

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	61	2	15–49	Београд, децембар 1997 Belgrade, Decembre 1997
--	----	---	-------	---

УДК 551.312.4:551.782.1(497.11)

Оригинални научни рад

ЈЕЗЕРСКИ МИОЦЕН КОД БЕОГРАДА

од

Драгана Долића*

*Посвећујем узгомени на П. С. Павловића,
његовом 75 година од првог рада о терцијару
Београдског Дунавског кољца (1922)*

У раду су реинтерпретиран подаци бушења са миоценског подручја источно од Београда (северна Србија). Тако се дошло до нових сазнања о односу између језерских наслага (Egerian–Eggenburgian) и трансгресивног морског бадениена.

Кључне речи: језерски миоцен, формациона анализа, "црвена серија", вулканизам, Београд, Велико село–Сланци

УВОД

Миоценске насlage Београда одавно су познате и проучаване од многих аутора. Истраживања која се односе на источно подручје града, око Великог села и Сланаца (сл. 1), обављао је 1977–78. Косовопроект, на траси тунела за интерцептор (О. Исаковић и сарадници). Тада је изведено бушење 12 бушотина, 66–219 m дубине. Бпостратиграфска испитивања обавила је Н. Крстић, а седиментолошка Ј. Обрадовић.

У времену 1992–1995, аутор овог рада урадио је Студију о важнијим геолошким истраживањима неогених наслага Београда и околине, из периода 1962–1991, у оквиру Комплексне геолошке карте (1:10.000). Том приликом анализирано је више од 1300 бушотина. Посебна пажња обрађена је на слатководне седименте, као и морски бадениен у њиховој повласти, да би се ближе сагледали њихови међусобни односи.

Тако се из богате грађе, бројних и углавном неуједначених иитерпретација, ииак дошло до синтезе о језерским наслагама околине Београда. Сви геолошки, седиментолошки, палеонтолошки и други подаци (нпр. о бушењу) представљају допринос њихових аутора, док сам се критички освртао на она схватања са којима писам био сагласан.

Овде желим да се захвалим на одличној сарадњи инж. Милице Јевремовић и инж. Олги Исаковић, а такође и на љубазној предусретљивости г–ђи Костић, у

* Геолошки завод ГЕМИНИ, Карађорђева 48, 11000 Београд.

Фонду Секретарјата за урбанизам Београда. За труд око израде прилога захваљујем се г-ђи Р. Талић.

Са М. Д. Димитријевићем и М. Димитријевић имао сам корисне дискусје о формационој анализи.



Сл. 1. Географски положај проучаваног подручја.
Fig. 1. Physical setting of the study area.

ИСТОРИЈАТ ПРОУЧАВАЊА

О првим почецима израде геолошке карте Београда и Београдског подунавља, 1909–1910. г., обавештава нас Павловић П. (1922). У поглављу "Старији терцијар": "... Појављује се једна сасвим нова геолошка творевина, која је искључиво ограничена на великоселски и сланачки атар".

"За одредбу стратиграфског положаја ових слојева од велике је важности профил у брегу Козари код првих великоселских кућа. Ту се налазе фосилима несумњиво утврђени другомедитерански жути, зеленкастосиви, местимично јако гвожђевити пескови. Они су у горњем делу ситнијег зриа, а подина им је (1 m) од крупног шљунка са великим остреама. Медитерански слојеви дискордантно налажу на лапорац, који је местимично и лпстаст са траговима биљака... Тиме се неоспорно утврђује већа старост ових слојева у подини другог медитерана; али, према досадашњим налазима, не може се поуздано казати ком баш кату терцијара припадају.

Према појављивању угља у Срему, можда ће највероватније бити ако се схвате као седименти првог медитерана".

"...У подножју косе Пајстовице, сасвим близу села Сланаца, а у обали пута који води за Београд, налази се плавакasto–зеленкаста, каткад црвенкаста песковита глина, пескови и слабо везани конгломерати".

У поглављу "Други Медитерански кат": "...Одавде пдући потоку Бучвару, затим у Анђелковићевом и Цетићевом мајлану, појављује се медитеран у облику шљунка и врло крупних валутака, слеplених ситнијим шљунком који садржи љуштуре од остреа... У потоку Тодорово кладенче и на Дугом билу застиру серпентински облаци знатне величине и читаве самице од серпентина и дацита. Њих сам схватио као обалске другомедитеранске творевине".

"Друго мишљење о старости ове глиновито–лапоровите шкриљаве серије заступа Ласкарев (1931). Он је убраја у "сочанске слојеве горњег олигоцена" (из Стевановић и Стангачиловић, 1951).

Резимирајући ранија проучавања, највише података о језерским наслагама Београда у низу својих радова даје нам П. Стевановић. Тако, 1951., литолошки састав "сланачке серије", како се од тог времена ове језерске наслага називају, сачињавају шкриљаве, листасте глине, битуминозне глине и плочасти лапорци, са местимичним интеркалацијама туфова. На падинама према Дунаву, код Каменца и у Провалији, у атару Великог села, налази се мања појава мрког угља (коју још П. Павловић помиње). Видљива дебљина наслага процењена је тада на преко 300 m.

О односу између језерских наслага и морског бадена, Стевановић каже: "Ако сравнимо ниже нивое на профилу који су без фауне (2–19), са вишим (20–25), који се на основу фауне могу ставити у хелвет, пада у очи постепен прелаз између њих и апсолутна конкорданција ... Оно што чини "границу" међу њима то је појава нешто грубљих седимената (шљунка) у неколико нивоа и туфозних седимената у доњој, јаловој серији". Старост наслага, на основу корелације и суперпозиције, одређена је као "бурдигал–хелветска".

У оквиру седимената "сланачке серије" посебан значај имају тзв. "бучварски конгломерати". О њима Стевановић (1970) излаже:

"У бази читаве тортонске серије леже груби серпентински конгломерати са интеркалацијама шљунка, зеленкастог шљунковитог пешчара и црвене пловаче". Дебљина седимената до 200 m.

"По свом положају ова конгломератична грубокластична серија није ни лајтовачка ("лајтовачки конгломерат" завршног тортона), ни интрасеријска, ни литорална тортонска. То је један посебан стратиграфски хоризонт који се јавља и у великоселском и вишњичком атару преко бурдигал–хелветске сланачке језерске серије. И тамо преовлађује мркоцрвена боја седимената".

И даље: "Како се види на изданку у Бучвару, бучварски конгломерат није само базална серија већ и одређени стратиграфски хоризонт, старији од хоризонта са *Aturia aturi*. вероватно да он једним делом, као и на Мечек планини и Фрушкој гори, представља еквиваленте горњег дела сланачке серије... Бучварски конгломерати пружају се ободом серпентинског масива и кретацјеске греде Торлачких висова... и указују на снажна епирогена издизања пре почетка маринске тортонске ингресије".

Ове интересантне седименте Стевановић помиње и 1975., ближе одређујући њихов положај: "...Тим пре што ови конгломерати у стубу заузимају исто место као завршни хоризонти сланачке серије са туфовима".

Као језерски "бурдигал–хелвет" сланачку серију Стевановић приказује и у Геологији Србије (1977), уз варирања о палеогеографским условима и генези наслага: "...одговара лагунској формацији тракастих лапораца код Тузле и, будући да у њој до сада нису нађени прави лимнички фосили може се бар делимично сматрати као семнлагунска "климатогена формација", типа полусланих језера, која, палеогеографски посматрано, представљају непосредни увод у наступајућу тортонску трансгресију".

Осврнућемо се овде и о слатководном и морском миоцену Баната, у радовима Ђ. Мариновића. Нарочито нас овде интересују њихови међусобни односи, као и састав наслага.

Тако, 1959.: "Први седименти који трансгредирају најчешће преко кристаласте подлоге су конгломерати, агломерати и брече. У наставку серије претежно су заступљене глине и лапори. У тој тзв. "шарепој серији", у доњем делу, развијене су су најчешће зеленкасте, делом шљунковите глине, а у вишим хоризонтима нарочито су карактеристичне жуте, смеђе, црвене па чак и плаве глине, често са миоштвом карбонатних конкреција и наслагама угља.

Како је већ познато велики део ових слојева представља континенталне, тј. слатководне творевине, али не би се могло тврдити да се ради искључиво о језерским седиментима. Врло је вероватно да је већ током првог медитерапа, а нарочито у току хелветског ката, долазило до маринских ингресија. У горњим деловима серије шарених глина и лапора местимично се може наћи на оскудну фауну фораминифера..."

И даље, у истом раду: "Највећи део вулканских творевина... лежи унутар тзв. "шарене серије" или испод фаунистички доказаног тортона... У току II Медитерана на великом простору југоисточног дела Панонског басена долази до значајног тоњења, чиме је условљен наилазак тортонске трансгресије".

Од истог аутора (1962): "У бази тортона на великом пространству набушени су седименти... који су у прво време били третирани као тортонски, а тек касније издвојени као старији претортонски ниво миоцена. У доњем комплексу ових наслага, дебљине до 150 m (Јаношник), најчешће су заступљени дробина, брече, конгломерати, а у нешто мањем обиму песковите глине, ситнозрни и прашинасти пешчари, лапори итд. Остаци бракичне или слатководне фауне могу се наћи веома ретко и то: *Congeria*, *Limneus*, *Planorbis*, *Unio*. остракоде итд., из чега већ јасније проистиче карактер самих седимената. **Горњи комплекс** слојева, који може бити знатно веће веће дебљине, такође садржи конгломерате и пешчаре али у мањем обиму. У горњем комплексу преовлађују разнобојни (црвени, смеђи, жути, модроплави) песковито–глиновити седименти са местимичним појавама угља и изванредно много туфова. За територију Баната карактеристични су лацитски туфови".

Закључак о старости, у истом раду: "У оквиру нафтног поља Јаношник–Јерменовци... базални делови серије (груби седименти)... свакако (би) одговарали доњем миоцену (аквитан–бурдигал), док су даље на боковима (Јаношник) продуктивни млађи делови (глиновито–песковите фације са туфовима), који се овде одређују као бурдигал и закључно доњи хелвет. Нафту такође садржи и дискордантни тортон".

