

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
Книга 1 – ГЕОЛОГИЯ
Том 103

ANNUAIRE DE L'UNIVERSITE DE SOFIA "ST. KLIMENT OHRIDSKI"
FACULTE DE GEOLOGIE ET GEOGRAPHIE
Livre 1 – GEOLOGIE
Tome 103

ЕВОЛЮЦИЯ НА ОТСЕДЕН ТИП БАСЕЙНОВИ СИСТЕМИ
И СВЪРЗАНАТА С ТЯХ ХИДРОТЕРМАЛНА ДЕЙНОСТ:
ПАДЕШКИ БАСЕЙН, ЮЗ БЪЛГАРИЯ

ВИКТОРИЯ ВАНГЕЛОВА¹, ДИАН ВАНГЕЛОВ²

¹ Катедра Минералогия, петрология и полезни изкопаеми, СУ

² Катедра Геология, палеонтология и изкопаеми горива, СУ
e-mail: patrikova@yahoo.com; dedo@gea.uni-sofia.bg

Victoria Vangelova, Dian Vangelov. EVOLUTION OF STRIKE-SLIP BASIN SYSTEMS AND THE RELATED HYDROTHERMAL ACTIVITY: PADESH BASIN, SW BULGARIA

In general, the mechanism of formation of the Padesh and the other basins of the system (Middle Eocene-Oligocene sedimentary cycle/system), developed on the thrust belt of Balkanides, is related to the Osogovo-Lisets and Westrhodopian metamorphic domes exhumation, dominated by dextral strike-slip tectonics, in arc/back-arc regime and high-thermal gradient. Two faces of extension were documented, separated by up to 300 m thick terrestrial deposits (Komatinska Fm conglomerates), volcanic activity at the end of the basin evolution and numerous events of hydrothermal activity in the hanging-walls blocks over the major detachment faults. The synsedimentary hydrothermal zones are characterized by higher content (in comparison with their average value in host rocks) of Mn (over 10000), Ag and Cd (over 100), Co (over 180); Ni, Cu, Zn and Fe (respectively over 88, 87, 36 and 29). Some of the sampled metasomatic altered acid volcanic rocks near the pick Kadiitsa, indicate above average levels of Cu (over 20), Zn and Pb (over 6); Ni, Cr and Co (respectively over 14, 10 and 5). This suggests that the syngenetic hydrothermal fluid has been potentially ore-bearing, but the conditions were unfavourable for metal concentration and ore deposits formation. The reason for disperse of the material and thermal energy is the hanging walls rotation and the gradual migration of the entire system southward. That's why the reached maximum of 150–160°C stay "fixed" during the period, instead to rise with the basin development, followed by the decreasing tendency during the fast basin closure. Consequently very fast basin evolution (restricted in 5–7 Ma) and too much dynamic environment, whose parameters are changed permanently in time and space, prevent the basin hydrothermal system becoming ore-generated, nevertheless that it has been potentially ore-bearing during all of the basin's evolution stages.

Key words: Padesh strike-slip basin, hydrothermal systems, syngenetic mineralizations, trace elements.

Целта на настоящето изследване е да се направи връзка между формирането на седиментни басейни, контролирани от отседна тектоника и свързани с ексхумацията

на метаморфни ядрени комплекси с проявите на хидротермална дейност във висящото крило на разломите на отделяне, както и да се оцени потенциалната рудоносност на този тип системи. Идеята бе породена, от една страна, от специфичното развитие на тези басейни на територията на България и сравнително слабата им изученост, а от друга – от големия интерес в световната теория и практика към възможностите за образуване на сингенетични орудявания в отседен тип обстановки. Затова основен въпрос, на който се опитват да отговорят авторите, е: дали условията в Падешкия басейн са били благоприятни за генериране на рудоносна хидротермална система или ако не, то защо?

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ

По време на теренните изследвания през 2008 и 2009 г. са взети над 20 проби от продукти на хидротермална дейност, свързана с развитието на Падешкия басейн, 38 проби от променени в различна степен кисели и средни вулканити под вр. Кадийца и 1 проба от битуминозни аргилити от с. Брестово. Повечето от тях са анализирани в лабораториите на СУ „Св. Климент Охридски“ (8 силикатни, 43 атомно-абсорбционни и 69 рентгеноструктурни анализа) и МГУ „Св. Иван Рилски“ (7 ICP анализа за Au с точност до 0,0п g/t). Атомно-абсорбционните анализи са извършени на атомно-абсорбционен спектрофотометър Perkin-Elmer 3030, пламък: въздух-ацетилен, в Лабораторията по химичен анализ при ГГФ на СУ (аналитик: Петя Ботева). Рентгенографските изследвания са осъществени с дифрактометър TUR M62 със стъпково сканиране. Праховите дифрактограми са заснети с филтрувано кобалтово лъчение в ъгловия диапазон 2Θ 4–80°, стъпка 0.03° 2Θ и време на експозиция на стъпка 1.5 s (аналитик: Веселина Накова). За определяне на минералните фази е използвана международна база данни за прахови дифрактограми ICSD.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА

Падешкият басейн (Белмустаков, 1948) е част от приабон-олигоценския седиментационен цикъл, развит главно върху вътрешните и в по-малка степен междинните зони на Балканидите, в смисъла на Ж. Иванов (1988) (фиг. 1, 2). Той попада в обхвата на Краищенската тектонска зона и характеризирания от Бончев (1936) Краищиден линеамент. Информация за положението, геоложкия строеж, литостратиграфията и възрастта на скалите, както и някои специфични части от разреза, като например водорасловите постройки, битуминозните отложения, индикациите за кисел вулканизъм, олистостромните явления и геофизичните проучвания на областта, може да се намери в голям брой публикации (Димитров, 1931; Константинов, Коен, 1941; Белмустаков, 1948; Спасов, 1956; Бончев и др., 1960; Мандев, Велев, 1967; Загорчев, Попов, 1968; Мандев, Зафиров, 1971; Московски, Шопов, 1965; Московски, 1967, 1968, 1968а, 1969, 1971; Московски, Харковска, 1972; Chernyavska, 1977; Иванов, Николов, 1983; Загорчев, 1980, 1984; Бойков и др., 1988; Загорчев и др., 1989, Чернявска и др., 1989; Vonev et al., 1995; Graf, 1998; Вацев и др., 2003 и др.).

Краищенската зона е изградена от две тектонски единици – Моравска и Струмска. В развитието на зоната могат да се отделят основно също два главни етапа на структурообразуване – ранно- и късноалпийски (независимо че съществуват данни за проявата на поне още три, но до голяма степен по-слабо проявени или изучени от съседни области).

Ранноалпийският е свързан с навличането на Моравската върху Струмската единица през ранната креда, в резултат на което подложката на последната претърпява метаморфни промени в зеленошистен фациес. Късноалпийският е свързан с ексхумацията на Осогово-Лисецкия и Рило-Западнородопския метаморфен купол и формирането на



Фиг. 1. Схема на разположението на палеогенските басейни в югозападна България (по геоложката карта на България в М 1:100 000 и Zagorchev, 1992)
 1 – средноеоценски-долноолигоценски басейни; 2 – неоген-кватернерни басейни; 3 – подложка

Fig. 1. Map of Paleogene basins distribution in the SW Bulgaria (after the geological map of Bulgaria and Zagorchev, 1992)
 1 – Middle Eocene-Lower Oligocene basins; 2 – Neogene-Quaternary basins; 3 – basement

синхронните им еоцен-олигоценски седиментни басейни (Иванов, 1998; Graf, 1998; Shipkova, Ivanov, 2000; Kunov et al., 2001).

