



„Вулканът Кожух“ (ЮЗ България) – подреждане на пъзела, 2010

Александра Харковска¹, Петър С. Петров¹, Златка Милаковска¹, Веселина Накова²

¹ *Геологически институт, БАН, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 24, 1113 София, България*

² *Софийски Университет „Св. Кл. Охридски“, бул. „Цар Освободител“ № 15, 1504 София, България*

“Kozhuh volcano” (SW Bulgaria) – arrangement of the puzzle, 2010

Alexandra Harkovska¹, Peter S. Petrov¹, Zlatka Milakovska¹, Veselina Nakova²

¹ *Geological Institute, BAS, Acad. G. Bonchev str., bl. 24, 1113 Sofia, Bulgaria*

E-mail: rodopite@gmail.com; zlatkam@geology.bas.bg

² *Sofia University “St. Kl. Ohridski”, 15 Tzar Osvoboditel Blvd., 1504 Sofia, Bulgaria*

E-mail: vnakova@gea.uni-sofia.bg

Abstract. The “puzzle” arrangement is a first attempt to systematize and summarize the voluminous literature data and new authors’ information on volcanic body Kozhuh with the aim to outline its position in Tertiary geological evolution of SW Bulgaria. Since the 20-th years of the last century, Kozhuh is known as the “youngest extinct volcano” in Bulgaria, but up to now a number of its characteristics are still under discussion. Main topics discussed are: Kozhuh morphology, structure and facial affinity, volcanics composition, age, tectonic environment, related longlasting hydrothermal processes, etc. Some correlations with Tertiary volcanics from the neighboring Greece territory were made.

Kozhuh volcanics crop out as a rocky hill (about 1 km²) in Struma River valley to the NNE of Petrich town (SW Bulgaria). The volcanic body is located in the western part of Neogene Sandanski graben and is related structurally to the tectonic knot, formed at the intersection of submeridional (165°) Struma (Kraistide) and Strumeshnitsa (subequatorial to 60–65°) fault zones.

Kozhuh body is not a relic of a volcanic edifice. It is a part of a eroded stock-like subvolcanic body, intruded at subsurface level into the high grade metamorphics of Sandanski graben basement. Its dome-like internal structure is recorded by flow layers orientation, and is deformed by neotectonic faults. The primary jointing of the volcanics is mainly of blocky to coarse columnar type. The phenocrysts are: plagioclase (cores An_{60–57}; rim An_{33–27}), sanidine (Or_{63–58}) with BaO 3–6%, quartz, biotite (Mg#57.7–60.3) with an irregular opacitic rim, and strongly hydrothermally altered amphibole. The groundmass is microgranular up to microhypidiomorphic. The volcanics (SiO₂=63–66%wt.; Na₂O+K₂O=8–9%wt.) plot in the trahytic and trachydacitic field on Le Maitre et al. (2002) TAS diagram. They belong to the high-K Ca-alkaline and shoshonitic series (K₂O=4.16–4.96%wt.). An irregular low temperature hydrothermal alteration is reflected in LOI from 1.5 to 3.7%wt. and in very low Mg-content (as a rule 0.2–0.9%wt. MgO). The hosting metamorphic rocks and their Miocene sedimentary cover are also hydrothermally altered at low temperature conditions. Both of these geologic complexes host a number of low temperature hydrothermal polystage mineralizations, and fluorine containing ones are arranged as an irregular chain along to Struma lineament faults more than 40 km to the North of Kozhuh. The lineament is outlined by many thermal springs, by the isoline configurations of the present day temperature at 500 m below the surface and by the heat flow density isolines.

K-Ar data on whole rock, biotite and plagioclase phenocrysts (12.87±0.52–12.25±0.48 Ma) determine Middle Miocene age of Kozhuh subvolcanic intrusion. In close timespan fall ²⁰⁶Pb/²³⁸U data on zircon. According to this age and the chemical composition Kozhuh volcanics have to be correlated to some subvolcanic trachytic to dacitic bodies from the northernmost part of Greece.

Both Middle Miocene magmatic and hydrothermal processes developed along the low and middle course of Struma River (SW Bulgaria and Northern Greece) have been provoked and controlled by a regional neotectonic extension, which affected large territories on Balkan Peninsula since Middle Miocene. Under the influence of WSW–ENE directed extension the faults of Struma lineament zone became permeable for magmas and for hydrothermal fluids related to. As a result subvolcanic bodies have been intruded in the lineament intersections with transverse or oblique fault zones. These magmatic events have been followed by low temperature hydrothermal poly-phase processes continuing up to present day.

Key words: Kozhuh volcanic body (SW Bulgaria), neotectonic extension, Middle Miocene magmatic and hydrothermal events.

Резюме. Подредането на „фигурите от пъзела“ е първи опит за систематизиране и обобщение на разпръснатите в литературата многобройни полидисциплинарни данни и на непубликувана авторска информация с цел да се намери мястото на вулканското тяло Кожух в терциерното развитие на ЮЗ България. От началото на миналия век то е известно като „най-младия загаснал вулкан в България“, но и досега много негови характерни особености са дискуссионни.

„Вулканът Кожух“ (около 1 km²) е разположен в западната част на неогенския Сандански грабен (ССИ от гр. Петрич) и е привързан към пресечницата на разломи от Струмския (Краищиден) линеамент (около 165°) и Струмешнишката екваториална до ИСИ (60–65°) разломна зона. Кожух не е реликт от наземна вулканска постройка, а е разкрита част от шоковидно субвулканско тяло, введено във висококристалинните метаморфити от подложката на Санданския грабен. Куполообразният му строеж, очертан от слоеве на течение, е деформиран от неотектонски разломи. Първичната напуканост на изграждащите го вулкани е главно блокова и групопризматична.

Впръслечните минерали са: сериално порфирен плагиоклаз ($An_{61-57}-An_{33-27}$), санидин (Or_{63-58}) с BaO 3–6 тегл.%, кварц, неравномерно опацизиран биотит ($Mg\#57,7-60,3$) и силно хидротермално променен амфибол. Структурата на основната маса е микроръзнеста до микрохипидиоморфноръзнеста. Вулканитите ($SiO_2=63-66$ тегл.%; $Na_2O+K_2O=8-9$ тегл.%) се разполагат в полето на трахитите и трахидацитите (диаграма на Le Maitre et al., 2002) и принадлежат към високо-К Са-алкалната и шошонитова серия. Претърпели са неравномерна, на места интензивна нискотемпературна хидротермална промяна. Вмествашите метаморфити и покривашите ги неогенски седименти са също нискотемпературно хидротермално променени. Сред тях се разполагат неправилни и жилни тела от полифазово отложени нискотемпературни хидротермални минерали. Минералните парагенези, съдържащи флуорит, се следят надлъж на Струмския линеймент на разстояние 40 km на север от Кожух. Линейментът се следва и от многобройни термални извори, от изолиниите на съвременните подземни температури на дълбочина 500 m и от изолиниите на плътността на топлинния поток в долното течение на р. Струма.

К-Аг анализи на скална, биотитова и плагиоклазова проба определят средномеоценска възраст ($12,87\pm 0,52$ до $12,25\pm 0,48$ Ma) на кожухските вулкани. Близък е възрастовият интервал, получен по $^{206}Pb/^{238}U$ метод по циркон. По възраст и по химичен състав кожухските вулкани се корелират с трахитовите до дацитови субвулкански тела от Северна Гърция.

Средномеоценските магматични и хидротермални процеси на българска и гръцка територия са били предизвикани и контролирани от процесите на регионална екстензия. Под въздействието на ЗЮЗ–ИСИ екстензия разломите на Струмския линеймент са се превърнали в структури, проницаеми за магматични флуиди и в пресечниците им с напречни и коси разломни зони са се внедрявали субвулкански тела. Магматичните събития са били следвани от нискотемпературна полифазова хидротермална дейност, която продължава и понастоящем.

Ключови думи: вулканско тяло Кожух (ЮЗ България), неотектонска екстензия, средномеоценски магматични и хидротермални събития.

Въведение

Вулканското тяло Кожух (ССИ от гр. Петрич) закрепва едноименен хълм с вр. Кожух (281,1 m), който рязко се издига с около 200 m над алувиалната равнина около водослива на р. Струмешница и р. Струма (фиг. 1). То е известно на широката общественост като „най-младия загаснал вулкан в България“. В северното и източно подножие на хълма се разполагат прочутите термални извори „Рупите“ (Петров, 1960; Shterev et al., 1995).

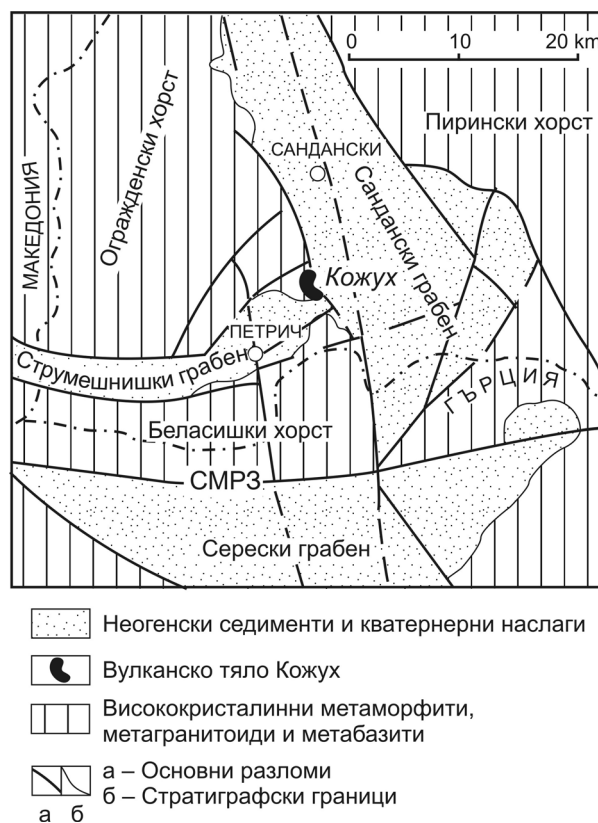
В българската геоложка литература вулканистите на Кожух са отбелязани още в началото на 20-те години на миналия век (Бончев, 1920; Ванков, 1923). По-късно те попадат нееднократно в полезрението на редица изследователи, но и до сега техни съществени характеристики (фациална принадлежност, класификационна позиция, възраст и др.) остават дискуссионни.

Целта на настоящата работа е да се обсъдят, обобщят и обвържат наличните регионалногеоложки, палеовулканоложки, петроложки, хидрогеоложки, радиогеохронологички и други литературни и новополучени авторски данни за Кожух, с оглед да се определи мястото на този малък, но много специфичен обект в геоложкото развитие на ЮЗ България.

Геоложка позиция

Вулканистите се разкриват на площ с размери около $2000 \times 350-500$ m и $SS3-ЮЮЮ$ (~ 160°) удължение. Болшинството изследователи (Петров, 1960; Иванов, Зидаров, 1968; Янев, 1971; Цанков и др., 2005 и др.) поддържат идеята на Яранов (1960) за структурната привързаност на вулканистите към пресечницата на две разломни зони с неотектонска активност. Това са: регионалният субмеридионален (около 165°) Струмски (Краишиден) линей-

мент (Бончев, 1971; Zagorchev, 1992a и цитирана литература; Zagorchev, 2001), известен също като „Струмски дълбочинен разлом“ (Бояджиев, 1971)



Фиг. 1. Вулканското тяло Кожух в кадъра на регионалните неотектонски структури от Югозападна България (по Zagorchev, 1992a); CMP3 – Средноместенска разломна зона

Fig. 1. Kozhuh volcanic body in the frame of the regional neotectonic structures in SW Bulgaria (according to Zagorchev, 1992a); CMP3, Middle Mesta Fault Zone

и И-3 до ИСИ-3Ю3 (60–65°) Струмешнишка разломна зона (фиг. 1). Разломите на линеамента определят хода на Струмската долина с наредените по нея неогенски грабени, а Струмешнишката разломна зона се бележи от едноименния неогенски грабен (Загорчев, Динкова, 1990). Двете разломни структури са трасирани във висококристалинни метаморфити (гнайси, шисти и амфиболити), метагранитоиди и метабазити (Загорчев, Динкова, 1990; 1991) и в покриващите ги неогенски седименти на Санданския и Струмешнишкия грабени. За ориентировката и характера на конкретните стръмни разломи-съставки, които оформят споменатата по-горе пресечница, няма единно становище (сравни разломната мрежа в работите на Петров, 1960; Иванов, Зидаров, 1968; Янев, 1971; Божков и др., 1976; Загорчев, Динкова, 1990; Цанков и др., 2005). В близост до Кожух метаморфитите от Огражденския хорст се пресичат от трахитови до дацитови дайки и субвулкански тела на ранноолигоценската (Pecskay et al., 2001) Горнорибнишка магмато-тектонска зона.

