

ЕТАПИ НА УТАЙКОНАТРУПВАНЕ И КОРЕЛАЦИЯ НА ПАЛЕОГЕНА ОТ ГРАБЕНОВИТЕ БАСЕЙНИ ОТ ЮГОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ

Милорад Вацев

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България

Благой Каменов

ул. Славянска № 6
София 1100, България

Сава Джуранов

Софийски университет
"Св. Климент Охридски"
София 1100, България

РЕЗЮМЕ

В палеогенските басейнови последователности са представени трансгресивно-регресивни, флувиално-езерни/морски-флувиални цикли на утайконатрупване. Формирането на грабените понижения и на сивоцветна, теригенна, континентално-морска асоциация е протекло през средния еоцен. Кесноеоцен-ранно ранноолигоценският етап се отличава с развитието на зрели и "горещи" грабени, и циклично образуване на червеноцветно-сивоцветна, континентално-морска и дацит-риодацитова асоциация. За рупел-раннохатския и среднохат-рано раномиоценския етап е характерно разширение площите на седиментация и образуването на сивоцветна, въгленосна, флувиално-езерна асоциация, имаща цикличен строеж.

ВЪВЕДЕНИЕ

Средноеоцен-ранно ранномеоценски теригенни и късно-еоцен-ранноолигоценски вулканогенни последователности с дебелина 0,5-3 km, са образувани и представени в грабенови понижения в Югозападна България (ЮЗБ). Основните басейни са: Местенски басейн (грабен) (МеБ), свързан с едноименния разлом и речна долина, Сандански (СаБ), Брежански (БрБ), Симитлийски (СиБ) и Бобовдолски (БоБ), свързани със Струмския разлом и речна долина; до североизточната периферна част на Сръбско-Македонския масив и в Струмската зона са: Падежки (Сухо-стрелски) (ПаБ), Каменишки (Преколнишки) (КаБ), Полетински (ПоБ) и Пиянецки (ПиБ), свързани с едноименни разломи или разломни зони; западно от Рилския блок от Родопския район или масив (РР) и западно от Струмския разлом е разположен Бобовдолски (БоБ), а северно от него, но в южната част на Средногорската зона, е Пернишкия басейн (ПеБ).

Целта на настоящата работа е въз основа на комплексен анализ да се направи корелация, разграничат основните етапи или тектоно-стратиграфски цикли и фази на утайконатрупване, и изяснят връзките им с характерни регионални и глобални събития. Статията е написана от М. Вацев, който е провел изследвания във всичките басейни. Бяха установени нови нива на развитие на морски седименти в Падежкия, Полетинския и Местенския басейн, а микропалеонтологските определения са извършени от С. Джуранов. Ползувани са и непубликувани данни за корелация между басейните, разработвани от Б. Каменов.

СТРУКТУРНА И СТРАТИГРАФСКА РАМКА

Структурна рамка

Палеогенските грабенови басейни от ЮЗБ, са наложени върху докамбрийския фундамент на РР и нагнати палеозойски и мезозойски комплекси от съседните части на Струмската и Моравска единици и Средногорието. Грабените са линейно удължени главно в посока ССЗ-ЮЮИ и имат дължина 30-70 km и ширина 5-20 km. Тези басейни са елемент от къснокредно-палеогенската колизионна тектоно-магмена активизация на РР. Някои автори ги разглеждат като постколизионни (Dabovski et al., 1991). Образуването и развитието на грабените е свързано с прерастването на сводовите подувания с ядра от къснокредно-палеогенски гранитни плутони (Загорчев и др., 1987; Soldatos, Christofides, 1986; Christofides, 1998; Kamenov et al., 1999; Арнаудов, Лилев, 1998; и др.) в блоково-сводови издигания, разкъсване на горната част на земната кора през средния и късния еоцен и развитие в страни до тях на рифтогенни грабени или депресии. При разломяването са използвани и стари нарушения, и вътрешни граници. Образуваните груботеригенни и теригенни скали са от моласов тип. С тях е свързана дацит-риодацитова асоциация, характеризирана в редица публикации (Иванов и др., 1971; Иванов, Зидаров, 1968; Божков и др., 1976; Вацев, Недялкова, 1984; и др.). Магматизъм е представен и от палеоген-ранномеоценски гранитни плутони (Загорчев, и др., 1987; Kamenov et al., 1999; и др.).

Стратиграфска рамка

Възрастта на теригенните и вулканските скали от разглежданите басейни по фосилните останки, установени главно във воднобасейновите седименти и радиометричните данни за вулканитите (Пальшин и др., 1974; Pecskey et al., 1991), е определена като късноеоцен-

олигоценска. При нашите изследвания са установени биостратиграфски данни за средноеоценски (по-долу в текста) скали в ПаБ, ПиБ и МеБ и за ранно-ранно-миоценска – аквитанска - възраст на скалите от най-горната част на последователностите от БрБ (Gaudant and Vatshev, in press), а също и от БоБ и ПеБ, но данните не са публикувани. Преобладаващата част от разглежданите басейни са въгленосни и са изучавани от редица изследователи, които в тази кратка работа не може да бъдат посочени. Основните данни за стратиграфията на конкретните басейни са както следва: ПеБ – Б. Каменов (1964), R. Bergeov (1936), К. Захарева (1950) и непубликувани материали на М. Вацев; БоБ – Б. Каменов (1958), S. Cernjavska, (1977; и др.) и непубликувани материали на М. Вацев; ПоБ – Ст. Московски (1971) и непубликувани материали на М. Вацев; КаБ – Б. Каменов (1942), Р. Иванов и др. (1971), М. Анджелкович и др. (1991) и непубликувани материали на М. Вацев; ПиБ - Е. Белмустаков (1948), П. Мандев, С. Зафиров (1967), С. Московски, В. Шопов (1965), S. Cernjavska, (1977; и др.) и непубликувани материали на М. Вацев; ПаБ – Е. Белмустаков (1948), И. Загорчев, и др. (1989) и непубликувани материали на М. Вацев; БрБ и СиБ – М. Вацев (1984, 1991b), К. Захарева (1950), Е. Паламарев (1967), J. Gaudant, , and M. Vatshev. (in press); СаБ – И. Божков и др. (1976; и др.) и непубликувани материали на М. Вацев; МеБ - М. Вацев (1978a, 1978b, 1991a), Вацев, М. , С. Недялкова (1984) и непубликувани материали на М. Вацев. Разрезите и тяхната корелация на фигура 1 са по М. Вацев.

Риодацитите в района при височината Кожух (Божков и др., 1976; и др.) от СаБ имат възраст 30 Ма (непубликувани данни от бившето ДСО "Редки метали"). Това дава основание червеноцветните груботеригенни и теригенни скали, които те разсичат и които в значителна част са променени и окварцени, и наличните в тяхната горна част опализирани, вероятно риодацитови туфи, да се разглеждат като късноеоцен-ранноолигоценски.

Съставът, строежът, генезисът и корелацията на басейновите последователности показват, че на басейните е присъща еднаква, етапно проявена стратиграфо-седиментационна еволюция. Басейновите стратиграфски последователности и данни за техния състав, строеж, генезис и фосилно съдържание, са показани в общен вид на фигура 1.

ЦИКЛИ НА УТАЙКОНАТРУПВАНЕ

Палеогенските скали са представени от разнообразни конгломерати, пясъчници, аргилити и незначително количество варовици. Те изграждат характерни последователности, чийто литоложки състав, фосилно съдържание, строеж и генезис маркират развитието на регионални трансгресивно-регресивни цикли (ТРЦ) на седиментация – цикли от 2-ри и 3-ти ред (Фиг. 1). Границите на циклите са размивни и ясни литоложки. Размивният характер на границите е бил свързан преди всичко с изменението на ерозионния базис, усиления принос на груб теригенен материал и преразпределение площите на седиментация в рамките на грабените и района. Изменението нивото на ерозионния базис в разглежданите континентални

басейни, е било свързано преди всичко с тектонските понижения, скоростта на седиментация и образуването или оттеглянето на водните басейни – езера, езера-лагуни и морски заливи. Причините за това са тектонските движения, евстатичните изменения нивото на Световния океан и техните съчетания във времето. Отсъствието на ясно изразени дълбоки ерозионни врязвания и относително малките размери на басейни, които в значителна степен са били морфоложки свързани, позволява да се приеме, че не е имало съществено прекъсване в утайконатрупването, а границите на ТРЦ от 3-ти ред или циклитите (Карагодин, 1985) са почни изохронни. Представени са и цикли от 2-ри ред, обединяващи два до четири от ТРЦ от 3-ти ред и разграничени от тектонски засилени несъгласия и басейнови площни изменения. В скалите се установяват и индивидуални седиментни автоцикли - пролувиални, алувиални, алувиално-езерно-блатни и др. - показващи нарастваща структурна зрялост в трансгресивните и намаляваща в регресивните последователности.