Най-общо Падешкият басейн може да се характеризира като отседен, страйк-слип тип, а като се имат предвид проявите на магматизъм, разположението на останалите басейни от системата, тектонската им позиция и еволюцията на Егейската субдукционна зона, той представлява система вулканска дъга/заддъгов басейн (или вътрешнодъгови басейни). Като време и място на проява той може да се определи като втора вулканска дъга/заддъгов басейн (след формирането на Средногорската зона), формирана вследствие на миграцията на подпъхващата се кора към зоната на субдукция. В същото време неговото формиране е свързано и с процесите на ексхумация на Осогово-Лисецкия и Рило-Западнородопския метаморфен купол (Иванов, 1998; Graf, 1998; Shipkova, Ivanov, 2000; Kunov et al., 2001), а като основен механизъм на формиране и главен фактор при контрола на седиментацията може да се посочи дясноотседната тектоника. Тази комбинация от геодинамични процеси води до сложния строеж на басейните и позициите на съвременните разкрития.

Като допълнителен фактор, който усложнява обстановката, могат да се посочат и по-късните наложени тектонски процеси, с които е свързано формирането на късно-олигоценско-миоценските и плиоцен-кватернерните басейни, които по своята позиция попадат в северните части на Егейската екстензионна зона (Burchfiel et al., 2000). Тези басейни се характеризират и с проява на крехка ексхумация, чиято амплитуда е значителна – по най-предпазливи изчисления около 2000–2500 m, като само за кватернерните придвижвания могат да се очакват стойности от порядъка на 200–400 m.

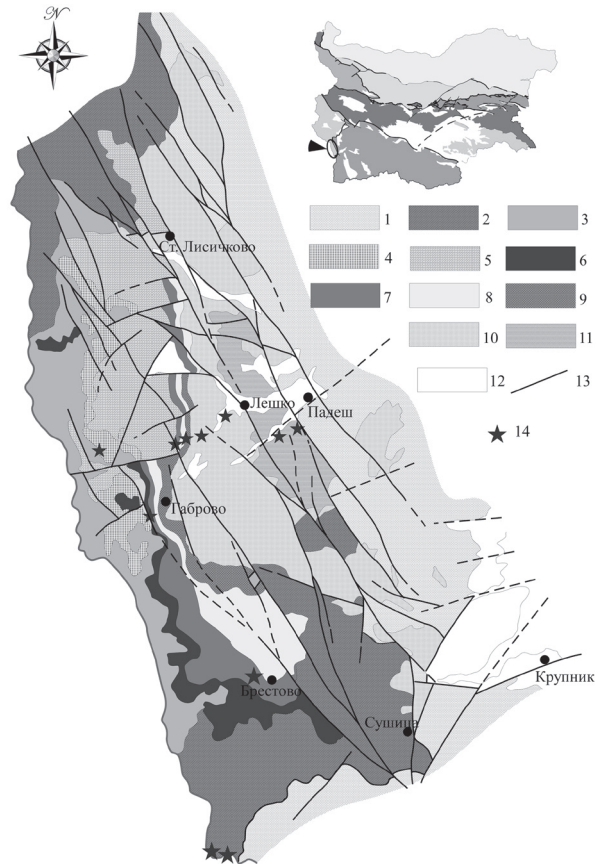
При тези характеристики на еволюцията на района могат да се очакват пикови стойности за термичния поток за късноеоценско-олигоценско време с тенденция за намаляване към наши дни, въпреки че и в момента там са отчетени едни от най-високите за България, независимо от значителната дебелина на кората (Boyardjieva et al., 1991, 1992; Voykova, 1999).

Падешкият басейн (фиг. 2), както и останалите палеогенски басейни на територията на България, Сърбия и Македония, най-общо представляват тектонски ограничени грабеновидни понижения, паралелно разположени или ешелонирани, ограничени като разположение в рамките на широка тектонска зона с приблизителна ориентация S–N и доминирана от дясноотседни движения. Те са изпълнени предимно с глинесто-песъчливи и флишоподобни отложения, индикиращи условия на седиментонатрупване от лагунната и прибрежната зона до относително дълбоководни. Пълнежът на всеки едни от тях се различава значително във фациално отношение, независимо от това, че някои от тях са разположени в непосредствена близост – на по-малко от километър един от друг. Всички те са свързани с късноалпийската еволюция на областта, която освен тяхното образуване, включва и формирането на Осогово-Лисецкия метаморфен купол, както и този в Западна Рила (Иванов, 1998; Graf, 1998; Shipkova, Ivanov, 2000; Kunov et al., 2001), като различни прояви на един и същи процес.

СТРОЕЖ И ЕВОЛЮЦИЯ НА ПАДЕШКИЯТ БАСЕЙН

Падешкият басейн е класически пример за страйк-слип басейн, формиран и деформиран от дясно-отседна тектоника (фиг. 1, 2). В общи линии характерът на разреза е подобен на този в Пиянецкия басейн. Например Коматинската и Логодашката свита са с почти идентични характеристики, но се наблюдават и съществени различия. На

първо място това е разрезът на Сухострелската свита, който показва развитие от чисто континентални (брекчоконгломерати) през лагунни (включително въглища и битуминозни аргилити) до относително плиткоморски седименти, но отложени от турбидитни и дебритни потоци, индикиращи както бързо тектонско потъване, така и обилен



Фиг. 2. Схематична геоложка карта на Падешкия басейн по публикувани данни и геоложко картиране в М 1:50 000

1 – нискометаморфни скали от домезозойската подложка; 2 – високометаморфни скали от домезозойската подложка; 3 – диорити и гранодиорити; 4 – перм (?); 5 – триас; 6–11 – палеоген: 6–8 – Сухострелска свита (Елски, Пильовски, Солашки и Дебочишки членове); 9 – Коматинска свита; 10 – Логодашка свита; 11 – Падешка свита; 12 – неоген – кватернер; 13 – разлом; 14 – място на взета проба

Fig. 2. Schematic geological map of Padesh basin, based on published data and geological mapping in scale 1:50 000

1 – low-grade metamorphic rocks of the basement; 2 – high-grade metamorphic rocks of the basement; 3 – diorites and granodiorites; 4 – Permian (?); 5 – Triassic; 6–11 – Paleogene: 6–8 – Suhostrel Fm (Elski, Pilyovski, Solashki and Debochishki Mbrs); 9 – Komatinska Fm; 10 – Logodash Fm; 11 – Padesh Fm; 12 – Neogene-Quaternary deposits; 13 – fault; 14 – sampling location

приток на материал, при това вече претърпял обработка в прибрежната зона, до (макар и много тънки) варовикови прослойки (Стефанов и др., 2008а). Последните са разположени под червеноцветните брекчоконгломерати на Коматинската свита, която определено индикира континентални условия.

Друга особеност е наличието на вулкански и туфозни скали в най-горната част на разреза, докато в Пиянецкия такива се установяват в основата, а вулканската дейност е концентрирана в разположения само на 1 km на юг Тишано-Църваришки басейн. Така нареченият Овнарски репер (рифоподобни варовици) в Падешкия басейн се разполага в най-горните части на разреза, докато в Пиянецкия е на много места и заляга директно върху подложката. Съществуват различия и в дебелината на целия разрез и на отделни единици, в разпределението и миграцията на фациесите, разположението на депоцентровете и др.

Като механизъм на формиране не може да се направи разлика между Падешкия басейн, останалите басейни и цялата система като цяло. Особеното при Падешкия басейн е, че главна роля при формирането му и по-опростения строеж има дясноотседнатата разломна система, разположена по източния му борд, и оперяващите я разломи, като при всички положения трябва да се има предвид както общият им корен, така и по-късната им реактивация и наложените структури.

