия вулкан и няколко по-малки вулкански постройки.

Хроностратиграфска принадлежност. По взаимоотношения със съседни комплекси се определя като рупел.

Перперешки трахириолитов комплекс

Име. На с. Перперек, Кърджалийско.

Дефинитивни белези. Порфирни по Pl, San, Bi трахириолити - екструзии и туфи .

Историческа справка. Ol₂, Ol₃, Ol₅, Ol₆ (Горанов, 1960); II среднокисел и II кисел вулканизъм (Иванов, 1960; Горанов, 1995), III кисел вулканизъм (Горанов и др. 1992); II кисел вулканизъм (Yanev, 1995).

Композитен типов разрез. Районът на с. Перперек.

Покривка: Звезделски андезитобазалтов комплекс, Джебелска свита, Вълчеполска задруга.

P₁₀ – Розововиолетови масивни трахириолити – екструзивни (100 m);

P₉ – кафявочервени флуидални трахириолити – екструзивни и субвулкански дайки, (160 m);

P₈ – трахириолитови агломерати и пирокластична брекча с перлити (200 m);

P₇ – грубопепелни туфи (40 m);

P₆ – туфозни рифови варовици (70 m);

P₅ – лапилни ксенотуфи, (80 m);

P₄ – грубопепелни и агломератови туфи (100 m);

P₃ – лапилни ксенотуфи, (50 m);

P₂ – сивобежови туфити (50 m);

P₁ – туфозни рифови варовици (60 m).

Подложка: Рабовски латиандезитов комплекс.

Регионални аспекти. Разкрива се между гр. Кърджали, с. Мост, с. Долен чифлик, Крумовград, с. Подкова, с. Устрен на площ от около 1200 km². Според Yanev (1995) туфите от този комплекс са продукт на вулканизма от Боровишкия вулкански район. Ние считаме, че тези туфи са резултат на

началните експлозивни фази на Перперешкия и Хисарския вулкан, където и мощноста им е най-голяма (до 500 m). Ксенотуфите са отнасяни от някои автори към II среднокисел вулканизъм.

Хроностратиграфска принадлежност. По K/Ar метод се датира 29,1-33,0 Ma. По взаимоотношения със съседни комплекси също се определя като рупел.

Стомански риолитов комплекс

Име. По името на с. Стоманци, Джебелско.

Дефинитивни белези. Риолитови туфи и туфозни варовици.

Историческа справка. Ol₆ (Горанов, 1960); III кисел вулканизъм (Иванов, 1960; Горанов, Шилияфова, 1995).

Композитен типов разрез. Районът на с. Стоманци.

Покривка: Звезделски андезитобазалтов, Устренски риолитов комплекс.

St₂ – пепелни и лапилни риолитови туфи (100 m);

St₁ – туфозни рифови варовици (70 m).

Подложка: Джебелска свита.

Регионални аспекти. Разкрива се в района на с. Стоманци на площ около 20 km².

Хроностратиграфска принадлежност. С фауна е определен като рупел (Атанасов и др. 1790ф).

Звезделски андезитобазалтов комплекс

Име. На името на с. Звездел, Крумовградско.

Дефинитивни белези. Порфирни по Py, Pl, Ol, Amf андезити и андезитобазалти (субвулкански тела, дайки, лавови потоци и туфи) и комагматичните им интрузии от Q-монцогабра и Q-монцогабродиорити.

Историческа справка. Ol₅ (Горанов, 1960); II, III среднокисел вулканизъм (Иванов, 1960); III среднокисел вулканизъм (Горанов, Шилияфова, 1995).

Композитен типов разрез. Звезделски вулкан

Покривка: Светиилийски трахириодацитов, Момчилградски трахидацитов, Равенски риолитов комплекс. Сече се от Пчелоядният дайков комплекс.

Z₇ – субвулкански постинтрузивни трахиандезитобазалтови дайки;

Z₆ – хипоабисални интрузии от дребнозърнести Q-монцогабра и Q-монцогабродиорити;

Z₅ – висококалиев андезитобазалти – субвулкански тела и дайки;

Z₄ – дребнопорфирни Py андезитобазалти – субвулкански тела (подхранващи канали), силове, дайки, лавови потоци (100 m);

Z₃ – Py андезити до андезитобазалти – лавови потоци и лавобрекчи с прослойки от лапилни туфи и агломерати между тях (повече от 500 m). В Дамбалъшкия вулкан се проследяват от кисели епикластити. Z₂ и Z₃ се сменят с постепенен преход. В Z₂ преобладават туфите, а в Z₄ – лавовите потоци;

Z₂ – андезитови и андезитобазалтови пепелни и лапилни туфи и агломерати (350 m) с лавови потоци между тях и прослойки от варовици (до 100 m).;

Z₁ – епикластити – конгломерати, брекчи, пясъчници, алеврити, туфити и туфи (50 m).

Подложка: Джебелска свита, Перперешки трахириолитов, Рабовски латиандезитов комплекс.

Регионални аспекти. Разкрива се в районите между Момчилград, с. Подкова, Крумовград, с. Студен кладенец, с. Летовник на площ от около 500 km². Изгражда най-големия Звезделски вулкан в депресията, отделни фази в Дамбалъшкия и Светиилийския вулкан, силове сред Джебелската свита и субвулкански тела в района на Крумовград.

Хроностратиграфска принадлежност. По K/Ar метод се датира на 27,7-35,0 Ма. По взаимоотношенията му със съседните комплекси се определя като рупел.

Устренски риолитов комплекс

Име. По името на с. Устрен, Джебелско.

Дефинитивни белези. Порфирни по Pl, K-feld, Q, Bi риолити с перлити.

Историческа справка. Устренски риолитов масив (Горанов, 1960); III кисел вулканизъм (Иванов, 1960; Горанов, Шияфова, 1995).

Типов локалитет. Екструзиви със сечение до 10 km² в района на с. Устрен. Секат Звезделски андезитобазалтов и Стомански риолитов комплекс, Джебелската свита и Перперешкия трахириолитов комплекс.

Регионални аспекти. Разкрива се между селата Мишевско, Устрен и Стоманци.