Според някои автори (Николов, 1932; Петров, 1960; Игнатовски, 1970; Georgiev et al., 2010) вулканското тяло Кожух е внедрено както в метаморфити, така и в неогенски седименти. Съгласно канавни, сондажни и геофизични работи (Янев, 1971; Божков и др., 1976; Райнова и др., 1979) вулканитите контактират само с метаморфити.

Фациална принадлежност и строеж

За фациалната принадлежност на Кожух са разви-вани две алтернативни гледища: за ефузивен и за субвулкански характер.

Обзор и обсъждане на литературните данни за ефузивния характер на Кожух

Бончев (1920) определя хълма Кожух като „загаснал вулкан“ поради конусообразната му морфология. От тогава тази теза се подкрепя от повечето изследователи. Николов (1932) и Петров (1960) считат, че тялото е реликт от еродирана наземна вулканска постройка. Според Петров (1960) хидротермално променени седиментни скали, разположени близо до контакта му, „са плътно свързани с вулканска лава“ (стр. 299). За лава в случая са били приети тъмни маси от нечист опал.

Николов (1932) пише, че сред неогенските седименти около вулканското тяло и в района на флуоритовото находище „Славянка“ има прослойки от свързани с него туфи и туфити (вж. също Иванов, Зидаров, 1968; Загорчев и др., 1971; Нечев, 1979). Според Петров (1960) и Божков и др. (1976) обаче, за туфи са приемани хидротермално променени (каолинизирани и лимонитизирани) неогенски аргилити, алевролити и дребнозърнести пясъчници.

На около 25 km ЗЮЗ от Кожух сред неогенски-те седименти на Струмешнишкия грабен наистина има прослойки от кисели туфи до туфити (Стоева и др., 1983). Те се разкриват в няколко сближени нива в дола Ремешница (в района на с. Скрът), на запад от него и в р. Керемидарника, все в близост с българо-македонската граница. Тези туфи¹ обаче не са генетически свързани с вулканска активност в района на Кожух, защото:

– дебелината на пластовете им, която варира от десетина cm до 4–5 m, се увеличава в западна посока, т.е. в посока, обратна на Кожух (Стоева и др., 1983; Kharkovska, 1984);

– наборът от кристалокласти се различава от впръслечния ансамбъл на кожухските вулкани-ти по липсата на амфибол и по преобладание на кварц;

– пепелните размери на кристалокластите (от 0,01 mm до 0,08–0,25 mm) свидетелстват за дистален източник на ерупциите, който следва да се търси на територията на Р. Македония (в съгласие със Стоева и др., 1983);

– туфите проследяват седименти, които се считат за горномиоценски (Меот – по Недялков и др., 1986; Меот и Ранен Понт – по Zagorchev, 2001; Валезий – по Цанков и др., 2005), т.е. за по-млади от средномиоценските магматични процеси, в хода на които е оформен Кожух (Pecskay et al., in press).

Като ефузивно тяло Кожух е определен и от Игнатовски (1970), който изхожда от ориентировката на плоскостните и линейни структури на течение. Доминиращо стръмните им наклони в източната част на тялото са обяснени с „триенето на магмата в стените на изливната пукнатина“, а средните (описани като „полегати“) наклони в западната му част – с обтичане на заварения релеф от лавата. Като цяло разкритията са приети за принадлежащи към вулкански апарат, отпрепариран на ниво „пукнатинен кратер“ със СЗ–ЮИ посока (~ 150°). Ориентировката на структурите на течение обаче, както и приведените данни за блоковия и грубопризматичен тип напуканост на вулканитите, не са достатъчни за еднозначното причисляване на Кожух към ефузивния фацис. Аналогичен вътрешен строеж (при сходни петрографски особености) може да има и едно приповърхностно субвулканско тяло, още повече, че вулканитите (както

¹ Туфите са белезникави до светлокремави и светлорозови, масивни до слоести. По характер са кристаловитрокластични с над 95% пемзова (размери 0,064–0,020 mm, max 0,11 mm) и плътна (размери 0,036–0,066 mm) витрокластика. Витрокластите са свежи или слабо променени по периферията. Кристалокластите са от кварц, кисел плагиоклаз, червено-кафяв до тъмнокафяв биотит, санидин и единични зърна от апатит и титанит. Като силно подчинен компонент в туфите участват теригенни съставки: разностепенно хлоритизирани биотитови люспи, хлорит, мусковит, серицитизирани К-фелдшпат, съвсем редки пироксенови зърна, дребни метаморфни класти. В източните разкрития количеството на теригенните съставки нараства до 10–15%.

това е отбелязано от Янев, 1997) не се подстилат, нито се придружават от пирокластика. Същата нееднозначна интерпретация има и споменатият от Игнатовски (1970, стр. 119) приконтактен слой от вулканско стъкло с ксенолити от гнайси.

На базата на данни от електропрофилиране Янев (1971) отнася Кожух към наземна част от вулкански апарат и интерпретира като лавов поток разкритието от вулканити сред кристалинните скали на запад от хълма. Изследването е позволило на автора да се отделят вулканити с различна степен на промяна, но не и да се определи ориентировката на контактите им с метаморфитите под повърхността.

Цанков и др. (2005 и цитирана литература) предлагат ново виждане за строежа и ролята на Кожух в неогенското развитие на областта. Това налага по-подробното обсъждане на техните представи. Според цитираните автори вулканитите на Кожух са „остатъчно вулканско моноклинално възвишение“ (стр. 105 и др.) – реликт от западната периферия на „вулканска палеокалдера“. Последната се счита за „остатък“ от долномиоцения „Кожухски централен палеовулкан“, който се е издигнал по тези места „...в края на времето на мащабната късноолигоценска-ранномиоциска дълбочинна блокова деструкция на тази част от Балканския полуостров“ (стр. 106, абз. 3). Кожухският палеовулкан е характеризирани като структура със слоест строеж, диаметър 14–15 km, височина около 2,2 km и кратер, разположен „вероятно“ ЗСЗ от землището на с. Ново Кономлади (стр. 106, абз. 3; фиг. 16В). Авторите нееднократно подчертават (стр. 106, абз. 3; стр. 111, 139 и др.), че именно свързаната с развитието му „Кожухска палеокалдера“ е обусловила очертаната от тях „Петричка концентрична кръгова палеоструктура“, а от там и конфигурацията на съвременната „Петричка котловинна морфоструктура“. Като доказателство за наследяваната пространствена връзка между така изброените три структури се изтъква разположението на многобройни концентрично подредени съвременни позитивни геоморфоложки форми („възвишения, ридове, хълмове...“), наречени „траси“ („трасиращи морфоструктури на погребани палеокалдерни ридове“). Възрастта на палеокалдерата се приема за „ранномиоциска“ (стр. 92, абз. 1), за „средно-късномиоциска“ (стр. 133) и за „късномиоциска“ (стр. 92, абз. 3; стр. 93, абз. 2; стр. 111 и др.). Противоречиви са и представите за нейния генезис. От една страна тя се определя като „вулканска палеокалдера“ (стр. 107 и др.), свързана с Кожухския палеовулкан и маркирана от „поствулканските термални извори“ на ИСИ и И от Кожух, а от друга се разглежда като ерозионна структура. Последното личи особено ясно от твърдението: „Постепенно снишаващите се и все поразчленени реликти от рушация се палеовулкански конус са оформили през Средния и началото на

Късния Миоцен непрекъснато изменящия се релеф на Кожухската палеокалдера.“ (стр. 107, абз. 2). За строежа ѝ авторите не предоставят никаква информация, защото считат, че Кожух е единственият реликт и от палеовулкана, и от палеокалдерата, които били погребани от горномиоценските седименти на Санданския грабен.

Изложените представи са една хипотеза, базирана само на съвременния геоморфоложки строеж на Петричката котловина, при това не само без оглед, но и в противоречие на геоложките (вкл. на палеовулканоложките s.s.) данни. **Размерите, морфологията и строежът на Кожухския централен палеовулкан са реконструирани** (стр. 91, 106) противно на методите и практиките в палеовулканологията само въз основа на предпологаемото положение на кратера му и по ориентировката на базалните стени на призми във вулканитите на Кожух, приети за принадлежащи към полегат слоест поток въпреки мезоструктурните данни (Игнатовски, 1970).

Друга част от хипотезата е твърдението за ранномиоценската възраст на палеовулкана, която с нищо не е доказана. Не почиват на конкретни данни и описаните къснонеогенско-кватернерни процеси (стр. 107), при които над хидротермално заздрави „лавови езици, туфи или туфозни прослойки и пачки“ на Кожухския палеовулкан (стр. 92–93) били образувани т.нар. „интракалдерни траси“. Описани са виртуални процеси, защото сред средногорномиоценските седименти на Санданския грабен никъде не са установени нито пирокластични, нито лавово-пирокластични тела (Недялков и др., 1986 и цитирана литература; Загорчев, Динкова, 1991; Zagorchev, 2001 и цитирана литература и др.).

Без геоложко покритие е и твърдението, че Кожухският палеовулкан се е разрушавал „през края на Ранния, Средния и началото на Късния Миоцен“ (стр. 107, абз. 2). Ако това твърдение е вярно, то в седиментите на Санданския грабен неизбежно трябва да присъства негова обилна епикластика, защото съгласно предлаганите от авторите параметри (стр. 106, абз. 3), вулканът е имал внушителния обем от над 110 km³! Присъствие на такава епикластика обаче не е установено² (вж. Kojumdjieva et al., 1982; Недялков и др., 1986; Nedjalkov et al., 1988; Загорчев, Динкова, 1991; Zagorchev, 2001), включително и от самите автори.

² За много добре заоблени късове (5–6 cm) от силно хидротермално променени вулкански скали в седиментите около Кожух (в близост с Левуновския мост и в сондажи на левия бряг на р. Струма, при с. Дамяница) съобщават Петров (1960), Божков и др. (1976, 1979) и Мънков и др. (1981). Тези късове се срещат заедно с добре заоблена кластика от метаморфити и произхождат от субвулканските тела на Горнорибнишката магмато-тектонска зона, която завършва именно в най-източната част на Огражденския хорст.

Съществуването на Кожухската палеокалдера (вулканогенна? и/или ерозионна?) също не е фактологично подкрепено. Палеокалдерата е териториално идентифицирана със слабо удължена по екватора елипсоидална площ (~140–150 km²), в която на ИСИ и И от Кожух се разполагат термални извори. Последните се изтъкват като много важно доказателство за съществуването ѝ, без обаче да се отчита широкото им разпространение не само в Санданския грабен, а и надлъж на Струмския линеамент на българска и гръцка територия (Shterev et al., 1995). При това съставите на водите им в рамките на „палеокалдерата“ не са еднотипни, каквито би трябвало да бъдат, ако наистина са свързани с единен магматичен източник. Зоналността на тези състави (табл. 1) показва, че те се контролират от процеси, протичащи в зоната на Струмския линеамент, а не в камерата под хипотетична палеокалдера.

Направеният кратък дискуссионен обзор на основните постановки в хипотезата, въвеждаща в

българската геология ранномиоцения Кожухски централен палеовулкан с Кожухска палеокалдера, е напълно достатъчен, за да стане ясна геоложката ѝ необоснованост.

Обзор и обсъждане на данните за субвулканския характер на Кожух

За принадлежността на тялото Кожух към субвулканския фациес пръв пише Wurm (1925, цитирано по Загорчев, 1971), който го характеризира като „еродиран субвулкански щок“ или „приповърхностна част от вулканска постройка“. Към това становище се присъединяват Иванов и Зидаров (1968). Те определят Кожух като „отпрепарирани от ерозията субвулкански щок“ (стр. 298), като не изключват възможността той да е имал връзка с палеоповърхността.