Отлагането на скалите на Сухострелската свита и последващите ги на Коматинската могат да се интерпретират по следния начин:

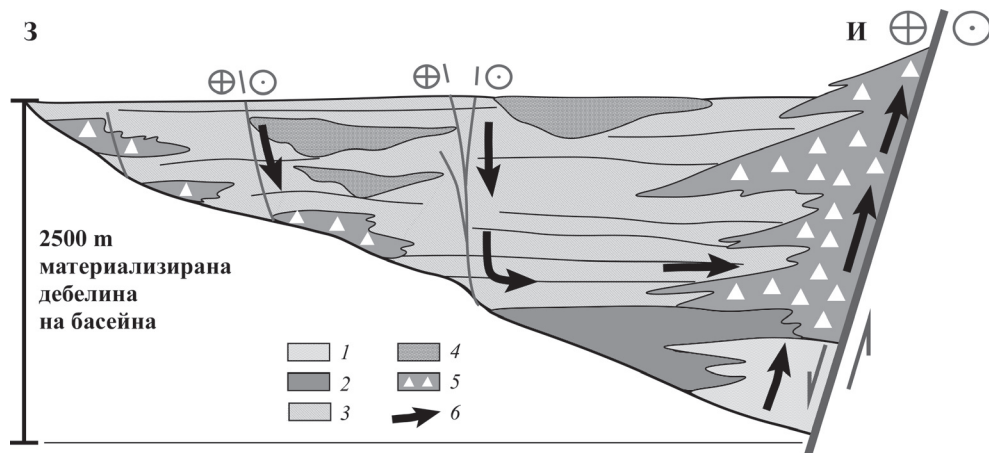
- първоначално депоцентърът се е разполагал в южната част на басейна, за което говорят и по-големите дебелини на единиците и изклинването им в С–СИ посока;
- налагането на морска обстановка и бързото тектонско потъване могат да се обяснят с активизация на отседна тектоника и разсядане с ротация на блоковете в близост до главния разлом;
- ако използваме като пример цикъл на Reading за отседния тип басейни, то в такъв случай скалите на Коматинската свита би трябвало да играят ролята на алувиалната система, компенсираща времето между два периода на активност по отседнатата система;
- ако само се интерпретират като обстановка, тези скали (Коматинска свита) най-малкото индикират отваряне на други депоцентрове в съседство, които да поемат морската седиментация. Но в същото време може и да се касае за тектонско издигане, вследствие на ексхумация на Осогово-Лисецкия купол и преразпределение на басейните от двете му страни. В такъв случай е необходимо да се докаже синхронността на Коматинската свита и в двата басейна, защото като фациес тя може да присъства във всяка една част от разреза, но ако е синхронна, това би било много важен репер за реконструкция на целия процес на ексхумация и формиране на басейни едновременно;
- още една важна характеристика за еволюцията на басейна, при това свързана с предишната, е, че над Коматинската свита се разполага Логодашката, т. е. идентична седиментация като в Пиянецкия басейн, но това може да се интерпретира и като по-ранно формиране на Падешкия басейн;
- самата Логодашка свита е един от основните индикатори за вторична активност на дясноотседнатата система поради определено не толкова плиткоморския ѝ фациес, високата ефективност на системата като подхранване и наличие на „виолин брекчи“, доказващи отседния тектонски контрол;
- друга особеност на Логодашката свита е, че в северните части на басейна тя се разполага в основата на разреза, т. е. или депоцентърът се премества на север, а новоформираният депоцентър (Падешка свита) заедно с активната вулканска дейност индикират най-голямата стойност на екстензия в басейна;

- разположението на Овнарския репер (ако той е наистина такъв) в най-горните части на разреза също говори за по-ранното формиране на Падешкия басейн, но само при условие, че тези варовици са синхронни на карбонатното ниво от Пиянецкия.
- разположението на Пиянецкия и Падешкия басейни от двете страни (върху двете крила) на дясноотседната система също се нуждае от допълнителни изследвания и моделиране, при това не противоречи на теоретичните модели и е допълнително доказателство за отседния им характер.

В крайна сметка може да се каже, че Падешкият басейн е страйк-слип басейн с дясно контролиращо придвижване, в което могат да се отделят два етапа на екстензия, разделени от континентална седиментация (Коматинска свита ~ 300 m), активна вулканска дейност в крайните етапи от развитието му в новоформиран депоцентър (който би могъл, на базата на съпътстващи разломи, да се определи като пул-апарт), без да могат да се установят (или не са запазени) дебелите флишоподобни последователности от Пиянецкия басейн (например, в разреза Търсино-Берсин).

Общото между двата, а и всички останали басейни от системата в района е, че механизъмът им на формиране е свързан с процесите на ексхумация на Осогово-Лисецкия и Западнородопския куполи, доминирани от дясноотседна тектоника в заддъгов режим, при особена конфигурация на заддъговата система.

Представеният по-долу модел (фиг. 3) не включва всички компоненти на системата, но отчита трите най-главни механизма на контрол. По принцип такъв модел е невъзможно да се представи извън цялото заддъгово пространство и без необходимите доказателства и изследвания, защото например само по Северноанатолийския разлом



Фиг. 3. Схематичен модел на Падешкия басейн и предполагаемата хидротермална система, свързана с негово развитие
 1 – пясъчници с вторична пористост; 2 – битуминозни аргилити; 3 – пясъчници с редуцирана първична пористост; 4 – канал-запълващи конгломерати; 5 – виолин-брекчи; 6 – флуиден поток

Fig. 3. Schematic model of Padesh basin and the proposed hydrothermal system related to its evolution
 1 – sandstones with second porosity; 2 – bitumen argillites; 3 – sandstones with reduced primary porosity; 4 – channel-filled conglomerates; 5 – violin-breccias; 6 – fluid flow

през последните 10 Ма се е осъществило придвижване от порядъка на (според различни източници) между 50 и 90 km.

Конкретно за темата на тази работа, като основа могат да послужат:

- разпределението на проявления и находища на полезните изкопаеми, свързани с посочените по-горе процеси и фиксирано време;
- продължителната дясноотседна тектоника (и екстензия) от късноеоценско до наше време;
- високия термичен градиент по време на формирането на басейните и остатъчната му висока стойност;
- доказателствата за висок температурен градиент – висококалорични въглища, битуминозни аргилити, бързо погребване и последваща бърза крехка ексхумация с намаляващ, но все още висок градиент.

При такива условия на развитие (модел) ексхумацията в комбинация с отседна тектоника, предопределя разполагането на различни части на системата в нелогични контакти, чието обяснение може да се сравни с подозрителните терени, но отнасящи се за рудообразуването.