Хроностратиграфска принадлежност. По K/Ar метод се датира на 31,0-31,5 Ма. По взаимоотношенията му със съседните комплекси се определя като рупел.

Светиилийски трахириодацитов комплекс

Име. На името на вр. Свети Илия, Кърджалийско.

Дефинитивни белези. Виолетововочервени флуидални трахириодацити и трахидацити - субвулкански тела, дайки, лавови потоци и туфи.

Историческа справка. Ol₃, Ol₆ (Горанов, 1960); II кисел вулканизъм (Иванов, 1960; Горанов, Шияфова, 1995).

Композитен типов разрез. Районът на Светиилийския вулкан.

Покривка: Момчилградски трахидацитов комплекс, Равенски риолитов комплекс.

S₄ – виолетововочервени флуидални трахириодацити (порфирни по K-feld, Q, Pl, Bi) - субвулкански тела с перлит и лавови потоци (150 m);

S₃ – виолетововочервени трахидацити (порфирни по K-feld, Pl, Bi) – субвулкански тела и лавови потоци (70 m);

S₂ – туфозни рифови варовици (70 m);

S₁ – пепелни и лапилни туфи с прослойки от ксенотуфи (150);

Подложка: Звезделски андезитобазалтов, Перперешки трахириолитов, Рабовски латиандезитов комплекс.

Регионални аспекти. Разкрива се между Момчилград и с. Студен кладенец, с. Нановица на площ от около 300 km². Изгражда отделни фази в Светиилийския, Биволянския и Дамбалъшкия вулкан и в Нановишката калдера.

Хроностратиграфска принадлежност. Варовиците по фораминифери са определени като рупел (Саров и др., 1996ф). По K/Ar метод се датира 29,5-31 Ма.

Момчилградски трахидацитов комплекс

Име. По името на Момчилград.

Дефинитивни белези. Сивочерни трахидацити, порфирни по Amf, Py, Bi, Pl, K-feld – лавови потоци и туфи.

Историческа справка. Андезитобазалтова ефузия на III среднокисел вулканизъм (Иванов, 1960, Горанов, Шияфова, 1995); IV среднокисел вулканизъм (Иванов, 1961);

Композитен типов разрез. Дамбалъшки вулкан.

Покривка: Равенски риолитов комплекс.

M₂ – трахидацити – лавови потоци (400 m);

M₁ – лапилни туфи и агломерати (200 m).

Подложка: Звезделски андезитобазалтов комплекс.

Регионални аспекти. Разкрива се И и ЮИ от Момчилград на площ от около 70 km². Изгражда най-късната фаза на Дамбалъшкия вулкан и паразитни конуси по склона на Звезделския вулкан.

Хроностратиграфска принадлежност. По K/Ar метод се датира на 31,0 Ма. По взаимоотношенията му със съседните комплекси се определя като рупел.

Равенски риолитов комплекс

Име. По името на с. Равен, Момчилградско.

Дефинитивни белези. Червенокафяви риолити и туфи.

Историческа справка. Ol₆ (Горанов, 1960); III кисел вулканизъм (Иванов, 1960; Горанов, Шияфова, 1995).

Композитен типов разрез. Източно от с. Равен.

Покривка: Няма.

Rv₄ – червенокафяви риолити – субвулкански тела;

Rv₃ – червенокафяви пепелни риолитови туфи (60 m);

Rv₂ – пепелни туфи с прослойки от ксенотуфи (150 m);

Rv₁ – туфозни рифови варовици (100 m).

Подложка: Момчилградски трахидацитов и Светиилийски трахириодацитов комплекс.

Регионални аспекти. Изпълва част от Нановишката калдера между с. Равен и с. Нановица на площ от около 30 km².

Хроностратиграфска принадлежност. По взаимоотношенията му със съседните комплекси се определя като рупел.

Пчелояден дайков комплекс

Име. По с. Пчелояд, Крумовградско.

Дефинитивни белези. Най-късните риолитови и латитови субвулкански тела и дайки.

Историческа справка. Екструзия на фелзитовите риолити, Галенитска тензионна зона (Иванов, 1960); тензионен дайков комплекс (Горанов, Шияфова, 1995).

Типов локалитет. Района на с. Пчелояд.

Pc₃ – сиворозови риолит-трахириолитови субвулкански дайки (порфирни по Pl, Bi, Py, Amf);

Pc₂ – сивозелени латити и трахидацити (Pl, K-feld, Q, Py, Amf, Bi) - субвулкански дайки;

Pc₁ – сиворозови трахидацити и трахириодацити (Pl, K-feld, Py, Bi, Amf) – субвулкански тела и дайки.

Регионални аспекти. Изгражда дайков сноп със ЗСЗ посока, дължина повече от 30 km и ширина 8 km в района между селата Мишевско, Старейшино, Пчелояд и Седефче.

Хроностратиграфска принадлежност. По K/Ar метод се датира на 26,5 – 32,2 Ма. По взаимоотношенията му и с вместиците го комплекси се определя като рупел-хат.

Дамбалска група

Име. По името на мах. Дамбала, Дамбалъшки вулкан, където има фази от повечето комплекси.

Дефинитивни белези. Андезити, андезитобазалти, латити, трахириодацити, трахидацити и риолити

(субвулкански тела, лавови потоци и туфи) с общ ареал на разпространение и сходни геохимични и изотопни особености (Георгиев, Милованов, 2003б,в). Те са резултат от еволюцията на една магмена камера със среднокисел състав. Техният състав еволюира от среднобазичен към кисел.

Съставящи комплекси. Калабашки андезитов, Рабовски латиандезитов, Звезделски андезитобазалтов, Светиилийски трахириодацитов, Момчилградски трахидацитов и Равенски риолитов комплекс.

Регионални аспекти. Разкрива се в района между гр. Кърджали, мах. Сладкодум, вр. Ирантепе, с. Подкова, гр. Джебел и гр. Момчилград на площ от около 1000 km². Изгражда Ирантепенски, Светиилийски, Биволянски, Дамбалъшки и Звезделски вулкан, множество по-малки паразитни и сателитни вулкани около тях и силове в Джебелската свита. Изпълва Нановишката калдера, разположена между основните вулкани в средата на депресията.