Установените цикли от 2-ри ред, образувани през определени етапи или епизоди и съставляващите ги ТРЦ от 3-ти ред, имат сходен състав и строеж, но и присъщи индивидуални черти. В основата на последните са разположени флувиално-трансгресивни комплекси (ФТК), съответстващи на ниско ниво на ерозионния базис, а вероятно и на морето (LS), и отсъствие на водни басейни в грабените. Базалните моно- до полилитокластични брекчоконгломерати и конгломерати са образувани през ранно-трансгресивната флувиална фаза, а редуващите се конгломерати и пясъчници над тях - през късно-трансгресивната флувиална фаза. По генезис това са пролувиални и алувиални отложения. Скалитите имат променлива дебелина и са структурно и минералогическо-петрографски незрели. Инундационно-трансгресивните комплекси (ИТК) са представени предимно от теригенни скали – полимиктови и аркозни пясъчници и разнообразни аргилити, формирани във водни басейни – езера, залив-лагуни или открити морски заливи. Отличават се с висока структурна и минералогическо-петрографска зрялост. Със седиментите от началната инундационна фаза са свързани въглищни пластове, а с тези от късната инундационна фаза - глинесто-карбонатни и карбонатни скали. Тези последователности представят етапите на трансгресия в това число и максимална трансгресия на водните басейни - TS. Регресивните комплекси (РК), съответстват на високо ниво на водните басейни – море, езеро, но с отстъпващ бряг – HS. РК са изградени от пясъчници, пясъчливи аргилити и конгломерати в долната част, образувани през ранната регресивна фаза. Над тях лежат конгломерати и пясъчници от късната регресивна фаза, имащи променливи количествени съотношения и характеризирани се с намаляваща структурна и минералогическо-петрографска зрялост. Това се дължи на ерозията на коренните скали от оградните, вече по-издигнати блокове. РК са образувани от реки на дъното на отстъпващите водни басейни.

По своята природа и същност наличните последователности и спътстващите ги вулканагенно-седиментни такива са синрифтогенни. ТРЦ от 3-ти ред от долната и средната част на циклите от 2-ри ред, са прогресивни

асиметрични с нарастваща дебелина на воднобасейновите отложения и малка на РК. Последните ТРЦ са прогресивно-регресивни (Карагодин, 1985) с добре развити РК. Развитието на последователностите в индивидуалните басейни и общо за района може да бъде причинено и обяснено от комбинацията от тектонските понижения и продължителните евстатични изменения.

Средноеоценски цикъл от 2-ри ред - цикли А и В от 3-ти ред: Скалите от този цикъл от 2-ри ред са установени в ПаБ, ПиБ и МеБ. Базалните конгломеротно-пясъчни комплекси от ТРЦ А лежат върху предпалеогенския фундамент и са привързани към речни палеодолини в грабените. ИТК са представени главно от битумоносни алевроитови аргилити, глинести пясъчници и пясъчници. В основата присъстват неиздържани пластове от въглища и въглищни шисти. В горната част аргилитите са сивозелени пясъчливо-алевритови на места варовити. В тези скали от цикъл А и В от ПаБ и МеБ бяха установени за първи път от нас останки от гастроподи, бивалвии и фораминифери. Водните басейни са били залив-лагуни до открити заливи. РК на цикъл А, представен от неравномерно редуващи се пясъчници и конгломерати, е относително по-слабо развит (10-50 m) в сравнение с този от цикъл В (80-150 m). Това предопределя по-пълния строеж на разглеждания цикъл от 2-ри ред. В цяло последователностите от ТРЦ А и В са една сивоцветна теригенна, континентално-морска асоциация.

Фораминифери за първи път бяха установени в залив-лагуните битумоносни аргилити от Сухострелската свита (Загорчев и др., 1989) от ПаБ, от битумоносните аргилити от района на с.Пелатиково от ПиБ и от същите от Добринишката свита (Вацев, 1991) от МеБ. В ПаБ в средната част на ТРЦ А фораминифери са установени на четири нива. Асоциациите в по-голямата си част са съставени от планктонни фораминифери. Определени са: *Acarinina bullbrooki* (Bolli), *A. spinuloinflata* (Bandy), *A. primitiva* Morozova, *A. rugosoaculeata* Subb, *Pseudohastiregirina micra* (Cole), *P. danvilensis* (Howe & Wallace), *Subotina eocaena* (Gumbel), *S. linaperta* (Finlay), *Globigerina senni* Beckman, *G. medizzai* Toumarkine & Bolli и др. Тази асоциация доказва средноеоценска възраст на скалите от цикъл А.

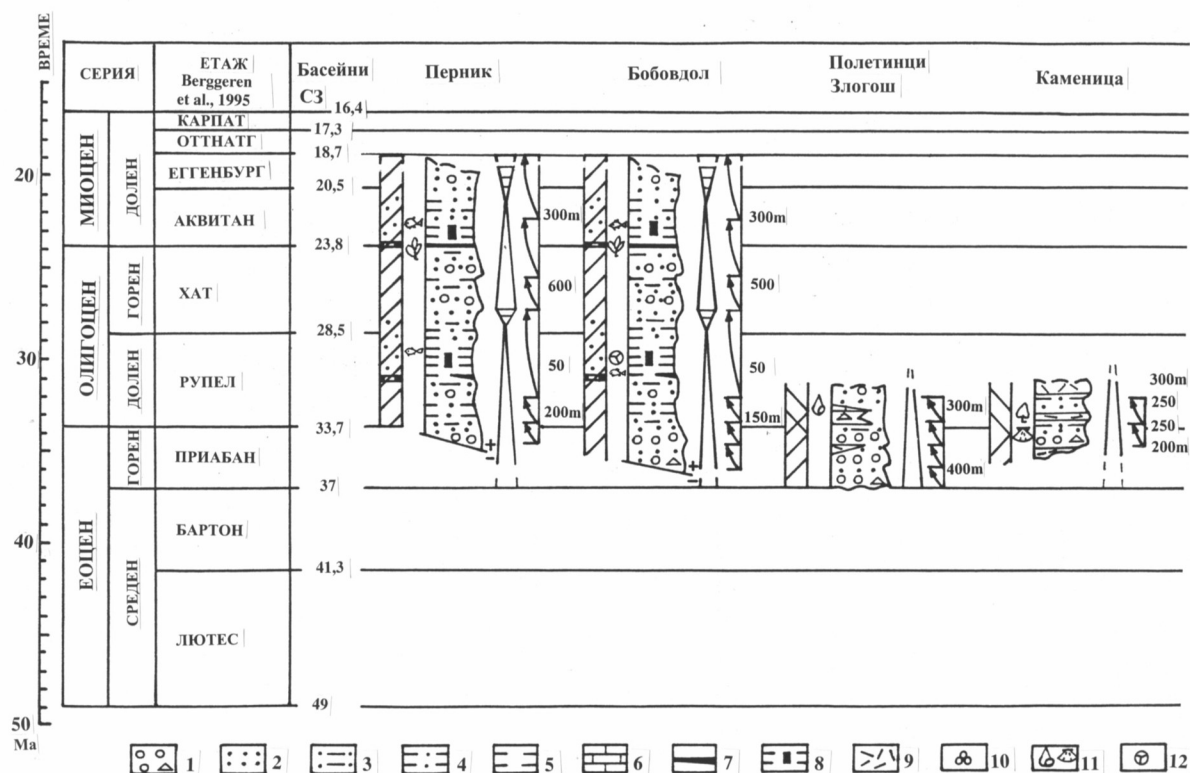
В ПаБ в средната част на ТРЦ В на две нива са установени асоциации от фораминифери и радиоларии. Фораминиферната асоциация почти изцяло е от планктонни фораминифери. Определени са: *Acarinina bullbrooki* (Bolli), *A. spinuloinflata* (Bandy), *A. pentacamerata* Subbotina, *Subotina eocaena* (Gumbel), *Pseudohastiregirina micra* (Cole) и др. Тези таксони определят средноеоценска възраст на скалите от цикъл В. Изследването на фораминиферите от ПиБ и МеБ не е завършено. Този цикъл от 2-ри ред може да се корелира със суперцикъл ТА 3 (Haq et al., 1987, 1988; Hardenbol et al., 1998).