Разкритие от гнайси с вместилища в тях вулканикти под неогенските седименти в местн. Косматица

Таблица 1

Съдържания (mg/l) на основните компоненти и стойности на pH в термалните води от Санданския грабен. Източници на данните за Рупите, Левуново, Марикостеново, Катунци, Хотово и Кромидово – Shterev et al. (1995), за „Славянка“ – Нечев (1979). Виж също фиг. 7.

Table 1

Principal components content (mg/l) and pH values in the thermal springs of Sandanski graben: second column – trends in the area located to the East and Northeast of Kozhuh – data of Shterev et al. (1995); third column – thermal waters in “Slavianka” fluorite mine – data of Нечев (1979). See also Fig. 7.

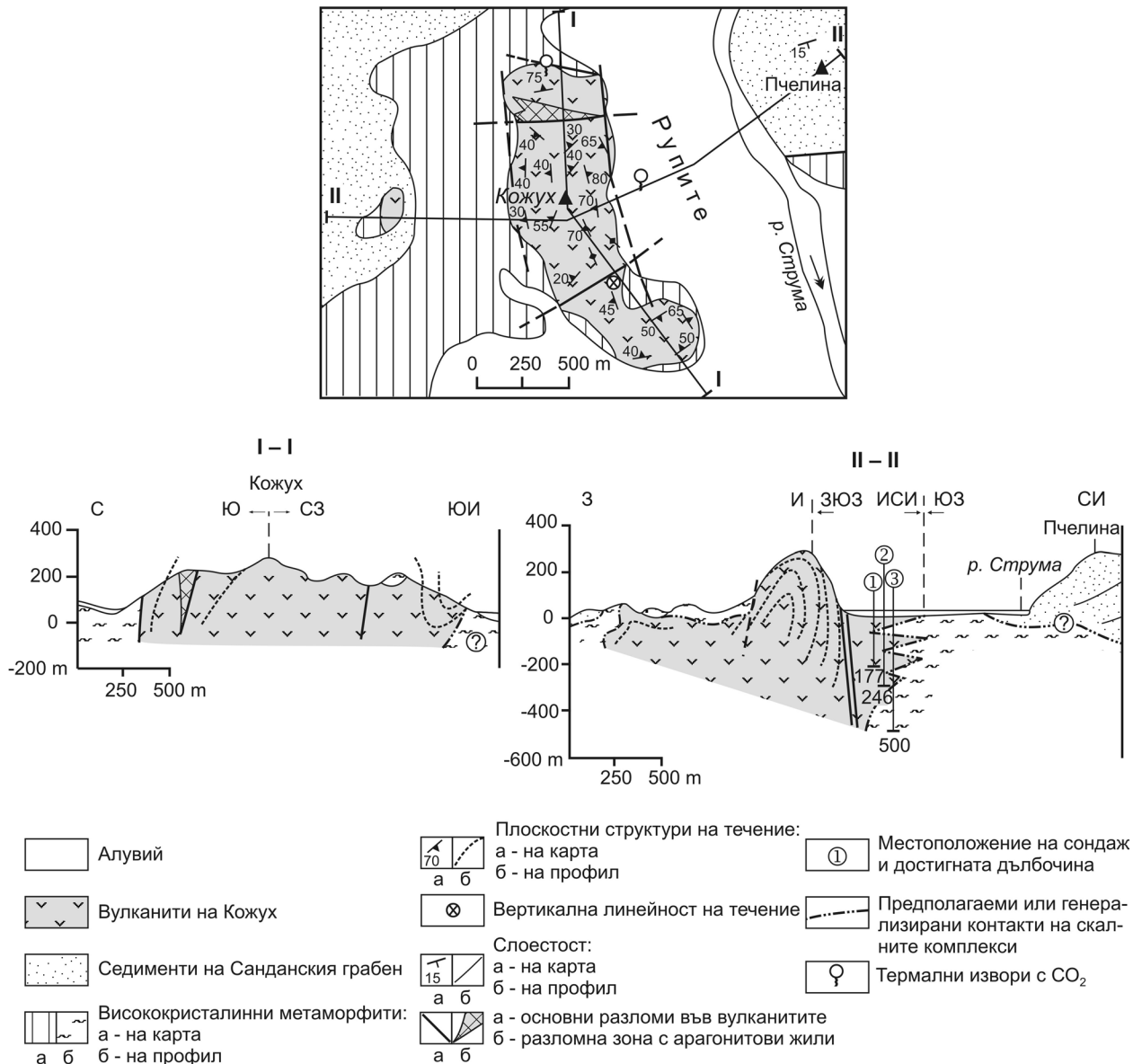
	Групи термални извори			Руднични води във флуоритовото нах. Славянка (средно от 4 анализа)
	Термални води от изворите източно и североизточно от Кожух			
	Рупите	Левуново, Марикостеново	Катунци, Хотово, Кромидово	
CO ₂	1200	10–20	0	над 1%
Cl	45	21–28	14–19	41,48
HCO ₃	1360	390–415	128–205	598,23
K	35–48	12	0,6–3,2	K+Na = 188,98
Na	525	229–240	88–160	
Ca	35,1	11,18	3,5–4,6	60,56
Mg	14	0,2–6,5	0,2–0,6	12,96
B(HBO ₂)	10	6–7	0–3	–
F	4,3–6,9	9–10	0,3–1,0	5,25
SO ₄	133	177–223	14–201	–
pH	6,5–6,8	7,3–7,5	8,5–9	6,92–7,89

дава основание да се изкаже становището, че височината Кожух представлява „издигнат фрагмент от сложно построено съоръжение с широко развитие на вулкански образувания, а не самостоятелен вулкан“ (Божков и др., 1976, стр. 261; Райнова и др., 1979). В това съоръжение цитираните автори обаче включват всички разкрити и установени по сондажен път вулканити на запад и север от местн. Рупите, вкл. и тези при с. Кърналово, които принадлежат към ранноолигоценската Горнорибнишка магмато-тектонска зона.

Като субвулканско тяло е представен Кожух и при интерпретациите на сондажни разрези от района на с. Дамяница и с. Левуново (Волчанова и др., 1974; Мънков и др., 1981).

Морфология, фациална принадлежност и строеж на Кожух

Вулканитите, изграждащи хълма Кожух, са разкрита част от шоковидно субвулканско тяло (0,8–1 km²),



Фиг. 2. Карта и профили през Кожух

Картата – по Петров (1960), Игнатовски (1970) и Райнова и др. (1979) с допълнения; нанесени са само основните разломи, пресичащи вулканското тяло. Местоположението и достигнатата дълбочина на сондажи 1 (MC-1), 2 (2XГ) и 3 (MC-2) – по Петров и др. (1970) с допълнения.

Fig. 2. Kozhuh volcanic body – a map and sections

The map is compiled from Петров (1960), Игнатовски (1970) and Райнова и др. (1979) with additions. The most pronounced faults in the volcanics are shown only. The position and depth of boreholes 1 (MC-1), 2 (2XГ) and 3 (MC-2) are according to Петров и др. (1970) with additions.

което има строеж на неправилен ендеогенен купол, очертан от груби плоскостни структури на течение (фиг. 2). То пресича висококристалинните метаморфити от подложката на Санданския грабен, като прониква в тях със силоподобни апофизи. На фиг. 2 (профил II–II) тези съотношения са представени генерализирано поради извънмашабната дебелина (няколко десетки сантиметра до няколко десетки метра) на интервалите от вулканити и метаморфити в сондажите. Напукаността на вулканитите е главно от блоков тип (първичен и тектонски усложнен), но във високите източни части на хълма локално са развити груби субвертикални 4–5 стенни призми (Игнатовски, 1970). На места е развита предестинирано плочеста напуканост.

Източните склонове на хълма са моделирани от СЗ–ЮИ (около 150–160°) стръмна до вертикална разседна зона. Според Петров (1960) разломен е и западният контакт на вулканското тяло. Вулканитите са пресечени и от други, главно субекваториални разломи. Паралелно на един от тях се разполага лещовидна, дебела до 150 m тектонски обработена зона, процепена от многобройни арагонитови жили от няколко генерации³. През плейстоцен-холоценско време северната част на Кожух и метаморфната му рамка са били издигнати с около 180 m (Райнова и др., 1979).

В южната част на хълма (хипсометрично под развалините на старата крепост), върху неравната повърхност на вулканитите на площ от няколко десетки квадратни метра, се разполагат техни здраво споени, несортирани брекчи – палеоделувий (?) или палеоколувий (?). Ръбестите им късове са с размери 0,4–0,7 m, а значително по-дребно-кластичният матрикс е с аналогичен на тях петрографски характер.

Сред висококристалинните метаморфити на запад от хълма има още едно разкритие на кожухски вулканити (фиг. 2 и профил II–II). Строежът им не е ясен. Малки разкрития на „кожухски вулканити“ са описани на север от височината Кожух – при Кръстилски връх (Николов, 1932) и ССИ от него в местн. Косматица (Божков и др., 1976). Такива вулканити са достигнати и със сондажи на дълбочина над 200 m при с. Дамяница (Мънков и др., 1981). Само детайлни изследвания могат да покажат дали към тях не спадат и неизучените дребни вулкански тела, подредени паралелно на Струмския линеамент в най-източната част на Огражденския хорст между реките Рибник и Лебница (вж. картата на Иванов, Зидаров, 1968).

³ Описана е като: зона от „карбонатни натечни минерали“ (Петров, 1960), „карбонатно тяло“ (Янев, 1971), „арагонитови тела“ (Райнова и др., 1979) и като „зона на хидротермална карбонатизация“ (Янев, 1997).

Веществен състав

Наименованията, с които са описвани кожухските вулканити, се базират на техния феносъстав или на различни петрохимични класификации: „биотит-амфиболови трахиандезити“ (Николов, 1932; Димитров, 1958), „латити и дацити“ (Петров, 1960), „биотит-амфиболови субалкални кварц-латит порфири“ (Иванов, Зидаров, 1968) или „субалкални деленит-порфири“ (Иванов и др., 1969). Към определението на Иванов и Зидаров (1968) се придържат Игнатовски (1970) и, до известна степен, Божков и др. (1976), които използват наименованието „кварцови латити (дацити)“. Според Загорчев и Динкова (1991) вулканитите са „алкални дацити и трахидацити“, а за Янев (1997) и за Georgiev et al. (2010) те са трахидацити. Основните петрографски и петрохимични особености на кожухските вулканити са обсъждани от Николов (1932) и Иванов и Зидаров (1968). Допълнителна информация намираме у Петров (1960), Иванов и Караджова (1968), Иванов и др. (1969) и Georgiev et al. (2010).

Основни петрографски особености

Вулканитите на Кожух са сиви, а в разностепенно хидротермално променените участъци – виолетово-сиви, червеникаво-сиви или ръждиво-сиви. Структурата им е порфирна, а текстурата най-често е „ивичеста“ (Петров, 1960), т.е. паралелна, поради развитието на издържани или лещовидно изклинващи груби слоеве на течение (Игнатовски, 1970 и авторски данни). Те отразяват веществена нехомогенност на изходните топилки и се различават по оцветяване и по количествено неизучени съотношения на левкократните и меланократни впръслени минерали. Дебелината на слоевете варира от 0,5 до 25 cm, а издържаните слоеве се проследяват на десетина и повече метри. Те се подчертават от плоскостен паралелизъм по биотит. В местата, където слоевете изклинват, паралелната мезотекстура прехожда в масивна. Присъствието на „газови мехури“, отбелязано и частично коментирано, но не документирано от Игнатовски (1970), не се упоменава от други автори.

Впръсленият ансамбъл (общо до 40–45 об.%) е представен от плагиоклаз, санидин, кварц, биотит и амфибол (табл. 2). Плагиоклазът е сериално порфирен и често образува гломеропорфирни агрегати. Повечето индивиди са изразително зонални, но са отбелязани и редки незонални впръслени. Продуктите на хидротермалните промени на плагиоклаза са развити по цепителните пукнатини и в централните зони на впръслеците. Плагиоклазите са изпитали магматична корозия (Николов, 1932).

Санидинът присъства като впръслени и участва в основната маса.

