



Условия на образуване на сарматските седиментни скали от Балчишко, Североизточна България

Елена Колева-Рекалова

Геологически институт, БАН, 1113 София; E-mail: elkore@geology.bas.bg

E. Koleva-Rekalova. 1998. *Formational conditions of the Sarmatian sedimentary rocks from the Balchik area, North-Eastern Bulgaria. Rev. Bulg. Geol. Society, 59, 1, 69—74.*

Abstract. The formational conditions of the Sarmatian sedimentary rocks are reconstructed. The studied rocks are from the Euxinograd, Odurtsi, Topola and Karvuna Formations. The clays of the Euxinograd Formation are generated in a peripheral depression, situated in the shelf zone of the Euxino-Caspian Basin. The allochemical limestones of the Odurtsi Formation are characteristic of the lithoral zone of the same basin. The aragonite sediments of the Topola Formation are chemogenic precipitated in a shallow bay. The micrite limestones with shells and shell limestones with micrite of the Karvuna Formation are formed in shallow-water conditions, too.

Key words: sedimentology, Sarmatian rocks, aragonite sediments, North-Eastern Bulgaria

Въведение

За неогена от Североизточна България съществуват много данни. Едни от най-важните са структурно-палеогеографското райониране (Кожумджиева, Попов, 1981) и литостратиграфската подялба на миоцена (Попов, Кожумджиева, 1987). В последните години бе направена и детайлна седиментоложка характеристика на сарматските скали от Балчишко (Koleva-Rekalova, 1992; 1994; Колева-Рекалова, 1997). Всички тези данни позволиха да бъдат реконструирани и условията на образуване на тези скали.

Материал и методика

Седиментоложките изследвания са направени на базата на описанието и опробването на 10 разреза (Колева-Рекалова, 1997). Тези разреза са от Балчишката част на Варненско-Балчишката депресия и ръбната ѝ зона, в съответствие със структурно-палеогеографското райониране на неогена по Кожумджиева, Попов (1981). Скалите от Балчишката част на депресията влизат в състава на Евксиноградската, Тополската и Карвунската свита, а от ръбната зона — на Одърската и Карвунската свита (Попов, Кожумджиева, 1987). Хроностратиграфският обхват на Евксиноградската свита е от горнокараганския подетаж до средните части на бесарабския подетаж включително, а на Одърската свита — част от бесарабския подетаж (зона *Plicatiforma fittoni*) (Попов, Кожумджиева, 1987). Тополската свита хроностратиграфски съвпада с горната част на бесарабския подетаж (зона *Cerastoderma balcicense*) и долната част на херсонския подетаж (зона *Maetra timida*), докато Карвунската свита заема

средната част от херсонския подетаж — зона *Maetra bulgarica* (Попов, Кожумджиева, 1987).

За възстановяване на условията на образуване на седиментните скали са използвани следните параметри: характер на седиментацията, дълбочина на образуване, енергия на водната среда на формиране, диагенетни особености, климат (соленост на морската вода и температура), подхранващи провинции и др. Тези параметри са изведени от детайлните седиментоложки изследвания на сарматските скали от Балчишко (Koleva-Rekalova, 1992; 1994; Колева-Рекалова, 1997).

Условия на образуване на сарматските седиментни скали

Глини от Евксиноградската свита

В Евксиноградската свита преобладават диатомейно-спонголитовите и алевропесъчливите диатомейно-спонголитови глини (Колева-Рекалова, 1997). Те са образувани в сравнително плитка, периферна депресия (Балчишката част на Варненско-Балчишката депресия), която е била в рамките на шелфовата зона на Евксино-Каспийския басейн. По тектонски причини границите ѝ често са се променяли. В резултат на потъването на изследвания район по разломи, морският басейн неколкостранно е напредвал, главно в северна посока. Регресиите са се осъществявали съответно в южна посока. Поради това близостта или отдалечеността на сушата е оказвала влияние върху количеството на кластичните компоненти с алевритни и псамитни размери в глините. В разрезите на Евксиноградската свита между

курорта Албена и с. Топола преобладават фино-слоистите диатомейно-спонголитови глини, които много рядко са прослоени от алевропесъчливи диатомейно-спонголитови глини. Този участък почти през цялото време е бил сравнително най-отдалечен от сушата. Обаче северно от гр. Балчик, в сондажите от Добруджанския възлищен басейн е установено, че глините на Евксиноградската свита са разделени на два клена от пясъците, варовитите пясъчници и песъчливите варовици на песъчливо-варовитата здруга (Попов, Коюмджиева, 1987) (фиг. 1). Тук и глините съдържат в по-големи количества кластични компоненти с алевроитни и псамитни размери. Те са отнесени към алевропесъчливите диатомейно-спонголитови глини. Този факт потвърждава близостта на сушата за посочения район. Така по време на образуването на глините на Евксиноградската свита голямо значение е имала механичната диференциация на седиментния материал.