Хроностратиграфска принадлежност. По K/Ar метод се определя интервал 39,0-26,5 Ма. По взаимоотношенията му със съседните литостратиграфски единици (доказани с фауна) се определя като приабон-рупел.

Взаимоотношения със съседни единици. Материалите на Дамбалската група пресичат и покриват приабонските въгленосно-пясъчникова, мергелно-варовикова и вулканогенно-седиментогенна задруга. Латерално се зацепват с Белипластки риодацитов комплекс (приабон-рупел), Перперешки трахириолитов комплекс, Джебелска свита и Стомански риолитов комплекс (рупел).

Среднокиселите Калабашки андезитов, Рабовски латиандезитов и Звезделски андезитобазалтов комплекс се обединяват в **Путочарска подгрупа** (по мах. Путочарка на с. Поточница, близо до която се разкриват и трите комплекса). По-късните кисели Светиилийски трахириодацитов, Момчилградски трахидацитов и Равенски риолитов комплекс се обединяват в **Здравецка подгрупа** (по вр. Здравец, Дамбалъшки вулкан, Момчилградско).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вулканизмът в Момчилградската депресия няма цикличен характер. Във вулканите изградени от Дамбалската група магматизмът еволюира от среднокисел към кисел. Има известна рекурентия от Рабовския латиандезитов към Звезделски андезитобазалтов и от Светиилийски трахириодацитов към Момчилградски трахидацитов, но няма редуване на среднокисели и кисели фази. Екструзивите от Перперешкия трахириолитов и Устренския риолитов комплекс стоят изолирани от основни вулкански постройки, имат специфични геохимични и изотопни особености и вероятно са резултат от еволюцията на отделни магмени камери с кисел състав.

ЛИТЕРАТУРА

- Георгиев Вл., П. Милованов, П. Момчев. 2003а. K/Ar изследвания на магматизма от Момчилградската депресия (Източни Родопи). – Докл. БАН, под печат.
- Георгиев Вл., П. Милованов. 2003б. Петрохимични особености на магматизма от Момчилградската депресия (Източни Родопи). – Докл. БАН, под печат.
- Георгиев Вл., П. Милованов. 2003в. Особенности в разпределението на редките елементи в магматизма от Момчилградската депресия (Източни Родопи). – Докл. БАН, под печат.
- Горанов, А. 1960. Литология на палеогенските отложения в част от Източните Родопи. – Труд. геол. България, Сер. геохим. и полезни изкоп., 1, 259-310.
- Горанов, Ал., 1995. Палеоген. – В: *Обяснителна записка към геоложка карта на България в М 1:100 000*, к.л. Крумовград. С., КГМР, 39-69.
- Горанов, Ал., И. Боянов, Ж. Шилияфова. 1992. Палеоген. – В: *Обяснителна записка към геоложка карта на България в М 1:100 000*, к.л. Хасково, С., КГМР, 22-43.
- Горанов, Ал., Ж. Шилияфова. 1995. Палеоген. – В: *Обяснителна записка към геоложка карта на България в М 1:100 000*, к.л. Кърджали. С., КГМР, 31-60.
- Иванов, Р. 1960. Магматизмът в Източнородопското палеогеново понижение. I. Геология. – Труд. геол. Бълг., сер. геохим. и полезни изкоп., 1, 312-387.
- Иванов, Р. 1961. Върху геологията на Дамбалъшкия вулкански масив, Момчилградско. – Изв. Геол. инст., 9, 143-119.
- Николов, Т., И. Сапунов. 2002. *Стратиграфски кодекс на България*. С., Акад. изд. "Проф. Марин Дринов", 139 с.
- Милованов, П., Вл. Георгиев, П. Момчев. 2003. Rb/Sr изследвания на магматизма в Момчилградската депресия (Източни Родопи). – Докл. БАН, под печат.
- Harkovska, A., Y. Yanev, P. Marchev. 1989. General features of the Paleogene orogenic magmatism in Bulgaria. – *Geol. Balc.*, 19, 1, 37-72.
- Le Maitre, R. (Ed.). 1989. *Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the IUGS Subcommission on the systematics of Igneous Rocks. B. Classification and Nomenclature*. Oxford, Blackwell Sci. Public., 3-31.
- Yanev, Y. 1995. General characteristics of the late Paleogene collision volcanism in the Rhodopes. – In: *Sofia Zeolite Meeting 95. Intern. Symposium. Guide to the Post-meeting Field Trip*, 3-19.
- Yanev, Y., F. Innoceti, P. Manetti, G. Serri. 1995. Paleogene collision magmatism in Eastern Rhodopes (Bulgaria) – Western Thrace (Greece): Temporal migration, petrochemical zoning and geodynamic significance. – *Geol. Soc. Greece Sp. Publ.* 4, 578-583;
- Yanev, Y. 1998. Petrology of the Eastern Rhodopes Paleogene acid volcanics, Bulgaria. – *Acta Vulcanologica*, 10, 2, 265-277.

*Препоръчана за публикуване от
катедра "Геология и проучване на полезни изкопаеми", ГПФ*

MAGMATIC COMPLEXES IN THE MOMCHILGRAD DEPRESSION (EASTERN RHODOPE)

Vladimir Georgiev, Petar Milovanov

Geological Institute, BAS, 1113, Sofia

ABSTRACT

The products of the Paleogene magmatic activity in the Momchilgrad depression have been divided into several magmatic complexes. The Kalabak andesite, Rabovo latite-andesite, Zvezdel basaltic-andesite, Sveti Ilija trachyrhyodacite, Momchilgrad trachydacite and Raven rhyolite complexes, formed into Dambalak group, have the same area of distribution and similar geochemical and isotope features. They might have resulted from the evolution on a intermediate magma reservoir as their composition evolved from intermediate to acid. Extrusive bodies of the Perperek trachyrhyolite and Ustren rhyolite complexes are located apart from the main volcanic edifices and have specific geochemical features, and probably resulted from evolution of separate acid magma reservoirs.