Кварцът е представен от дребни неправилни зърна. Николов (1932) ги описва като „кородира-

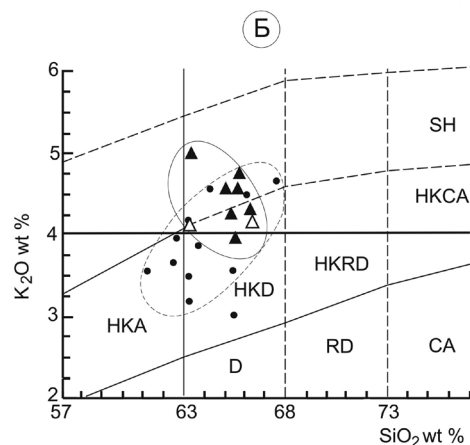
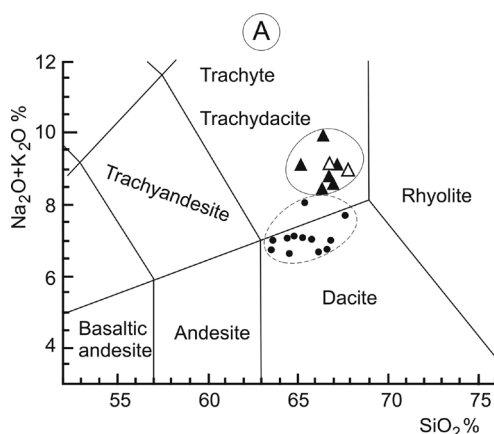
Таблица 2

Минерален състав на вулканитите от Кожух, сравнен със съставите на терциерни вулканити от региона

Table 2

Mineral composition of Kozhuh volcanics as compared as to Tertiary volcanics from the region

Вулканити	Впръследи	Акцесори	Вторични минерали	Литературен източник
Кожух	плагиоклаз (Ap_{61-57} – централни зони, Ap_{33-27} – външни зони); санидин (Or_{63-58}) с ВаО 3–6%; кварц; опацизиран биотит ($Mg\# 57,7-60,3$); амфибол	апатит, магнетит, Ti-магнетит, циркон	калцит, хлорит, епидот (по фемичните минерали); албит, серицит, каолинит (по плагиоклаза) ± кварц	Сумирани данни на Николов (1932); Петров (1960); Иванов, Зидаров (1968); Georgiev et al. (2010) и непубликувани данни на Р. Арнаудова
Субвулкански средномиоценовски дацити до трахити от крайграничната зона на Северна Гърция	плагиоклаз (Ap_{44-14}); санидин (Or_{67-59} – магматично кородиран); амфибол (чермакит); кварц (магматично кородиран); клинопироксен (главно диоксид); флогопит (слабо опацизиран)	апатит, титанит, циркон, магнетит	серицит, каолинит (по плагиоказа); хлорит (по биотита); в основната маса серицит, хлорит, калцит и железни хидроокиси	Eleftheriadis, Staikopoulos (1997)
Субвулкански дацити от ранноолигоценската Горнорибнишка магмато-тектонска зона	плагиоклаз (лабрадор-андезин-олигоклаз); кварц (в по-киселите разновидности); биотит (червено-кафяв); обикновен зелен амфибол	апатит, магнетит, циркон, ортит	калцит и хлорит (по фемичните минерали); албит и серицит – (по плагиоклаза); вторичен кварц	Иванов, Зидаров (1968); Иванов и др. (1969)



- ▲ Вулканити от Кожух (анализи на Н. Николов, 1932; Иванов, Зидаров, 1968 - Таблица 3)
- △ Средномиоценовски субвулкански тела от Сев. Гърция (анализи на Eleftheriadis, Staikopoulos, 1997)
- Ранноолигоценски субвулкански тела от Горнорибнишката магмато-тектонска зона (Pecskay et al., 2001)

ни и бистри, и неправилно напукани“, понякога обединени в агрегати. Иванов и Зидаров (1968) не изключват част от кварца да е привнесена по хидротермален път.

Изразително хексагоналните или магматично деформирани люспи на биотита са опацизирани в различна степен. Те включват апатит и циркон, и са неравномерно заместени от хлорит. Отбелязано е присъствие както на плеохроитен, така и на неплеохроитен тъмнокафяв биотит (Иванов и др., 1969). Съобщава се за съдържание на F във биотита (0,90–1,20 тегл.%) (Georgiev et al., 2010).

Амфиболът (обикновен зелен амфибол по Иванов и др., 1969) е заместен (често напълно) от епидот, хлорит и карбонат.

Акцесорите са: иглест до стълбчат апатит с високо съдържание на F (~3.9 тегл.%, Georgiev et al., 2010), Ti-магнетит, циркон.

Фиг. 3. А – Класификационна TAS-диаграма (SiO_2/K_2O+Na_2O , Le Maitre, 2002) за състава на кожухските вулканити, сравнен с терциерни вулканити от региона; Б – K_2O/SiO_2 диаграма за състава на кожухските вулканити, сравнен с други терциерни вулканити от региона. Плътни линии – по Peccerillo and Taylor (1976), пунктирани – по Dabovski et al. (1991)

Fig. 3. A – TAS (SiO_2/K_2O+Na_2O , Le Maitre, 2002) diagram for Kozhuh volcanics by comparison with Tertiary volcanics from the region; B – K_2O/SiO_2 diagram for Kozhuh volcanics by comparison with other Tertiary volcanics from the region. Full lines – according to Peccerillo and Taylor (1976), dotted lines – according to Dabovski et al. (1991)

Таблица 3
Химически състав на вулканити от Кожух

Table 3
Kozhuh volcanics chemical composition

	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	63,14	65,23	65,44	65,51	65,88	66,05	65,60
TiO ₂	0,43	0,40	0,47	0,43	0,46	0,46	0,36
Al ₂ O ₃	16,93	16,90	16,25	16,89	15,65	15,55	16,50
Fe ₂ O ₃	2,98	2,55	3,18	3,65	2,74	2,66	2,00
FeO	0,79	0,34	0,41	0,40	0,22	0,17	0,22
MnO	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	0,04	n.d.	0,01
MgO	0,19	0,34	0,04	0,30	0,49	0,45	0,92
CaO	2,53	2,42	2,13	2,16	2,42	2,31	2,65
Na ₂ O	3,87	3,96	4,59	4,25	3,77	4,55	3,47
K ₂ O	4,96	4,16	4,49	4,28	4,62	4,35	3,97
BaO	n.d.	0,46	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
P ₂ O ₅	0,52	0,33	n.d.	n.d.	0,33	0,33	n.d.
H ₂ O ⁺	0,64	1,10	1,50	1,37	1,40	1,08	n.d.
ЗПН	2,60	1,49	1,50	1,57	1,92	2,09	3,70
Сума	99,58	99,69	100,00	100,81	99,94	100,05	99,40
Li					25	12	n.d.
Rb					127	118	146
Cs					20	15	n.d.
Sr					1750	1520	1501
Ba					2500	2550	2905
Zr					340	320	225
V					40	30	60
Cr					n.d.	n.d.	6
Ni					40	10	n.d.
Cu					1000	<5	n.d.
Pb					180	200	n.d.
Y					n.d.	n.d.	24
Ga					9	<5	n.d.

обр. 1 – Николов (1932); обр. 2–6 – Иванов, Зидаров (1968), Иванов, Караджова (1968), Иванов и др. (1969); обр. 7 – настоящата работа

Sample 1, Николов (1932); Samples 2–6, Иванов, Зидаров (1968), Иванов, Караджова (1968), Иванов и др. (1969); Sample 7, present study

Основната маса на вулканитите не съдържа вулканско стъкло. Тя е дребно-, микрозърнеста до микрохипидиоморфнозърнеста. В нея се различават фелдшпати (плагиоклаз, санидин), кварц, биотит и магнетит.

Химически състав

Съгласно класификационната TAS-диаграма анализите на разслоените и сравнително най-слабо променени кожухски вулканити (табл. 3) се разполагат в полето на трахитите и трахидацитите (фиг. 3А). Нормативният им кварц е повече от 20%, но някои автори (Иванов, Зидаров, 1968) предполагат, че част от SiO₂ е продукт на наложена силицификация. На диаграмата K₂O/SiO₂ съответните състави се проектират в полетата на високо-К Са-алкалната и шошонитовата серии (фиг. 3Б). Същите особености имат субвулканските трахитовите до дацитови тела

(фиг. 3А и 3Б), разкриващи се на около 15 km южно от Кожух в крайграничната гръцка част на Беласишкия хорст. Последните обаче са с различен набор от впръслечни минерали (табл. 2). Отбелязана е повишената калиева и обща алкалност на кожухските вулканити (Иванов, Зидаров, 1968; Иванов и др., 1969) в сравнение с вулканитите от разположената в непосредствена близост с тях ранноолигоценска Горнорибнишка магмато-тектонска зона.

Геохимичната близост на кожухските вулканити със субвулканските трахити до дацити от Северна Гърция по количествени съотношения на Ва, Sr, Zr, Rb и др. е видна от табл. 4 и фиг. 4. Съобщава се за високо съдържание на LILE в кожухските вулканити и за стръмен ход на LREE и MREE в хондрит-нормализираните диаграми, за Eu аномалия от 0,91 до 0,98 и за отношение (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i=0,70643, което се интерпретира като резултат от вероятна „корова асимилация и фракциониране на магма, производна на мантийна“ (Georgiev et al., 2010). Според цити-

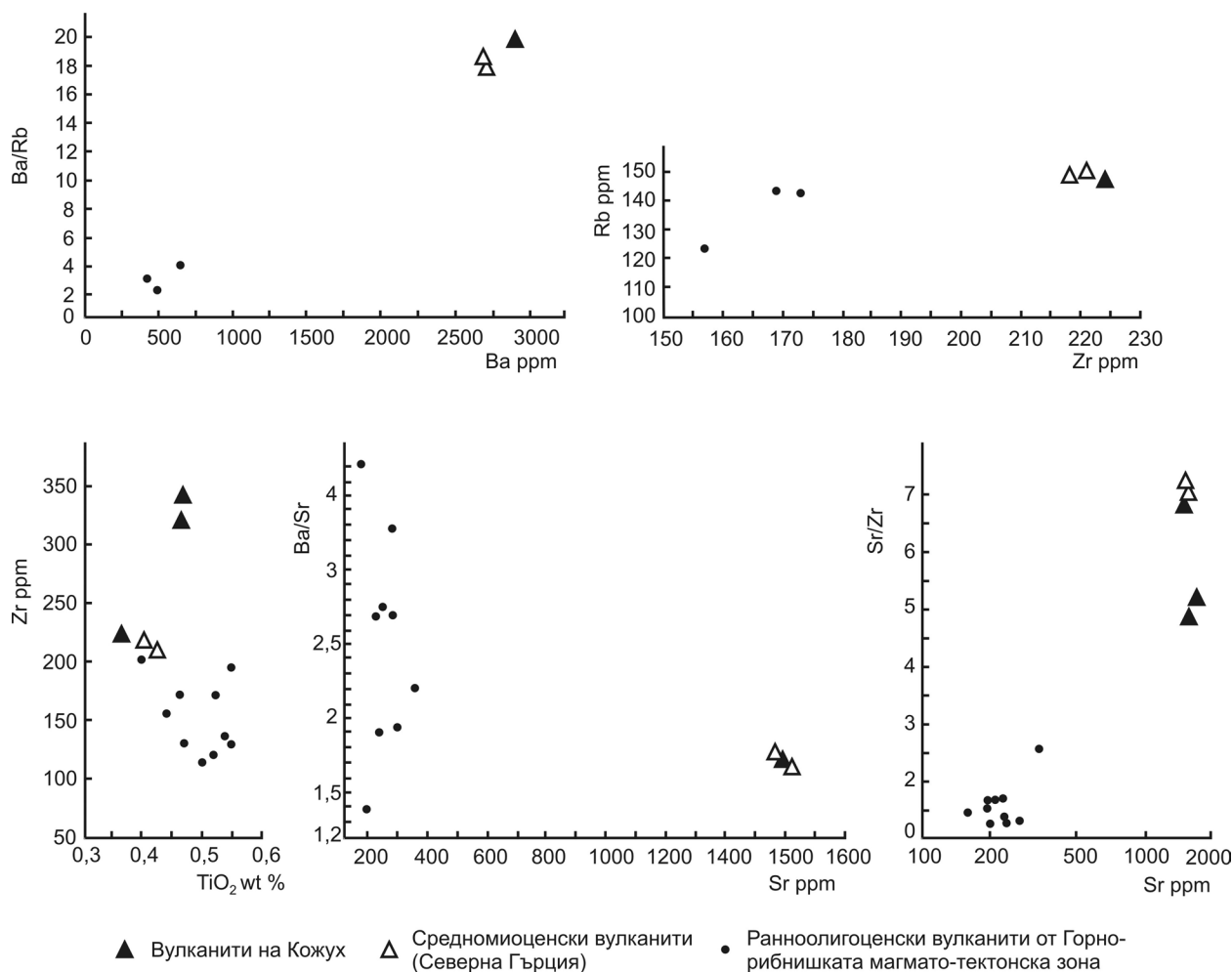
Таблица 4

Сравнение на средните съдържания на някои елементи-следи във вулканити от Кожух и в терциерни вулканити от региона (в скоби – брой анализи)