Късноеоцен-ранноолигоценски цикъл от 2-ри ред - цикли С, D, E, F и G от 3-ти ред: За ФТК е характерно, че са изградени почти изцяло (до 80%) от червеноцветни брекчоконгломерати, конгломерати и пясъчници. Същевременно те съставляват преобладаващата (60-80%)

част от циклите С и D. Тези два цикъла са прогресивни асиметрични. Скалите от цикъл С лежат несъгласно върху фундамента или по-стари палеогенски седименти. ИТК са изградени от пясъчливи аргилити и глинести пясъчници, съдържащи слоеве от дребнокъсови конгломерати, а в горната част от варовици. Те са образувани в езера, езера-лагуни (МеБ, СаБ) или залив-лагуни и морски заливи (ПаБ, ПиБ, КаБ). Късноеоценски и олигоценски бивалвии и гастроподи са установени в КаБ (Каменов, 1942). Представени са също литотамниев водорасли, ехиниди, корали, нумулити, планктонни и бентосни фораминифери в ПаБ и ПиБ (Белмустаков, 1948; Загорчев и др., 1989; и др.). В тази кратка журнална статия съпоставяне и анализ на установените при нашите изследвания и публикуваните биостратиграфски материали не може да се изложи цялостно. За РК от ТРЦ е характерно последователно нарастване дебелината на съставляващите ги конгломерати и пясъчници (от 15-30 до 150 m). За ТРЦ С, D и E е характерно последователно нарастване на дебелината и издържаността на ИТК и РК. Цикъл F и G са прогресивно-регресивни.

В горната част на цикъл D, E и F са представени риодацити и туфи, като вулканизмът налага усложнения в техния състав и строежа, и развитието на последователности от вулкански и седиментни скали. Вулканската дейност е била прекратена вероятно през ранния олигоцен, но покриващи датирани седиментни скали липсват. Трябва да се посочи още, че развитието на КаБ и на разположеният, западно от него Пчински басейн от ЮИ Сърбия (Анджелкович, 1991), започва с вулканска дейност. Ранните вулкански и покриващи ги седиментни скали са разкрити по билото Тламина, непосредствено западно от границата със Сърбия. В цяло това е червеноцветно-сивоцветна теригенна, континентално-морска и свързана с нея нормална калциевоалкална, дацит-риодацитова асоциация (Иванов др., 1971; Иванов, Зидаров, 1968; и др.). В ПеБ, БоБ и БрБ последователностите от ТРЦ F-G не съдържат вулканити и са представени от въгленосни задруги; техния състав и строеж се разглеждат по-долу.

Изключително богати асоциации от фораминифери бяха установени на няколко нива и места в горната част на ТРЦ D и E в ПаБ. В тях преобладават бентосните фораминифери. В по-дребните фракции присъстват и планктонни. От тях са определени: *Globigerina officinalis* Subbotina, *G. yeguaensis* Weinzierl & Applin, *G. praebulloides* Blowq, *G. officinalis* Subbotina, *Subbotina eocaena* Gumbel, *Trurborotalia cerr. pomeroli* (Toumarkine & Bolli) и др. Тези таксони определят късноеоценска възрастта на скалите от цикъл С и D (на Коматинската и Логодажската свита), и долната част на цикъл E. В морските седиментни скали от Падежката свита (Загорчев и др., 1989), т.е., в горната част на цикъл E е установена разнообразна късноеоценска и ранноолигоценска фауна (Белмустаков, 1948; Загорчев и др., 1989; и др.). Анализ на биостратиграфските данни в тази кратка работа не може да се направи. Възрастта на скалите от този цикъл от 2-ри ред, обхващащ Коматинската, Логодажската и Падешката свити (Загорчев и др., 1989) по наличните нови и публикувани биостратиграфски материали се определя на късноеоцен-ранноолигоценска. Разглежданият цикъл от 2-ри ред се корелира със суперцикъл ТВ 4.



Фигура 1. Обобщени разрези на палеогенските последователности от басейните от ЮЗ България и тяхната корелация. Литология: 1- брекчоконгломерати и конгломерати, 2 – пясъчници, 3 – глинести пясъчници, 4 – пясъчливи аргилити и глин, 5 – аргилити и глин, 6 – варовици, 7 – кафяви въглища, 8 – битумоносни аргилити и варовити аргилити; 9 – дацити, риодацити и туфи; фосилни останки: 10 – фораминифери, 11 – гастроподи и бивалвии, 12 – спори и полен, 13 – горноокеанска и олигоценска флора, 14 – фосилни риби; обстановки на седиментация: 15 – пролувиално-алувиална, 16 – езерна, 17 – езерно-блатна, 18 – лагунно-заливна, 19 – морска; пооследователности от цикли на седиментация: 20 – трансгресивна градационна, 21 – регресивна аградационна; 22 – трансгресивно-регресивен цикъл на утайконатрупване; 23 – синседиментационни разседи; 14 – синседиментационни разсядания с прояви на вулканска дейност.

Късно-олигоцен-ранно ранно-миоценски цикъл от 2-ри ред - цикли Н, I, J и K от 3-ти ред: Скалите от този цикъл от 2-ри ред и отдолу лежащите ТРЦ F и G са формирани в нови грабенови басейни и в странични разширения на по-старите такива. Вулкански скали в тези последователности и грабени няма. Последователностите от циклите F-G и H-K имат сходен строеж и развитие. Началните ТРЦ от 3-ти ред са прогресивни асиметрични и неразвити добре. Техните ИТК са представени от незакономерно редуващи се пясъчници и пясъчливи аргилити. Дебелината им е до първите няколко метри и са размити. Горните ТРЦ са прогресивно-регресивни. Техните ИТК са изградени от битумоносни и пясъчливо-алевритови аргилити, и глинести пясъчници (70-150 m). В основата съдържат въглищни пластове, разработвани в БрБ, БоБ и ПеБ, а в горната – битумоносни и варовити аргилити.

Скалите от цикли F и G от БрБ по фосилна флора (Паламарев, 1967; Захаријева, 1950; Вацев, 1984), спори и полен (Cernjavskaja, 1977), фосилни риби-*Barbus macrurus* Ag. (Beregov, 1936), *Barbus steinheimensis* Quenst (Захаријева, 1950; Gaudant and Vatsjev, in press) са с рупел-раннохатска възраст. За скалите от цикли H-K по фосилни риби и флора в БрБ се определя къснохат-аквитанска възраст (Вацев, 1984; Gaudant and Vatsjev, in press); аналогична възраст имат тези последователности и

от БоБ и ПеБ, но материалите все още не са публикувани. РК са изградени от алувиални конгломерати, пясъчници и пясъчливи аргилити (50-120 m). Възрастта на РК от цикъл K по стратиграфска позиция е вероятно късно късноаквитан-егенбургска, а прекъсването е през оттангския век. Покривката е от карпатски седименти в БрБ и СиБ (Вацев, 1991б). Общо последователностите от ТРЦ G-H с рупел-раннохатска възраст и от ТРЦ H-K със среднохат-ранно ранно-миоценска възраст, имат сходен и сложен цикличен строеж, и съставляват една сивоцветна въгленосна, теригенна, флувиално-езерна асоциация.