ПРОЯВИ НА ХИДРОТЕРМАЛНА ДЕЙНОСТ, СВЪРЗАНИ С РАЗВИТИЕТО НА ПАДЕШКИЯ БАСЕЙН

По време на теренните изследвания бяха опробвани зони на хидротермална промяна, привързани предимно към разломно предопределените бордове на Падешкия басейн на контакта с допалеогенската му подложка и ясно свързани с неговото развитие (табл. 1). В таблицата не е включена проба с № I-8/2008 от баритовото рудопоявление над махала Рояците, т. к. възрастта му е неясна и твърде вероятно по-стара от палеогенската. Баритовите жили са с дебелина от няколко сантиметра до няколко метра и са изцяло включени в ДФК, като ориентацията на някои от тях съвпада с палеогенската система от разломни нарушения (т. е. е около 20°). Подобни баритови проявления са описвани предимно в Трънско и Дупнишко (Сопово, Бобошево), някои от които с промишлено значение и участие на галенит, пирит, халкопирит и сфалерит (Канурков и др., 1969). Те са включени в скалите от ДФК, палеозоя и долния триас, но засягат и средния триас, който според цитираните автори играе ролята на „неблагоприятен литоложки фактор“¹. В дълбочина на някои места се установява увеличаване на количеството на сулфидните минерали, което е от голямо значение за тяхната перспективност. Произходът им може да е свързан с палеозойския базичен вулканизъм или по аналогия с т. нар. Балканска металогенна зона на Йовчев (1960) да е с младокимерска възраст и съответно да няма отношение към развитието на Падешкия басейн и свързаната с него хидротермална дейност.¹

Според атомно-абсорбционните анализи (табл. 3) взетите проби от хидротермално променените зони в палеогенски пясъчници и брекчи се характеризират с повишени

¹ По същата причина не са опробвани и споменатите от Мънков (1984) и Тодоров (1984) антимоновите минерализации в района, т. к. се смята, че възрастта им е алпийска. Открит остава и въпросът за повишените съдържания на уран в черните битуминозни аргилити и най-вече дали отседнатата тектоника в района влияе върху неговата ремобилизация и миграция в други нива от разреза.

Таблица 1
Table 1

Описание и минерален състав на образци, взети от хидротермално променени зони,
свързани с развитието на Падешкия басейн

Description and mineralogy of samples from hydrothermal altered zones related
to evolution of Padesh basin

№	Обр. №	Място на взимане на пробата	Макроскопско описание	Минерален състав (по данни от X-ray)
1	I-3	ЮЗ от с. Лешко: 41°55'42.9" 22°58'02.1"	Ожелезнени пясъчници по синтетични нарушения спрямо главния разлом, който ограничава Падешкия басейн от запад	Кварц (Qz), плагноклаз, слюда
2	I-4	ЮЗ от с. Лешко, по реката: 41°54'41.0" 22°56'36.6"	Променителни продукти (предимно железоокисни) по пукнатини на отваряне (вероятно с отседен характер) в къс от катаклазиран фундамент, вкаран в палеогенския разрез	Qz, фелдшпат, пирит, аналцим, клинохлор, анкерит?
3	I-5	100 m от разклона за Рояците: 41°54'29.8" 22°55'46.9"	Железоокисни променителни продукти по система от пукнатити в червени пясъчници със серицит в основата на разреза на Сухострелска свита	Qz, илит, каолинит (Kaol)
4	I-6	На 50 m от разклона за Рояците: 41°54'27.6" 22°55'36.3"	Триаски пясъчник с глинести корички, стриации по калцит и междупластови сръзвания с хидротермални изменения	Qz, илит, Kaol, арагонит
5	I-7	На разклона за Рояците: 41°54'28.3" 22°55'49.9"	Зона на хидротермална промяна (главно ожелезняване) широка над 100 m в триаски пясъчници на границата триас/палеоген	Qz, гьотит, илит, Kaol
		→ Димова река	Сулфидна минерализация в пясъчници	Qz, калцит, пирит, Kaol- монтморилонит
6	I-9	На 2 km ЮЗ от с. Падеш: 41°54'53.3" 22°59'21.5"	Хидротермално променени палеогенски андезитови (според TAS диаграма по данни от табл. 2) брекчи в седименти от Падешката свита	Qz, калиев фелдшпат, илит, клинохлор
7	I-10	ЮЗ от с. Четирци: 41°55'08.5" 22°59'11.7"	Дребнокъсова туфобрекча (Милевски репер) с хидротермална промяна по система от пукнатини, индикиращи транстензионна обстановка	Qz, калиев фелдшпат, плагноклаз, мусковит-илит

Таблица 1 (продължение)
Table 1 (continued)

№	Обр. №	Място на взимане на пробата	Макроскопско описание	Минерален състав (по данни от X-ray)
8	I-11	Южно от с. Габрово, по пътя за стопанската махала: → 41°53'10.7" 22°56'29.3"	Хидротермални променителни продукти по пукнатини с разсед-отседен характер с железоокисни налепи (в отворените пространства) в глинести пясъчници при подложката на Падешкия басейн	Кварц (Qz), калцит, каолинит (Kaol), мусковит-илит
	I-12		Хидротермална промяна по пукнатини в изправени пластове от палеогенски седименти с калцитови жилки с дебелина от части от mm до 3 mm в разломната зона	Qz, калцит, илит, Kaol, мусковит (Ms)
	I-13	→ 41°53'06.6" 22°56'27.8"	Кори от Fe оксиди и хидроксида по система от отворени пукнатини в палеогенска брекча по борда на басейна	Qz, калцит, Kaol, барит?
	I-14		На границата между палеогена и фундамента на басейна: възседна зона с катаклаза и с до 5 cm налепи от Fe оксиди и хидроксида	Qz, Kaol, илит-Ms, тунгусит (Ca-Fe силикат)?
	I-15		Катаклазирани черни доломити с калцитни жилки от подложката на басейна на границата с палеогенския му пълнеж	Доломит, Qz, Kaol, калцит, Ms-илит
	I-16		Окварцени и катаклазирани доломити от подложката	Доломит, Qz, Kaol
	I-17		Хидротермално променени диорити от зона на катаклаза около борда басейна	Qz, плагиоклаз, егирин, Kaol, Ms
	I-18		Хидротермално променени и силно катаклазирани доломити	Доломит, Qz, Kaol, магнезит
9	K-2	ЮЗ от Коматинските скали: 41°50'18.7" 22°59'22.6"	Променителни продукти (главно Fe оксиди и хидроксида) в жилки по система от пукнатини в пясъчници от Сухострелската свита	Qz, плагиоклаз, слюда?-илит?

съдържания на редица метали спрямо кларковите за теригенни скали (по Turekian et al., 1962). Особено високи са стойностите на мангана, които са стотици до десетки хиляди пъти над фоновите. Абсолютните съдържания на сребро и кадмий са ниски, но въпреки това са около 100 пъти по-високи от кларковите за вместващите скали. Повишени

Таблица 2
Table 2

Силикатни анализи (в тегл. %) на битуминозни аргилити (К-1) и променени вулканити
Silicate analyses (in wt. %) of bitumen argillite (K-1) and altered volcanites

Обр. №	К-1	К-4	К-24	К-27	К-33	К-34	К-35	І-9
SiO ₂	60,51	77,90	75,64	76,67	73,71	73,38	69,28	68,31
TiO ₂	0,71	0,73	0,66	0,63	0,72	0,61	0,62	0,38
Al ₂ O ₃	7,52	10,98	14,64	13,69	15,50	15,19	14,20	14,89
Fe ₂ O ₃	10,56	2,15	0,49	1,14	1,33	1,13	2,39	2,47
FeO	0,40	0,50	0,25	0,25	0,24	0,47	2,42	1,19
MnO	0,03	0,003	0,003	0,003	0,003	0,01	0,09	0,07
MgO	3,92	0,77	0,85	0,77	0,67	1,01	1,60	1,13
CaO	5,29	0,45	0,37	0,54	0,52	0,38	0,71	3,12
Na ₂ O	0,65	0,66	0,65	0,72	0,62	1,32	1,56	3,19
K ₂ O	1,18	3,23	3,80	3,63	3,93	4,20	2,01	3,75
P ₂ O ₅	2,20	0,12	0,10	0,11	0,07	0,05	0,16	0,31
H ₂ O ⁻	0,94	0,08	0,08	0,12	0,14	0,07	0,72	0,17
H ₂ O ⁺	5,77	2,26	2,26	2,18	2,59	2,45	4,09	0,79
Сума	99,68	99,83	99,79	100,45	100,04	100,27	99,85	99,77

Аналитик: Петя Ботева.