Table 4

A comparison of mean content of the trace elements in: A – Kozhuh volcanics; B – Middle Miocene subvolcanic bodies from Northern Greece; B – Early Oligocene subvolcanic bodies from Gorna Ribnitsa magmato-tectonic zone (number of analysed samples – in brackets)

Елементи	Sr	Ba	P	V	Ni	Zr	Cu	Ga	Pb	Автори
А. Субвулканско тяло Кожух (2)	1635	2525	100	35	35	330	<5	7	190	Иванов и др. (1969)
Б. Субвулкански тела от района на Северна Гърция (2)	1555	2702	2150	58	17	221	14	21	89	Eleftheriadis, Staikopoulos (1997)
В. Субвулкански и екструзивни тела от Горнорибнишката магмато-тектонска зона	214 (9)	585 (6)	540 (6)	40 (5)	10 (2)	145 (9)	8 (2)	6 (2)	35 (2)	Иванов и др. (1969); Pecskey et al. (2001)



Фиг. 4. Съотношения на някои елементи-следи във вулканитите на Кожух, сравнени с терциерни вулканити от региона съгласно аналитичните данни от табл. 3

Fig. 4. Some trace elements mean contents in Kozhuh volcanics compared with Tertiary volcanics from the region. The analytical data are presented on Table 3.

раните автори в нормализираните към примитивна мантия диаграми вулканитите показват типични за субдукционно генерирани топилки **Nb** и **Ta** минимум и **Pb** максимум.

Отношението C^{13}/C^{12} в термалните води при височината Кожух не дава еднозначен отговор на въпроса за мантийно влияние (Pirajon et al., 1994), а характерното им високо съдържание на CO_2 не се интерпретира като първично, т.е. мантийно генерирано (Pentcheva et al., 1997). Термалните води от Сереския грабен, Северна Гърция (фиг. 1) също съдържат CO_2 . Тази особеност е обяснена с термо-метаморфното им изменение при взаимодействие с карбонатни тела (Vasseli et al., 2000).

Кожухските вулканити са силно, но неравномерно хидротермално променени. Променителните процеси са характеризирани като пропилитизация, каолинизация, серицитизация, карбонатизация, окварцвяване

и лимонитизация, последната свързана с разлагането на пиритна минерализация (табл. 2) (Николов, 1932; Петров, 1960; Иванов, Зидаров, 1968; Божков и др. 1976; Райнова и др., 1979 и др.). Промените резултат в съдържанието на вода и ЗПН, обикновено надвишаващи 1,5 тегл.%, а на места достигащи до 3,7 тегл.% (табл. 3). Резултат от промяната е и ниското съдържание на MgO (като правило 0,2–0,9 тегл.%), което от някои автори (Иванов и др. 1969; Янев, 1997) се счита за първична петрохимична особеност.

Възраст на вулканското тяло Кожух

Многобройните становища за възрастта на Кожух обхващат широк времеви интервал (табл. 5). Повечето от тях изхождат от интерпретации на реални или предполагаеми взаимоотношения на вулка-

Таблица 5
Обзор на представите за възрастта на вулканското тяло Кожух

Table 5
A review of the ideas about Kozhuh volcanics age

Възраст съгласно литературния източник	Възраст по скалата за Неогена от Източния Паратетис (Коюмджиева, Попов, 1986); в скоби – възраст по скалата за Миоцена от Централния Паратетис (Harzhauser, Piller, 2007)	Литературен източник
Неоген (Миоцен–Плиоцен)	Понт	Wurn (1925) – цитирано по Загорчев (1971)
Миоцен	Миоцен	Николов (1932)
Среден–Горен Плиоцен (Понт)	Късен Миоцен	Петров (1960)
Плиоцен	Късен Миоцен + Ранен Плиоцен (?)	Иванов (1964); Boyadjiev et al. (1966); Иванов, Зидаров (1968); Иванов и др. (1969); Загорчев (1971)
Плиоплейстоцен		Петров и др. (1970)
Късен Олигоцен–Ранен Миоцен	(Егер)	Божков и др. (1976)
Палеоген		Kojumdjieva et al. (1982)
Олигоцен		Kharkovska (1984)
Късен Еоцен–Ранен Олигоцен		Dabovski et al. (1991)
Неоген (?)	Неоген (?)	Zagorchev (1992a)
Среден Миоцен (K-Ar възраст – 15,5 Ma)	Среден Миоцен (Баден)	Vaselli et al. (2000 – пилотно определение)
Среден–Късен Миоцен (около 11 Ma)	Бесараб (Късен Сармат–Ранен Панон)	Harkovska et al. (2003 – пилотно определение)
Ранен Олигоцен (вероятна възраст 30 Ma)		Вацев и др. (2003)
Ранен Миоцен	Ранен Миоцен	Цанков и др. (2005)

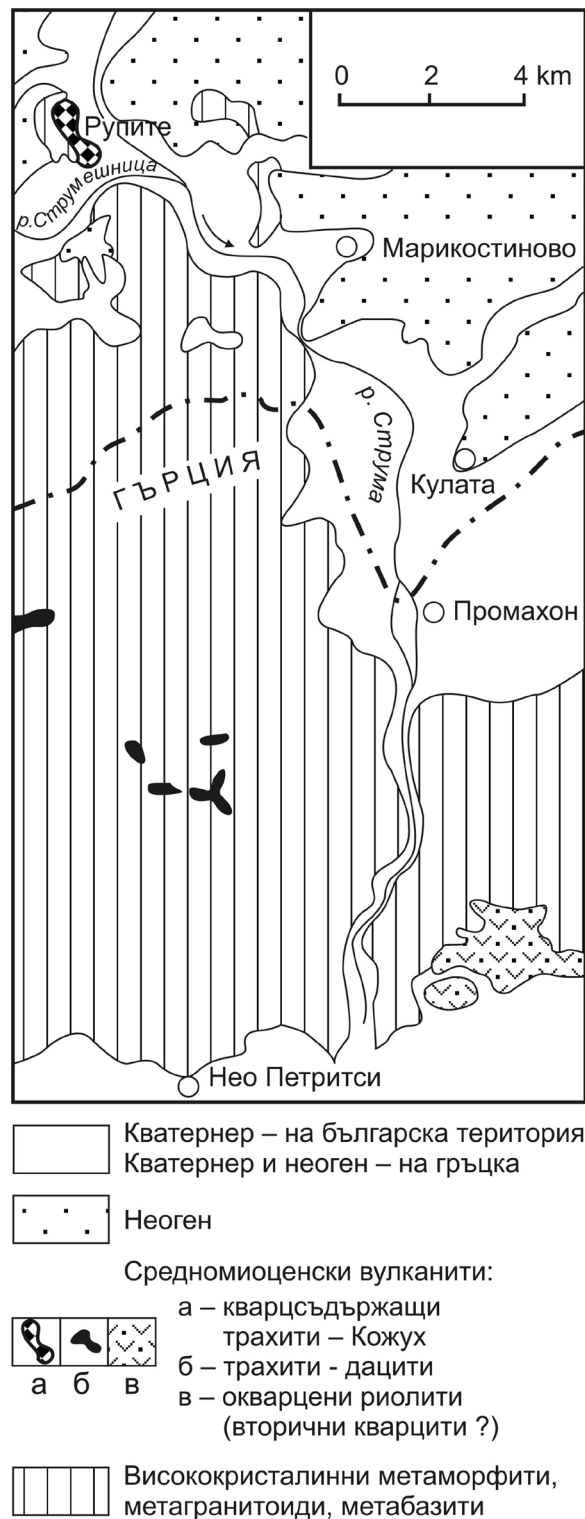
нитите с неогенските седименти от Санданския грабен⁴ или на петроложки съпоставки с други терциерни вулканити от региона. Двете пилотни определения на К-Аг възраст (Vaselli et al., 2000; Harkovska et al., 2003) силно стесняват предположенията възрастов интервал, затваряйки го само в рамките на Средния Миоцен. Опитите за магнетостратиграфско датиране на вулканитите не дадоха резултати (Ножаров и др., 1984).

К-Аг датировки (Pecskay et al., in press) на скална проба ($12,87 \pm 0,52$ Ma) и на две мономинерални проби (биотит – $12,23 \pm 0,48$ Ma и плагиоклаз – $12,39 \pm 0,52$ Ma) определят близки възрасти (Harkovska et al., 2010). На скалата за Миоцена от Източния Паратетис (предложение на Коюмджиева и Попов, 1986, в съгласие с договореностите в рамките на IGCP Project № 25 – вж. Seneš, 1985) тези възрасти съответстват на Късен Среден Миоцен, а на скалата за Централния Паратетис (Harzhauser, Piller, 2007) те се разполагат близо до границата между Баден и Сармат. В средномiocенския интервал се проектират и двете $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ възрастови определения по циркон, публикувани от Georgiev et al. (2010): $13,47 \pm 0,38$ Ma и $12,11 \pm 0,57$ Ma. Средномiocенска е и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ възраст (изохрона $11,86 \pm 0,11$ и „plateau-възраст“ по санидин – $11,88 \pm 0,10$ Ma, Eleftheriadis, Staikopoulos, 1997, стр. 53) на най-голямата субвулканска трахитова дайка от крайграничната гръцка територия на Беласишкия хорст (фиг. 5).

За хидротермалните промени и минерализации, свързани със средномiocенския магматизъм

Приповърхностното внедряване на кожухските магми е довело до хидротермални промени в кристалинната рамка на телата и в дискордантно покриващите я миоценови седименти от Санданския грабен. Тези промени са се извършвали под въз-

⁴ Според Kojudgieva et al. (1982) седиментацията е започнала през Сармата (Среден Миоцен) и е продължила през Меота и Понта (Късен Миоцен). Zagorchev (2001) поставя долната ѝ възрастова граница в Късния Баден. За това датиране е използвана фосилна бозайникова фауна, отнесена към зони MN 11–13 (Kojudgieva et al., 1982 и цитирана литература) и карпофлора (Паламарев, 1982). Споро-поленови съобщества (Ivanov, 2000, 2003; Иванов, 2009) потвърждават меотско-понтска възраст на Санданската свита, но в по-ниските части на разреза полен не е установен. Според Цанков и др. (2005 и цитирана литература) целият разрез в Санданския грабен (по определения само на бозайниковата фауна) е отложен в интервала от Късния Валезий до края на Миоцена (зони MN 11–13), което отговаря на края на Херсонския, Меотския и Понтския етаж (Harzhauser, Piller, 2007). В този случай находките на фауната обаче са привързани не към литоединиците, отделени от Kojudgieva et al. (1982) съгласно Стратиграфския кодекс, а към друг тип литоединици, наречени „генетични литокомплекси“ (Цанков и др., 2005).