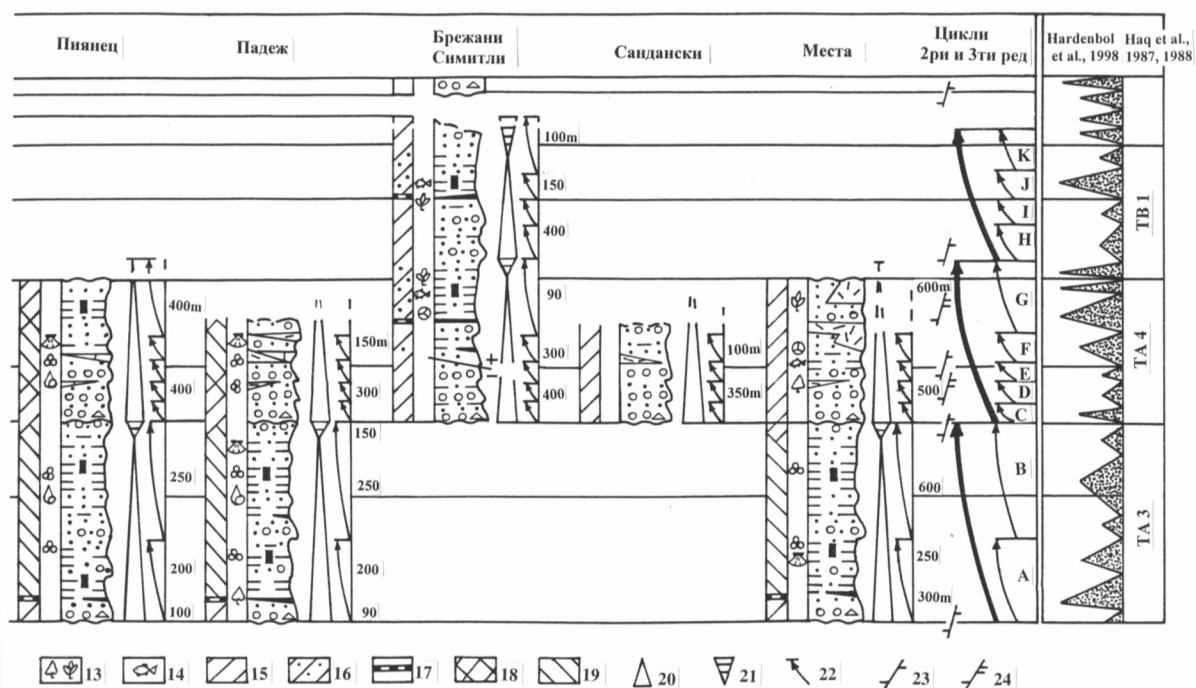
Разглежданият късно-хатски – аквитански цикъл от 2-ри ред се корелира със суперцикъл ТВ 1.

ОБСЪЖДАНЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщеният анализ на средноеоцен-ранно ранно-миоценските последователности и историята на пониженията показват, че образуването и еволюцията на палеогенските басейни и на утайконатрупването в тях, са протекли етапно: 1) образуването на средноеоценските седиментни басейни е свързано с илирската фаза и в тях в условията на топъл и влажен климат, е образувана сивоцветна, теригенна, континентално-морска асоциация. 2) Къснооцен-

ранноолигоценският цикъл от 2-ри ред е свързан с

пиренейската фаза, характеризира се с разширяване на басейните, дълбоки и тесни скъсвания



на земната кора, развитие на удължени зрели и "горещи" грабени, формиране в тях на червеноцветно-сивоцветна, континентално-морска и свързана с нея дацит-риодацитова асоциация и гранитни плутони в хорстовите блокове. Вулканизмът и свързаните с него термотектонски издигания, и внедряването на гранитни плутони са предопределили съществени изменения в характера и площите на седиментация през ранния олигоцен. 3) Олигоцен-ранно ранномиоценският цикъл от 2-ри ред е свързан със пиренейската и савската фаза, характеризира се с развитието на нови грабенови басейни, разширяване площите на седиментация, образуване на сивоцветна, въгленосна, флувиално-езерна асоциация, смяна през ранния миоцен на геодинамичния режим на широко площно разширение и понижние от такъв на свиване, блоково-сводови издигания и прекратяване на утайконатрупването, прояви на пластични деформации, главно в прибордовите части на грабените във връзка с общото хоризонтално свиване и блоковите премествания. Общо за този цикъл (етап) от 2-ри ред е характерно развитието на нови грабенови понижения и образуване на сивоцветна, въгленосна, флувиално-езерна асоциация. Съседните оградни или хорстови блокове са били относително слабо издигнати и в условията на топъл и влажен климат, са били покрити от растителност. Тези данни убедително показват широкообхватното разширение и стабилизация на земната кора. 4) Различията между последователните ТРЦ от 3-ти ред и циклите от 2-ри ред, които те съставляват, се интерпретират като причинени от измененията в основния тектонски механизъм, определящ пониженията в различните родствени грабенови понижения до широки и по-еднакви хлътващ тип понижения, причинени от тежестта на седиментите, термалните изстивания и стабилизацията на земната кора, и съчетанията им с евстатичните изменения. 5)

Установява се връзка между циклите на седиментация и измененията на нивото на Сивтовния океан (Haq et al., 1987, 1988; Hardenbol et al., 1998), като развитието на водните басейни (езера и морски заливи) в разглежданите грабени съвпада с епизоди на високо ниво на Световния океан (Фиг. 2), но по-точните корелации са затруднени от недостатъчната информация за по-детайлното биостратиграфско датиране на последователностите и границите на установените цикли. 6) В цяло разглежданият районът от ЮЗБ в интервала късен еоцен-ранен миоцен, но и по-късно, е изпитвал прогресивно, неравномерно във времето разширение, усложнявано от неперiodични импулси на свиване и свързани с тях блокови размествания, етапно проявен вулканизъм и внедряване на гранитни плутони.

ЛИТЕРАТУРА

- Анджелковић, М., М. Еремија, М. Повловић, Ј. Анджелковић, Ј. Митровић-Петровић. 1991. Палеогеографија Србије. Терцијар. Универ. Београд: 1-231.
- Арнаудов, В., Б. Амов. 1998. *Геохим. минер. и петр.*, 34: 83-90.
- Белмустаков, Е. 1948. *Сп. Бъл. геол.-д-во*, 1: 1-57
- Божков, Ил., Д. Забадинов, Е. Вълчева, Е. Плотников, М. Райнова. 1976. *Докл. БАН*, 29, 5: 697-699.
- Вацев, М. 1978. *Год. МГУ*, 23, св. 2, *Геол.*: 51-75.
- Вацев, М. 1978. *Год. МГУ*, 23, св. 2, *Геол.*: 221-246.
- Вацев, М. 1984. В Загорчев, И., С. Мънков, И. Божков (ред). Проблеми на геол. на ЮЗ Б-ия. *Техника*, С.: 36-43
- Вацев, М. 1991а. *Год. МГУ*, 23, св. 1, *Геол.*: 9-22.
- Вацев, М. 1991б. *Год. МГУ*, 23, св. 1, *Геол.*: 23-38.
- Вацев, М. Д., С. М. Недялкова, 1984. *Год. МГУ*, 30, св. 2, *Геол.*: 115-135.