INTRODUCTION

Two general papers concerning Paleogene deposits and magmatic activity were published in one issue in 1960 (Goranov, 1960; Ivanov, 1960). They have many similarities - both authors used the lithostratigraphic approach in the subdivision of magmatic products and they both recognized three intermediate and three acid volcanic horizons. According to Goranov these horizons are Pr₄, Ol₂, Ol₅ (intermediate) and Ol₁, Ol₃, Ol₅ (acid). Ivanov localized the most of the magmatic centers and described Borovitsa and Momchilgrad volcanic areas and Arda volcanic strip. He also suggested three magmatic cycles as an acid phase follows every intermediate one - I, II, III intermediate and I, II, III acid phases, respectively.

These investigations are a great achievement in studying of the magmatic activity in the Eastern Rhodopes. As popular has been accepted the scheme of Ivanov (1960). During the following 40 years the concept of cyclic character of the Eastern Rhodopes magmatism has been in the basis of the most subdivisional schemes of the Eastern Rhodopes magmatic rocks. Only the number of the cycles (three or four) and the spanning of the horizons or units used have been changed (Ivanov, 1961; Goranov, Shilyafova, 1995; Yanev et al., 1998).

NOTES ON METHODOLOGY

The aspiration for creating of an universal lithostratigraphic scheme of the Paleogene magmatic products in the Eastern Rhodopes had led to the idea of cyclic character of the volcanism. Paleogene magmatism in the Eastern Rhodopes is localized in several areas - products of the evolution of separate magma reservoirs originated in common collision-related tectonomagmatic setting (Harkovska et al., 1989; Yanev et al., 1995). However, these separate magma reservoirs had different composition and probably resulted from mobilization of earth crust different types (Yanev et al., 1995). They had similar but not identical and concurrent evolution. Therefore, the correlation and integration of the

rocks generated by different magma chambers in an uniform scheme is not correct. Independent subdivision of the separate areas produced by different reservoirs is more advisable.

The term "complex" is used in the reported subdivision of the magmatic rocks in the sense of the Stratigraphic code of Bulgaria (Nikolov, Sapunov, 2002) as an official lithostratigraphic unit applied to mixed rocks. This term is preferred because of the great diversity of the rocks varieties included in the complexes - stratified effusives, pyroclastics, epiclastic and sedimentary rocks as well as cross-cut subvolcanic bodies, dykes and intrusive rocks.

The criteria for the recognizing of the complexes are: similar mineral and chemical composition, similar age, same spatial and time relations to the neighbouring units, same area of distribution (inferring same magma source), "mappability" of the separate units.

The volcanic activity in the Momchilgrad depression occurred in shallow marine basins as volcanoes formed islands (atolls). Only rocks of volcanic facies (explosive, effusive and subvolcanic) were emplaced near volcanic vents areas in subaerial setting. Rocks of sedimentary facies (epiclastics, terrigenous sediments and reef limestone) overlap volcanics on the volcanic slopes and in the base of cones. Some of the magmatic complexes (phases) are present in several different volcanic edifices, as in between tuffs and lava flows, erupted from different vents but having same or similar composition (belonging to one complex).

The thickness of the lava flows and tuffs fast decrease with increasing the distance from volcanic centers. And vice versa; the sedimentary deposits increase in thickness apart from the vents. The maximum thickness of the units is reported below, were the description of the composite type sections is given. Pyroclastic and epiclastic rocks have been classified according to Le Maitre (1989). Available K-Ar ages are summarized in Georgiev, Milovanov (2003a).

DESCRIPTION OF THE COMPLEXES

Kalabak andesite complex (Калабашки андезитов комплекс)

Nomenclature: Named after the Kalabak Peak, Krumovgrad District.

Defining characteristics: Porphyritic andesites with phenocrysts of Pl, Amph, Py, and Bi - subvolcanic bodies, lava flows and tuffs.

References: Pr₄ (Goranov, 1960), I intermediate volcanism (Ivanov, 1960; Goranov, 1995).

Composite-stratotype: At Irantepe volcano, in the area of town the Krumovgrad.

Cover: Beli Plast rhyodacite complex (not described here as its vent area is out of the considered area); Rabovo latite-andesite complex.

K₃ - Amph-Py andesites; subvolcanic bodies and lava flows (100 m);

K₂ - lapilli-tuffs and agglomerates (300 m);

K₁ - epiclastites - conglomerates, breccias, sandstones, siltstones, tuffites, limestones;

Basement: Marlstone-limestone and coal-sandstone units (Priabonian);

Distribution: Outcrops in the area between the town of Krumovgrad and the villages of Sbor and Sladkodum over an area of about 400 km². Builds the Irantepe volcano as well as several smaller edifices to the north of it.

Chronostratigraphy: According to available K-Ar measurements its age is 35.0-39.0 Ma. Based on the field observations it is defined as being of Priabonian age.