Глините от свитата са полиминерални по състав. Те са изградени главно от илит и смектит, като каолинитът и хлоритът са в подчинени количества. В разрезите отдолу-нагоре (към контакта с арагонитните седименти на Тополската свита) се наблюдава относително увеличаване на съдържанието на смектита спрямо това на илита (Колева-Рекалова, 1997). При изследването на състава на олигоценските глини бе установено, че те са изградени от същите глинести минерали — предимно от илит и смектит, а в подчинено количество от каолинит и хлорит (Колева-Рекалова, 1997). Този факт показва, че глинестите минерали имат теригенен произход и постъпват в басейна в резултат на разрушаването на олигоценските глини, изграждали околната суша.

Обилната глинеста седиментация в много случаи пречи или намалява до минимум хомогенното утаяване на карбонати. Вероятно в резултат на това в Евксиноградската свита отсъстват мергелите, а микритните варовици са изключително редки. От друга страна обаче изследваните глини са набогатени на макро- и микро-фосили.

За дълбочината на образуване на глините от Евксиноградската свита може да се съди главно по наличието на обилната флора и фауна в тях. На тази база Коюмджиева и Дикова (1978) са определили, че те са образувани на дълбочини, които не надвишават 100 m. Обикновено глинестите скали са критерий за съществуването на подълбоководна седиментация. Тук обаче се установяват сравнително плитководни условия на формиране. Това се доказва и от наличието на бентосни фораминифери (Даракчиева, 1989) и от обилното присъствие на спикуюти от силициевни гъби. Те са характерни за всички изследвани глини, даже и в разрезите, където общата им дебелина е около 110 m. Може да се предположи, че запазването на малката дълбочина на генериране на глините се дължи на компенсираното потъване на депресията по ограничаващите я разломи.

Диатомейно-спонголитовите глини се образу-

ват в спокойна водна обстановка. За това се съди по добре изразената им хоризонтална слоистост. Освен това тези глини се отличават с люспесто-ориентирана структура, която може да възникне единствено при отсъствието на коагулация и бавно утаяване на глинестите частици, т.е. в отсъствието на активен хидродинамичен воден режим. Присъствието на голямо количество глинести минерали указва, че седиментите са непримити. Те са и незрели — кластичните компоненти в тях имат полимиктов състав, като преобладава кварцът, но количествата на фелдшпатите и скалните късчета са значителни (Колева-Рекалова, 1997). Кластичните примеси не са сортирани и по форма са предимно полузаоблени. Единствено присъствието на биодетритни прослойки сред глините на Евксиноградската свита са указание за наличието на течения със сравнително голяма водна енергия. Тези течения вероятно са имали повърхностен характер, т.е. дълбочината на тяхното действие е била такава, че те не са засягали дънните утайки. Това предположение се потвърждава от факта, че глините под и над биодетритните прослойки, както и самите те, притежават добре изразена хоризонтална слоистост (Колева-Рекалова, 1997).

Почти през цялото време на утаяване на глините от Евксиноградската свита е съществувал хумиден климат. Той се е отличавал с това, че е бил топъл и влажен. Вероятно отначало (през късния караган) е бил умерен, а вече през част от бесарабския подвек — субтропичен. По някои пластови повърхнини на изследваните диатомейно-спонголитови глини се наблюдават добре запазени слабо овъглени растителни останки, които са критерий за съществуването на хумиден климат. В условията на топъл и влажен климат се засилва денудацията на околната суша и реките внасят денудирания материал в басейна. Коюмджиева (1986) доказва, че Евксино-Каспийският басейн е имал “полуморски” характер, в резултат на вливането в него на множество реки. Солеността му през къснокараганския подвек е от порядъка на 12-14‰ (Коюмджиева, 1965). През част от конкския век (сартагански подвек) водите на Евксино-Каспийския басейн са били нормално морски (Коюмджиева, 1986), като солеността по данни от диатомейните определения е била 25-30‰ (Темнискова-Топалова, 1994). Повишаването на солеността не оказва съществено влияние върху седиментацията — в басейна е продължило образуването на диатомейно-спонголитови глини. Единствено Гочев (1935) споменава за наличието на гипс в глините от “Евксиноградската серия”. В проведеното седиментолошко изследване не бе установен гипс. Даже и да присъства, вероятно той е в незначителни количества.