- Загорчев, И., С. Мурбат, П. Липов. 1987. *Geologica Balc.*, 17, 2: 59-71.
- Загорчев, И., Н. Попов, М. Русева. 1989. *Geologica Balk.*: 41-69.
- Захаријева -Ковачева, К. 1950. *Год. С.У, Науки за Земята*, 46,3: 201-230.
- Иванов, Р., Р. Арнаудова, С. Чернявска .1971. *Изв. Геол. инст., серия геохим., минер. и петрогр.*, 20: 243-268.
- Иванов, Р., Н. Зидаров. 1968. *Изв. Геол. инст., сер. геох., минер. петрогр.*, 17: 295-309.
- Каменав, Б. 1942. *Год. Природ. богатства*, 2, А: 1-35.
- Каменав, Б. 1959. *Год. УГП*, 8: 1-26.
- Каменав, Б. 1964. *Изв. НИГИ*, 1: 233-245.
- Карагодин, Ю. Н. 19885. Регионална стратиграфия. М., *Недра*: 1-175.
- Мандев, П., С. Зафиров. 1967. *Год. МГУр св. 5 геол.*: 137-143.
- Московски, С. 1971. *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, 63, 2 *Геол.*: 77-85.
- Московски, С., В. Шопов. 1965. *Изв. Геол. инст.*, 14: 189-206
- Пальшин, И. Г., С. Д. Симов, М. М. Аракелянц, И. В. Чернышев. 1974. *Изв. АН СССР, Сер. Геол.* 4: 13-22.
- Паламарев, Е. 1967. *Изв. Бот. инст.*, 17: 91-133.
- Beregov, R. 1936. *Geol. Balc.*, 2, 2: 96-102.
- Cernjavska, S. 1977. *Geol. Balc.*, 7,4: 3-26
- Christofides, G.1996. Terranes of Serbia. *Univer Belgrad*: 155-160.
- Dabovski, Ch., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavroudchiev, G. Stanisheva, Y. Yanev. 1991. *Geol. Balc.*, 21, 4: 3-15.
- Gaudant, J., et M. Vatshev. 2002. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 4: 220-236.
- Gaudant, J., and M. Vatshev. (in press). Decouverte de deux ichthyofaunes lacustres dans l'Oligo-Miocene du graben de Brezani (Bulgarie du SO). *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*
- Kamenov, B., I. Peytcheva, L. Klain, K. Arsova, Y. Kostitsin, E. Salnicova. 1999. *Geochim., Mineral., Petrology*, 36: 3-26.
- Soldatos, T., G. Christofides, 1986. *Geol. Balc.*, 16, 1: 15-23.
- Toumarkine, M., H. Luterbcher. 1985. Paleocene and Eocene planktic foraminifera. In: Bolli, H., J. Saunders, K. Perch-Nielsen (Eds.) "Plankton stratigraphy": 87-154.

Препоръчана за публикуване от
катедра "Геология и палеонтология", ГПФ

Depositional stages and correlation of the Paleogene from the graben basins in Southwest Bulgaria

ABSTRACT

The Paleogene basinal successions record transgressive-regressive fluvial-lacustrine/marine-fluvial depositional cycles. The graben basins and a basal gray colored, terrigenous, continental-marine association were formed during the Middle Eocene. Mature and “hot” grabens with cyclic deposition of a red-and-gray colored continental-marine and related dacite-rhyodacite association are typical of the Late Eocene–Early Oligocene stage. The Rupelian–Early Chattian and Middle Chattian–early Early Miocene stage is characterized by expanding sedimentation realm and deposition of a cyclic, gray colored coal-bearing, fluvial-lacustrine association.

INTRODUCTION

The Middle Eocene–Early Miocene terrigenous and Late Eocene–Early Oligocene volcanic-sedimentary successions, varying in thickness from 0,5 to 3 km, were formed and now exposed in graben depressions in Southwest Bulgaria (SWB). Major basins are: Mesta basin (MeB), related to the homonymous fault and river valley, Sandanski (SaB), Brezhani (BrB), Simittli (SiB) and Bobovdol basins (BoB), related to Struma fault and river valley; the basins located along the northeastern periphery of the Serbo-Macedonian massif and within the Strouma zone – Padezh (Suhostrel) (PaB), Kamenitsa (Prekolnitsa) (KaB), Poletinci (PoB) and Pianets (PiB), related to homonymous faults or fault belts; the basins west of Rila block in the Rhodope region or massif (RR) and west of Struma fault – Bobovdol (BoB) and north of it in Sredna Gora Zone – Pernik basin (PeB).

The aim of the present paper is, based on complex analysis, to correlate the basins, to define the main stages or tectosedimentary cycles and phases in sediment accumulation and to unravel their relationships with characteristic regional and global events. M. Vasev, who has studied all mentioned basins, has written the paper. New horizons of marine sedimentation were established in Padezhq Poletinci and Mesta basins. S. Dzurakov did the micropaleontological studies. Some unpublished data of B. Kamenov were used in the basin correlation.

STRUCTURAL AND STRATIGRAPHIC FRAMEWORK

Structural framework

The Paleogene graben (trough) basins in SWB are superimposed on Precambrian basement of the RR and on folded Paleozoic and Mesozoic complexes of the neighboring parts of Struma and Morava units, and the Srednogorie. The grabens are linearly elongated mainly in NNW-SSE direction and vary in size – 30-70 km in length and 5-20 km in width.

These basins are elements of the Late Cretaceous–Paleogene collisional tectono-magmatic activation of the RR. Some authors describe them as post-collisional structures (Dabovski et al., 1991). The origin and development of the grabens is related to the progressive growth of domes cored by Late Cretaceous–Paleocene plutons (Zagorchev, Moorbath, 1987; Soldatos, Christofides, 1986; Christofides, 1998; Kamenov et al., 1999; Arnaudov, Lilov, 1998; etc.), break-up of the upper parts of the crust during the Middle and Late Eocene and formation of rift-related grabens and depression in the peripheral parts of the domes. The newly formed faults were controlled by pre-existing faults and inhomogeneous. The grabens accumulated coarse-terrigenous and terrigenous sediments of molasse type that were accompanied by rocks of a dacite-rhyodacite association (Ivanov et al., 1971; Ivanov, Zidarov, 1968; Bozhkov et al., 1976; Vasev, Nedyalkova, 1984; etc.). The intrusive magmatism is represented by Paleogene–Early Miocene granite plutons (Zagorchev, Moorbath, 1987; Christofides, 1998; Kamenov et al., 1998; etc.).

Stratigraphic framework.

The age of the terrigenous and volcanic rocks of the discussed basins is Late Eocene–Oligocene as indicated by fossils found in the water-basin sediments (Zagorchev et al., 1989; etc.) and by radiometric data for the volcanic (Palshin et al., 1974; Pecskey et al., 1991). In the course of our studies, biostratigraphic evidence for a Middle Eocene rocks in PaB, PiB and MeB (in this work down) and an early–Early Miocene –

Aquitanian age of the uppermost part of the successions in BrB (Gaudant, Vatshev, in press) and in BoB and PeB has been established but the data are still not published. Most of the basins are coal-bearing and were studied by many coal experts, which in this short paper can not be mentioned. The stratigraphic data of the study basins are based of: PeB – B. Kamenov (1964), R. Beregov (1936), Zaharieva (1950) and unpublished materials of M. Vatshev; BoB – B. Kamenov (1959), S. Chernjavskia (1977; etc.) and unpublished materials of M. Vatshev; PoB – S. Moskovski (1971) and unpublished materials of M. Vatshev; KaB – B. Kamenov (1942), R. Ivanov et al. (1971), M. Andelkovich et al. (1991) and unpublished materials of M. Vatshev; PiB – E. Belmustakov (1948), S. Moskovski, V. Shopov (1965), P. Mandev, S. Zafirov (1967), S. Chernjavskia (1977; etc.) and unpublished materials of M. Vatshev; PaB – E. Belmustakov (1948), I. Zagorchev et al. (1989) and unpublished materials of M. Vatshev; BrB and SiB – M. Vatshev (1984, 1991b) K. Zaharieva (1950), E. Palamarev (1967), J. Gaudant and M. Vatshev (in press) and unpublished materials of M. Vatshev; SaB – I. Bozkov et al. (1976, etc.) and unpublished materials of M. Vatshev; MeB – M. Vatshev (1977a, b, 1991a), M. Vatshev, S. Nedyalkova (1984) and unpublished materials of M. Vatshev. The summary stratigraphic sections of basin successions and correlate chart (Figure № 1) is prepare of M. Vatshev.

The age of the rhyodacites in the area of Kozhuh Height (Bozhkov et al., 1976, etc.) is 30 Ma (unpublished data of the former State Enterprise "Rare Metals"). This is an indication for the Late Eocene-Early Oligocene age of the rocks that are intersected by the volcanics. These rocks are red-colored, altered and silicated coarse-terrigenous and terrigenous sediments topped by opalized, probably rhyodacite tuffs.

The composition, structure, origin and correlation of the basinal successions allow distinguishing different stages in their stratigraphic-sedimentary evolution that are common for all basins. The basinal stratigraphic successions and data on their composition, structure, genesis and fossil content are summarized in Figure 1.