И још један податак Мариновића, из Геологије Србије (1977): "Због честих дискордантних односа према долини и повлати ови седименти (старији миоцен) су сачувани само у веома уским просторима, а то обично само поједини нивои, у дебљини од свега неколико или више десетина метара. Изузетно, у изразитим рововима, као што је случај у југоисточном Банату (Јокве–Јаношник)...дебљина износи више од 400 m".

Приликом поменутих истраживања видну улогу имала је Н. Крстић, код биостратиграфских хоризонтирања палеонтолошког материјала.

Тако из Биостратиграфског извештаја (1977), који представља изворну грађу за њене касније радове, узећемо само неколико примера из домена слатководних наслага.

Бушотина V-150

- 14.5 m: *Reticulocandona* aff. *baljkovacensis*, *Potamocypris* sp., *Cypridopsis* ? sp. - "Средњи миоцен, слатководан".
- 29.9, 49.6, 99.9, 104.4 m: "Фауне нема, старост непозната".
- 126.8 m: *Candona* sp. juv., - "Терцијар слатководан".
- 148.6 m: "ситни фрагменти" *Reticulocandona* ? sp. ind., *Plyocypris* sp. - "Можда средњи миоцен".
- 169.9 m: "Старост непозната".

Бушотина V-156

- 120.4 m: *Candona* sp. juv., *Potamocypris* sp. juv. - "Вероватно средњи миоцен, слатководан".
- 130.7 m: *Cyprinotes kossmanni* (1978 = *C. gr. grandis*), *Reticulocandona nisseana* (1992=*Mediocypris nisseana*), *Candona* aff. *pokorny* (1978, 1992=*C. gr. luminosa*), *Plyocypris gr. errabundis* (1978=*I. aff. errabundis*), *Lymnocythere* sp., *Mediocypris* sp. ind. - "Средњи миоцен, слатководан".

Микрофаунистичка проучавања овог аутора сматрам да могу бити интересантна одговарајућим стручњацима. За нас, као и за геологију терцијара околине Београда, много је важнија методологија којом се служи поменути аутор.¹

У раду из 1978. тврдило се да "шљункови са остреама, којима почиње брахиалински режим, **не садрже микрофауну**", што је демантовао сам аутор у цитираном претходном извештају (1977) - Из бушотине V-158, интервал 123, 25-30 m, тамо се наводи: "Најбројнија је врста *Cytheridea paracuminata paracuminata* и ретки *Rotalia beccarii*, *Nonion boueanum*, *Asterigerina planorbis*, *Cibicides dutemplei*, *Falunia plicatula* и др. - Доњи тортои, ослаћен".

Исту негацију сопственог закључка налазимо и 1992., само што је тада старост наслага средњи баден, уз навођење микрофауне ("зона *Sp. carinata*").

И још један поп-сепс у истом стилу (1978). Из наведене бушотине једноставно су изостављене пробе са 95, 99 и 119 m, односно нису приказане на Табели, док су у 1977. биле означене као "доњи тортои". То се десило и са пробама из најнижег дела бадена бушотине V-150 (12 m) и V-156 (12 и 14 m), пако су све те пробе биле веома богате микрофосилима ("безброј"). Тако је аутор избегао да се изјасни о најважнијем, почетном делу морских наслага, који је на табели ипак означен као "горња лагенидна зона", тј. као прва на језерском комплексу.

¹ Овде сматрам да сам дужан једно објашњење. Зашто је на неке раније радове Др Н. Крстић, који су можда превазиђени и заслужују да остану у фондовима, обраћена посебна пажња? - У тим радовима постављена је основа за један систем, "нови правац", по коме данас већина језерских наслага Србије, од Дунава на северу до Македоније на југу, представља "еквиваленте доњег бадена (лагенидне зоне)". Међу многим таквим наслагама, подвлачим: различите старости и генезе, налази се и позната "сланачка се-рија" код Београда (предмет проучавања у овом раду).

У раду из 1992., Крстић сматра да "сланачка серија" у грочапској депресији "лежи преко старијег миоцена". Затим, "...то су континентални седименти у којима се могу разликовати језерске (сиве) и сувоземне (црвенкасте) творевине. Ова два типа седимената се неправилно смењују по хоризонтали и вертикали, али преовлађују хаотичне континенталне творевине" ... "Еквивалент је доњег бадена (лагениш-не зоне), а можда и горњег карпата".

Кнежевић и др. (1994), из дубоке бушотине (Ј. Перић, Гроцка, 1984), са дубине од 1130–1300 m, на јурским наслагама, приказују "језерске пребаденске наслаге". То су алевролити, пешчари и глинци, а такође и битуминозни седименти. На основу остатака микрофлоре одређена је старост седимената у распону "хатјан–егенбургиан".

Тврђња Krstić (1992) да "сланачка серија" у том подручју лежи "преко старијег миоцена", представља груби превид, неспојив са реномеом тог аутора. У бушотини Гроцке констатована је **само једна слатководна формација**, вероватно еквивалентна "сланачкој". преко које "дискордантно и трансгресивно" леже слојеви морског бадена. Одређена старост је у оштрој несагласности са гледиштем које заступа Крстић.

И на крају, овде би морало да се нагласи: из многих подручја Београда и околине, са изданака и из бушотина, морску микрофауну испитивали су О. Спајић, Р. Џоџо, В. Марковић, М. Петровић и други. Према синтези Петровића (1987), у баденским наслагама овде су заступљени: доњи баден (лагенишна зона), средњи (*Spiroplectamina carinata*) и горњи баден (*Bolivina dilatata*, *Rotalia beccarii*).

РЕЗУЛТАТИ БУШЕЊА

Од више бушотина приказаћемо овде само бушотину V–150, до 194 m дубине. Она је захватила све седиментне чланове, а и најдетаљније је лабораторијски испитана, те се може узети као репрезентативна за проучавано подручје. Бушотине V–151/103 m, V–153/124 m и V–162/65.5 m, бушене су кроз ниже делове језерских наслага; V–155/167.5 m захватила је већи део језерских наслага, али без контакта са морским баденом; V–156/175.5 m, осим најнижег дела, захватила је комплетан језерски миоцен, а такође и трансгресивни део бадена. Остале бушотине (V–154, V–158 и V–159) бушене су искључиво кроз морске седименте.

Приказани профил бушотине V–150 представља синтезу из оригинала (Исковић, 1978), изврсне фотодокументације (језгра бушотине, у колору) из истог елабората и веома корпусних резултата седиментолошких испитивања (Обрадовић, 1980), који су навођени на више места у овом раду, каткада и без посебног истицања аутора.

Профил бушотине V–150/1977

0–3.3 m: Површински део, "Лес"

3.3–6.8 m: **Морски бадениан**. Лапоровите и песковите глине са прослојцима песка и пешчара

6.8–13.6 m: (седиментни састав овог интервала допунио је аутор са профила испод Стране, у Великом селу): пакет конгломерата, шљункова и пешчара.

Конгломерати–шљункови, средње до добро везани, састоје се од округластих до плjosнатих валутака, добре заобљености и лошег сортирања. величина састојака до 10 cm Ø. Порекло од разних типова кредних кречњака и пешчара, ређе рожнаца, кварца...

Навише преовлађују разноврсни, претежно груби, жути до рђасти шљунковити пешчари, сочивастиог појављивања, у прослојавању са глиновитим пешчарима, песковитим, шљунковитим и лапоровитим глинама и алевролитима.

Везиво код конгломерата и пешчара је песковито–глиновити матрикс до карбонатни цемент.

Фосилни материјал у конгломератима *Ostrea*, у глинама *Cardium*, у пешчарима *Chlanys* и др.

13.6–21.4 m: **Слатководни миоцен.** Слабо лапоровите и песковите чврсте глине, сивозелене и беличастожуте, са прослојцима песка, пешчара и песковитих алевролита. Местимично слабо изражена хоризонтална ламинација. У седиментима ретки заобљени до полузаобљени валуци од рожнаца, андезита...

21.4–90.0 m: Претежно масивне и чврсте глине, прљавожуте, црвене до мрке, "мозаично шарене", песковите и слабо лапоровите, местимично са више песка и прелазима ка песковитим лапорцима, алевролитима и пешчарима. Чести су прослојци и сочива шљункова–конгломерата (0.3–0.6 m дебљине), или се као примесе налазе у осталим седиментима; различитих су гранулација (до 5 cm Ø) степена сортирања. На више места (52, 55, 87, 89 m...) налазе се седиментне брече (до 1 m), везане песковитим матриксом или карбонатним цементом.

У "шареним" седиментима карбонати су присутни у виду неправилних зрна, сочива, слојића, "конкреција". Садржај CaCO_3 у црвенкастим, сивозеленим до мрким алевролитима, или у међупросторима између "грудвица" и у "прслинама", 2–12.4 %, у шљунковитом пешчару (на 59 m) 10.1 %, ретко до 20.7, 22, 34 и 55.2 %, у цементу шљунка конгломерата.

Састојци глиша: монтморионит, бентонитског састава, илит, мало доломит и каолинит. Чест лимонит. Састојци шљункова–конгломерата: серпентинит, рожнац, кварц, мезозојски пешчари, кречњаци...

Вулканогени седименти представљени су туфовима – на 67 m (4.2 m дебљине) и туфитима – на 60, 75, 81 m. Састоје се од кварца, фелдспата, биотита, мало доломита, а код туфита и матичним седиментима.

90.0–96.0 m: Наизменично смењивање претходних масивних "шарених" песковитих и шљунковитих глина и алевролита са сивим и сивозеленим лапоровитим глинама и глиновитим лапорцима. У овим последњим слабо је изражена хоризонтална ламинација, а садржај карбоната је 24.9 и 28.2 % CaCO_3 (на 93 и 95 m)

96.0–146.0 m: Смењивање сивих и сивозелених лапоровитих глина и алевролита, песковитих лапораца, повремено битуминозних, уз често присуство туфова и туфита.