Глините на Евксиноградската свита са образувани в сублиторални седиментационни обстановки, съвпадащи с неритовата (шелфова) зона на басейна. Диатомейно-спонголитовите глини са характерни за по-дълбоките, а алевропесъчливите диатомейно-спонголитови глини — за плитките части на тази зона. В хоризонтална

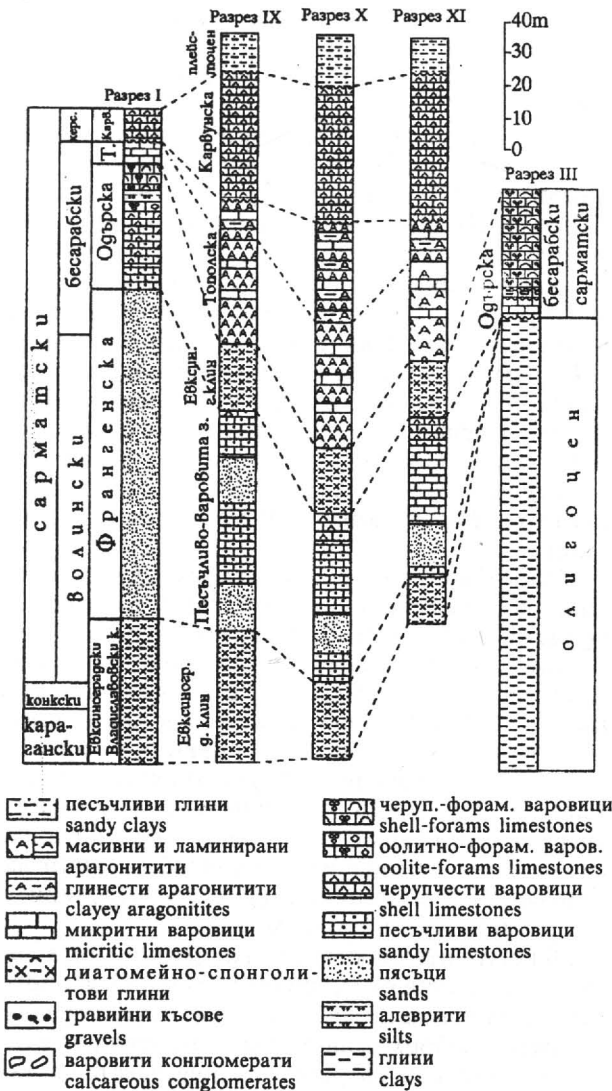
посока глините преждат в пясъците, варовитите пясъчници и пясъчливите варовици на Галатската свита и пясъчливо-варовитата задруга (Попов и Коюмджиева, 1987) (фиг. 1). Те са характерни за литоралните седиментационни обстановки. Глините от горния клин на Евксиноградската свита са синхронни по време на образуване с фрагментарните (алохемни) варовици от Одърската свита (фиг. 1).

варовици, черупчести варовици и пясъчливи варовици, докато при с. Камен бряг освен черупчесто-фораминиферните варовици, присъстват и само черупчести варовици.

Алохемните варовици са образувани на много малки дълбочини в сублиторалната зона на басейна. Доказателство за това са наличието на оолити и кластични примеси с гравийни, псамитни и алевритни размери. Най-оптимални батиметрични условия за образуването на оолитите съществуват в и непосредствено под приливно-отливната зона при дълбочина 1,8 m (Хрисчев, 1971).

Варовиците от Одърската свита имат хоризонтална и коса (с наклон под 20°) слоистост. Микроскопските изследвания показваха, че те са образувани предимно в средно раздвижени водни среди. Това е доказано с присъствието на сравнително високо енергийни алохеми — дебелостенни фораминифери, биокласти от черупки на бивалвии, оолити, интракласти и редки варовити екстракласти. За черупчесто-фораминиферните варовици е определен енергиен индекс на водната среда със стойност III₃ по схемата на Catalov (1972) (Колева-Рекалова, 1997). Те са добре промити, което се доказва с отсъствието както на карбонатен микритен матрикс, така и на глинести примеси. Имат ясно изразени зърнесто-поддържани структури.