DEPOSITIONAL CYCLES

The Paleogene rocks are diverse conglomerates, sandstones, mudstone or argillites and minor limestones that form characteristic sequences. Their lithological composition, fossil content, structure and genesis mark the development of transgressive-regressive depositional cycles (TRC), i. e. 3^d (A-K) and 2nd order cycles (Fig. 1). The boundaries of these cycles are distinct wash-out and clear lithological contacts. The wash-out character of boundaries was related mainly to changes of the temporally base level, to higher supply of coarse terrigenous material and re-distribution of the depositional areas within the grabens and region. The changes of the base level in the discussed continental basins were related to the subsidence, the depositional rates, the formation and with drawal of water basins – lakes, lake-lagoons and marine bays. These changes were controlled by tectonic movements, eustatic changes of the World Ocean level and their combination in time. The lack of well expressed deep erosional carving and the relatively small size of the morphologically

linked basins, allows to assume that there were no essential depositional breaks and that the boundaries of the 3^d order TRC or the cyclites (Karagodin, 1986) were nearly isochronous. There are also 2nd order cycles that integrate two to four 3^d order TRC. They are divided by unconformities related to more intensive tectonic movements and changes in the depositional area of the basins. Individual sedimentary autocycles may be also traced – proluvial, alluvial (fluvial), alluvial-lacustrine-swamp, etc. that indicate increasing textural maturity in the transgressive successions and decreasing – in the regressive ones.

The established 2nd order cycles developed during certain stages or episodes and 3^d order TRC that form the latter, are similar in composition and structure but show some individual features. The base of the 3^d order cycles comprises fluvial-transgressive complexes (FTC) that correspond to low base level and probably of the sea level (LS) and lack of water basins in the grabens. The basal mono- to polyolithoclastic breccia-conglomerates and conglomerates originated during the early transgressive fluvial phase while the interbedded conglomerates and sandstones on top of them formed during the late-transgressive fluvial phase. Their genesis is proluvial-alluvial. The thickness of these rocks is variable and they are texturally and mineralogic-petrographic immature. The inundation-transgressive complexes (ITC) comprise mainly terrigenous rocks – polymictic and arkose sandstones and diverse mudstones that were formed in water basins – lakes, barred lagoons or open sea bays. They are characterized by higher textural and mineralogic-petrographic maturity. Coal seams are related to the sediments of the initial inundation phase while the sediments of the late inundation phase comprise mudstone and clay-carbonate rocks. These successions record the stages of transgression including also the maximum transgression of the water basins – TS. The regressive complexes (RC) correspond to high level of the basins – sea, lake – but with retreating coast – HS. RC comprise sandstones, sandy argillites and conglomerates in the lower parts that were formed during the early regressive phase. They are overlain by conglomerates and sandstones of the late regressive phase that show strongly varying quantitative relations and decreasing textural and mineralogic-petrographic maturity. This is due to erosion of rocks from the bordering, already uplifted blocks. RC was deposited from bottom rivers within the retreating water basins.

These sediments and the accompanying volcano-sedimentary rocks may be interpreted as syn-rift or syn-tectonic successions. The 3^d order TRC of low and middle part of the 2nd order cycles are progressive and asymmetrical and grow bigger thickness of the water-basin sediments and small of the RK. The last cycles are progressive-regressive (Karagodin, 1985) and have well developed RK. The evolution of these successions in the individual basins is similar throughout the discussed region and may be caused and explained by a combination between tectonic subsidence and long-lasting eustatic changes.

Middle Eocene 2nd order cycles – cycles A and B: Rocks of this 2nd order cycle were established in PaB, PiB and MeB. The basal conglomerate-sandstone complexes of TRC A overlie pre-Paleogene basement rocks and are related to paleo-river valleys within the grabens. ITC are represented mainly by

bituminous silty shales, clayey sandstones and sandstones. Pinching-out layers of coal and coal schist occur in the basal parts. In the upper parts, the argillites are gray-green, sandy-silty, locally calcareous. In these rocks, in PaB and MeB, we have found remnants of foraminifers, gastropods and bivalves

for the first time. The water basins were bay-lagoons to open bays. RC of cycle A, represented by irregularly intercalated sandstones and conglomerates, is not so well developed (10-50 m) as compared to that of cycle B (80-150 m).

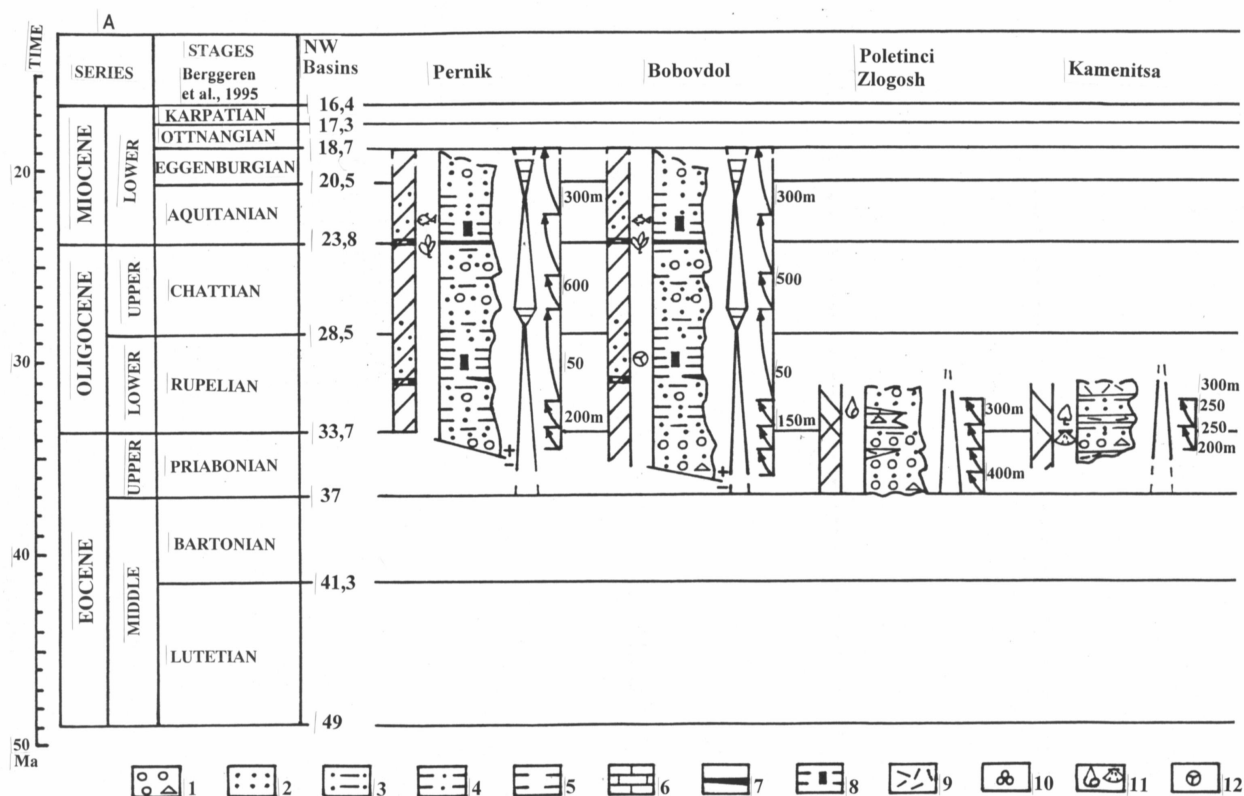


Figure 1. Correlate chart of the Paleogene successions and cycles of deposition of basins of the SW Bulgaria. Lithology: 1 – breccia-conglomerate and conglomerate; 2 – sandstone; 3 – clayey sandstone; 4 – sandy mudstone; 5 – mudstone; 6 – limestone; 7 – coal; 8 – bituminous mudstone; 9 – rhyodacites and tuffs; paleontology: 10 – foraminifers; 12 – gastropods and bivalves; 13 – spores and pollen; 14 – Eocene and Oligocene fossil flora; 14 – fossil fishes; environments: 15 – alluvial plain; 16 – lake; 17 – bog; 18 – bay-lagoon; 19 – marine coastal and shelf; 20 – transgressive succession; 21 – regressive succession; 22 – transgressive-regressive cycle; 23 – synsedimentary fault; 24 – synsedimentary faulting and volcanism.

This witnesses a more complete development of the discussed 2nd order cycle. As a whole, the succession of TRC A and B is a gray-colored terrigenous, continental-marine association and has complicated structure.