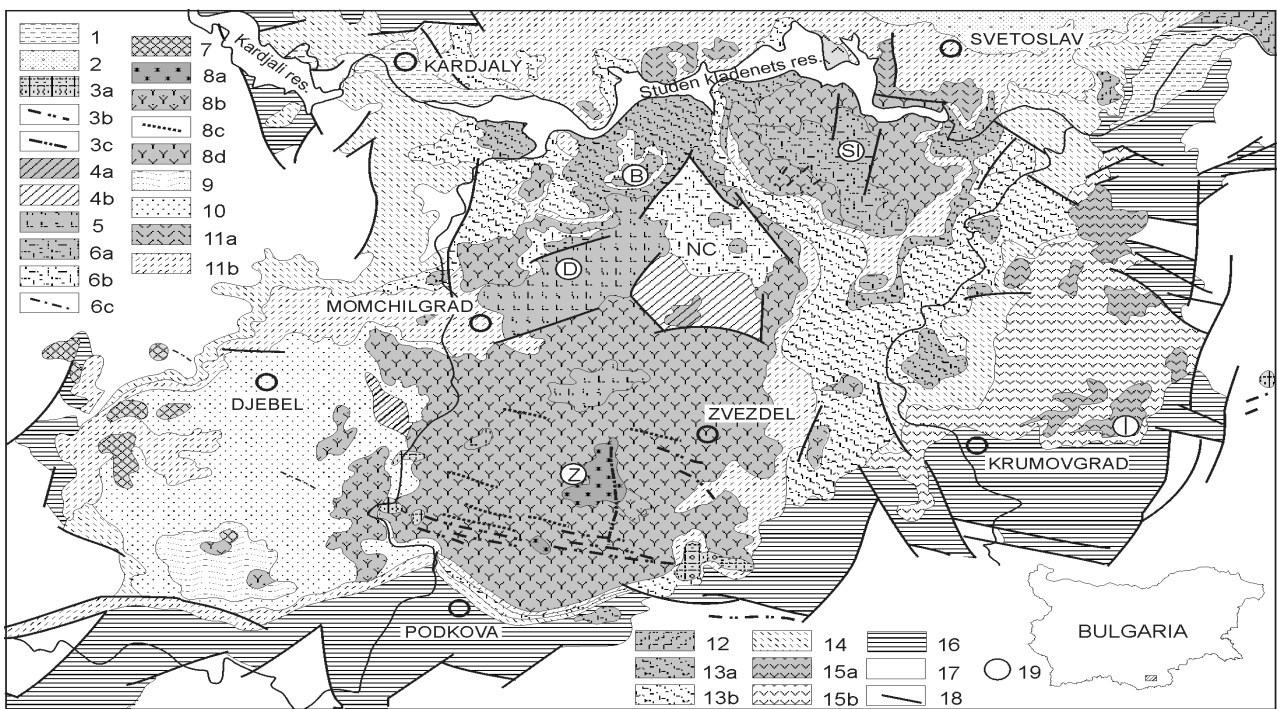


Figure 1. Geological map of the Momchilgrad depression

1 - Quaternary; Oligocene-Miocene: 2 - Valche Pole unit; Oligocene 3 - Pcheloyad dyke complex - rhyolite bodies (a), rhyolite dykes (b), and latite dykes (c); 4 - Raven rhyolite complex - bodies (a), tuffs and tuffaceous limestones (b); 5 - Momchilgrad trachydacite complex; 6 - Sveti-Ilija trachyrhyodacite complex - bodies (a), tuffs and tuffaceous limestones (b), dykes (c);

7 - Ustren rhyolite complex; 8 - Zvezdel basaltic-andesite complex - monzonitoid intrusion (a), subvolcanic bodies (b), dykes (c) epiclastites, lavas and tuffs (d); 9 - Stomantsi rhyolite complex - tuffs and tuffaceous limestones; 10 - Djebel Formation; 11 - Perperek trachyrhyolite complex - bodies (a), tuffs and tuffaceous limestones (b); 12 - Madjarovo latite complex - bodies; 13 - Rabovo latite-andesite complex - lava flows (a), epiclastites, tuffs and tuffaceous limestones (b); Eocene-Oligocene: 14 - Beli-Plast rhyodacite complex - tuffs and tuffaceous limestones; Eocene: 15 - Kalabak andesite complex - lava flows (a) epiclastites, tuffs and tuffaceous limestones (b); 16 - Eocene-Paleocene - sedimentary rocks; 17 - pre-Paleocene basement; 18 - fault; 19 - volcanic vents: Z - Zvezdel volcano, D - Dambala volcano, B - Bivoliane volcano, SI - Sveti-Ilija volcano, I - Irantepe volcano; NC - Nanovitsa caldera.

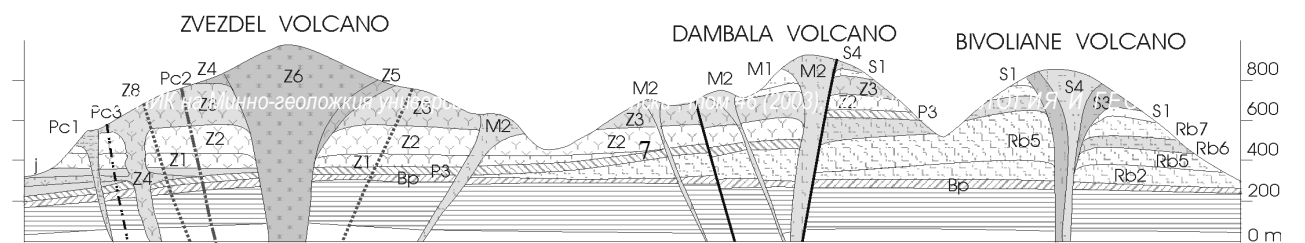
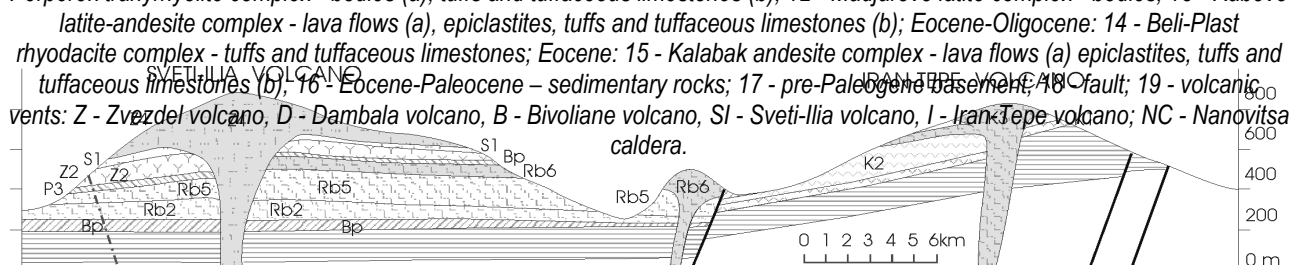


Figure 2. Geological sections of the Momchilgrad depression. For the key see Fig. 1

Rabovo latite-andesite complex (Рабовски латиандезитов комплекс)

Nomenclature: The name comes from the name of Rabovo village, Kardjali District.

Defining characteristics: Vesicle-bearing greyish-black latite-andesites and trachydacites (with phenocrysts of Pl, Py, Amph, and Bi) - subvolcanic bodies, lava flows and tuffs.

References: Ol₂ (Goranov, 1960); II intermediate volcanism (Ivanov, 1960; Goranov, Shilyafova, 1995; Goranov, 1995).

Composite-stratotype: The area of the village of Rabovo.

Cover: Perperек trachyrhyolite complex, Zvezdel basaltic-andesite complex.