В началото на бесарабския подвек климатът става още по-топъл и влажен и вероятно е бил субтропичен хумиден. Черупчесто-фораминиферните варовици, които имат най-голямо разпространение, са изградени главно от фораминифери, като преобладават тези с дебели стени и с размери около и над 1 mm (Колева-Рекалова, 1997). Присъстват и черупки от молуски. В топлите морски води се създават благоприятни условия за развитието на обилна макро- и микрофауна. Освен това тези води са богати на Са, който е необходим за изграждането на черупките им. Обилните валежи (главно през влажните сезони) вкарват в крайбрежните части на басейните огромни количества пресни води, като по този начин се създават пресноводни лещи (Longman, 1980). Те оказват влияние върху циментацията на формираните фрагментарни утайки. Фрагментите (алохемите) се циментират от нискомагнезиален калцит, чиито мозайки са предимно друзови. Друзовите мозайки са най-характерни за пресноводно-фреатичните зони (Longman, 1980). Такива са мозайките на поровозапълващия тип спойка в черупчесто-фораминиферните варовици от Одърската свита (Колева-Рекалова, 1997). Друго доказателство за съществуването на топъл и влажен климат е установяването на тера роса, развита в почти всички варовици на свитата. Обилната влажност води до разтварянето на варовиците по време на периодичните им осушавания. В резултат на това те се окаряват в различна степен. Каверните, лещите, пещерите, както и някои прослойки и зони, се запълват изцяло или частично с червенокафяви пелитни материали. Общата соленост на средносар-



Фиг. 1. Корелация на изследваните разрези по профилна линия запад-изток (по Колева-Рекалова, 1997)

Fig. 1. Correlation of the studied sections — profile line west-east (after Koleva-Rekalova, 1997)

Варовици от Одърската свита

В обема на Одърската свита преобладават фрагментарните (алохемни) варовици (Колева-Рекалова, 1997). Най-голямо е разпространението на черупчесто-фораминиферните варовици със спойка, които се установяват в разрезите при с. Одърци и с. Камен бряг. Те са доказани при изследването на шлифи и в разреза при с. Красен (близо до румънската граница). В разреза при с. Одърци се разкриват още оолитно-фораминиферни варовици, слабо пясъчливи черупчести

матското море се запазва в рамките на 14-15% (Коюмджиева, 1969; Темнискова-Топалова, 1994).

Кластичният материал, постъпващ в басейна, е получен в резултат на разрушаването на палеогенските пясъци, разкриващи се в западната част на района (Рускова, 1987). По тази причина кластичните компоненти с алевитни и псамитни размери са в по-големи количества във варовиците при с. Одръци и в незначително количество в тези от разреза при с. Камен бряг.

Арагонитни седименти, микритни варовици и варовити доломикрити от Тополската свита

Тополската свита е изградена от масивни и ламинирани арагонитни седименти, които се проследяват от масивни и ламинирани микритни варовици, варовити доломикрити и арагонитни глини. При предишните изследвания беше установено, че в условията на плитък залив първоначално са били утаени арагонитни тини с хемогенен произход (Koleva-Rekalova, 1994). В последствие част от тези тини са били подложени на раннодиагенетни процеси, при които се формират микритни варовици и варовити доломикрити с малки дебелени. Механизмът на литификация и доломитизация на арагонитните тини е описан подробно в Koleva-Rekalova (1994).

Условията за директно утаяване на арагонита от морската вода са много специфични и става под влиянието и комбинацията от различно действащи фактори. Най-важните от тях са: определена температура и соленост на морската вода, наличие на специфични елементи и елементи-примеси в нея, характерно рН на средата, изобилие на фотосинтезираща флора, намален внос на кластични компоненти, малка дълбочина на морския басейн, отсъствие на дънни течения и др.