Фиг. 5. Основни находища на средномiocенски вулканити в част от долното течение на р. Струма
 Геоложка основа: за територията на България – по Загорчев, Динкова (1990), за територията на Гърция – по Eleftheriadis, Staikopoulos (1997)

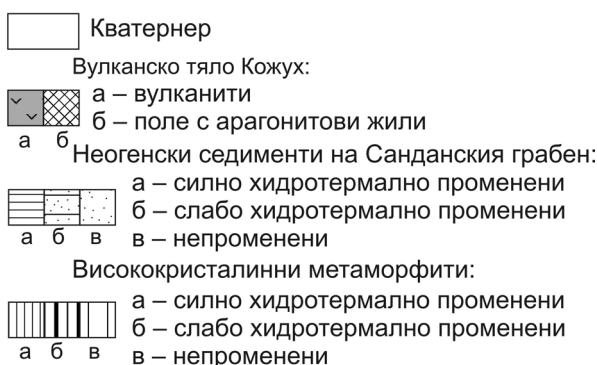
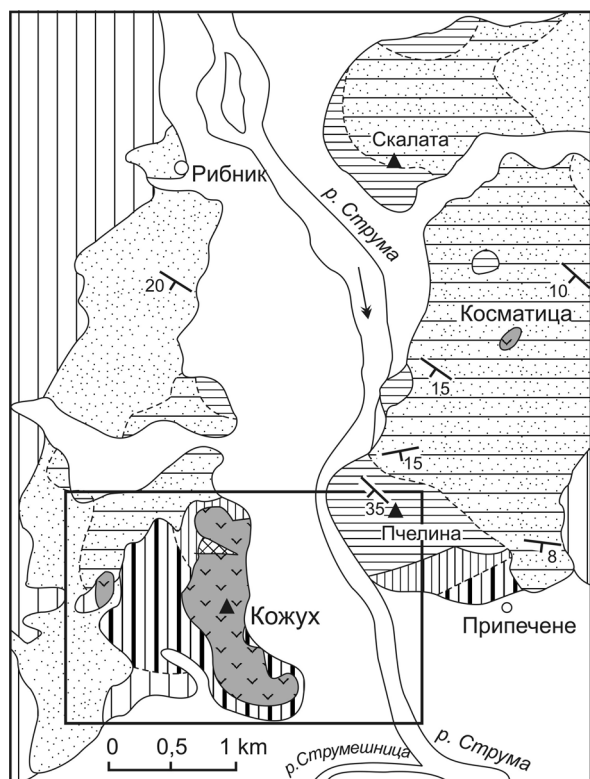
Fig. 5. Main occurrences of the Middle Miocene volcanics in a part of Struma River lower course
 Geological background: for Bulgarian territory according to Zagorchev, Dinikova (1990), for Greece territory according to Eleftheriadis, Staikopoulos (1997)

действието на хидротерми и на смесени хидротермално-вадозни води (Петров, 1960). Площите, в които те са особено интензивни, макар и неравномерно проявени, са показани на фиг. 6. Петров (1960) е отделил в седиментите два типа скали, наречени от него „непроменен и променен фациес“. Променените скали са „здрави до кварцитизувани

пясъчници, конгломерати и брекчоконгломерати“, често процепени от „опалови и лимонитни жили“. Цветът им е бял, жълто-ръждив и кафяво-червен (стр. 298). Цитираният автор подчертава неравномерната им устойчивост на ерозията, моделирала своеобразни скулптурни форми от типа на скалните пирамиди (Пчелина, Бялата къща, при Левуновския мост и др.). Волчанова и др. (1974) привързват променителните процеси към многобройни субекваториални и СЗ–ЮИ разломи от различен порядък. Промените са описани като серицитизация, каолинизация, хлоритизация, карбонатизация, окварцяване и „алунитизация“ (неподкрепена с минераложки доказателства – б. а.). Те не са ограничени в рамките на територията от фиг. 6, а продължават с прекъсване в северна посока надлъж на Струмския линеамент, като са много интензивни в района на флуоритовото находище „Славянка“ при с. Палат.

В променените седименти и в подстилящите ги метаморфити са вместили редица неправилни и жилни тела, изградени от нискотемпературни⁵ хидротермални минерали в различни парагенетични комбинации. На места хидротермалните минерали са заместили основната маса на теригенните седименти. Представени са главно: пирит с високо съдържание на As и As-съдържащ пирит (Мънков, 1984а), марказит, барит (Петров, 1960; Божков и др., 1976), флуорит, халцедон, калцит, кварц (Зидарова, Костов, 1979; Нечев, 1979; Тодоров, 1984; Зидаров и др., 1987 и цитирана литература; Зидарова, Пиперов, 1995; Zidarova, Zidarov, 1995 и др.). Установени са също: арагонит с високо съдържание на Mg (Петров, 1960; Райнова и др., 1979), сидерит, реалгар, монтморилонит (Бонев, 1979; Мънков и др., 1981), гипс и др. Полифазовото (3 до 7 фази) отлагане на минералите се отбелязва от много автори (Петров, 1960; Волчанова и др., 1974; Божков и др., 1976; Зидарова, Костов, 1979; Нечев, 1979; Мънков и др., 1981; Мънков, 1984б; Тодоров, Кръстева, 1985 и др.). В някои локалитети (Рупите, флуоритовото находище „Славянка“) минерализационните процеси продължават и понастоящем (Бонев, 1979; Нечев, 1979).

С въздействието на горещи минерализирани води върху неогенските седименти е свързано и син-(?) или постдиагенетното(?) образуване в тях на минераложки неизучени Fe- и Mn-съдържащи конкреции със сферична или хлебоподобна форма, диаметър 10–40 cm и зонален концентричен строеж – Колибарски рид и южно от с. Марикостеново (Петров, 1960), Косматица и др.



Фиг. 6. Разпространение на хидротермално променените скални комплекси в района на вулканското тяло Кожух – карта на Божков и др. (1976) с допълнения по Петров (1960) и Райнова и др. (1979). Врязана е площта на картата от фиг. 2.

Fig. 6. Distribution of the hydrothermally altered rocks in the vicinities of Kozhuh volcanic body – map of Божков и др. (1976) with additions according to data of Петров (1960) and Райнова и др. (1979); the framed territory is presented in Fig. 2.

⁵ За флуорита от находище „Славянка“ е определена температура от 272 до ~100 °C (Зидарова, Костов, 1979; Тодоров, Кръстева, 1985; Зидарова, Пиперов, 1995 и цитирана литература).

За тектонската обусловеност на средномиецения магматизъм и на неоген-кватернерните хидротермални прояви в Югозападна България

В централните части на Балканския полуостров и прилежащия Егейски ареал алпийските орогенни магматични прояви са мигрирали от север към юг от Късната Креда до Кватернера включително (Димитров, 1958; Petrov, 1977; Voncev, 1980; Harkovska et al., 1989 и цитирана литература; Карамата и др., 1992; Kamenov et al., 2000; Pe-Piper, Piper, 2002 и др.). В съвременния строеж съответните разновъзрастни магматити оформят няколко линейни, конвексно изпъкнали към ЮЮЗ и Ю магмато-тектонски зони, очертани от къснокредни, палеогенски (главно късноеоценско-ранноолигоценски), късноолигоценско-миоценски и плиоцен-кватернерни магматити (главно вулканисти). На фона на този отчетлив възрастов тренд са се проявявали и противоположно насочени миграционни процеси, които се документират от присъствието на по-млади магмени тела в ареала на сравнително по-стари, т.е. разположени по-северно магмато-тектонски зони.

Такъв е случаят и със средномиецения вулканисти на Кожух, разположени в непосредствена близост с ранноолигоценските (Pecskay et al., 2001) субвулкански тела от късноеоценско-ранноолигоценската Македоно-Родопско-Северноегейска магмато-тектонска зона (Harkovska et al., 1989). Положението им е свързано със започналата в средата на Миоцена регионална „неотектонска екстензия“ (Zagorchev, 1992a, б; Dinter, Royden, 1993; Dabovski et al., 2002), която се е отразила съществено върху Струмския линеамент. В частност, напречната на него ЗЮЗ–ИСИ екстензия (3–11% за отрязъка на Средна Струма и около 30% за южната част на Санданския грабен – Zagorchev, 1992a) е направила разломите му проницаеми за магматични флуиди. В пресечниците му с напречни или коси разломни зони на българска и гръцка територия са се настанявали субвулкански тела с различна морфология (Eleftheriadis, Staikopoulos, 1997; фиг. 5). През периода, съпътстващ и последвал внедряването им (до наши дни включително), „отварянето“ на линеамента е контролирало пространственото разпределение на хидротермалните прояви и продукти. Това е видно от разположението на най-интензивните хидротермални промени в неогенските седименти на север от Кожух (фиг. 6), на многобройните термални извори в региона (фиг. 7) и на зоните, очертани от съставите на термалните извори на изток от Кожух (табл. 1 и фиг. 7). Надлъж на линеамента, от Кожух до северния край на Кресненското дефиле, се разполага и броеницата от флуоритови минерализации в кристалинната подложка на неогенските седименти (Zagorchev и др., 1971; Бахнева, 1974; Kharkovska, 1984). Съвременната контролираща роля на екстензионния тектонски режим се бележи от изолините

на подземните температури и на плътността на топлинния поток в Югозападна България (врезки А и Б на фиг. 7).

Неотектонската екстензия е подготвила и съпровождала напредващата от юг към север меотско-понтска трансгресия (Zagorchev, 1992a; Zagorchev et al., 2002; Ivanov, 2003; Pimpirev, Beratis, 2010). Последната е спряла в района на Сереския грабен (фиг. 1), но е допринесла за създаване на условия за частично заезеряване в ареала на Санданския грабен (Nedjalkov et al., 1988). Преградилият път и Средноместенски разлом (фиг. 7) обаче не е играл роля на дълбочинна бариера за магматичните флуиди.

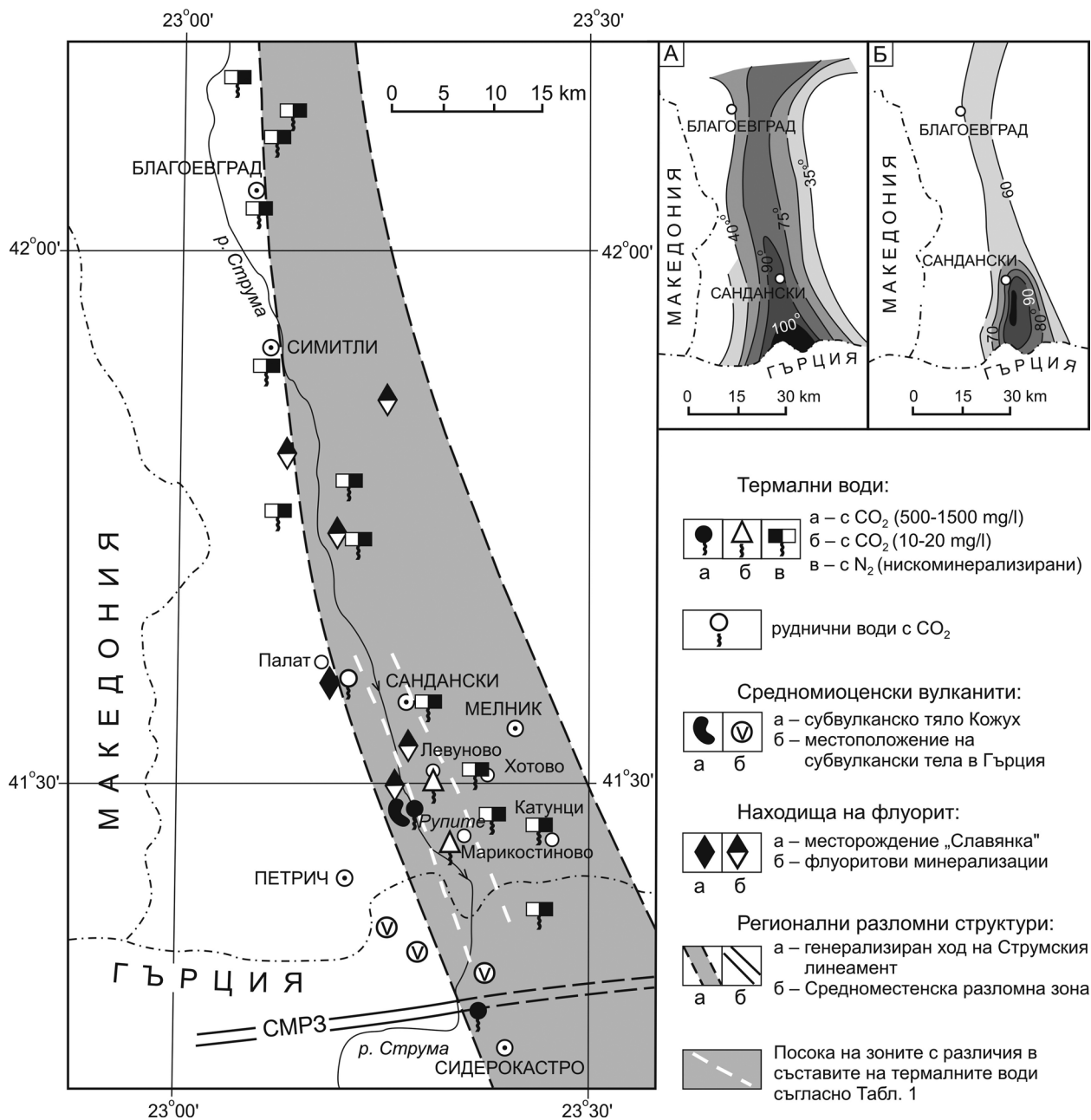
Какво е видно на подредения пъзел

Подреждането на „фигурите“ от пъзела „Вулканът Кожух“ е първи опит за обобщение, систематизиране и обвързване на разпръснатите в литературата и на непубликувани авторски данни. То се прави 90 години след въвеждането на вулканското тяло в българската геология в качеството на „загаснал вулкан“ и 50 години след първата обосновка на неогенската му възраст. Обобщението се базира на неравностойна по количество и качество информация от областта на регионалната геология (стратиграфия и тектоника), палеовулканологията (s.l.), петрологията, хидрогеологията и геохронологията, както и на данни за палеохидротермалните и съвременни хидротермални процеси и продукти в най-югозападната част от Югозападна България. За съпоставка са приведени данни от крайграничната гръцка територия.