Rb₇ - andesite pyroclastic breccia (70 m);

Rb₆ - fine-porphiritic andesites - lava flows (30 m);

Rb₅ - lapilli-tuffs (40 m);

Rb₄ - coarse ash tuffs (30 m);

Rb₃ - vesicle-bearing latite-andesites - lava flows and cross-cutting bodies (100 m);

Rb₂ - epiclastites (tuffites, tuffaceous sandstones, 100 m);

Rb₁ - ash- and lapilli-tuffs (80 m).

Basement: Beli Plast rhyodacite complex.

Distribution: Outcrops in the area between the towns of Kardjali, Krumovgrad, and Momchilgrad and the villages of Potochnitsa and Podkova covering an area of nearly 750 km². This complex builds the first phases of Studen Kladenets, Sveti Iliа, Bivoljane, and Dambalak volcanoes as well as some smaller volcanic edifices.

Chronostratigraphy: The field observations define it as Rupelian in age.

Perperек trachyrhyolite complex (Перперешки трахириолитов комплекс)

Nomenclature: Named after the village of Perperек, Kardjali District.

Defining characteristics: Porphyritic trachyrhyolites with phenocrysts of Pl, Kfs, and Bi - extrusive bodies and tuffs.

References: Ol₂, Ol₃, Ol₅, Ol₆ (Goranov, 1960); II intermediate and II acid volcanism (Ivanov, 1960; Goranov, 1995); III acid volcanism (Goranov et al., 1992); II acid volcanism (Yanev, 1995).

Composite-stratotype: The area of the village of Perperек.

Cover: Zvezdel basaltic-andesite complex, Djebel Formation, Valche Pole unit.

P₁₀ - pinkish-violet massive trachyrhyolites - extrusions (100 m);

P₉ - brownish-red flow-banded trachyrhyolites – extrusions and subvolcanic dykes (160 m);

P₈ - trachyrhyolite agglomerates and pyroclastic breccias with perlites (200 m);

P₇ - coarse ash tuffs (40 m);

P₆ - tuffaceous reef limestones (70 m);

P₅ - lapilli xenotuffs (80 m);

P₄ - coarse ash-and agglomerate tuffs (100 m);

P₃ - lapilli xenotuffs (50 m);

P₂ - greyish-beige tuffites (50 m);

P₁ - tuffaceous reef limestones (60 m).

Basement: Rabovo latite-andesite complex.

Distribution: It is exposed in the area between the town of Kardjali, the villages of Most, and Dolen Chiflik, the town of Krumovgrad and the villages of Podkova and Ustren occupying an area of about 1200 km². According to Yanev (1995) the tuffs of this complex are erupted by vents located in the Borovitsa volcanic region. We consider that they resulted from initial stages of activity of the Perperек and Hisar volcanoes, where their thickness is greatest (up to 500 m). Some authors attribute the xenotuffs to the II intermediate volcanism.

Chronostratigraphy: Available K-Ar datas vary between 29.1 and 33.0 Ma. On the basis of the field observations it has also been considered as being of Rupelian age.

Stomantsi rhyolite complex (Стомански риолитов комплекс)

Nomenclature: It is named after the village of Stomanovo, Djebel District.

Defining characteristics: Rhyolite tuffs and tuffaceous limestones.

References: Ol₆ (Goranov, 1960); III acid volcanism (Ivanov, 1960; Goranov, Shilyafova, 1995).

Composite-stratotype: The area of the village of Stomantsi.

Cover: Zvezdel basaltic-andesite and Ustren rhyolite complexes.

St₂ – rhyolite ash-and lapilli-tuffs (100 m);

St₁ – tuffaceous reef limestones (70 m).

Basement: Djebel Formation

Distribution: It crops out in the area of the village of Stomantsi over an area of about 20 km².

Chronostratigraphy: The fossil species found by Atanasov et al. (1970) indicate Rupelian age.

Zvezdel basaltic andesite complex (Звезделски андезитобазалтов комплекс)

Nomenclature: The name comes from the name of the village of Zvezdel, Krumovgrad District.

Defining characteristics: Porphyritic andesites and basaltic-andesites with phenocrysts of Py, Pl, Ol, Amph (subvolcanic bodies, dykes, lava flows, and tuffs) and co-magmatic intrusives of Q-monzogabbros and Q-monzodiorites.

References: Ol₅ (Goranov, 1960); II, III intermediate volcanism (Ivanov, 1960); III intermediate volcanism (Goranov, Shilyafova, 1995).

Composite-stratotype: At Zvezdel volcano

Cover: Sveti Ilija trachyrhyodacite, Momchilgrad trachydacite and Raven rhyolite complexes. It is intruded by the Pcheloyad dyke complex.

Z₇ - subvolcanic post-intrusive basaltic-trachyandesite dykes;

Z₆ - hypo-abyssal intrusives of fine-grained Q-monzogabbros and Q-monzodiorites;

Z₅ - high-K basaltic-andesites - subvolcanic bodies and dykes;

Z₄ - fine-porphyritic Py-basaltic-andesites - subvolcanic bodies (magma conduits), sills, dykes, lava flows (100 m);

Z₃ - Py-andesites to basaltic-andesites - lava flows and lava breccias with interbeds of lapilli-tuffs and agglomerates (over 500 m). At the Dambalak volcano are interbedded by acid epiclastics. Z₂ gradually replaces Z₃. Z₂ is dominated by tuffs while in Z₃ lava flows prevail.

Z₂ - andesite and basaltic-andesite ash-and lapilli-tuffs and agglomerates (350 m) interbedded by lava flows and limestones (up to 100 m);

Z₁ - epiclastics - conglomerates, breccias, sandstones, siltstones, tuffs and tuffites (50 m);

Basement: Djebel formation, Perperek trachyrhyolite and Rabovo latite-andesite complexes.

Distribution: Occurs in the area between the towns of Momchilgrad and Krumovgrad and the villages of Podkova, Studen Kladenets and Letovnik over an area of about 500 km². It composes the largest Zvezdel volcano, separate phases of Dambalak and Sveti Ilija volcanoes as well as sills within the Djebel Formation and subvolcanic bodies in the area of Krumovgrad.

Chronostratigraphy: K-Ar ages vary from 27.7 to 35.0 Ma. Field observations define it as Rupelian.