Утаяването на арагонита се осъществява при наличието на високи температури — над 20°C (Engelhardt, 1977), в условията на тропичен и субтропичен хумиден и ариден климат. Солеността, при която става възможно утаяването му, е около 35,5% или малко по-висока (Friedman, 1969). Тази соленост отговаря на солеността на нормалната морска вода. Най-подходящо рН за формирането на арагонита е около 9,3 (Вологдин, 1975). При наличие на обилна фотосинтезираща флора, тя извлича разтворения във водата CO_2 , което съответно води до увеличаване на стойностите на рН. В седиментите на Тополската свита са установени диатомеи (Темнискова-Топалова, 1990; 1994). Директната кристализация на арагонита от морската вода става при пренасищането ѝ на Ca^{2+} и CO_3^{2-} . Повърхностните води на топлите морета са суперпренаситени на калциев карбонат (Alexandersson, 1972). От съществено значение се явяват и стойностите на Mg/Ca отношение на водата. Арагонитът се утаява при стойности по-големи от 12 (Muller et al., 1972). Съдържанието на Mg в морската вода не оказва влияние върху кристализацията на арагонита, но има силно забавящ ефект върху растежа на

калцитните кристали (Berner, 1975). Някои автори смятат, че дори и най-малкото съдържание на магнезий, се явява инхибитор за утаяването на нискомагнезиален калцит (Bishoff, Fyfe, 1968). От съществено значение за утаяването на арагонита е съществуването на определени елементи-примеси. Големите катиони като Sr^{2+} , Ba^{2+} и Pb^{2+} влизат лесно в кристалната решетка на арагонита. В съвременните арагонитни тини съдържанието на Sr е около 1 mol % (Lippmann, 1973). В изследваните арагонитни седименти съдържанието на Sr е около 1 тегл. % (Koleva-Rekalova, 1994).

Всички автори посочват, че арагонитните тини се образуват на много малки дълбочини. Така например съвременните арагонитни тини от Голямата Бахамска Банка са покрити с не повече от 7 m воден стълб (Bathurst, 1971). Източно от остров Andros има линия от коралово-водораслови рифове, които пречат на смесването на океанските води с водите на Банката. Белокрыс (1967) смята, че химично утаените доломити от Южна Украйна, които имат също бесараб-херсонска възраст, са образувани в лагуни, изцяло отделени от морето. Предполага се, че изследваните арагонитни седименти от Тополската свита са формирани в изключително плитък залив.

Образуването на първичните арагонитни тини от Тополската свита е ставало в спокойна водна обстановка. Това е и една от важните предпоставки за химичното утаяване на арагонита. Арагонитните седименти се отличават с добре изразена хоризонтална слоистост и ламинация. Микритните варовици, формирани при ранната диагенеза на арагонитните утайки, също притежават белези, които ги причисляват към нискоенергийните седименти. Те имат хоризонтална слоистост и ламинация. По класификацията на Catalov (1972) енергийният индекс на варовиците е определен на I_1 и по-рядко — I_2 .

Текстурните особености на арагонитните седименти са един от основните критерии за определяне на климатичните условия, съществували по време на формирането им. Арагонитите от долните части на разрезите на Тополската свита, с бесарабска възраст, са масивни (без ламинация). Освен това глинестите прослойки в тях са изключително редки. Тези факти са указание за съществуването на топъл и сух ариден климат. Липсата на валежи от една страна води до повишаване на солеността на морската вода, а от друга намалява или почти изчезва привноса на кластични компоненти от сушата. В началото на херсонския подвек продължава процесът на арагонитообразуване, обаче климатичните условия се променят, което също се установява с промяната на текстурните особености на арагонитните седименти. Те вече са ламинирани, като дебелите на ламините им са части от mm до 1-2 mm. Проследяват се от също толкова фини ламини от глинести арагонитити, арагонитни глини и глини. Това определя седиментите като варви, които имат сезонен характер. В този случай може да се

предположи, че климътът е бил хумиден субтропичен — с горещи и безводни лета и влажни, сравнително топли зими. През топлите сезони се образуват ламините с арагонитити и глинести арагонитити, а през влажните — арагонитните глини и глини, тъй като с реките се внася доста голямо количество предимно глинест материал. Съществуването на топъл климат, а в определени сезони и на обилна влажност, се потвърждава и от образуването на тера роса върху варовиците от горната част на Тополската свита.

Варовици от Карвунската свита

В Карвунската свита най-голямо разпространение имат микритните варовици с мактри и мактровите варовици с микрит. Често те образуват сложни слоеве, в които количеството на мактрите е различно, но съществено се увеличава в горните няколко см. Наблюдават се и мактрови варовици с дебелина на слоевете от 2 до 4 см, които са отделени един от друг от фини прослойки, изградени от варовити глини.