Сумираната информация за т.нар. „най-млад загаснал вулкан“ в България може да бъде представена по следния начин:

а) Вулканското тяло Кожух е изградено само от лавови скали, които нямат пирокластични корелати. То не е реликт от наземна вулканска постройка, а е част от слабо еродирано щоквидно субвулканско тяло. Тази част има строеж на ендогенен купол, нарушен от неотектонски (вкл. кватернерни) разломни и блокови движения. Тялото е внедрено във висококристалинните метаморфити, изграждащи подложката на Санданския и на Струмешнишкия неотектонски грабен и околните хорстове. То се разполага в тектонския възел, оформен от пресичането на разломи от Струмския (Краищиден) линеамент и Струмешнишката разломна зона. Северно от Кожух, т.е. надлъж на линеамента, на различни дълбочини сред метаморфитите (вкл. и на повърхността) се разполагат още няколко малки тела от „кожухски“ вулканисти. Към тази съвкупност може би принадлежат и неизучените вулканисти в източните склонове на Огражден.

б) Вулканистите са застинали в приповърхностни условия. Те са с порфирна структура. Основната



Фиг. 7. Кожух в кадъра на проявите на неоген-кватернерната хидротермална активност в зоната на Струмския линеамент (по Shterev et al., 1995 с допълнения)

Флуоритовите минерализации са по данни на Костов и др. (1964), Загорчев и др. (1971) и Мънков и др. (1981); ходът на Струмския линеамент и на Средноместенската разломна зона (СМРЗ) – по Zagorchev (1992a).

Врезки – геотермични карти на България (Бояджиева, Гашаров, 2001): А – карта на Т °С на дълбочина 500 m; Б – карта на зоните с различна плътност на топлинния поток в mW/m²

Fig. 7. Kozhuh volcanic body in the frame of Neogene-Quaternary hydrothermal manifestations along Struma lineament zone (according to Shterev et al., 1995, with additions)

The white dotted line is parallel to the zones of thermal springs with different composition according to Table 1. Fluorite mineralizations' location is according to the data of Костов и др. (1964), Загорчев и др. (1971) and Мънков и др. (1981). Struma lineament zone and Middle Mesta Fault Zone (СМРЗ) are according to Zagorchev (1992a)

Insets, geothermal maps of SW Bulgaria (Бояджиева, Гашаров, 2001): А, T °C at 500 m below the surface; Б, heat flow density map in mW/m²

им маса не съдържа вулканско стъкло, а е дребно-, микрозърнеста до микрохипидиоморфнозърнеста. Текстура им е масивна до грубопаралелна поради неравномерно развитите слоеве на течение. Напукаността е главно блокова и грубопризматична.

в) На TAS-диаграмата на Le Maitre et al. (2002) вулканитите се разполагат в полето на трахитите и трахидацитите, а сериалността им е високо-К Са-алкална и шошонитова. **Веществената им характеристика** все още е непълна, тъй като при петроложките изследвания не са отчитани различията в минераложкия и химичен състав на слоевете на течение, индикиращи първичната веществена нехомогенност на магматичните топилки. Основните елементи от геохимичната специализация на кожухските топилки са флуорът и арсенът. Вулканитите са изпитали неравномерна, най-често силна нискотемпературна хидротермална промяна.

г) Настаняването на „кожухските“ магми е било съпроводено и последвано от нискотемпературни хидротермални промени на вместващите високотемпературни метаморфити и на покриващите ги седименти. Най-интензивните промени следват Струмския линеамент. В променените седименти и метаморфити полифазово са отложени тела и жили от нискотемпературни хидротермални минерали в различни парагенези. Минерализационните процеси продължават и понастоящем в района на термалните извори Рупите и в подземните нива на флуоритовото находище „Славянка“.

д) По средномiocенската си възраст (К-Аг ~ 12,5 Ма; $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ по циркон – 13,75 до 11,54 Ма), класификационна позиция, сериалност и по съдържанията на някои елементи-следи, вулканитите от Кожух се корелират със субвулканските трахити до дацити ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ възраст ~ 11,9 Ма) от непосредствено прилежащата гръцка територия.

е) Проявите на средномiocенски магматизъм в долното течение на р. Струма (на българска и гръц-

ка територия) са били провокирани и контролирани от наложилия се през Средния Миоцен режим на регионална екстензия. Напречната на разломите от Струмския линеамент ЗЮЗ–ИСИ екстензия го е превърнала в зона, проникваема за магматични флуиди. При тези условия в пресечниците му с напречни и/или коси разломни зони (ЮЗ България и Северна Гърция) са се внедрявали магми със среден до кисел състав, а надлъж на линеамента са се отлагали разнообразни нискотемпературни минерали, свързани с късномиоценска-кватернерна, вкл. съвременна хидротермална активност. Съдържанието на CO_2 в термалните извори е свързано с въздействието на водите им върху разкрити (в Северна Гърция) и неразкрити (в ЮЗ България) карбонатни тела.

В заключение, вулканското тяло Кожух не е „най-младият загаснал вулкан в България“, но е обект, който заслужава внимание по няколко причини. Първо – той е един уникален геоложки обект, защото засега е практически единствената проява на неогенски орогенен магматизъм на територията на България и е единствена неогенска магматична проява в ЮЗ България. Второ – съчетанието на различните му геоложки аспекти илюстрира по много ясен начин устойчивост на пространствено-временните съотношения между тектоника, магматизъм и свързани с него хидротермални процеси.

Благодарности: Изследването е проведено в рамките на проект 1007 на Фонд „Научни изследвания“ при Министерство на образованието и науката на Р България и на проект № 11 от двустранното сътрудничество между Българската и Унгарската Академия на науките. Обобщението е направено във връзка с проект „Геология на България“ на Геологическия институт при БАН. Фигурите са начертани от Й. Загорчева. Конструктивните предложения в рецензията на Й. Янев подобриха качеството на статията.

Литература

- Бахнева, Д. 1974. Роль вулканических очаговых структур в эндогенной металлогении Родопского массива. – *Проблеми рудобразованя, 4 Смп. JAGOD, Варна, 1*, 91–98.
- Божков, И., Д. Забаданов, Е. Волчанова, Э. Плотников, М. Райнова. 1976. К вопросу о возрасте вулканических пород в районе высоты Кожух. – *Докл. БАН, 29, 5*, 697–699.
- Божков, И., Е. Плотников, М. Райнова, А. Бузев. 1979. Някои нови данни за геоложкото развитие на западната част на Струмската депресия. – *Сп. Бълг. геол. д-во, 40, 3*, 292–297.
- Бонев, И. 1979. Влакнест монтморилонит и „флуоритови гели“ от находище „Славянка“, Благоевградски окръг. – *Геохим., минерал. и петрол., 11*, 66–78.
- Бончев, Г. 1920. Петрографско–минерални изследвания в Македония. – *Сб. БАН, клон прир.-мат., 13, 5*, 1–295.
- Бончев, Е. 1971. *Проблеми на българската геотектоника*. С., Техника, 204 с.
- Бояджиев, С. 1971. Струмски дълбочинен разлом. – В: *Тектонски строеж на България*. С., Техника, 431–435.
- Бояджиева, К., С. Гашаров. 2001. *Геотермичен каталог на България*. С., ГорексПрес, 164 с.
- Ванков, Л. 1923. Геологически изучавания в Югозападна Тракия и Източна Македония. – *Сп. БАН, клон прир.-мат., 25*, 113–186.
- Вацев, М., Б. Каменов, С. Джуранов. 2003. Етапи на утайконатрупване и корелация на палеогена от грабените басейни от Югозападна България. – *Год. МГУ, 46, 1–геол.*, 39–44.
- Волчанова, Е., А. Калчева, В. Шумлянски. 1974. О минералах зоны окисления гидротермальной минерализации в районе горы Кожух. – *Сп. Бълг. геол. д-во, 35, 3*, 334–338.