Садржај карбоната код лапораца и лапоровитих алевролита на (на 97–105 m) 23–37 %; код песковитих и лапоровитих алевролита (на

- 105–115 m) до 26 %, а код глина (у ламинитима, 121–122 m) око 6 % CaCO_3 . Минерали глина: монтморионит, ређе каолинит, илит. Минерали вулканогеног порекла запажени су и у овом интервалу (на 133, 137 m).
- 146.0–156.0 m: Смењивање неслојевитих, чврстих глина, више или мање угљевитих, са прослојцима услојених светлосивих лалпоровитих глина до лалпораца. У доњем делу су масне и шкрнљаве глине, са 12.3 % CaCO_3 . Састав глина: монтморионит, илит. Вулканогени зеолит на 153 m.
- 156.0–159.3 m: **Угаљ мрки**, танкослојевит до листаст, претежно мат, али и са прослојцима полусјајног угља. У доњем делу прелази у глиновити угаљ и угљевиту глину, са 8.9 % CaCO_3 . Глина: монтморионит, илит.
- 159.3–171.0 m: Смењивање светлосивих и мрких глина, неслојевитих масних, више или мање угљевитих. Местимично жилице, а могуће и танки прослојци угља (лоше језгровање!).
- 171.0–194.0 m: Мркожуте, црвене и сиве, неравномерно обојене, "мозачно шарене", песковите и алевритске глине до глиновити алевролити. Седименти масивни, чврсти, грудвасте грађе, у којој се истичу неправилна зрна и "сочива" компактних глинаца–алевролита, као и ситни валуци кварца. Садржај карбоната 2.1–8.4% CaCO_3 (изнад 175 m) и 3–12,7 % CaCO_3 (око 180 m). У прашиастој фракцији јављају се ситна зрна кварца и мало фелдспата. Глина: монтморионит, илит, каолинит.

СТРАТИГРАФСКА И ФОРМАЦИОНА АНАЛИЗА

Наслаге језерског миоцена, до сада познате као "слапачка серија", налазе се источно од Београда у Дунавском кључу, око Великог села и Сланаца. Издака нема на површини, а констатоване су и бушењем. Општег су пада ка запад–југозападу, 250/15–20–35°. Укупна до сада позната дебљина наслага износила би 350–400 m.

Како се овде ради о континуално наталоженим наслагама, али са знатним седиментолошким и геодинамичким разликама у суперпозицији, обухватили бисмо их, поштујући традицију (П. С. Павловић, П. Стевановић), под називом **Језерска група дунавског кључа**.

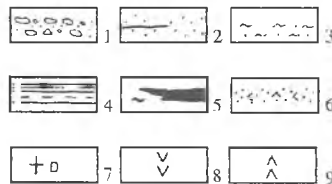
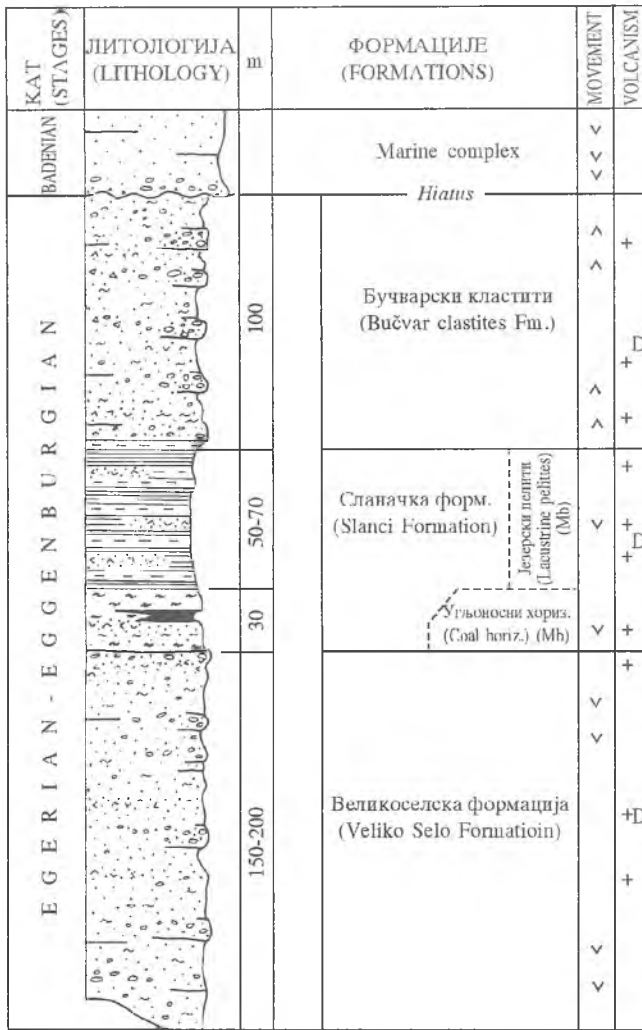
Стуб налага овог подручја представљен је на сл. 2.

Великоселска формација

Представља најнижи до сада доступни део слатководних наслага проучаваног подручја. Констатована је бушењем непосредно северно од Великог села, у бушотици V–153, на дубини од 28–124 m (дебљине 96 m), у V–151, на 25–103 m (дебљине 78 m), у V–162, до 65.5 m дубине, у V–155, на 111–167.5 m (дебљина 56 m) и у V–150, на 171–194 (дебљине 23 m).

Дебљина седимената ове формације процењује се на 150–200 m, а могуће је и већа.

У овој формацији провлађују "шарене", песковите и шљунковите глине, које се смењују са песковима, пешчарима и алевролитима, ретко лалпоровитим глинама



Сл. 2. Литостратиграфски стуб миоцена подручја Велико село–Сланца. Легенда: 1. Конгломерат, бреча, 2. Песак, пешчар, 3. Песковита глина, 4. Ламинирани глинац, лапорац, 5. Угаљ, угљевита глина, 6. Туф, туфит, 7. Дацитски вулканизам, 8. Спустицање, 9. Издицање.

Fig. 2. Columnar section through the Miocene of Veliko Selo–Slanci area. Legend: 1. Conglomerate, breccia; 2. Sand, sandstone; 3. Sandy clay; 4. Laminated shale, marlstone; 5. Coal, coal clay; 6. Tuff, tuffite; 7. Dacitic volcanism; 8. Subsidence; 9. Rising.

и лапорцима. У овим наслагама чести су прослојци и сочива разнозрних шљункова и конгломерата, који јој дају карактер претежно кластичне формације. Овде су констатоване и појаве вулканогених седимената.

– "Мозаично шарене", песковите глине, мркожуте, рђасте и црвене, ређе сиве, неслојевите и чврсте, карактеристичне су грудвасте структуре. Садрже минимално карбоната: 2.1–12.7 % CaCO_3 , врло ретко до 40 % у лапоровитим партијама. Карбонат је неравномерно распоређен у облику неправилних зрна, грудвица, сочива и "кокреција" у чврстим, слабо лапоровитим глинама и алевролитима. – Минерали глина: монтморионит, ређе илит и каолинит.

– Пескови, полуvezани до чврсти пешчари, налазе се у виду мањих прослојака и сочива у поменутих глинама, дебљине 0.2 до 3 m. У прашинастој фракцији налазе се ситна зрна кварца, одломци рожнаца и кредних пешчара, мало фелдспата, лискуна и др.

– Шљункови и конгломерати налазе се као сочива, cm–m дебљина, а врло често у виду мањих нагомилања и појединачних зрна расути су у основном глиновито–алевролитском материјалу. Седименти су у целини лоше сортирани, заобљеност састојака је различита – од добро заобљених до полузаобљених и угластих (седиментне брече). Величина састојака до 5 cm \varnothing , који су углавном добро везани глиновито–алевролитским матриksom и ређе, карбонатним цементом. – Порекло: мезозојски кречњаци и пешчари, рожнаци и серпентинити. – Глиновита материја: монтморионит, илит, ређе каолинит.

– Пирокластични седименти у овој формацији представљени су туфовима и туфитима. – У бушотини V–153, непосредно испод угљоносног хоризонта, на 28–30.7 m, налази се неколико слојева туфа, зеленосивог, карактеристичног стакластог сјаја и шкољкастог прелома, у смењивању са слојевима истобојне глине (монтморионит). Беличасти туф регистрован је у истој бушотини и на 61 m (0.3 m). – У V–155, на дубини од 146.9–148.8 m, регистрован је туфит. Исто тако у многим интервалима уочени су минерали вулканогеног порекла.

– У V–151, на дубини од 61 m, констатована је тектонска бреча са жицама калцита, као последица млађих раседања, ипаче честих на овом подручју.

Осврт на услове седиментације. – Седименти из Великоселске формације депоновани су у почетној фази настајања језерског басена. Седиментациони простор тала је брзо засипан претежно грубим материјалом са једног блиског, тектонски и морфолошки разуђеног коина. Према својим карактеристикама: боја седимената, знатно учешће грубокластичног материјала, "неслојевите" седиментне структуре, минимум карбоната итд., тзв. "шарени седименти" пре би се могли назвати копно–језерским него језерским (у ужем смислу), пошто је гро седиментног материјала алувијално–пролувијалног порекла. Уз напомену – депозиција је увек обављена унутар језерског простора.

Још ништа не знамо какве се наслага налазе испод описане формације, односно на којој би се дубини налазио палеорељеф. – Вероватно је близу.

За разлику од наслага сличног типа у горњем делу језерске групе, има се утисак да су описани седименти чврстији, компактнији, тј. више измењени дијагенетским процесима, где су знатан утицај имали тектоника, вулканизам и могуће хидротермални процеси. У целини гледано то су творевине типа "црвене серије" (синтектонске формације Поморавља и др.), настале у плиткој седиментационој средини и оксидационој зони, уз нагласак на узнемирено прибрежно копно и еквивалентне манифестације по дну језерског басена у настајању.