И двата типа варовици съдържат микрит. Вероятно микритът първоначално е имал арагонитен състав, което е указание за незначителни дълбочини на образуване. Обаче общите дебелини на тези варовици в изследваните сондажи достигат до 50 m. Това предполага понижаване по съществуващите разломи и натрупване на сравнително мощни, но изключително плитководни седименти.

Микритните варовици с мактри и мактровите варовици от Карвунската свита са образувани в нискоенергийни водни среди. Въпреки че съдържат черупки с дължини до 2 cm, те не трябва да се отнасят към високоенергийните варовици, първо защото в тях присъства микрит и второ — тези черупки не са претърпяли транспорт. Спокойната водна обстановка води до създаването на благоприятни условия за живот на мактрите. В горните части на разрезите на Тополската и Карвунската свити сред нискоенергийните седименти се наблюдават единични слоеве с малки дебелини — до 10 cm. Те са изградени от интракластично-пелетни и оолитни варовици със спойка. Това са скали, на които енергийният индекс е определен съответно на III₃ и IV₂ (Колева-Рекалова, 1997). Те са добре промити и имат зърнесто-поддържащи структури. Вероятно появата на високоенергийни нива сред нискоенергийни седименти е в резултат на действието на силни водни течения или показват близост до бреговата линия.

Данните за климатичните условия през среднохерсонския подвек, когато се образуват варовиците на Карвунската свита, са доста противоречиви. Наличието на микрит предполага, че първичните тини са били арагонитни по състав.

Тогава, освен високи температури, е необходима и голяма соленост на водата. Но варовиците са много здрави, което доказва, че арагонитните тини са били напълно трансформирани и литифицирани, за което се изисква присъствието на пресни води. По посочените до тук признаци може да се предположи, че климатът е бил хумиден субтропичен — топъл и много влажен. Но в долната част на разрезите на Карвунската свита мактровите варовици се проследяват от меки варовити глини, в които карбонатът е определен като нискомагнезиален калцит (Колева-Рекалова, 1997). Този калцит е устойчив и не се подлага на диагенетни промени. Вероятно има първичен произход, а не раннодиагенетен, както в микритните варовици на Тополската свита. За да се образува нискомагнезиален калцит не са необходими високи температури (Winland, 1969) и голяма соленост. Най-вероятно през средната част на херсонския подвек е съществувал хумиден умерен климат, със сравнително топъл летен сезон и влажни, но студени зими.

Заклучение

Съществуващите детайлни седиментоложки изследвания позволиха да се направят обосновани изводи за условията на образуване на сарматските седиментни скали в Балчишко. Глините от Евксиноградската свита са формирани в периферна депресия, разположена в шелфовата (неритова) зона на Евксино-Каспийския басейн. Диатомейно-спонголитовите глини са образувани в по-дълбоководните неритови зони, а алевропесъчливите диатомейно-спонголитови глини — в плитководните неритови зони. В хоризонтална посока седиментите на свитата преминават в пясъците, варовитите пясъчници и песъчливите варовици на Галатската свита и песъчливо-варовитата задруга, които са характерни за литоралните седиментационни обстановки. Глините от горния клин на Евксиноградската свита са синхронни по време на образуване на фрагментарните (алохемни) варовици от Одърската свита. Последните се отличават с доста голямо разнообразие. Те също са формирани в сублиторалната зона на басейна. Арагонитните седименти от Тополската свита са утаени по химичен път в малък и плитък залив. Арагонитообразуването първоначално се осъществявало в условията на ариден климат, а в последствие — на хумиден субтропичен климат. Част от първичните арагонитни тини са били подложени на литификация чрез трансформация и раннодиагенетна доломитизация. Микритните варовици с мактри и мактровите варовици от Карвунската свита имат плитководен характер на образуване.