Ustren rhyolite complex (Устренски риолитов комплекс)

Nomenclature: Named after the village of Ustren, Djebel District.

Defining characteristics: Porphyritic rhyolites with perlites containing phenocrysts of Pl, Kfs, Q, and Bi.

References: Ustren rhyolite massif (Goranov, 1960); III acid volcanism (Ivanov, 1960; Goranov, Shilyafova, 1995).

Type-locality: Extrusions occupying up to 10 km² in the area of the village of Ustren. They intrude the rocks of the Zvezdel basaltic-andesite and Stomantsi rhyolite complexes, Djebel Formation and Perperek trachyrhyolite complex.

Distribution: Between the villages of Mishevsko, Ustren and Stomantsi.

Chronostratigraphy: K-Ar age are 31.0-31.5 Ma. Field relationships with the neighboring lithostratigraphic units indicate Rupelian age.

Sveti Ilija trachyrhyodacite complex (Светиилиски трахириодацитов комплекс)

Nomenclature: It is named after the Sveti Ilija Peak, Kardjali District

Defining characteristics: Redish-violet flow-banded trachyrhyodacites and trachydacites - subvolcanic bodies, dykes, lava flows and tuffs.

References: Ol₃, Ol₅ (Goranov, 1960); II acid volcanism (Ivanov, 1960; Goranov, Shilyafova, 1995).

Composite-stratotype: The area of the Sveti Ilija volcano.

Cover: Momchilgrad trachydacite complex, Raven rhyolite complex.

S₄ - redish-violet flow-banded trachyrhyodacites (with phenocrysts of Kfs, Q, Pl, Bi) - subvolcanic bodies with perlite and lava flows (150 m);

S₃ - Redish-violet trachydacites (having phenocrysts of Kfs, Pl, Py) - subvolcanic bodies and lava flows (70 m);

S₂ - tuffaceous reef limestones (70 m);

S₁ - ash and lapilli-tuffs interbedded by xenotuffs (150 m);

Basement: Zvezdel basaltic-andesite, Perperek trachyrhyolite and Rabovo latite-andesite complexes.

Distribution: Occurs between the town of Momchilgrad and the villages of Studen Kladenets and Nanovitsa over an area of nearly 300 km². It builds separate phases of Sveti Ilija, Bivoljane, and Dambalak volcanoes and is also found in the Nanovitsa caldera.

Chronostratigraphy: The foraminifers found in the limestones are dated as Rupelian. K-Ar ages are 29.5-31 Ma.

Momchilgrad trachydacite complex (Момчилградски трахидацитов комплекс)

Nomenclature: It is named after the town of Momchilgrad.

Defining characteristics: Greyish-black trachydacites with phenocrysts of Amph, Py, Bi, Kfs - lava flows and tuffs.

References: Basaltic-andesite effusion of III intermediate volcanism (Ivanov, 1960; Goranov, Shilyafova, 1995); IV intermediate volcanism (Ivanov, 1961)

Composite-stratotype: Dambalak volcano

Cover: Raven rhyolite complex

M₂ - trachydacites - lava flows (400 m);

M₂ - lapilli tuffs and agglomerates (200 m).

Basement: Zvezdel basaltic-andesite complex.

Distribution: Outcrops to the east and southeast of the town of Momchilgrad over an area of about 70 km². It builds the latest phase of Dambalak volcano and some parasitic cones on the slope of the Zvezdel volcano.

Chronostratigraphy: K-Ar ages are 31.0 Ma. Field observations indicate Rupelian age.

Raven rhyolite complex (Раженски риолитов комплекс)

Nomenclature: It is named after the village of Raven, Momchilgrad District.

Defining characteristics: Redish-brown rhyolites and tuffs.

References: Ol₆ (Goranov, 1960); III acid volcanism (Ivanov, 1960; Goranov, Shilyafova, 1995).

Composite-stratotype: To the east of the village of Raven.

Cover: Not observed.

Rv₄ - redish-brown rhyolites - subvolcanic bodies;

Rv₃ - redish-brown rhyolite ash-tuffs (60 m);
Rv₂ – ash-tuffs interbedded by xenotuffs (150 m);
Rv₁ - tuffaceous reef limestones (100 m).

Basement: Momchilgrad trachydacite and Sveti Iliа trachyrhyodacite complexes.

Distribution: Fills in part of the Nanovitsа caldera between the villages of Raven and Nanovitsа over an area of about 30 km².

Chronostratigraphy: Field observations indicate Rupelian age.

Pheloyad dyke complex (Пчелояден дайков комплекс)

Nomenclature: It is named after the village of Pcheloyad, Krumovgrad District.

Defining characteristics: The latest rhyolite and latite subvolcanic bodies and dykes.

References: Extrusion of felsitic rhyolites, Galenit tensional zone (Ivanov, 1960); tensional dyke complex (Goranov, Shilyаfova, 1995).

Type-locality: The area of the village of Pcheloyad .

Pc₃ - greyish-pink rhyolite-trachyrhyolite subvolcanic dykes (with phenocrysts of Pl, Kfs, Q, Py, Amph, Bi);

Pc₂ - greyish-green latites and trachydacites (Pl, Kfs, Q, Py, Amph, Bi) - subvolcanic dykes;

Pc₁ - greyish-pink trachydacites and trachyrhyodacites (Pl, Kfs, Py, Bi, Amph) - subvolcanic bodies and dykes;

Distribution: It forms dyke swarm of WNW direction long more than 30 km and 8 km wide in the area between the villages of Mishevsko, Stareishino, Pheloyad and Sedefche.

Chronostratigraphy: K-Ar ages are 26.5-32.2 Ma. Field observations are indicative of Rupelian-Chatian age.

Dambalak Group (Дамбалска група)

Nomenclature: The name comes from the name of the of Dambala Peak, Dambalak volcano, where phases of the most of the complexes are present.

Defining characteristics: Andesites, basaltic-andesites, latites, trachyrhyodacites, trachydacites, and rhyolites (subvolcanic bodies, lava flows and tuffs) having same area of distribution and similar geochemical and isotope features (Georgiev, Milovanov, 2003b,c). They resulted from the evolution of an intermediate magma reservoir as their composition evolved from intermediate to acid.