Foraminifers for the first time were found in gulf-lagoon bituminous shale of the Suhostrel Formation (Zagorchev et al., 1989) of PaB, in bituminous shale of the Pelatikovo area of PiB and Dobrinishte Formation (Vatsev, 1978a, 1991a) of MeB. In PaB in middle part of the TRC A they are at four level. In their larger part, the associations are composed of plankton foraminifers. The following species were defined: *Acarinina bullbrookii* (Bolli), *A. spinuloinflata* (Bandy), *A. primitiva* Morozova, *A. rugosoaculeata* Subb, *Pseudohastiregirina micra* (Cole), *P. danvilensis* (Howe & Wallace), *Subotina eocaena* (Gumbel), *S. linaperta* (Finlay), *Globigerina senni* Beckman, *G. medizzai* Toumarkine & Bolli; and others. This association proves Middle Eocene age of the rocks.

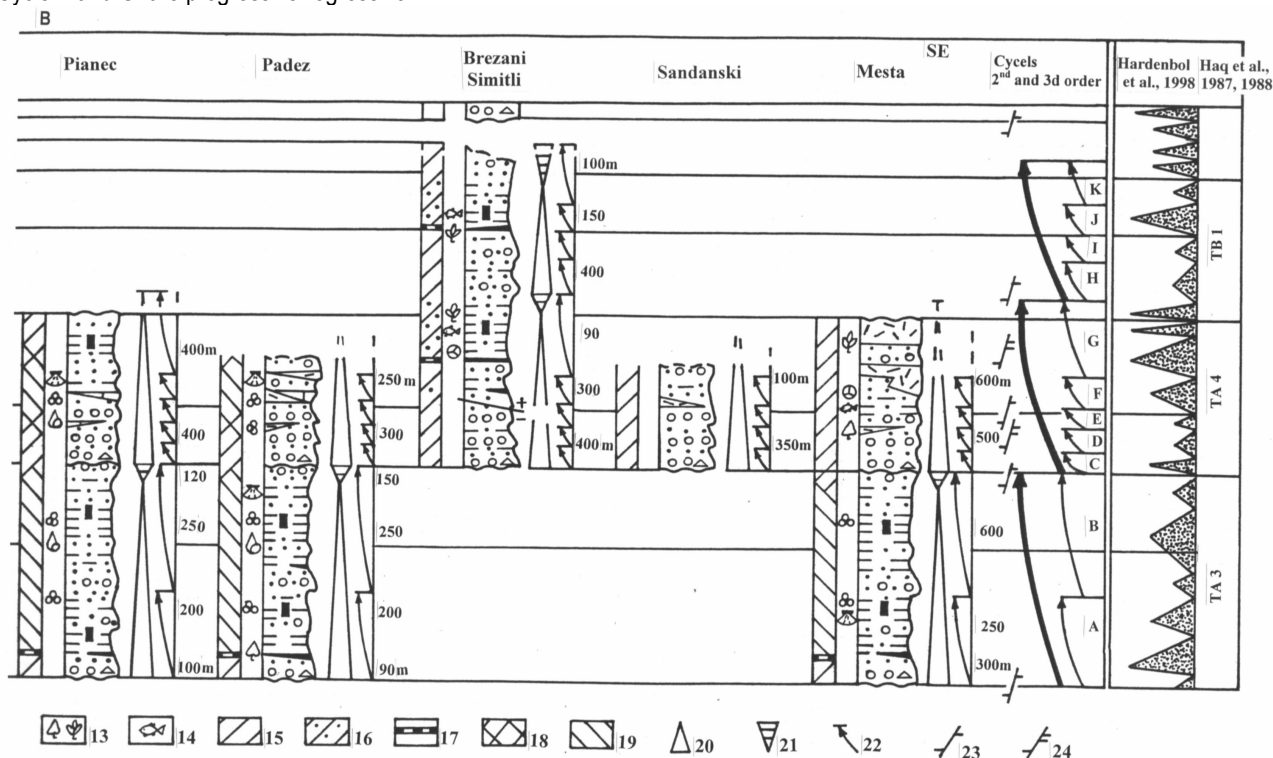
In middle part of the TRC B at two level foraminifer and Radiolaria associations were found. The foraminifer association is almost fully composed of plankton foraminifers. The following species were defined: *Acarinina bullbrookii* (Bolli),

A. spinuloinflata (Bandy), *A. pentacamerata* Subbotina, *Subotina eocaena* (Gumbel), *Pseudohastiregirina micra* (Cole); and others. These taxa determine Middle Eocene age of the rocks. The foraminifers from MeB still did not study.

This 2nd order cycle may be correlated with supercycle TA 3 (Haq et al., 1987, 1988; Hardenbol et al., 1998).

Late Eocene-Early Oligocene 2nd order cycle – cycles C, D, E, F and G: A typical feature of FTC is that they are build up almost entirely (up to 80%) of red-colored breccia-conglomerates, conglomerates and sandstones. At the same time, they form the dominant (60-80%) part of cycles C and D. Those two cycles are progressive asymmetrical. The rocks of cycle C overlie unconformably the basement or older Paleogene sediments. ITC comprises sandy argillites and clayey sandstones with interbeds of fine conglomerates and sometimes in the upper part – limestones. They were deposited in lakes (SaB), lakes or bay-lagoons and marine bays (PiB, KaB, PaB, MeB). Late Eocene and Oligocene bivalves and gastropods were found in KaB (Kamenov, 1942). Lithothamnian algae, ehinids, corals, nummulites and planctonic foraminifers are known from PaB and PiB (Belmustakov, 1948, Zagorchev et al., 1989; etc.). A

progressive increase (from 15-30 to 150 m) in the thickness of the conglomerate and sandstone succession is typical for RC of TRC. TRC C, D and E are characterized by a progressive increase of the thickness and persistence of ITC and RC. Cycle F and G are progressive-regressive.



The upper parts of cycle D, E and F comprise rhyodacites and tuffs. The volcanic activity provoked some disturbances in the structure and development of the sedimentary and volcano-sedimentary successions. The volcanic activity terminated probably during the Early Oligocene but a dated cover of sedimentary rocks is lacking. It must be pointed out that the development of KaB and the neighboring Pchin basin in SE Serbia (Andelkovich, et al., 1991) commenced with volcanic activity. The early volcanic rocks and their sedimentary cover are exposed along the Tlamina Ridge, directly west of the Bulgaria-Serbia border. As a whole, this is a red-and-gray colored terrigenous, continental-marine succession with related normal calc-alkaline, dacite-rhyodacite association (Ivanov et al., 1971; Ivanov, Zidarov, 1968; etc.). The sequences of the TRC F and G of BrB, BoB and PeB do not contain volcanic rocks and are presented of coal-bearing formations; their short characteristic is in lower part.

Extremely rich foraminifer association were found at several levels and place in the upper

part of the cycles D and E in PaB. Prevailing in them are the Benthic foraminifers. Plankton taxa are also present in the smaller fractions. The following species were defined: *Globigerina officinalis* Subbotina, *G. yeguaensis* Weinzierl & Applin, *G. praebuloides* Blowq, *G. officinalis* Subbotina, *Subbotina eocaena* Gumbel, *Trurborotalia cerr. pomeroli* (Toumarkine & Bolli) and others. As a whole this association proves Upper Eocene age of the rocks of cycle C, D (Komatinitsa and Logodazh Formation) and lower part of E. In upper part of section of the Padezh Formation is presented different Late Eocene-Early Oligocene fauna (Belmustakov, 1948, Zagorchev et al., 1989; etc.). Analysis of the biostratigraphical materials in this short paper can not be done. The age of this 2nd order cycle, incidences Komatinitsa, Logodazh and Padezh Formation (Zagorchev et al., 1989) on the basis of new and published data is Late Eocene-Early Oligocene.

This 2nd order cycle may be correlated with supercycle TB 4.