Сланачка формација

Састоји се од два члана: угљоносног хоризонта, у доњем делу и језерских пелита, у горњем.

Угљоносни хоризонт, у V-150, налазио је се на дубини од 146–171 m (дебљине 25 m), у V-153, на 23.8–28 m (доњи део хоризонта, од 4.2 m), у V-155, на 85.8–111 m (око 26 m), у V-156, на приближним дубинама (недовољно језгровање) 152–175.5 m (23.5 m), уз напомену да је бушење у последњој бушотини заустављено у доњем делу хоризонта.

Детаљни профил угљоносног хоризонта бушотине V-150 приказан је напред. Сличан састав био је и у осталим бушотинама.

Калциметрија седимената показала је ниске садржаје, од 2.5, 6.4, 8.9 % CaCO_3 . Глине: монтморионит, илит. – И овде су запажени вулканогени минерали.

Дебљина угљоносног хоризонта износила је 24–26 m, могло би се узети максимално до 30 m, а оно што би представљало угљени слој, око 3–3.5 m. Макроскопски, јер анализа нема, овде би се радило о мрком угљу, мат до полусјајног хабитуса, али који је доста произдвајан прослојцима и сочивима јаловине. Иако је познато да су на овом подручју (у изданачком делу слоја) некада обављени мањи истражни радови, јасно је да ова појава не може имати економски значај.

Језерски пелити представљају типске језерске фације. До сада су означени "сланачком серијом", а сада их сматрамо главним чланом Сланачке формације. То су средње до танкослојевите лапоровите глине и лапорци до ламинирани битумијски "шкриљци", са честим прослојцима вулканогених седимената. Профил наслага истражен је у бушотини V-150, на дубини од 90–146 m (56 m дебљине), у V-155, на 17.8–85.8 m (68 m) и у V-156, на 102–152 m (50 m). Укупна дебљина наслага варира између 50 и 70 m.

За наслага из бушотине V-150, која је детаљно приказана раније, још неколико седиментолошких података. – Иако су ови седименти у целини богати карбонатом (калцит, доломит), карбонати су неуједначено распоређени: 6–12 % код глиновитих и 20–59 % CaCO_3 , код лапоровитих седимената. Код ламинираних седимената карбонат је врло често представљен доломитом, када се ради о доломитичним лапорцима.²

– Појаве ламинираних, "листастих", седимената, mm дебљине, су доста честе, на пр. на 104, 115, 121, 122, 123, 126, 136, 137, 140, 144 m, и иносиоци су органске, битумијске материје. Битуминозност наслага је ниска, не зна се да ли је детаљније испитивана. – Минерални глина: провлађује монтморионит (бентонитског порекла), а ређи су каолинит и илит.

– Прокластични седименти представљају врло чест члан у овом делу Сланачке формације. То су бели до беличасто-жути туфови, сиви до мрки туфити и разни други седименти са вулканогеним примесама. – На 96–97.3 m налази се компактан, бели дацитски туф изграђен од девитрификованог вулканског пепела, са зрнима плагиокласа, кварца, биотита, хорибленде... Као индикатори синседиментационог вулканизма запажени су зеолити (клиноптилолит, аналцим) – на 103.6, 111, 113, 115, 118, 123.4, 137.6 m. Ових појава свакако је било и више, јер читав профил бушотине није могао бити детаљније лабораторијски испитан.³

² О карбонатним седиментима у језерском неогену Србије упућујем на радове Ј. Обрадовић и др.

³ О овој проблематици види исцрпно код Обрадовић и др. (1995) (cum lit.).

У седиментима ове формације чест је угљенисани биљни детритус, остаци флоре и остракода, а такође и жилице и импрегнације пирита. Фосилни материјал из ових наслага приказиван је код других аутора.

Осврт на услове седиментације. – После претходне брзе седиментације Сланачком формацијом означена је фаза осетног успоравања у режиму стварања седимената. Палеогеографски услови су се сасвим изменили: ниско и слабо разуђено прибрежно копно, дуг транспорт теригеног материјала, а принос седимената спорији од благог тоњења седиментационог простора.

Угљоносни хоризонт сачињавају литолошки карактеристични седименти мочварних фазија, које су настајале и краткотрајно егзистовале изнад језерске обалске линије (о генези угљоносног хоризонта биће још речи).

Оправданост издвајања угљоносног хоризонта запажа и Обрадовић (1980, књ. II, св. 3), кад каже: "присуство угља и угљевитих глина означава друге услове различите од језерског режима", а издвојили су га и аутори Елабората, као посебан члан (8₆).

Већ оно што је наведено код Језерских пелита било би довољно за реконструкцију услова у којима су ови седименти настали. Ово је типска језерска творевина (у ужем смислу), настала у специфичним условима. Поред физичких, у настајању пелита имали су и хомогени агенси, а такође палеоклиматски и други.

Карактеристично појављување ламинираних, глиновито–лапоровитих седимената, "тракастих до листастих", може се објаснити умерено алкалним редукционим условима средине. Они су наталожени у мирпој, релативно дубљој језерској средини, јако обогаћеној карбопатима, уз повремену тенденцију застоја вертикалне циркулације воде и анаеробне услове (када се формирају кероген и сулфиди). Оваква седиментација могла је бити претежно хомогено–биогена, а основни фактор транспорта материјала била би фиша ламинациона струјања...

Према Обрадовић (1980): "ламиација означава језерске насlage у мирним условима седиментације. Појава органске материје и биљних остатака у вези је са хумидним климатским условима...Тракаста слојевитост везана је за периодичне сезонске промене које су се одразиле на састав и количину седимената..."

Знатно учешће вулканогених седимената у готово свим интервалима Сланачке формације оправдава њен досадашњи назив као "вулканогена".

Формација Бучварски кластити

Седименти ове формације леже преко Језерских пелита Сланачке формације, а испод трансгресивног дела морског баденана. У подручју Велико село–Сланци истражени су бушењем, а мањим делом има их и на површини терена. Према проучавањима П. Стевановића, такође испод морских наслага, палазе се у дубоким јаругама између Торлака, Кумодража и Калуђерице, а навише се спомињу из потока Бучвара, леве притоке Завојничке реке.

У бушотини V–150 констатовани су на дубини од 13.6 до сса 90 m (дебљине око 80 m), у V–156, на 15.6–102 m (86.4 m), а вероватно и у V–155, на 11.4–17.8 m (6.4 m). Укупна дебљина седимената ове формације износила би око 100 m, а могуће је и знатно већа. Стевановић процењује до 200 m.

У наведеним бушотинама у овој формацији доминирају масивне и компактне, "мозаичне шарене", грубе, песковите глине, са прослојцима и сочивима пецгара, алевролита, пескова, шљункова и конгломерата. Садржај карбоната овде је по правилу низак, нешто

випни у цементу пешчара и конгломерата. – Минерали глина: претежно монтморионит, бентонитског састава, ређе илит. У саставу степа врло чест је лимонит.

– Поред црвених и мрких неслојевитих глина, грудвасте грађе, ретко се у овој формацији налазе мање појаве услојених лапоровитих седимената, углавном у почетном делу профила (V–150). То су лапоровити и песковити алевролити, глиновити лапорци, туфозни лапорци и др., сиве и сивозелене боје. У њима садржај карбоната достиже вредности од 35–55.2–60.1% CaCO_3 . Може се закључити да "шарене" глине и лапоровити седименти постепено прелазе једни у друге. Сасвим ретко у овим седиментима уочене су мање појаве хоризонталне ламинације, у V–150, на око 20, 68.9 и 82 m.

– Шљункови, певезани, полуvezани до компактни конгломерати веома су чести у овој формацији. У V–150 регистровани су у више од 15 нивоа, дебљине 0.1–1.8 m, на дубинама: 30–31, 34, 35.4, 36–37.8, 39 (бр), 43, 44.3, 52 (бр), 54.9, 55.5 (бр), 71.4, 76, 77.4, 87.2 (бр), 89.9 (бр) m. Материјал је лоше сортиран, састоји се од добро заобљених и полузаобљених до готово угластих састојака, када се ради о седиментним бречама (бр). – Везиво је песковито–глиновити матрикс или калцитски цемент (8.3–33.9 %, чак и до 55.2 % CaCO_3). – Глиновити састојци: најчешће монтморионит, затим илит и ретко доломит. – Порекло материјала: од серпентинита, рожнаца, кварца, разних типова кредних кречњака, пешчара... Величина састојака: од ситнозрних до крупнозрних варијетета (достичу и до 10 cm Ø).

– У V–150, крупнозрни кластични материјал често је расут у пешчарима, алевролитима и лапорцима, на дубинама: око 20 m, на 41.6 m (у садржају од 18.9 %), на 48.8 m (13 %), на 59.1 m (13.7 %) и др. – Пешчарски и алевролитски седименти су средње до добро цементовани, углавном карбонатом (7–12 % CaCO_3). – Минерали глина: најчешће монтморионит, затим илит, мање доломит и каолинит.

– Угљевите глине уочене су изузетно у овој формацији (V–150), на дубинама од 48.5 и 63.7 m (0.4–0.5 m дебљине).

– Пирокластични седименти су врло чест члан у овој формацији. Ако се упореде подаци из V–150, V–155 и V–156, запажа се око десетак хоризоната вулканогених седимената.

– У V–150, на дубинама: око 60 m, 67.1–71.3 m (сиви дацитски стакласти туф, 4.2 m дебљине), на 75.6 и 81.1 m. То су туфови, туфитски алевролити, лапорци и глине, са променљивим садржајем вулканогене компоненте, који у минералном саставу имају кварц, фелдспат, хорнбленду, биотит, зеоцит... Индикатори вулканогених седимената су и монтморионитске глине бентонитског састава, запажене у разним седиментима и нивоима.