в сравнение с фоновите са и стойностите на кобалта (до над 180 пъти), никела (до над 88 пъти), медта (до над 87 пъти), цинка (до над 36 пъти), желязото (до над 29 пъти), в по-малка степен на оловото (до над 3 пъти). Съдържанието на хром във всички проби (освен в катаклазираните доломити) е под кларковата. Аналогични резултати са получени и за проби от скали от фундамента с наложена хидротермална промяна, които са тектонски „включени“ в палеогенския разрез по разломни нарушения, ограничаващи борда на Падешкия басейн.

Преобладаващите положителни коефициенти на линейна корелация между елементите-примеси (табл. 4) предполагат, че основната им форма на свързване е еднаква, като най-вероятно те участват (абсорбирани или изоморфно) в състава на Fe и/или Mn оксиди и хидроксиди, които са най-разпространеният краен продукт в хидротермално променените зони. Други рудни минерални фази, освен тези на желязото и мангана, не са установени. Сулфидната минерализация в палеогенските пясъчници (проба І-7в) е представена единствено от пирит с повишено съдържание на манган, кобалт, никел и олово. Тези данни показват, че хидротермите са били обогатени на повечето гореспоменати елементи с изключение на хром и вероятно са били потенциално рудоносни.

В Ю-ЮЗ борд на Падешкия басейн на места се разкриват променени (аргилизирани и силифицирани, по-рядко ожелезнени) в различна степен палеогенски главно кисели и по-рядко средни по състав вулканити – риолити до андезити (според TAS диаграма по данни от табл. 2). Взетият материал под връх Кадийца (с номера от К-3 до К-40) е предимно от късове (от канали, проучвани за Au) и от едно разкритие от сил-

Таблица 3
Table 3

Атомно-абсорбционни анализи (в ppm) на пробите от битуминозни аргилити (К-1),
хидротермално променени зони (от I-3 до I-15) и вулканити (от К-3 до К-39)
Atomic absorption analyses (in ppm) of samples from oil shales (K-1), hydrothermal altered zones
(I-3 ÷ I-15) and volcanic rocks (K-3 ÷ K-39)

№	Обр. №	Fe	Cu	Zn	Pb	Ag	Mn	Co	Ni	Cr	Li	Rb
1	K-1	77040*	17	169	44	5	231*	14	24	12	16	76
2	K-3	9071	21	24	8	1	37	18	17	60	12	162
3	K-4	18950*	18	136	15	4	23*	11	14	84	11	123
4	K-5	8101	22	156	17	1	91	19	112	63	14	186
5	K-6	17720	47	97	40	1	49	18	27	80	15	182
6	K-7	82781	101	81	41	3	65	15	17	141	8	21
7	K-9	12540	21	30	1	<1	55	4	9	173	2	12
8	K-10	12923	39	33	5	<1	84	4	75	188	2	7
9	K-11	4591	27	25	16	1	71	16	17	135	13	203
10	K-11a	75886	318	37	30	6	33	11	11	99	4	20
11	K-12	16612	38	29	<5	2	51	5	46	111	2	23
12	K-13a	31048	111	56	<5	2	53	7	11	160	3	23
13	K-136	81429	52	37	68	3	35	22	51	64	7	107
14	K-14	13777	29	32	16	1	78	16	15	73	18	165
15	K-15	47804	50	55	14	1	80	9	66	197	4	26
16	K-17	21156	18	37	117	4	62	17	79	85	11	120
17	K-19	15769	66	102	67	2	89	23	18	40	24	75
18	K-20	3878	10	18	57	4	59	15	14	75	12	154
19	K-21	7995	7	101	<5	1	27	14	24	52	6	123
20	K-22	17998	18	39	112	2	109	16	14	42	10	143
21	K-24	5380*	5	22	22	2	23*	11	60	44	8	120
22	K-25	2329	8	26	17	1	26	16	15	127	16	115
23	K-27	9930*	8	62	27	2	23*	12	37	11	8	111
24	K-29	98279	150	296	104	4	178	15	55	169	13	14
25	K-30a	2040	6	23	<5	2	31	18	25	8	6	94
26	K-32	2740	10	32	<5	<1	40	11	11	6	6	72
27	K-33	11182*	7	32	12	6	23*	13	20	16	12	140
28	K-34	11576*	7	147	27	3	77*	13	9	8	11	156
29	K-35	35606*	4	149	54	4	693*	14	69	10	22	77
30	K-38	14416	21	23	<5	<1	41	20	16	16		112

Таблица 3 (продължение)
Table 3 (continued)

№	Обр. №	Fe	Cu	Zn	Pb	Ag	Mn	Co	Ni	Cr	Li	Rb	Sr
31	K-39	955	4	22	< 5	< 1	158	18	14		14	77	
32	I-3	85300	17	30	< 5	1	921	< 5	132	10			95
33	I-4б	34400	23	456	16	1	471	< 5	16	28			92
34	I-5	12100	8	27	5	< 1	249	< 5	9	8			9
35	I-6	18500	19	170	19	1	519	< 5	< 5	28			267
36	I-7а	26300	8	119	9	< 1	5418	10	115	10			124
37	I-7в	356200	7	14	134	1	1113	27	84	< 2			84
38	I-9	26572*	20	155	< 5	< 1	539*	< 5	< 5	< 2			74
39	I-11	21500	19	53	7	< 1	240	8	38	31			178
40	I-12	10800	4	11	< 5	1	460	< 5	82	5			607
41	I-13	287400	347	577	12	< 1	13487	54	175	4			93
42	I-14	102000	58	233	< 5	< 1	5044	29	131	< 2			48
43	I-15	115900	54	251	5	< 1	3306	27	33	21			190

Аналитик: П. Ботева.

Граница на откриваемост за отделните елементи (в ppm): Cu и Ag (1); Mn, Fe, Cr, Pb, Cd, Sr, Li и Rb (2); Pb, Co и Ni (5), Sb (20).

Забележка: Във всички анализирани проби под границата на откриваемост на метода са съдържанията на Bi и Te (< 20 ppm). В проба № 43 е установен Sb = 20 ppm. В 7 проби (№ 32, 34, 35, 36, 39, 40 и 42) съдържанието на Cd е 2 ppm, а проба в № 41 е 15 ppm. Стойностите със звездичка (*) са преизчислени от силикатните анализи (по данни от таблица 2).

Analyst: P. Boteva.

Limit of determination of the method for the elements (ppm): Cu and Ag (1); Mn, Fe, Cr, Pb, Cd, Sr, Li and Rb (2); Pb, Co and Ni (5), Sb (20).

Note: In all samples below limit of determination of the method are Bi and Te (< 20 ppm). In sample № 43 is determined Sb = 20 ppm. In 7 analyses (№ 32, 34, 35, 36, 39, 40 and 42) Cd concentration is 2 ppm and in sample № 41 is 15 ppm. The values with star (*) are calculated from silicate analysis (according data in Table 2).

но ожелезнени вулканити в края на опробвания участък². В състава им (според рентгеноструктурните изследвания) преобладават кварц и илит, по-рядко се установяват каолинит, плагиоклаз, гъотит и хлорит. Преди няколко години те са били опробвани за Au, но публикувана информация липсва. Същевременно на територията на Македония в близост до върховете Буковик и Кадийца по източния борд на Пехчево-Делчевския

² GPS координатите на опробвания участък са от 41°46'52.2"; 22°57'57.2" до 41°46'41.9"; 22°58'04.8".