Late Oligocene-early Early Miocene 2nd order cycle – cycles H, I, L and K: The rocks of this 2nd order cycle and

cycles F and G were deposited in new graben basins or in lateral branches of old ones. The volcanic rocks absence in these grabens. The successions of the 3rd order TRC F-G and H-K have analogical structure and development. Their first cycles are progressive asymmetrical incomplete. FTC of those 3rd order cycles are represented by alluvial conglomerates and sandstones, the latter dominating. Their thickness is variable. Their ITC consist of irregularity alternation of sandy-silty shales and clayey sandstones and are washed away. The upper TRC are progressive-regressive. Their ITC are composed of bituminous clay shales, clayey sandstones and calcareous shales (70-150 m). The coal seams are developed in their base and are mined in BrB (cycle G), BoB and PeB (cycle J). The RC comprise of fluvial sandstones, sandy argillites and conglomerates.

According to fossil flora (Palamarev, 1964; Vatshev, 1984; Zakhariyeva, 1957), spores and pollen (Chernjavskaya (1977; etc.), fossil fishes – *Barbus macrurus*, Ag., of PeB and BoB (Beregov, 1936), *Barbus steinhelmehsi* Quenst (Zakhariyeva, 1957) and other of BrB (Gaudant, Vatshev, in press) the rocks of cycle F-H are of Rupelian-Early Chattian age. The rocks of cycles I-K are dated as Late Chattian-Aquitania on the basis of fossil fishes and flora in BrB (Vatshev, 1984; Gaudant, Vatshev, in press); the age of these successions in BoB and PeB is analogous but the data are still not published. According to stratigraphic position, the age of the RC of cycle K is probably late Late Aquitania-Egenburgian and the depositional break occurred during the Ottnangian age. The cover is of Carpathian sediments of the SiB (Vatshev, 1991b) and BrB (Vatshev, 1984). In general, the Early Oligocene succession of TRC H-G and this of cycles H-K Late Oligocene-early Early Miocene is a complex cyclic, gray colored, coal-bearing, terrigenous fluvial-lacustrine association.

This 2nd order Late Chattian-early Early Miocene cycle may be correlated with supercycle TB 1.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The analysis of the Middle Eocene-early Early Miocene successions and the basin history suggests several stages in their formation, evolution and sediment accumulation: 1) The formation of the Middle Eocene sedimentary graben basins was related to the Illyrian tectonic phase; a gray colored, terrigenous-marine association deposited in the conditions of a warm and humid climate. 2) The Late Eocene-Early Oligocene 2nd order cycle was controlled by the Pyrenean phase under conditions of expanding basins, deep and narrow fault zones, development of elongate mature and "hot" grabens with deposition of a red-and-grey colored continental-marine and related dacite-rhyodacite association accompanied by granite intrusions. The volcanic activity and the related growth of thermo-tectonic domes as well as the intrusion of granite plutons resulted in essential changes in the character and size of depositional areas during the Early Oligocene. 3) The Late Oligocene-early Early Miocene 2nd order cycle was related to the Pyrenean and Savian phases; typical features are development of new graben basins, expanding depositional area, deposition of a gray colored, coal-bearing, fluvial-lacustrine association, changes in the geodynamic regime during the Early Miocene from extension and subsidence to compression, block-dome uplift and

termination of the sediment deposition, onset of plastic deformations mainly around the periphery of the grabens as a result of general horizontal compression and block movements. In general, this 2nd order cycle (stage) is characterized by development of new graben depressions and formation of a gray colored, fluvial-lacustrine association. The bordering horst blocks were not highly uplifted and were covered by vegetation under conditions of a warm and humid climate. These data indicate a general crustal stabilization. 4) The differences between succession 3rd order TRC cycles and the 2nd order cycles which they form are interpreted as a result of the subsidence in different affiliated graben basins to form wide depressions of similar type resulting from sediment loading, thermal cooling, crustal stabilization and their combination with eustatic changes. 5) A link between depositional cycles and changes in the World Ocean level can be established (Haq et al., 1987, 1988; Hardenbol et al., 1998) – the development of water basins (lakes and marine bays) in the grabens correlates well with episodes of high World Ocean level but at present a more accurate correlations are not possible due to insufficient information concerning a more detailed biostratigraphic dating of the successions and the boundaries between the cycles. 6) As a whole, in the interval Middle Eocene – Early Miocene and later, the discussed region of SWB suffered a progressive, irregular expansion, complicated by unperiodic compressional impulses and related block displacements, cyclic volcanism and intrusions of granite plutons.

REFERENCES

- Andelkovich, M., M. Eremija, M. Pavlovich, J. Andelkovich, J. Mitrovich-Petrovich. 1991. Paleogeography of Serbia. The Tertiary. *Uni. Beograd*, 1-231 (In Serbian with English summary).
- Arnaudov, V., B. Amov. 1998. *Geochem., Miner., and Petrology*, 34, : 83-90 (in Bulgarian with English abstract).
- Belmustakov, E. 1948. *Rev. Bul. Geol. Soc.*, 1: 1-57 (In Bulgarian, France resume).
- Beregov, R. 1936. *Geol. Balc.*, 2, 2: 96-102.
- Bozkov, I., D. Zabadinov, E. Valcheva, E. Plotnikov, M. Raynova. 1976. *CR ABS*, 29, 5: 697-699 (In Russian).
- Christofides, G. 1996. Terranes of Serbia. *Univer Belgrad*: 155-160.
- Dabovski, Ch., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavroudchiev, G. Stanisheva, Y. Yanev. 1991. *Geol. Balc.*, 21, 4: 3-15.
- Gaudant, J., et M. Vatshev. 2002. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 4: 220-236.
- Gaudant, J., et M. Vatshev. (in press). Decouverte de deux ichthyofaunes lacustres dans l'Oligo-Miocene du graben de Brezani (Bulgarie du SO). *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*
- Ivanov, R., N. Zidarov. 1967. *Bullet. Geol. Inst., ser. geochem., miner. and petrogr.*, 17: 295-309.
- Ivanov, R., R. Arnaudova, S. Chernjavskaya. 1971. *Bullet. Geol. Instit., ser. geochem., miner. and petrogr.*, 20: 243-268 (In Bulgarian with Engl. Sum.).
- Kamenov, B. 1942. *Ann. Prirod. bogatstva*, 2, A: 1-35 (In Bulgarian).
- Kamenov, B. 1959. *Ann. Direct. Gen. Res. Geol.*, 8:1-26 (In Bulgarian).
- Kamenov, B. 1964. *Bull. Inst. Scin.-Res. Geol.*, 1: 233-245 (In Bulgarian, zusammenfassung).
- Kamenov, B., I. Peytcheva, L. Klain, K. Arsova, Y. Kostitsin, E.

- Salnicova. 1999. *Geochem., miner., petrology*, 36: 3-26.
- Palshin, I. G., S. D. Simov, M. M. Arakelynts, I. V. Chernishev. 1974. *Izv. AS USSR, Ser. Geol.* 4 : 13-22 (In Russian).
- Petskay, Z., K. Balogh, A. Harkovska. 1991. *Acta Geol. Hungar.*, 34, 1-2: 101-110.
- Soldatos, T., G. Christofides, 1986. *Geol. Balk.*, 16, 1: 15-23.
- Vatsev, M. 1978a. *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 23, part 2, *Geol.*: 51-75 (In Bulgarian with English abstract).
- Vatsev, M. 1978b. *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 23, part 2, *Geol.*: 221-246 (In Bulgarian with English abstract).
- Vatsev, M. 1984. In Zdgorchev, I, S. Mankov, I. Bozkov (eds). *Problems of geol. SW Bul. Technics*, Sofia: 36-43.
- Vatsev, M. 1991a. *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 31, part 1, *Geol.*: 9-22 (In Bulgarian with English abstract).
- Vatsev, M. 1991b. *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 31, part 1, *Geol.*: 23-38 (In Bulgarian with English abstract).
- Vatsev, M., S. Nedyalkova, 1984. *Ann. Univ. Min. and Geol.*, part 2 – *Geol.*, 30: 115-135 (in Bulgarian with English abstract).
- Zagorchev, I., N. Popov, M. Ruseva. 1989. *Geol. Balk.*: 41-69 (In Russian with English abstract).
- Zagorchev, I., S. Moorbatk, P. Lilov. 1987. *Geol. Balk.*: 17, 2: 59-71 (In Russian with English abstract).

Recommended for publication by Department

of Geology and Paleontology, Faculty of Geology and Prospecting