Још један карактеристичан детаљ може се споменути из ове формације. То су појаве структура подводног клижења и ресортирања материјала, m димензија – у V–150, на 82 m и у V–156, на око 70 m. Интересантно је да се обе појаве налазе у фицијим седиментима "шарене серије", између хоризоната грубих конгломерата и седиментних бреча, што има и своју логику.

Према аутору овог рада, горњих око 10 m "сланачке серије" Стевановића (чланови 16–19, на профилу из 1951.), дуж пута у Великом селу, представљен је рђастим до мрким, "шареним", песковитим глинама у смењивању са разнозрним пешчарима и шљунковима–конгломератима (састојци до 10 cm Ø). У овим наслагама налазе се раније виђени туфови, туфити и бентонитске глине. У светлу наших проучавања помануле наслаге припададе би кластитима Бучварске формације.

Осврт на услове седиментације. – За разлику од претходних пелитских и битумијских седимената, мирпе седиментације и правих језерских фазија, овом формацијом дошло је до суштинске промене у басену. У почетку још се одржава у извесној мери језерски режим, када се таложе карбонатни седименти, јелва са неколико мањих (испод 1 m) хоризоната ламинираних седимената. Међутим, овде већ супериорно доминирају "мозаично шарени" песковити и глиновити седименти, грудвасте грађе, у смењивању са више хоризоната шљункова–конгломерата и седиментних бреча. За те грубокластичне седименте може се рећи да су то елементи алувијално–пролувијалних конуса и осулина са високог приобаља басена, а такође и наслага из најближег литорала некадашњег језера.

У сваком случају, овом формацијом означени су нагло измењени услови у басену, који нису више "језерски", а поготово се разликују од услова депоновања морских наслага (одоздо навише све стабилнији режим седиментације). Немирни услови при крају стварања слатководних наслага владали су како на ободу басена, тако и унутар седиментационог простора. Очигледно је да су се и обод и дно басена тада издизали, били праћени потресима, уз не сувише удаљену вулканску (а можда и субјезерску – Стангачиловић) активност. Може се претпоставити да и у овој формацији има појава које би указивале на хидротермалне процесе на непосредном ободу басена, а можда и по његовом дну (проблем за проучавање).

У извесним интервалима, а нарочито (тако се чини) више у горњим деловима наслага, седиментни материјал је слабије услојен, "хаотично", и бурно нагомилаван, а међупростор између зрна и "прслине" пакидно испуњени карбонатом... Као да су делови наслага после свог таложења прошли кроз фазу коре распадања? – У сваком случају овом формацијом било би означено запуњавање басена и практично његова ликвидација.

Издвајање ове формације логично је, сматрамо, и са становишта фазијалне анализе. – Бучварски кластити ни у ком случају нису "флувијална фазија корита" (типичан "квартаролошки" приступ!), већ је то полифазијални комплекс чији су сви чланови наталожени унутар истог језерског простора и уз исте сложене палеогеографске услове.

О СТАРОСТИ НАСЛАГА

Као што смо видели, старост слатководних наслага до сада је одређивана углавном на основу суперпозиције у односу на морски бадениан. За П. С. Павловића, то је био "први медитеран", преко кога су морске насlage биле дискордантне. Ласкарев их је сматрао "горњеолигоценским". Стевановић сматра да су насlage везане конкорданцијом и постепеним прелазом, из чега је изведен закључак о "бурдигал–хелветској" старости. Крстић, на исти начин, усвајајући "поступан прелаз", одређује старост "сланачке серије", која се колебала онолико колико се колебала и сазнања овог аутора о старости морских наслага. Слатководни седименти су најпре били "средњи миоцен" (старији од бадена), затим еквиваленти "доње лагенидне зоне", да би се усталили на "доњем бадену, а можда и горњем карпату"... Интересантно је, када је реч о овом аутору, да се никада није покушало доказати поступност прелаза биостратиграфским методама.

Једно од питања решавања односа између проучаваке језерске творевине и морског бадениана, према нашем мишљењу, било би у директној зависности од

ослађивања. Поводом тога Крстић (1977) је изразила овакво схватање, на примеру бушотине V-158: "У оквиру (тада) доњег тортона може се пратити постепено ослађивање одозго–наниже, тј. постепен прелаз из слатководне "сланачке серије" у марински тортои". Међутим, остраколски представници у истој бушотини наводе се не само са 123 и 120 m дубине, већ и са 99, 95, 83, 77, 57... па све до прве пробе на 17 m. Штавише, у млађим хоризонтима бадена има више остракодских елемената него у старцим, а највише у "горњем тортону", који је, према овом аутору, "ослађен до веома ослађен". Овакав очигледан редослед ослађивања ни мало није поретно концепцију аутора!

Јасно је да поменути елементи немају баш никакве па ни "поступне" везе са слатководним наслагама, већ представљају уобичајене индикаторе варирајућег салинитета средине и утицаја прибрежног копна у овом делу Паратетиса, у нормалним наслагама морског бадениана, што је одавно познато.

О "поступности прелаза" на основу микрофауне ми ћемо се усудити са једном овлашном скицом. Тако у бушотини V-158 (где је бадениан 0–123.3 m): са 119.9 m, поред доминантних 15 представника правих морских услова (фораминифера, мекушаца, јежева) наведено је 5 остракодских врста. – Са 123.3 m, тј. са самог почетка морских наслага, поред 8 морских представника наводи се само једна остракодска врста (*Cytheridea paracuminata paracuminata*). – Прва слатководна остракода регистрована је на 129.8 m, тј. испод базалних конгломерата (*Reticulocandona* aff. *baljko-vacensis*, која је потом преведена у *R. višnjićae*). Следећи интервал са остракодском фауном био је на 137 m (*Potamocypris*, *Ilyocypris*, *Cypridopsis*). – Напомена: оба налазка потичу из формације Бучварски кластити.

У V-156, прве слатководне остракоде регистроване су испод морских базалних конгломерата на одстојању од око 104 и 115 m и то из Сланачких језерских пелита. – У V-150, на око 1 m испод базалних конгломерата, запажене су прве слатководне остракоде (*Reticulocandona*, *Potamocypris*, *Cypridopsis*) у Бучварским кластитима, а затим испод њих на око 113 и 135 m, у Сланачким језерским пелитима. – Тако би изгледао "поступан прелаз", наравно у квантитативном смислу. Са површинских издацака (лако доступних) о томе нема података. – Сви релевантни подаци узети су из Крстић (1977).

Да је проучен неки однос, генерични или генеалогички, између навођених слатководних остракода и оних из морских наслага (из асортимана аутора: *Callistocythere*, *Pterigocythereis*, *Cytherella*, *Aurila* итд.), можда би се одређеније могло говорити о њиховом евентуалном континуитету, или дисконтинуитету, у овом басену. Колико ми је познато таквих проучавања код нас нема, све се своди само на регистровање фауне, уз напоре да се било којим другим методама (закључно са "усменим саопштењима") старост наслага усагласи са хроностратиграфијама неких суседних земаља.

Док се не приђе проучавању развоја фосилних фауна у конкретним седиментационим и биономским условима, сматрамо да имамо право на закључак о испитиваним језерским седиментима: до сада није било биостратиграфских доказа о поступности седиментације од слатководних наслага до морског бадениана. Истовремено, један амбициозно замишљен пројект о биостратиграфији слатководног неогена у Србији, на основу остракода, са више него скромним и несигурним фаунистичким остацима, остаје за сада само у својим намерама.

Суштина решавања проблема старости слатководних седимената Сланаца, Велшког села, Бучвара, као и других у Србији, састоји се пре свега у разрешавању односа са морским наслагама (конкорданција, дискорданција), а такође и у фацијалној и формационој анализи. Без икакве сумње, увек ће бити незаобилазни и биостратиграфски аспекти.

Узимајући у обзир ерозиону дискорданцију (а доста очигледно и угловну) између морског бадениаса и језерских слојева, слатководне наслаге источно од Београда никако не могу бити еквивалент "доњег бадена а можда и горњег карпата", већ су осетно старије. Сматрамо да се оријентационо може прихватити гледиште изнето у раду Кнежевића и др. (1994) о старости у распону "Хатјан–егенбург". Суштински исту старост "претортона" нашег дела Баната заступао је и Мариновић (1962): "Доњи миоцен закључно са доњим хелветом", а да не спомњемо прва проучавања П. С. Павловића. Без претензије да се ближе фиксира старост, што је проблем који остаје, уверени смо да се наслаге Језерске групе Дунавског кључа могу разматрати у доста широком раздобљу: **егериан–егенбургниан**.

У проблематику старости језерских наслага на основу биљних остатака овде се не бих упуштао.

ЗАКЉУЧАК

Наслаге језерског миоцена код Београда, до сада познате као "сланачка серија". налазе се у делу Дунавског кључа, око Великог села и Слапаца. Како се овде ради о континуално наталоженим наслагама, али са знатним седиментолошким и геодинамичким разликама у суперпозицији, обухватили би смо их под називом **Језерска група дунавског кључа**.

Великоселска формација представља најнижи до сада познати део слатководних наслага. Дебљина седимената процењује се на 150–200 m, а могуће је и већа.

У седиментима ове формације преовлађују "шарене" (жутомрке, рђасте и црвене) песковите и шљунковите глине више масивне а мање слојевите, које се смењују са песковима, пешчарима и алевролитима, ређе лапоровитим глипама и лапорцима. У овим наслагама чести су прослојци и сочива разнзрних шљункова и конгломерата, који им дају карактер претежно кластичне формације. Овде су констатоване и појаве вулканогених седимената – туфова и туфита.

Седименти из Великоселске формације деноповани су у почетној фази настајања језерског басена. Седиментациони простор тада је брзо засипан претежно грубим материјалом са једног блиског, тектонски и морфолошки разуђеног копна.

Сланачка формација представљена је са два члана: Угљоносним хоризонтом, у доњем делу, и Језерским пелитима, у горњем.