Таблица 4
Table 4

Коефициенти на линейна корелация на анализирани елементи (по данни от табл. 3) в пробите от хидротермално променени зони (I-3 ÷ I-15) и вулканити (в скоби)

Coefficients of linear correlation of analyzed elements (from table 3) in samples from hydrothermal altered zones (I-3 ÷ I-15) and volcanic rocks (in brackets)

Елементи	Cu	Zn	Pb	Ag	Mn	Co	Ni	Cr	Cd
Fe	0,54 (0,64)	0,27 (0,50)	0,73 (0,44)	0,07 (0,52)	0,52 (0,23)	0,79 (0,03)	0,52 (0,12)	-0,42 (0,31)	0,43
Cu		0,76 (0,17)	-0,10 (0,16)	-0,32 (0,39)	0,91 (-0,08)	0,80 (-0,12)	0,57 (-0,09)	-0,20 (0,39)	0,95
Zn			-0,19 (0,37)	-0,19 (0,34)	0,69 (0,43)	0,56 (0,10)	0,22 (0,27)	0,14 (0,03)	0,60
Pb				0,39 (0,46)	-0,10 (0,26)	0,26 (0,38)	0,04 (0,24)	-0,21 (-0,003)	-0,14
Ag					-0,44 (0,22)	-0,38 (0,03)	-0,08 (0,04)	0,16 (-0,14)	-0,26
Mn						0,85 (0,04)	0,73 (0,29)	-0,31 (-0,18)	0,87
Co							0,63 (-0,02)	-0,33 (-0,49)	0,67
Ni								-0,50 (0,18)	0,62
Cr									-0,20

грабен (който е от същата система отседни басейни, както и Падешкият) са описани силно променени дацит-риолитови вулканити с Cu-порфирно орудяване, придружена с полиметална и златна минерализация (Stojanov et al., 1995).

Следователно повишено съдържание на злато и други елементи биха могли да се очакват и в продуктите от хидротермална дейност, свързана с палеогенския магматизъм в района на Падешкия грабен. Още повече, че проявите на вулканска дейност са синхронни не само с развитието на отседната система в района, но и с процесите на ексхумация на Осогово-Лисецкия и Рило-Западнородопския метаморфен купол. Комбинацията от тези условия (екстензия, повишен температурен градиент, частично топене при издигане на куполите) са изключително благоприятни за развитие на бимодален магматизъм, при който се мобилизира вещество и от по-дълбоки нива на кората и съответно топилката се набогатява на по-базични елементи, в това число и злато.

Затова, за да се оцени потенциалната рудоносност на палеогенските вулканити по Ю-ЮЗ борд на Падешкия басейн, 7 от взетите проби бяха изследвани за Au (ICP анализи в МГУ „Св. Иван Рилски“), но само в една от тях съдържанието му достига 0,006 ppm, а в останалите е под границата на откриваемост на метода (т. е. под 0,005 ppm), което отговаря на кларковите му съдържания в кисели скали (Turekian et al., 1961; Виноградов, 1962). Концентрацията на сребро като цяло не е висока: между 1 и 6 ppm

в над 80% от анализите (табл. 3), което е 25 до 150 пъти над кларковата, но не и с промишлено значение.

Някои от анализираниите проби (табл. 3) се характеризират с повишени стойности на Cu (до 20 пъти над кларковите за кисели вулканити), Zn и Pb (до 6 пъти), Cr (до 10 пъти), Ni (до 14 пъти), Co (до 5 пъти). Съдържанието на желязо е доста вариращо: предимно под и около кларковото, по-рядко до 6 пъти над него, което вероятно се дължи на типа и/или степента на промяна на съответните вулкански материали. Пробата с най-високи стойности на желязо (К-29) има и най-висока концентрация на цинк и хром. Връзката между тези елементи се потвърждава и от положителните им коефициенти на корелация (табл. 4), което предполага, че натрупването им е свързано с ожелезняване на вулканитите и формиране на Fe-оксидни кори, които включват и повечето от металите. Същевременно съдържанието на манган е много ниско – до към 25 пъти под кларковите и само в един анализ (К-35) са малко над кларковите (600 ppm според Виноградов, 1962), което показва, че той се е изнасял по време на хидротермалната промяна на вулканитите.

РАЗВИТИЕ НА ХИДРОТЕРМАЛНАТА СИСТЕМА В ПАДЕШКИЯ БАСЕЙН И ПОТЕНЦИАЛНАТА ѝ РУДОНОСНОСТ: ДИСКУСИЯ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Най-популярните генетични модели, които в последно време се предлагат за формиране на сингенетични минерализации, са базирани на свободната конвекция на флуиди (или т. нар. конвективна циркулация), като определящо значение за потенциалната рудоносност на седиментните басейни има наличието на дългоживущи конвективни клетки. Според компютърните симулации (Oliver et al., 2006; Yang et al., 2006; Zhang et al., 2006) поддържането на тези клетки до голяма степен зависи от тектонските условия, т. к. механичната деформация е един от ключовите фактори, които контролират механизмите на пренос на флуидния поток от неговия източник до мястото на отлагане и съответно обуславят формирането и функционирането на хидротермалните системи като цяло. Установено е (Yang et al., 2004), че по-дълбоко заложените и по-проницаемите разломи обикновено са „разтоварващи“, с възходящо движение на флуидите, докато плитките и по-слабо проницаемите са „зареждащи“ с низходящ флуиден поток. Развитието на Падешкия басейн (фиг. 3) се контролира от главен разсед-десен отсед по източния му борд с относително голяма дълбочина на проникване и антигетични на него почти субвертикални по-плитки отседни от същата система, което би трябвало да осигури движение на флуидния поток и в двете посоки, но в условията на преобладаваща екстензия. Оттук възниква въпросът: по какъв начин тази екстензия влияе върху движението на флуидните потоци и дали тя помага или пречи за създаване на дългоживущи конвективни клетки, които да формират находища и/или рудопроявления?

Според Oliver et al. (2006) екстензионният режим сам по себе си не е благоприятен за образуване на находища в седиментни басейни, т. к. води до преобладаващо низходящо движение на приповърхностни флуиди и не само че не създава условия за формиране на конвективни клетки, но дори точно обратното: той ги разрушава, ако те вече съществуват. Ако, обаче, в дълбочина възникне зона (или зони) на свръхналягане, то потокът отново ще тръгне нагоре и по този начин циркулацията му ще бъде възстановена (което, от своя страна, би могло да доведе и до формиране на орудяване). Още

по-благоприятни са периодите на „тектонски покой“ и/или компресия (която е и един от начините за създаване на свръхналяганя), т. к. те „регенерират“ конвективните клетки като насочват флуидния поток нагоре във и в близост до бившите екстензионни разломни зони. До това обикновено се стига в по-късните етапи от развитието на басейните, когато преобладава компресионната компонента. Тогава основният източник на хидротерми във флуида са метеорните (най-вече грунтовите) води, движението на които се обуславя от т. нар. топографски или хидравличен градиент, създаден от асиметричното издигането на бордовете на басейна. Предвид по-особеното развитие на Падешкия „грабен“ този етап тук е представен в доста по-различен вариант: с ротиране на блоковете и издигане на куполи с разтоварване на периферията им, т. е. тектонските условия запазват своята динамика и елипсоида на деформация, без да се стигне до същинска компресия и инверсия на напреженията, което да стабилизира хидротермалната циркулация. Освен това цялата отседна система постепенно мигрира на юг, което е още по-неблагоприятно за формиране на орудявания, т. к. дори и при наличие на металоносен флуид (който според анализите от табл. 3 е започнал да се генерира в Падешкия басейн), носеното от него вещество ще се разсейва на сравнително голяма площ без възможност за концентрация.