Constituent complexes: Kalabak andesite, Rabovo latite-andesite, Zvezdel basaltic-andesite, Sveti Iliа trachyrhyodacite, Momchilgrad trachydacite and Raven rhyolite complexes.

Distribution: It crops out in the area between the town of Kardjali, the hamlet of Sladkodum, Irantepe Peak, the village of Podkova, the towns of Djebel and Momchilgrad and occupies an area of nearly 1000 km². It builds the Irantepe, Sveti Iliа, Bivoljane, Dambalak and Zvezdel volcanoes, numerous smaller parasitic and satellite volcanic edifices around them as well as sills within the Djebel Formation. It also fills in the Nanovitsа caldera situated between the main volcanoes in the middle of the depression.

Chronostratigraphy: K-Ar ages vary between 39.0 and 26.5 Ma. Observed relationships with the neighboring lithostratigraphic units (paleontologically dated) show Priabon-Rupelian age.

Field relations with neighbouring units: The materials of the Dambalak Group intrude and cover the coal-sandstone, marlstone-limestone and volcano-sedimentary units having Priabonian age. They laterally interfinger with rocks of Beli

Plast rhyodacite (Priabonian) and Perperek trachyrhyolite complexes, Djebel Formation and Stomantsi rhyolite complex (Rupelian).

The intermediate Kalabak andesite, Rabovo latite-andesite and Zvezdel basaltic-andesite complexes are grouped into **Putocharka subgroup (Путочарска подгрупа)**, named after the hamlet of Putocharka of the Potochnitsа village where the three complexes are exposed. The later Sveti Iliа trachyrhyodacite, Momchilgrad trachydacite and Raven rhyolite complexes are formed into **Zdravets subgroup (Здравецка подгрупа)**, named after the Zdravets Peak, Dambala volcano, Momchilgrad District.

CONCLUSIONS

The volcanic activity in the Momchilgrad depression can not be described as being of cyclic character. The volcanoes composed by the Dambalak Group register an evolution of the magma composition from intermediate to acid. Some recurrence from the Rabovo latite-andesite to the Zvezdel basaltic andesite complex and from the Sveti Iliа trachyrhyodacite to the Momchilgrad trachydacite complex can be traced but there is no alternation of intermediate and acid phases. Extrusive bodies of the Perperek trachyrhyolite and Ustren rhyolite complex are situated apart from the main volcanic edifices. They have specific geochemical and isotope features and may have resulted from the evolution of the separate acid magma reservoirs.

REFERENCES

- Georgiev, V., P. Milovanov, P. Monchev. 2003a. K-Ar dating of the magmatic activity in the Momchilgrad depression (Eastern Rhodopes). – *C. R. Acad. bulg. Sci.* (in press).
- Georgiev, V., P. Milovanov. 2003b. Petrochemical features of the magmatic activity in the Momchilgrad depression (Eastern Rhodopes). – *C. R. Acad. bulg. Sci.* (in press).
- Georgiev, V., P. Milovanov. 2003b. Features of some trace element distribution in the magmatic rocks from the Momchilgrad depression (Eastern Rhodopes). – *C. R. Acad. bulg. Sci.* (in press).
- Goranov, A. 1960. Litologie der paläogenen Ablagerungen in einem Teil der Ostrodopen. – *Trudove Geol. Bulg., Ser. Geochim. Pol. Izkop., Part I. Geology*, 259-310 (in Bulgarian with German abstract).
- Goranov, A. 1995. Paleogene. – Explanatory note to the Geological map of Bulgaria on scale 1:100000 Krumovgrad and Sape map sheets. 39-69 (in Bulgarian with English abstract).
- Goranov, A., I. Boyanov, J. Shilyаfova. 1992. Paleogene. – Explanatory note to the Geological map of Bulgaria on scale 1:100 000 Haskovo map sheets. 22-43 (in Bulgarian with English abstract).
- Goranov, A., J. Shilyаfova. 1995. Paleogene. – Explanatory note to the Geological map of Bulgaria on scale 1:100000 Kardjali map sheets. 31-60 (in Bulgarian with English abstract).
- Ivanov, R. 1960. Der Magmatismus in der paläogenen Senkung der Ostrodopen. – *Trudove Geol. Bulg., Ser. Geochim.*

- Pol. Izkop., Part I. Geology*, 311-387 (in Bulgarian with German abstract).
- Ivanov, R. 1961. About the geology of the Dambalak massive, Momchilgrad area. – *Izv. Geol. Inst.*, 9, 143-151 (in Bulgarian).
- Nikolov, T., I. Sapunov. 2002. *Stratigraphic codex of Bulgaria*. Sofia, Professor Marin Drinov Publishing House, 139 p. (in Bulgarian with English abstract).
- Harkovska, A., Y. Yanev, P. Marchev. 1989. General features of the Paleogene orogenic magmatism in Bulgaria. – *Geol. Balc.*, 19, 1, 37-72.
- Le Maitre, R. (Ed.). 1989. *Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the IUGS Subcommission on the systematics of Igneous Rocks. B. Classification and Nomenclature*. Oxford, Blackwell Sci. Public., 3-31.
- Milovanov, P., V. Georgiev, P. Monchev. 2003. Rb-Sr study of the magmatic activity in the Momchilgrad depression (Eastern Rhodopes). – *C. R. Acad. bulg. Sci.* (in press).
- Yanev, Y. 1995. General characteristics of the late Paleogene collision volcanism in the Rhodopes. – In: *Sofia Zeolite Meeting 95. International Symposium. Guide to the Post-meeting Field Trip*, 3-19.
- Yanev, Y., F. Innoceti, P. Manetti, G. Serri. 1995. Paleogene collision magmatism in Eastern Rhodopes (Bulgaria) – Western Thrace (Greece): Temporal migration, petrochemical zoning and geodynamic significance. – *Geol. Soc. Greece, Sp. Publ.*, 4, 578-583.
- Yanev, Y. 1998. Petrology of the Eastern Rhodopes Paleogene Acid Volcanics, Bulgaria. – *Acta Vulcanologica*, 10, 2, 265-277.

*Recommended for publication by Department
of Economic Geology, Faculty of Geology and Prospecting*