Угљоносни хоризонт се састоји од разних глина (мочварних фација), угљевитих, лапоровитих, масних и шкриљавих, местимично са жилицама и танким прослојцима угља. Угљени слој, у горњој половини хоризонта, састоји се од мрког угља, 3–3.5 m дебљине, али који је знатно произдвајан прослојцима и сочивима јаловине. – Дебљина Угљоносног хоризонта износи 26–30 m.

Језерски пелити представљају типске језерске фације и сматрамо их главним чланом ове формације, као и читаве језерске групе. Састоје се од добро услојених лапоровитих чврстих глина и лапораца до ламнираних битумијских "шкриљаца", уз честе појаве дацитских туфова и туфита. – Од фосилног материјала садрже ретке остракоде, рибље кошчице и остатке флоре. – Дебљина наслага варира између 50 и 70 m.

Формација Бучварски класити лежи преко Језерских пелита Сланачке формације. Са њима су на самом почетку (око 6 m) везани извесним поступним прелазом, тј. наизменичним смењивањем лапоровитих седимената и "шарених", претежно класичних наслага. У овој формацији доминирају масивне, "мозаично шарене", (жуте, црвене до мрке), песковите глине са прослојцима и сочивима пешчара, алевролита, пескова, шљункова и конгломерата. Садржај карбоната по правилу овде је низак (испод 10 %).

Шљункови и конгломерати (до седиментне брече) веома су чести у овој формацији, а материјал је пореклом од серпентинита, рожнаца, кварца, разних типова кредних кречњака, пешчара... Величина састојака: од ситнозрних до крупнозрних варијетета, а у подручју Бучвара и до метарских димензија. – Пирокластични седименти су веома чест члан у овој формацији и састоје се од слојева дацитских туфова и туфита, dm–m дебљина. – Укупна дебљина седимената ове формације у истраживаном простору износила је до 100 m. У подручју потока Бучвар могуће је и знатно већа.

Ова формација одразила је нагло измењене депозиционе услове који нису више "језерски". Њеним седиментима сматрамо да је било означено запуњавање језерског басена, као и престанак његове егзистенције.

Начин па који су Бучварски класити ситуирани између Сланачке формације и морског бадениана, као и њихова генеза, јасан су доказ о дискогинуитету и дискорданцији између језерских и наслага Паратетиса. И код Стевановића је присутно схватање о "бучварским конгломератима" као творевини посебног стратиграфског значаја из завршног дела "сланачке серије" и из времена "пре почетка морске ингресије".

У геолошкој историји овог басена геодинамички процеси могли би бити реконструисани у следећим цртама:

– У време настајања басена депоновани су грубокластични седименти Великоселске формације. Простори премиоценског копна били су захваћени регионалним радијалним тектонским покретима, који су условили формирање тектонске потолине. Седиментација која је пратила те покрете имала је изразито плитководни (не "сувоземни") карактер и уз константно и брзо тоњење дна представља претходницу потоњег слатководног језера.

– Сланачком формацијом означена је суштинска промена палеогеографских услова на ширем простору, док су се у басену таложили језерски седименти. Благо тоњење дна басена било је у равнотежи са таложењем финих пелитских и органогених муљева.

– Регионално издизање, у почетку спорије, затим све брже, зауставило је седиментацију Језерских пелита. Тада настаје нагло оплићавање и запуњавање басена седиментима грубокластичне Бучварске формације. Крајем ове фазе сасвим је извесно да је на овом простору владао копнени режим.

– "У току II Медитерана на великом простору југоисточног дела Папонског басена долази до значајног (тј. епирогеног, прим. Д. Д.) тоњења, чиме је условљен наилазак тортонске трансгресије". (Мариновић, 1959)

Између фазе издизања (оплићавање, "одумирање" басена) и фазе спуштања блокова испред морске ингресије не може бити поступности седиментације, јер су то фазе супротних геодинамичких смерова. Те фазе су биле означене различитим палеогеографским условима, депозиционим срединама и типовима фазија.

Дакле, преко седимената Језерске групе Дунавског кључа леже морске баденске насlage у дискордантном положају. С обзиром на то да морски базални

конгломерати секу разне нивое и члапове језерских наслага, може се говорити о ерозионој, односно ерозионо–тектонској дискорданцији.

Ближа старост језерских наслага у овом басену мораће се и даље решавати, алп независно од старости морских седимената. За сада их стављамо у један шири оквир: **егернан–егенбургнан**.

Слатководне насlage источно од Београда у сваком погледу корелативне су са старијим миоценом у бушотинама Баната (Мариновић), а исто се односи и на насlage у грочанској депресцији.

Наравно, низ проблема остаје за даља проучавања. Поред већ истакнутих у тексту, неколико речи о наслагама типа "црвене серије". Оне су веома распрострањене у језерском комплексу Србије и карактеристичне, како по свом саставу и положају који заузимају, тако и због везе са геолошким, геоморфолошким и другим феноменима из времена свог настанка (тектоника, вулканизам, палеорељеф, климат...). Зачудо, ове творевине до сада нису заинтересовале одговарајуће стручњаке. Осврти о њима у неким мојим радовима имају само оријентациони значај и прилог за даља проучавања.

Уместо закључка у вези са геодинамичким процесима на проучаваном простору, једно мишљење: не може бити дефиниције о "тектонским фазама" без претходно решене старости наслага.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	61	2	15-49	Београд, децембар 1997 Belgrade, Decembre 1997
--	----	---	-------	---

UDC 551.312.4:551.782.1(497.11)

Original scientific paper

LAKE MIOCENE NEAR BELGRADE

by

Dragan Dolic*

*Dedicated to the memory of P. S. Pavlović
who published before 75 years (1922) the first
paper on the Tertiary of the Danube meander.*

This work presents a reinterpretation of drilling data for the terrain east of Belgrade, northern Serbia, which contributes to the knowledge of the relationship between lake sedimentary (Egerian-Eggenburgian) and transgressive Badenian marine deposits.

Key words: Lake Miocene, formation analysis, "red series", volcanism, Belgrade, Veliko Selo-Slanci.

INTRODUCTION

Miocene sedimentary deposits of Belgrade area have long been known about and studied. Investigations east of the town, in Veliko Selo and Slanci region (Fig. 1) were carried out in 1977-78 by Kosovoprojekt along the intercepting tunnel route (O. Isaković and associates), when twelve holes were drilled to depths from 66 to 219 metres. A biostratigraphical study was conducted by N. Krstić, and sedimentological by J. Obradović.

From 1992 to 1995, the present author prepared a study on major geological explorations in Neogene sedimentary deposits of Belgrade and surrounding areas from 1962 to 1991 under the Complex Geological Map (1:10000). Samples were examined from more than 1300 boreholes; particular consideration was given to freshwater deposits and the overlying Badenian marine rocks for their interrelationship.

Abundant information and various interpretations served to deduce a picture of the lake sedimentary deposits in Belgrade environs. All geological, sedimentological, palaeontological and other data (e.g. drilling) are contributions of respective authors, and mine is the critical review of the concepts which I refute.

* GEMINI Geological Institute, Karadjordjeva 48, 11000 Belgrade.

My appreciation for excellent cooperation is due to the engineers Milica Jevremović and Olga Isaković, and for kind helpfulness to Mrs. Kostić of the Belgrade town-plan secretariat. I am thankful to Mrs. R. Tadić for graphical illustrations.

With M. D. Dimitrijević and M. Dimitrijević I had useful discussion on the formation analysis.

HISTORY OF STUDIES

About the initial activities of the geological mapping in Belgrade and the Danubian riparian area we are informed by Pavlović (1922). Under the subtitle "The Older Tertiary" he states: "...An entirely new geological formation occurs, limited to only the village areas of Veliko Selo and Slanci".

"The section exposed in Kozara hill at the first Veliko Selo houses is very important for stratigraphic location of these beds. There lie identified on fossils Second Mediterranean yellow, greenish-grey, locally much ferruginous sands. The higher-lying sands are finer-grained, and overlie coarse gravel (1 m) which bear large ostreas. Mediterranean beds lie unconformably over marlstone which is locally laminate and shows plant imprints... This definitely confirms an older age of the beds underlying the Second Mediterranean; but, according to up to date finds, they cannot be stage-dated within the Tertiary. In respect to the coal occurrence in Srem, these are most likely sedimentary deposits of the First Mediterranean".

"... At Pajstovica slope base, near the village of Slanci, a cutting of the road leading to Belgrade shows bluish-greenish, sometimes reddish sandy clay, sands and slightly cemented conglomerates".

Under the subtitle "Second Mediterranean Stage" he writes: "... Going to the Bučvar stream, and in Andjelković's and Cenić's quarries, Mediterranean occurs as pebbles and cobbles, cemented with finer pebbles which contain ostrean shells... Serpentine cobbles and even serpentine and dacite boulders spread over in the Todorovo Kladenče stream and on Dugo Bilo. I took them to be Second Mediterranean coastal products".

The age of the clay-marl schistose series is differently interpreted by Laskarev (1931). He assigns it to "Upper Oligocene Soča beds" (Stevanović and Stangačilović, 1951).

Summarizing the earlier studies, P. Stevanović presented most information about lake deposits of Belgrade area in many of his contributions. Thus, lithologic composition of the Slanci Series, as he named (1951) these lake deposits, includes schistose, laminate clays, bituminous clays, and platy marlstone, locally intercalated by tuff. Minor occurrences of brown coal (also mentioned by P. Pavlović) are found on slopes descending to the Danube, at Kamenac and Provalija localities of Veliko Selo. The visible deposit thickness was estimated then at over 300 metres.

About the relationship between lake deposits and marine Badenian, Stevanović states: "If we compare lower levels in the section, which are without fauna (2-19), and the higher levels (20-25), which can be dated Helvetian on the fauna, the gradual transition from ones to the others and the absolute conformability are eye-catching... What makes a "boundary" between them is the occurrence of somewhat coarser sediments (gravels) in several levels and tuffaceous sediments in the lower, barren series". The age of the deposits, inferred from correlation and superposition, is "Burdigalian-Helvetian".