Друг важен момент при развитието на седиментните басейни, до голяма степен предопределящ тяхната рудоносност, е свързан с диагенетичните промени на утайката, в резултат на което плитки водоносни хоризонти от пясъчници могат да се превърнат в непроницаеми нива (при дълбочина на погребване 1–3 km, ако бъдат циментирани от кварц и карбонати по време на диагенеза), а приповърхностни слабо сортирани водонепроницаеми хоризонти (например, от проксимални флувиални фациеси) да станат водопроницаеми в дълбочина при интензивно разтваряне на силикати и карбонати. В Падешкия басейн при диагенеза на глините се генерират кисели води с pH = 4–5 от трансформацията на смектит в илит (Стефанов и др., 2008б). Тези порови флуиди излужват спойката на пясъчниците от долните нива на разреза (фиг. 3) и съответно, от една страна, повишават тяхната проницаемост, а от друга, се набогатяват на различни елементи (в това число и метали), т. е. осигурява се източник на вещество и път за миграция на потенциално рудоносни хидротерми. Същевременно първичната порестост на отгорезалягащите пясъчници (които са основен компонент от пълнежа на басейна) намалява драстично от 20–30% при погребване до незначителните 2–3% след потъването (според непубликувани данни на Явор Стефанов), което оказва негативно влияние върху развитието на хидротермалната система като цяло.

За да се обясни липсата на промишлени сингенетични орудявания, свързани с развитието на Падешкия „грабен“, е необходимо да се дефинира още едно понятие. Както във въгледородните системи се използва терминът „нефтен прозорец“, така и за хидротермални системи в седиментните басейни може да се въведе терминът „термален прозорец на излужване“ (“thermal leaching window” по Southgate et al., 2006), за да се оценява потенциалната им рудоносност. „Термалният прозорец на излужване“ отговаря на „интервал на погребване“ с температура между 150 и 250°C, при който потенциалният източник на метали, в случая, седиментен комплекс, може да бъде ефективно излужен и да освободи флуиди за формиране на „басейнови разтвори“. При нормален геотермален градиент (т. е. ~ 25°C/km) металоносен флуид с температури от порядъка на 200°C се формират на дълбочина 6–10 km. Падешкият басейн (като типичен представител на отседния тип системи) се характеризира с аномално висок температурен градиент, дължащ се на „термичните куполи“ около дълбокозалагащите разломи, ограничаващи бордовете му и позволяващи „проникването“ на топлина в по-високите

нива от кората. Затова температури от порядъка на 150–160°C се достигат още на дълбочина от около 3 km (Стефанов – под печат), което е напълно достатъчно, за да се активизират диагенетичните преобразувания в утайката и излужването на метали (както от отгоре-, така и от отдолузялягащите седименти) от агресивните порови води. Това обяснява повишените съдържания на редица метали в хидротермално променените зони, свързани с развитието на басейна, т. к. те са присъствали и в отделения диагенетичен флуид. Напълно обясними са и високите концентрации на мангана и желязото, т. к. те са първите метали, които се извличат от включващите ги минерални фази. Пониските съдържания на останалите метали предполагат, че температурата не е достигнала оптималните си стойности за тяхното излужване както по време на диагенезата, така и при по-нататъшната конвективна циркулация на хидротермите. Причина за това отново е прекалената динамика на средата по време и след седиментацията, която води до разсейване не само на вещество, но и на топлина. Затова, въпреки повишения термален градиент, не е имало време да се достигнат оптималните стойности от т. нар. прозорец на излужване. Достигнатият максимум от 150–160°C остава „фиксиран“ във времето вместо да нараства с прогресивното развитие на басейна, а със затварянето му и тези стойности започват да се понижават.

По този начин дори в началните етапи от развитието на Падешкия басейн формираната хидротермална система (чието съществуване се потвърждава от многобройните зони на хидротермална промяна) не е била ефективна. Пясъчниците са подходящ и лесно излужващ се източник на метали, обаче вторичната им цементация и силно редуцираната пористост ги превръща от водопроницаемо във водонепроницаемо ниво и съответно в ограничаващ фактор за свободната конвекция на кисели порови води, освободени при диагенезата на седиментите. Тогава флуидният поток ще се фокусира предимно по разломите и неговата миграция ще се контролира от тектониката. И тъй като тектонският режим в региона е екстензионен до трансензионен, то движението на хидротермите по разломните нарушения ще бъде преобладаващо низходящо, а вероятността за формиране на дългоживущи конвективни клетки е малка. Още повече че липсва едно от необходимите условия за поддържане на стабилна конвекция, а именно: периоди на „тектонско затишие“ и инверсия на напреженията, които да „възстановят“ възходящото движение на флуидите. По този начин миграцията на юг и ротацията на блоковете пречат на хидротермалната система в басейна да се превърне в рудогенерираща, въпреки че тя е имала такъв потенциал през всичките етапи от неговото развитие. Особено като се има предвид, че бимодалният магматизъм е източник на магматогенни флуиди, които при смесването си с метеорните или морските още повече повишават „шанса“ за формиране на орудяване.

Следователно отседният тип системи с повишен топлинен поток и прояви на бимодален магматизъм от типа на Падешкия басейн са потенциално рудоносни (а и нефтоносни предвид наличието на битуминозни аргилити), но само ако останат относително „стабилни“ във времето и пространството след достигане на температури от поне 150°C, необходими за излужване на метали и генериране на басейнови рудоносни разтвори. Още повече, че самото рудоотлагането се осъществява за сравнително кратък период от време (10-тки хил. г. до 1–2 млн. г.), но в една достатъчно подготвена обстановка с оптимални за целта условия, т. е. наличие на съответните елементи, приблизително стабилни пътища на миграция и ефективни капани. А не в една мигрираща и сравнително краткоживуща (само 5–7 млн. г.) система, чиито параметри непрекъснато променят характеристиките си. С други думи, повишената динамика на средата не е подходяща за формиране на находища, т. к. скоростта

на разсейване на вещество и топлина е по-голяма от тази на тяхната концентрация. Вероятно това е и главната причина за липса на по-значими сингенетични орудявания в района въпреки многобройните прояви на хидротермална и магмена дейност, свързани с развитието на палеогенските басейни.

Изследванията са финансирани по договора № 204/2008 „Еволюция на отседен тип басейнови системи и свързаната с тях хидротермална дейност – Падешки и Пиянецки басейн, ЮЗ България“ към Фонд научни изследвания на СУ.