Литература

- Белокрис, Л. 1967. Опреснялось ли Южноукраинское сарматское море? — *Советская геология*, 7, 97—110.
- Вологдин, А. 1975. *Закономерности формирования полезных ископаемых осадочных отложений*. М. Недра, 271 с.
- Гочев, П. 1935. Миоценът в околностите на Варна. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 7, 2, 115—139.
- Даракчиева, С. 1989. Зонална подялба на миоценската серия в Североизточна България. — *Палеонт., стратигр. и литол.*, 24, 31—43.
- Колева-Рекалова, Е. 1997. Седиментоложка характеристика на сарматските скали от Балчишко, Североизточна България. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 58, 1, 31—42.
- Коюмджиева, Е. 1965. Върху някоя особености на стратиграфията на карагана във Варненско. — *Изв. НИГИ*, 2, 49—60.
- Коюмджиева, Е. 1969. Хемистенохалинни морски форми от долния сармат в Северозападна България. — *Изв. Геол. инст., сер. палеонт.*, 18, 5—12.
- Коюмджиева, Э. 1986. Экостратиграфия фаун разной солености и проблемы их корреляции (на примере неогеновых моллюсков Юго-Восточной Европы). — В: *Достижения болгарской геологии*. С., Техника, 9—15.
- Коюмджиева, Е., П. Дикова. 1978. Средномиоценски утайки от сондажи при с. Оброчище, Толбухинско. — *Палеонт., стратигр. и литол.*, 8, 67—74.
- Попов, Н., Е. Коюмджиева. 1987. Миоценът в Североизточна България (литостратиграфска подялба и геоложко развитие). — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 48, 3, 15—33.
- Рускова, Н. 1987. Структурно-минералогическа характеристика палеогеновых песков Северо-Восточной Болгарии. — *Geologica Balc.*, 17, 59—70.
- Темнискова-Топалова, Д. 1990. Биостратиграфическое подразделение миоцена Северовосточной Болгарии по диатомовым водораслям. — В: *Микрофосилии в Болгарской стратиграфий*. Союз научн. работн. в Болгарии. С., 73—80.
- Темнискова-Топалова, Д. 1994. Миоценски диатомейни флори в България — състав, структура, еволюция, палеоекология и биостратиграфия. *Автореф. докт. дис.*, С., Биологически факултет, СУ "Св. Кл. Охридски", 68с.
- Хрисчев, Х. 1971. Съвременна карбонатна седиментация и нейното значение при палеогеографските реконструкции на древните варовити комплекси. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 32, 2, 163—174.
- Alexandersson, T. 1972. Intragranular growth of marine aragonite and Mg-calcite: Evidence of precipitation from supersaturated seawater. — *J. Sed. Petrol.*, 4, 2, 441—460.
- Bathurst, R. 1971. *Carbonate sediments and their diagenesis*. Developments in sedimentology, 12, Amsterdam - London - New York, Elsevier, 620p.
- Berner, A. 1975. The role of magnesium in the crystal growth of calcite and aragonite from seawater. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39, 489—504.
- Bischoff, J., W. Fyfe. 1968. The aragonite-calcite transformation — *Am. J. Sci.*, 266, 65—75.
- Catalov, G. 1972. An attempt at energy index (EI) analysis of the Upper Anisian, Ladinian and Carnian carbonate rocks in the Teteven anticlinorium (Bulgaria). — *Sedim. Geol.*, 8, 159—175.
- Engelhardt, W. 1977. *The origin of sediments and sedimentary rocks*. New York - Toronto - Sydney, A Halsted Press Book, John Wiley & sons, 359p.
- Friedman, G. 1969. Trace elements as possible environmental indicators in carbonate sediments. — *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.*, 14, 193—198.
- Kojumdjieva, E., N. Popov. 1981. Regions structuro-paleogeographiques en Bulgarie du Nord-Est pendant le Neogene. — *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 34, 9, 1273—1275.
- Koleva-Rekalova, E. 1992. Unconsolidated aragonite sediments of Sarmatian age in North-East Bulgaria. — *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 45, 9, 73—76.
- Koleva-Rekalova, E. 1994. Sarmatian aragonite sediments in North-Eastern Bulgaria — origin and diagenesis. — *Geologica Balc.*, 24, 5, 47—64.
- Lippmann, F. 1973. *Sedimentary carbonate minerals*. Berlin - Heidelberg - New York, Springer-Verlag, 229p.
- Longman, M. 1980. Carbonate diagenetic texture from near-surface diagenetic environments. — *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 64, 4, 461—487.
- Muller, G., G. Irion, U. Forstner. 1972. Formation and diagenesis of inorganic Ca-Mg carbonate in the lacustrine environment. — *Naturwissenschaften*, 59, Springer-Verlag, 158—164.
- Winland, H. 1969. Stability of calcium carbonate polymorphs in warm shallow sea water. — *J. Sed. Petrol.*, 39, 4, 1579—1587.

(Постъпила на 11. 09. 1996 г., приета в окончателен вид на 30. 10. 1997 г.)