Within the "Slanci Series" sediments, "Bučvar Conglomerates" are particularly important. Stevanović (1970) refers to them as follows:

"The entire Tortonian series is underlain by coarse serpentine conglomerate intercalated by gravel, greenish gravelly sandstone and red loam". The thickness of the deposits is up to 200 metres.

"The coarse-clastic conglomerate series takes a place which is neither Lajtovac ("Lajtovac Conglomerate" of the uppermost Tortonian) nor intraserial, nor littoral Tortonian. It is a particular stratigraphic horizon which also occurs in Veliko Selo and Višnjica areas over Burdigalian/Helvetian Slanci lacustrine series. The brown-red colour of deposits is also prevailing".

And further on:"As seen in the outcrop at Bučvar, the Bučvar Conglomerate is not only a basal series, but a stratigraphic horizon, older than the horizon with *Aturia aturi*: like on Mehek Mountain and Fruška Gora, it is probably partly equivalent to the upper part of the Slanci Series... Bučvar Conglomerates are marginal on the serpentine massif and the Cretaceous bar of Torlak heights... and indicate strong epeiric rising before the Tortonian marine ingression".

These peculiar sedimentary deposits are mentioned by Stevanović (1975), who defines more accurately their chronologic order:"...This is all the more so that the conglomerates take the same place in the column as the uppermost tuff horizons of the Slanci series".

The Slanci Series is presented as a lake "Burdigalian/Helvetian" by Stevanović also in the Geology of Serbia (1977), only under somewhat different palaeogeographic conditions and genesis of the deposits:"... corresponds to the lagoonal formation of banded marlstones at Tuzla and, not having any true limnic fossils, can be considered at least partly a semilagoonal "climatogenic formation" of semisalinal lake type, which, palaeogeographically, directly preceded the Tortonian transgression".

We shall mention the freshwater and marine Miocene of Banat in the works by Dj. Marinović, especially their interrelationship and compositions.

Thus, in 1959, he wrote:"The first sediments to transgress mostly over crystalline rocks are conglomerates, agglomerates, and breccias. The series continues with prevailing clays and marls. The low-lying "varicoloured series" consists mainly of greenish, partly gravelly clay, and the upper horizons are of characteristic yellow, brown, red, even blue, clays often with an abundance of carbonate concretions and coal deposits.

"As has been known, a large part of the beds are continental, i.e. freshwater deposits, but it could not be ascertained that these are only lake sediments. Sporadic ingressions quite likely occurred during the First Mediterranean, and certainly during the Helvetian. Upper parts of the series of varicoloured clays and marls contain locally a paucity of foraminifers..."

And further in the same line: "Most of the volcanic products... lie within the "varicoloured series" or under the finally proved Tortonian... Tortonian transgression was caused by a significant subsidence of southeastern Pannonian basin during the Second Mediterranean".

The same author wrote in 1962:"At the base of Tortonian, over a large extent, sediments were drilled...which were taken at first for Tortonian, but later were dated the older

pre-Tortonian level of the Miocene. The **lower complex** of the deposits, to 150 m thick (Janošik), is composed prevailingly of debris, breccia, conglomerate, and less of sandy clay, fine and very fine-grained sandstone, marl, etc. Remains of brackish or freshwater fauna are sparse, viz.: *Congerina*, *Limneus*, *Planorbis*, *Unio*, ostracods, etc., which indicate the character of the sediments. The **upper complex**, which can be much thicker, also contains conglomerates and sandstones, only less abundant. Prevailing in the upper complex are varicoloured (red, brown, yellow, dark blue) sands and clays with sporadic coal occurrences and extremely many tuffs. Dacitic tuffs are characteristic of Banat region."

The conclusion on the age, in the same work, reads: "Within the Janošik–Jermenovci petroleum field... basal parts of the series (coarse rocks)... (would) certainly correspond to the Lower Miocene (Aquitanian–Burdigalian), and farther in the flanks (Janošik) are newer productive parts (clay–sandy facies with tuffs) which are presently determined Burdigalian concluding with the Lower Helvetian. Petroleum is also contained in the unconformable Tortonian".

And another Marinović's information in the Geology of Serbia (1977): "Because in many places unconformable with both under–and over–lying rocks, these deposits (early Miocene) have been preserved only in narrow zones, usually only individual levels from a few to tens of metres in thickness. Exceptionally, in marked troughs, as is one of south-eastern Banat (Lokve–Janošik)... the thickness is exceeding 400 metres".

A notable role in the mentioned investigations had N. Krstić, who used palaeontological material in biostratigraphic partitioning.

From the Biostratigraphical Report (1977), which is the source of data for her later works, several examples on freshwater deposits will be quoted:

Borehole V–150

- 14.5 m: *Reticulocandona* aff. *baljkovacensis*, *Potamocypris* sp., *Cypridopsis* ? sp.–"Freshwater Middle Miocene".
- 29.9, 49.6, 104.4 m: "No fauna, age unknown".
- 126.8 m: *Candona* sp. juv.–"Freshwater Tertiary".
- 148.6 m: "small fragments" *Reticulodona* sp. ind., *Ilyocypris* sp.–"Possibly Middle Miocene".
- 169.9 m: "Age unknown".

Borehole V–156

- 120.4 m: *Candona* sp. juv., *Potamocypris* sp. juv.–"Possibly freshwater Middle Miocene".
- 130.7 m: *Cyprinotus kossmanni* (1978=*C. gr. grandis*), *Reticulocandona nisseana* (1992=*Mediocypris nisseana*), *Candona* aff. *pokorny* (1978, 1992=*C. gr. luminosa*), *Ilyocypris* gr. *errabundis* (1978=*I. aff. errabundis*), *Lymnocythere* sp., *Mediocypris* sp. ind.–"Freshwater Middle Miocene".

I think that microfaunal studies of the above author can be useful to respective specialists. For us, and for the geology of the Tertiary of Belgrade area, much more important is the methodology used by that author.¹

¹ At this point I must give an explanation. Why some earlier works by Dr. N. Krstić, which may be outdated and deserve to rest in documentation funds, were given particular consideration? Those works set

In her work of 1978 it is stated that "gravels with ostreas, with which begins brachichaline regime, **do not contain microfauna**", which was denied by the author herself in the quoted preliminary report (1977): for interval 123. 25–30 m. in V–158, it reads: "The most abundant species is *Cytheridea paracuminata paracuminata*, and there are sparse *Rotalia beccarii*, *Nonion boucanum*, *Asterigerina planorbis*, *Cibicides dutemplei*, *Falunia plicatula*, etc.—Refreshed Lower Tortonian".

A similar denial of her own conclusion is found in 1992, only the age of the deposits is now Middle Badenian, supported by microfauna ("Sp. *carinata* Zone").

Another nonsense of the same kind (1978). Samples from 95, 99 and 119 m of the mentioned borehole are simply omitted, are not given in the table, and in 1977 were denoted as "Lower Tortonian". The same happened with samples from the lowermost Badenian in borehole V–150 (12 m) and V–156 (12 and 14 m), though all these samples abounded ("countless") in microfossils. Thus the author avoided to specify the most important, lowest part of marine deposits, which is nonetheless designated in the table as "upper lagenid zone", i.e. the first over the lake complex.

In the work from 1992, Krstić states that "Slanci Series" in Grocka depression "lies over the older Miocene". Then "... these are continental sediments in which lake (grey) and land (reddish) deposits can be distinguished. The two types of deposits alternate irregularly both horizontally and vertically, with chaotic continental rocks prevailing"... "It is equivalent to Lower Badenian (lagenid zone), and perhaps Upper Karpatian as well".

From a deep borehole, from the depth between 1130 and 1300 m (J. Perić, Grocka 1984), Knežević et al. (1994) describe "lake pre-Badenian deposits" on Jurassic rocks. These are siltstones, sandstones and shales, and bituminous sedimentary rocks. The rocks are dated on microfloral remains within the range " Chattian–Eggenburgian".

The statement (Krstić, 1992) that "Slanci Series" in the given area lies "over the older Miocene" is a glaring oversight, incongruous with the renown of the author. In a borehole of Grocka, **only one freshwater formation** was identified, probably equivalent to "Slanci Series", "unconformably and transgressively" overlain by Badenian marine beds. The assigned age is sharply discordant with the dating by Krstić.

Finally, it must be emphasized at this point: marine microfauna from many localities of Belgrade and its environs was analyzed by O. Spajić, R. Džodžo, V. Marković, M. Petrović, and others. Petrović (1987) deduced that Badenian deposits there consist of Lower Badenian (lagenid zone), Middle Badenian (*Spiroplectamina carinata*) and Upper Badenian (*Bolivina dilatata*, *Rotalia beccarii*).

DRILLING DATA

Of a number of boreholes, only V–150 to the depth of 194 m will be considered. It penetrated all sedimentary members, and being best analyzed in laboratory, can be taken for representative of the study region. Holes V–151/103 m, V–153/124 m and V–162/65.5 m were

the ground for a system, "new direction", according to which most of lake deposits of Serbia, from the Danube in the north to Macedonian in the south, are "equivalent to Lower Badenian (lagenid zone)". Among many of these deposits, I emphasize: of various ages and derivations, there is the known "Slanci Series" near Belgrade (subject of consideration in this paper).

drilled in lower-lying lake deposits; V-155/165.5 m entered most of lake deposits but not the contact with marine Badenian; V-156/175.5 m, excluding the lowest part, penetrated through the lake Miocene and the transgressive part of the Badenian. Other boreholes (V-154, V-158 and V-159) were drilled in marine deposits alone.

The described section in borehole V-150 is a synthesis from the original (Isaković, 1978), excellent colour photos (drill-cores) from the same work, and very useful sedimentological results (Obradović, 1980), all repeatedly referred to in this contribution, sometimes even without the mention of authors.

Section in borehole V-150/1997

To 6.8 m: **Marine Badenian.** Marly and sandy clays interbedded by sand and sandstone.