ЛИТЕРАТУРА

- Белмустаков, Е. 1948. Геологията на южната част от областта Пианец-Югозападна България. – *Сп. БГД*, 20, 1, 1–63.
- Бойков, Д., М. Бостанджиев, П. Недялков. 1988. Особенности в дълбочинния геоложки строеж и структурното развитие на част от Пиянечкия грабен по геолого-геофизични данни. – *Сп. Бълг. Геол. д-во.*, 49, 1, 47–60.
- Бончев, Е., Ю. Караголева, В. Костадинов, Ж. Манолов, И. Каменова, Е. Динков, Д. Бакалова, Р. Манолова. 1960. Основи за тектониката на Краището и прилежащите му земи. – *Тр. Геол. Бълг., сер. страт. и тект.*, 1, 7–92.
- Бончев, Ек. 1971. Проблеми на българската геотектоника. С., Техника, 203 с.
- Вацев, М., Бл. Каменов, С. Джуранов. 2003. Етапи на утайконатрупване и корелация на палеогена от грабеновите басейни от Югозападна България. – *Год. МГУ*, 46, 1, 39–44.
- Виноградов, А. П. 1962. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. – *Геохимия*, 7, 555–571.
- Димитров, Стр., Ц. Димитров. 1931. Указания за младокимерска фаза от алпийското планинообразуване (предв. съобщ.). – *Сп. БГД*, 3, 3, 65–74.
- Загорчев, И. 1980. Раннеалпийские деформации в красноцветных отложениях Полетинско-Скринской разломной зоны: 1. Литостратиграфические особенности в свете структурных исследований. – *Geol. Balc.*, 10, 2, 37–60.
- Загорчев, И. 1984. Доалпийски строеж на Югозападна България. – В: Проблеми на геологията на Югозападна България. С., Техника, 9–20.
- Загорчев, И., М. Русева. 1982. Надвиговое строение южных частей горы Осогово и Пиянечкой области (Юго-Западная Болгария). – *Geol. Balc.*, 12, 3, 35–57.
- Загорчев, И., Н. Попов, М. Русева. 1989. Стратиграфия на палеогена в Пианечката област (Югозападна България). – *Geol. Balc.*, 19, 6, 41–69.
- Йовчев, Й. 1960. Полезни изкопаеми на НР България. Геоложки основи.
- Канурков, Г., П. Драгов. 1969. Опит за металогенична характеристика на българската част от Краищидите. – *Сп. на БГД*, XXX, 1, 29–37.
- Константинов, К., Е. Коен. 1941. Структурни форми в стария терциер на югоизток от гр. Кюстендил с оглед на петроложкото им значение. – *Год. Дир. прир. богатства, Отд. А*, 1.
- Мандев, П., В. Велев. 1967. Асфалтът между с. с. Пелатиково и Страдалово в палеогена на Кюстендилско. – *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, 1-геология, 60, 351–364.
- Московски, С. 1968 а. О разломно-складчатых парагенезисах некоторых палеогеновых грабенов Краищидной структурной зоны. – *Юбил. геол. сб. БАН*, 147–155.
- Московски, С. 1971. Върху последователността на формиране на палеоген-неогенските ровови структури в Българските Краищици. – *Сп. БГД*, 32, 1, 21–33.
- Московски, С., В. Шопов. 1965. Стратиграфия на палеогена и свързаните с него реседиментационни явления (олистостромии) в областта Пиянец, Кюстендилско. – *Изв. ГИ на БАН*, 16.
- Московски, С., А. Харковска. 1972. Основни етапи в младоалпийското развитие на някои разломни зони от Югозападна България. – *Год. СУ, ГГФ*, кн. 1 Геол., 73–84.
- Мънков, С. 1984. Терциерните орудявания в Югозападна България и закономерности в тяхното разпространение. – В: Проблеми на геологията на Югозападна България, Ред. И. Загорчев, С. Мънков, И. Божков. С., Техника, (173 с.), 80–91.
- Стефанов, Я. 2010. Диагенеза на алевропелитните скали от Падешкия басейн. – *Сп. на БГД* (под печат).
- Стефанов, Я., А. Чаталов. 2008а. Петрографски състав на палеогенските кластични скали от Падешкия басейн и анализ на подхранващата провинция. II. Анализ на подхранващата провинция. – *Год. СУ, ГГФ*, 1, 101, 59–79.

- Стефанов, Я., А. Чаталов. 2008б. Минерален състав на глинестата фракция в палеогенските алевропелитови скали от Падешкия басейн, Югозападна България. – В: Юбилеен сборник 60 години Специалност Геология, СУ „Св. Климент Охридски“, 2008, 145–150.
- Тодоров, Т. 1984. Типове нискотемпературни флуоритови, антимонов и живачни минерализации в Югозападна България. – В: Проблеми на геологията на Югозападна България, Ред. И. Загорчев, С. Мънков, И. Божков. С., Техника, (173 с.), 91–99.
- Bojadgieva, K., P. Petrov, S. Gasharov, T. Velinov. 1991/1992. Bulgaria (National report). – In: Geothermal Atlas of Europe (Explanatory Text), Eds. E. Hurtig, V. Cermak, R. Haenel and V. Zui. Hermann Haack Verlagsgesellschaft GmbH, p. 16–18.
- Bonev, K., Z. Ivanov, L.-E. Ricou. 1995. Denudation tectonique au tois du noyau metamorphique Rhodopien-Macedonien; la faille normale ductile de Gabrov Dol (Bulgaria). – *Bull. de la Soc. Geol. de France*, 166 (1), 49–58.
- Boykova A., 1999. Moho discontinuity in Central Balkan Peninsula in the light of geostatistical structural analysis. Elsevier, Physics of the Earth's and Planetary Interiors, 114, 49–58.
- Burchfiel, C., R. Nakov, Tz. Tzankov, L. Royden. 2000. Cenozoic extension in Bulgaria and northern Greece: Northern part of the Aegean Extensional Regime. *Geol. Soc. Of London, Spec. publ.*, 173, 325–352.
- Chernyvska, S. 1977. Palynological studies on Paleogene deposits in South Bulgaria. – *Geol. Balc.*, 7, 4, 3–26.
- Chatalov, A., D. Vangelov. 2001. Brackish-water cyanoids with radial fabric from the Upper Eocene sediments in SW Bulgaria. – *Compt. Rend., Bulg. Acad. Sci.*, 54, 10, 85–90.
- Graff, J. 1998. PhD thesis. ETH Zurich.
- Ivanov, J., T. Nikolov. 1983. Reunion extraordinaire de le Societe Geologique de France en Bulgarie. Guide de l'Excursion. Sofia, Presse Univers., 119 p.
- Oliver, N., J. McLellan, B. Hobbs, J. Cleverley, A. Ord, L. Feltrin. 2006. Numerical model of extensional deformation, heat transfer and fluid flow across basement-cover interfaces during basin-related mineralization. – *Econ. Geol. 100th Anniversary Special Paper*, 101, 1, 1–31.
- Reading, H. 1986. Sedimentary environments and facies. Oxford, Blackwell, 399–444.
- Shipkova, K., Z. Ivanov. 2000. The Djerman detachment fault – an effect of the late tertiary extension in the North-West part of the Rhodope massif. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 53.
- Southgate, P., T. Kyser, D. Scott, R. Large, S. Golding, P. Polito. 2006. A basin system and fluid flow analysis of the Zn-Pb-Ag Mount Isa-type deposits of Northern Australia: identifying metal source, basinal brine reservoirs, times of fluid expulsion and organic matter reactions. – *Econ. Geol.*, 101, 1103–1115.
- Stojanov, R., B. Hadži Petrušev, M. Aleksandrov. 1995. Dacitic-rhyolitic volcanic products at Bukovik-Kadijca (Pehčevo District) and the related porphyry-copper mineralization. – *Geologica Balcanica*, 25, 5–6, 83–90.
- Turekian, K. K., K. H. Wedepohl. 1961. Distribution of elements in some major units of the earth's crust. – *Bull. Geol. Soc. of Amer.*, 72, 2, 175–190.
- Yang, J., R. Large, S. Bull. 2004. Factors controlling free thermal convection in faults in sedimentary basins: implication for the formation of zinc-lead mineral deposits. – *Geofluids*, 4, 237–247.
- Yang, J., R. Large, S. Bull, D. Scott. 2006. Basin-Scale numerical modeling to test the role of buoyancy-driven fluid flow and heat transfer in the formation of stratiform Zn-Pb-Ag deposits in the northern Mount Isa Basin. – *Econ. Geol.*, 101, 1275–1292.
- Zhang, Y., P. Sorjonen-Ward, A. Ord, P. N. Southgate. 2006. Fluid flow during deformation associated with structural closure of the Isa Superbasin at 1575 Ma in the central and northern Lawn Hill platform, Northern Australia. – *Econ. Geol.*, 101, 1293–1312.

Постъпила 2012