- Димитров, С. 1958. О развитии магматизма и размещении связанных с ним рудных месторождений Болгарии. – *Изв. АН СССР, сер. геол.*, 8, 3–9.
- Загорчев, И. 1971. Някои особености на младоалпийския блокъв строеж на част от Югозападна България. – *Изв. Геол. инст., сер. геотект.*, 20, 17–27.
- Загорчев, И., Й. Динкова. 1990. *Геоложка карта на България в М 1:100 000. Картен лист Петрич с части от Струмица и Сидирокастрон*. С., Комитет по геология, Предприятие за геофизични проучвания и геоложко картиране.
- Загорчев, И., Й. Динкова. 1991. *Обяснителна записка към геоложка карта на България в М 1:100 000. Картен лист Петрич с части от Струмица и Сидирокастрон*. С., Комитет по геология, Предприятие за геофизични проучвания и геоложко картиране, 38 с.
- Загорчев, И., Т. Костадинов, А. Харковска, Г. Вълева, Й. Шабатов, С. Христов, А. Дечева, В. Топракчиева, М. Иванова. 1971. Геология на Малешевската планина. – *Год. Ком. по геол.*, 18, 137–156.
- Зидаров, Н., Б. Зидарова, А. Секиранов, И. Климов. 1987. Топоминераложко изследване на флуоритовата минерализация от рудник „Славянка“, Благоевградско. – *Рудообраз. проц. и минерал. н-ца*, 26, 20–32.
- Зидарова, Б., И. Костов. 1979. Особенности на флуорита от находище Палат, Благоевградски окръг. – *Геохим., минерал. и петрол.*, 14, 51–65.
- Зидарова, Б., Н. Пиперов. 1995. Температура и молекулен състав на минералообразуващите флуиди във флуоритовото находище Славянка. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 56, 2, 9–18.
- Иванов, Д. А. 2009. *Растителност и климат в България през Средния и Късния Миоцен (по палинологични данни)*. Автореферат дисерт. дбн. С., БАН, 68 с.
- Иванов, Р. 1964. Формационна и петрохимическа зоналност на третичния магматизъм в Родопския срединен масив. – *Изв. Геол. инст., БАН*, 14, 135–167.
- Иванов, Р., Н. Зидаров. 1968. Петрохимични изследвания върху терциерния вулканизъм в планините Огражден, Малешевска и Влахина в Югозападна България. – *Изв. Геол. инст., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, 17, 295–309.
- Иванов, Р., Б. Караджова. 1968. Редките алкални елементи в някои терциерни магмени комплекси на Югозападна България. – *Изв. Геол. инст., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, 17, 63–77.
- Иванов, Р., Д. Стефанова, А. Камбурова, Ц. Стоянова, Г. Панайотов. 1969. Редки елементи във вулканските комплекси от централната и западната част на Родопския срединен масив в България. – *Изв. Геол. инст., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, 18, 67–86.
- Игнатовски, П. 1970. Структурни особености на вулканското тяло Кожух. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 31, 1, 115–119.
- Карамата, С., Р. Стојанов, Т. Серафимовски, Б. Боев, М. Александров. 1992. Терциарен магматизъм в Динаридите на Вардарската зона и Српско–Македонската маса. – *Geologica Macedonica*, 6, 2, 127–186.
- Костов, И., В. Бресковска, Й. Минчева-Стефанова, Г. Н. Киров. 1964. *Минералите в България*. С., Изд. БАН, 674 с.
- Коюмджиева, Е., Н. Попов. 1986. Стратиграфия и корелация на неогена в Средиземноморската област – решение и дискусии. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 47, 3, 124–126.
- Мънков, С. 1984а. Химизъм и физични свойства на пирита от хидротермално променените неогенски седименти в района на височината Кожух (ЮЗ България). – В: *Проблеми на геологията на ЮЗ България*. С., Техника, 113–131.
- Мънков, С. 1984б. Терциерни орудявания и закономерности в тяхното разпространение. – В: *Проблеми на геологията на Югозападна България*. С., Техника, 80–91.
- Мънков, С., Л. Андреева, М. Бостанджиев, 1981. Реалгар и сидерит сред неогенските седиментни скали около вулкана „Кожух“. – В: *Сборник „20 години НИС при ВМГИ“*, 37–48.
- Недялков, П., Н. Черемисин, Е. Коюмджиева, Б. Цацев, А. Бузев. 1986. Фациалните и палеогеографичните особености отложения на неогена Санданското грабена. – *Geologica Balc.*, 16, 1, 69–80.
- Нечев, А. 1979. Флуоритовото месторождение Славянка, с. Палат, Благоевградски окръг. – *Геохим., минерал. и петрол.*, 11, 35–49.
- Николов, Н. 1932. Петрографски изследвания на Огражден и Малешевската планина в България. – *Год. Соф. унив., Физ.-мат. фак.*, 27, 3, 39–128.
- Ножаров, П., Н. Петков, А. Харковска. 1984. Магнитна и палеомагнитна характеристика на вулканити от Югозападна България. – *Бълг. геофиз. сп.*, 10, 1, 88–98.
- Паламарев, Е. 1982. Неогенската карпофлора от Мелнишкия басейн. – *Палеонтол., стратигр. и литол.*, 16, 3–44.
- Петров, П. 1960. Геоложки и хидрогеоложки наблюдения около загасналия вулкан Кожух. – *Тр. геол. Бълг., сер. стратигр. и тект.*, 1, 295–318.
- Петров, П., С. Мартинов, К. Лимоладов, Ю. Страка. 1970. *Хидрогеоложки проучвания на минералните води в България*. С., Техника, 195 с.
- Райнова, М., Б. Маринов, Э. Плотников, И. Божков, О. Фьодоров. 1979. Някои данни за проявата на неотектонски движения в района на височината Кожух. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 40, 3, 256–262.
- Стоева, В., И. Божков, И. Вапцаров. 1983. Неогенски туфи и туфити в Струмешнишкия грабен. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 44, 1, 65–70.
- Тодоров, Т. 1984. Типове нискотемпературни флуоритови, антимоновни и живачни минерализации в Югозападна България. – В: *Проблеми на геологията на ЮЗ България*. С., Техника, 91–99.
- Тодоров, Т., М. Кръстева. 1985. Температурата на образване на флуоритовото находище Славянка, Югозападна България. – *Рудообр. проц. и минерал. н-ца*, 22, 30–40.
- Харковска, А., П. С. Петров, З. Милаковска, В. Накова. 2010. „Вулканът Кожух“ (ЮЗ България) – нареждане на пъзела, 2010. – В: *Сб. разширени резюмета Нац. конференция с международно участие „Геонауки 2010“*. София, БГД, 101–102.
- Цанков, Ц., Н. Спасов, К. Стоянов. 2005. *Неогенско-кватернерна палеогеография и геодинамика на средна Струма*. Благоевград, Унив. Изд. „Неофит Рилски“, 200 с.
- Янев, В. 1971. Палеовулканът Кожух в светлината на геоелектричните изследвания. – *Изв. Геол. инст., сер. прил. геофизика*, 19–20, 51–59.
- Янев, Й. 1997. Вулкан ли е височината Кожух? – *Минно дело и геология*, 1–2, 15–17.
- Яранов, Д. 1960. *Тектоника на България*. С., Техника, 282 с.
- Boncev, E. 1980. The Transbalkan strip of post-Lutetian tectonomagmatic and metallogenic mobilization. – *Geologica Balc.*, 10, 4, 3–22.
- Boyadjiev, S., I. Zagorchev, N. Zidarov, A. Harkovska. 1966. Notes on the geology of the country between Struma River and Yugoslav–Bulgarian frontier. – In: *Ref. VI Savetov., I, Ohrid*, 148–174.
- Dabovski, Ch., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavroudchiev, G. Stanisheva-Vassileva, Y. Yanev. 1991. A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 21, 4, 3–15 (with a map on scale 1:1 000 000).
- Dabovski, Ch., I. Boyanov, I. Zagorchev, T. Nikolov, I. Sapunov, K. Khrichev, Y. Yanev. 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 32, 2–4, 9–15.

- Dinter, D., Royden L. 1993. Late Cenozoic extension in northeastern Greece: Strymon valley detachment system and Rhodope metamorphic core complex. – *Geology*, 21, 45–48.
- Eleftheriadis, G., G. Staikopoulos. 1997. Upper Miocene volcanic rocks at Neo Petritsi, Central Macedonia (N. Greece). – *Geologica Balc.*, 27, 3–4, 49–54.
- Georgiev, S., P. Marchev, V. Grozdev, A. von Quadt, I. Peytcheva. 2010. Petrology and age of Kozhuh volcano, SW Bulgaria. – In: *Abstracts of the Annual Sci. Conf. of the Bulg. Geol. Soc. "Geosciences 2010"*. Sofia, BGS, 62–63.
- Harkovska, A., Y. Yanev, P. Marchev. 1989. General features of the Paleogene orogenic magmatism in Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 19, 1, 37–72.
- Harkovska, A., Z. Pecskey, G. Eleftheriadis, G. Christofides. 2003. Timing of the Tertiary magmatic activity in the Central and Western Rhodopes and „Serbo–Macedonian massif“ (SW Bulgaria and N Greece) – radiometric data evidence. – *Mineralia Slovaca*, 35, 27–31.
- Harzhauser, M., W. E. Piller. 2007. Benchmark data of a changing sea – Palaeogeography, Palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. – *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 253, 8–31.
- Ivanov, D. 2000. Upper Miocene palynomorphs from the Sandanski Graben (Southwest Bulgaria). Taxonomy: Spores. – *Phytologia Balc.*, 6, 2–3, 153–166.
- Ivanov, D. 2003. Paleocological interpretation of a pollen diagram from the Sandanski Graben (Southwest Bulgaria). – *Phytologia Balc.*, 9, 2, 197–206.
- Kamenov, B., Ch. Dabovski, A. Harkovska, B. Maneva, B. Mavroudchiev, G. Stanisheva-Vassileva, L. Vassilev, Y. Yanev. 2000. Late Cretaceous and Tertiary magmatism and related metalogeny in Bulgaria: review and problems. – In: *Abstracts of ABCD-GEODE 2000 Workshop, Borovetz, Bulgaria*, p. 33.
- Kharkovska, A. 1984. Tertiary magmatotectonic zones in Southwest Bulgaria. – In: *Magmatism of the Molasse-forming Epoch and its Relation to Endogenous Mineralization*. Problem Commission IX. Bratislava, Geologicky Ustav "Dioniza Stura", 9–35.
- Kojumdgieva, E., I. Nikolov, P. Nedjalkov, A. Busev. 1982. Stratigraphy of the Neogene in Sandanski graben. – *Geologica Balc.*, 12, 3, 69–81.
- Le Maitre, R. W. (Ed.), A. Streckeisen, B. Zanetin, M. J. Le Bas, B. Bonin, P. Bateman, G. Bellieni, A. Dudek, S. Efremova, J. Keller, J. Lameyre, P. A. Sabine, R. Schmid, H. Sørensen, A. R. Woolley. 2002. *Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms. 2-nd Edition*. Cambridge, Cambridge University Press, 236 p.
- Marchev, P., M. Kaiser-Rohrmeier, Ch. Heinrich, M. Ovcharova, A. von Quadt, R. Raicheva. 2005. Hydrothermal ore deposits related to post-orogenic extensional magmatism and core complex formation: The Rhodope Massif of Bulgaria and Greece. – *Ore Geology Reviews*, 27, 53–89.
- Nedjalkov, P., E. Kojumdgieva, I. Bozkov. 1988. Sedimentation cycles in the Neogene grabens along the Struma valley. – *Geologica Balc.*, 18, 2, 61–66.
- Pecskey, Z., A. Harkovska, M. Popov. K-Ar age of „Kozhuh“ volcanic body (South West Bulgaria). – *C. R. Acad. bulg. Sci.* (in press).
- Pecskey, Z., A. Harkovska, N. Zidarov, I. Zagorchev, M. Popov, V. Panteva. 2001. K-Ar dating of the Tertiary volcanic rocks from Ograzden and Maleshevska Mountains, South-western Bulgaria. – *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 54, 4, 71–76.
- Peccerillo, A., S. R. Taylor. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline rocks from the Kastamonou area, Northern Turkey. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, 63–81.
- Pentcheva, E., L. Van't dack, E. Veldeman, V. Hristov, R. Gijbels. 1997. *Hydrogeochemical Characteristics of Geothermal Systems in South Bulgaria*. Bulgarian Academy of Sciences, Geological Institute – University of Antwerp (UIA), Department of Chemistry, 46 p.
- Petrov, P. 1977. Some features in the distribution of magmatic, hydrothermal and seismic activity in the area between the Balkanides and Aegean Arc. – *Geologica Balc.*, 7, 2, 99–116.
- Pe-Piper, G., D. J. W. Piper. 2002. The igneous rocks of Greece – the anatomy of an orogen. – *Beiträge zur regionalen Geologie der Erde*, 30. Berlin, Stuttgart, Gebrüder Borntraeger, 573 p.
- Pimpirev, Ch., I. Beratis. 2010. Lithostratigraphy of the Miocene sedimentary sequences in Strymon Basin, Northern Greece. – *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 63, 8, 1177–1190.
- Piperov, N. B., I. L. Kamenski, I. N. Tolstikhin. 1994. Isotopes of the light noble gases in mineral waters in the eastern part of the Balkan peninsula, Bulgaria. – *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 58, 8, 1889–1898.
- Seneš, J. 1985. Stratigraphic correlations of Tethys–Paratethys Neogene. – *Geol. Carpathica*, 36, 6 (IGCP Project 25), 725–746.
- Shterev, K., I. Zagorchev, D. Shterev. 1995. Geothermal resources and systems in the Struma (Strymon) rift valley (Bulgaria and Greece). – In: *Proceedings of the World Geothermal Congress*, 2. Florence, Italy, May 18–31, 1183–1191.
- Vaselli, O., F. Rossi, F. Tassi, G. Magro, P. S. Petrov, N. Piperov, N. Kolios, A. Minisalle, P. Marchev. 2000. Fluid Geochemistry and stable and helium isotopes from the Southern Strimon Lineament (Bulgaria/Greece). – *Vijesti Hrvatskog Geoloskog društva*, 37, 3, 129–130.
- Zagorchev, I. 1992a. Neotectonic development of the Struma (Kraistid) lineament, southwest Bulgaria and northern Greece. – *Geol. Magazine*, 129, 197–222.
- Zagorchev, I. 1992b. Neotectonics of the Central parts of the Balkan Peninsula: basic features and concepts. – *Geol. Rundschau*, 81, 635–654.
- Zagorchev, I. 2001. Introduction to the geology of SW Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 31, 1–2, 3–53.
- Zagorchev, I., N. Ognjanova, K. Stoykova, L. Dimadis. 2002. Pontian lacustrine regimes and marine incursions in NE Strymon, Northern Greece. – *Geologica Carpathica*, 53, *Special Issue. Proceedings of the XVII Congress of CBGA*. Bratislava, Sept. 1–4, 2002 and Guide to Geological Excursions, CD.
- Zidarova, B., N. Zidarov. 1995. Processes of Fluorite Formation in Slavyanka deposit, South-western Bulgaria. – In: *Extended abstracts of the XV Congress CBGA*, 4, 2. Athens, Greece, Sept. 17–20, 869–872.

(Постъпила на 22.02.2011 г., приета за печат на 29.03.2011 г.)
Отговорен редактор Йоцо Янев