6.8 to 13.6 m: (sedimentary composition of the interval complemented by the author from the section below Strana, Veliko Selo): group of beds of conglomerates, gravels, and sandstones. Conglomerate-gravels, medium to well cemented, composed of roundish to flat pebbles, well rounded and poorly sorted, grain sizes to 10 cm in dia. Derivation from various types of Cretaceous limestones and sandstones, rarely cherts, quartz...

Much prevailing are varies, mostly coarse, yellow to rusty gravelly sandstones, lenticular in shape, interbedded by argillaceous sandstones, sandy, gravelly and marly clays and siltstones.

Binder in conglomerates and sandstones is sand-clay matrix to carbonate cement. Fossil materials in conglomerates are *Ostrea*, in clays *Cardium*, in sandstones *Chlamys*, etc.

13.6 to 21.4 m: **Freshwater Miocene.** Low marly and sandy compact clays, light green or whitish-yellow, interbedded by sand, sandstone, and sandy siltstone. Locally indistinct horizontal lamination. Sediments include sparse rounded to subrounded pebbles of chert, andesite...

21.4 to 90.0 m: Prevaingly massive coherent clays, dirty yellow, red to brown, mottled, sandy or low-marly, locally higher in sand or passing to sandy marlstone, siltstone, and sandstone. Close-spaced interbeds and lenses of gravel-conglomerate (0.3-0.6 m thick), or admixed to other sediments; varied grain sizes (to 5 cm in dia.) and sorting. In several places (52, 55, 87, 89 m) sedimentary breccia (to 1 m) in sandy matrix or carbonate cement.

Carbonates in mottled rocks in the forms of irregular grains, lenses, laminae, "concretions". CaCO_3 in reddish, grey-green to brown siltstones, or in the spaces among "lumps" and in "cracks" is contained by 2-12.4%, in gravelly sandstone (at 59 m) 10.1%, rarely to 20.7, 22, 34, or 55.2%, in cement of gravel-conglomerate.

Clay constituents: montmorillonite, bentonitic content, illite, low dolomite and kaolinite; often limonite. Gravel-conglomerate constituents: serpentinite, chert, quartz. Mesozoic sandstones, limestones, ...

Volcanogenic sedimentary rocks are represented by tuffs at 67 m (4.2 m thick) and tuffite at 60, 75, 81 m. The rocks consist of quartz, feldspar, biotite, low dolomite, and host rocks in tuffite.

90.0 to 96.0 m: Alternation of preceeding massive mottled sandy and gravelly clays and siltstone with grey and grey-green marly clays and clayey siltstones. The latter in indistinct lamination, with CaCO_3 contents of 24.9 to 28.2% (at 93 and 95 m).

96.0 to 146.0 m: Alternation of grey and grey-green marly clays and siltstones, sporadically bituminous, and frequent tuff and tuffite.

Carbonate contents in marlstones and marly siltstones at 97–105 m is from 23 to 27%; in sandy and marly siltstones (at 105–115 m) to 26%, and in clays (in laminites, 121–122 m) about 6% CaCO_3 .

Clay minerals: montmorillonite, rarely kaolinite, illite. Volcanogenic minerals are noted in this interval (at 133, 137 m).

146.0 to 156.0 m: Alternation of unstratified claystone, more or less coaly, interbedded by stratified light grey marly clay to marlstone. Lower part of fat and schistose clay with 12.3% of CaCO_3 .

Clay composition: montmorillonite, illite.

Volcanogenic zeolite at 153 m.

156.0 to 159.3 m: **Brown coal** thin-bedded to laminate, prevailingly dull, and also interbeds of semibright coal. Lower in the interval, passing into clay coal or coal clay with 8.9% of CaCO_3 .

Clay: montmorillonite, illite.

159.3 to 171.0 m: Alternation of light grey and brown clays, unstratified fat, more or less coaly. Sporadic veinlets, and possibly thin coal seams (poor coring!).

171.0 to 194.0 m: Brown-yellow, red or grey, irregularly coloured, mottled sandy and silty clays to clayey siltstone.

Sedimentary deposits are massive, indurated, nodular, with visible irregular grains and "lenses" of compact shale/siltstone.

Carbonate contents: 2.1–8.4% (above 175 m) and 3–12.7% CaCO_3 (at about 180 m). The silty fraction includes small quartz grains and low feldspar.

Clay: montmorillonite, illite, kaolinite.

STRATIGRAPHIC AND FORMATION ANALYSES

Miocene lake deposits, referred to so far as "Slanci Series", are located east of Belgrade, in the Danubian meander, around Veliko Selo and Slanci. They crop out on the surface, and are identified by drilling. The deposits dip to west-southwest, 25/15–20–35°. The total known thickness of the deposits is estimated at 350–400 metres (fig. 2)

Being continuously deposited rocks, but significantly varying in sedimentological and geodynamically superposed stratal continuity, the deposits will be considered, observing the tradition (P. S. Pavlović, P. Stevanović), under the name of **LACUSTRINE GROUP OF THE DANUBE MEANDER**.

Veliko Selo Formation

This formation is the lowest up to date approachable deposit of the study area. It was found by drilling north of Veliko Selo, in borehole V-153, at the depth from 28 m to 124 m (thickness 96 m), in V-151 at 25–103 m (thickness 78 m), in V-162 to the depth of 65.5 m, in V-155 at 111–167.5 m (thickness 56 m), and in V-150 at 171–194 m (thickness 23 m).

The thickness of this formation deposits is estimated at 150 to 200 metres, or possible greater.

Prevailing in the formation are mottled sandy and gravelly clays, which alternate with sands, sandstones and siltstones, rarely marly clays and marlstones. The deposits have short-spaced interbeds and lenses of varied gravels and conglomerates, which give them the character of a prevailingly clastic formation. Volcanogenic sediments are also identified.

– Mottled sandy clays, brown–yellow, rusty or red, rarely grey, unstratified and compact, with characteristic lumpy structure. The clays contain very low carbonates: CaCO_3 , 2.1–12.7%, rarely to 40% in marly deposits. Carbonate is contained in irregular grains, lumps, lenses, or “concretions” in compact, low-marly clays and siltstones. Clay minerals: montmorillonite, rarely illite and kaolinite.

– Sands, slightly cemented to compact sandstones, are found in small interbeds and lenses in the mentioned clays, 0.2 to 3 m thick. Silty fraction contains small quartz grains, fragments of chert and Cretaceous limestones, low feldspar, mica, etc.

– Gravels and conglomerates are found in cm–m lenses, often in small accumulations and single grains scattered in clay–siltstone host material. On the whole, sediments are sorted, particle roundness variable from well rounded to subrounded to subangular (breccias). Particle sizes up to 5 cm in dia., mostly well rounded in clay–silt matrix, rarely in carbonate cement. Derivation: Mesozoic limestones and sandstones, cherts and serpentinites. Clay matter: montmorillonite, illite, rarely kaolinite. Pyroclastic sediments in the formation are represented by tuffs and tuffites. Several beds of tuff, green–grey, of characteristic glassy lustre and conchoidal fracture, alternate with clay (montmorillonite) beds of the same colour. Whitish tuff is registered (0.3 m) in the same hole at 61 m. Tuffite is registered in V-155 at the depth of 146.9–148.8 m. Minerals of volcanic origin are also noted in many depth intervals.

– In V-151, at the depth of 61 m, tectonic breccia was recognized with calcite veins—a result of newer faultings, quite common in the region.

Retrospect of sedimentation conditions. Sediments of the Veliko Selo Formation were deposited in the earliest stage of the lake basin formation. The sedimentation area was then rapidly filled with dominantly coarse materials from a close, tectonically and morphologically diversified land. The so-called “varicoloured sediments”, by their characteristics: colour, high coarse–clastic content, “unstratified” structure, very low carbonate, etc. should be better termed ‘terrestrial–lacustrine’ than lake deposits in the proper sense of the word, because the bulk of sedimentary material is of alluvial–proluvial derivation. Only, the deposition always took place in the lake.

Nothing is yet known of the deposits under the described formation, or of the depth of the palaeorelief. It is probably not deep.

Unlike similar deposits upper in the lacustrine group, the described rocks seem to be harder, more compact, i.e. more altered in diagenetic processes under a significant influence of tectonic events, volcanism and possibly hydrothermal processes. On the whole, these are the "red series" type rocks (syntectonic formations of Pomoravlje, etc.), formed in a shallow sedimentation environment where the littoral and consequently the lake floor were unstable.

Slanci Formation

The formation consists of two members: lower, coal measures (horizon), and upper, Lacustrine pelite.

The coal measures, 146–171 m deep (25 m thick) in V-150, 23.8–28 m deep (lower part of the horizon of 4.2 m) in V-153, 85.8–111 m depth of 152–175.5 m (23.5 m thick) in V-156 which bottomed in the lower part of the horizon.

A detail section through coal measures in V-150 is described before. The composition is similar in other boreholes.

The calcimetry of rocks gave low contents: CaCO_3 2.5, 6.4, 8.9%. Clay: montmorillonite, illite. Volcanogenic minerals were again noted.

The coal measures were 24–26 m thick, 30 m at the most, and what would be the coal seam about 3–3.5 m. Megascopically, because analyses are lacking, it seems to be brown coal, dull to semibright, much interpartitioned by gangue interbeds and lenses. Some minor exploratory works were once carried out in the area (in coal bed outcrops), which suggested that the coal occurrence may have an economic importance.

Lacustrine pelites are typical lacustrine facies. Referred to so far as "Slanci Series", they are presently taken for the principal member of the Slanci Formation. These are medium-to thin-bedded marly clays and marlstones to laminate bituminous "schists", densely interbedded by volcanogenic sediments. The deposit section was studied in borehole V-150, at depths from 90 to 146 m (56 m thick), in V-155 from 17.8 to 85.8 m (68 m), and in V-156 from 102 to 152 m (50 m). The total thickness of the deposits varies between 50 m and 70 m.

Few more sedimentological information about the deposits in V-150, which is described earlier in this work. Although generally rich in carbonates (calcite, dolomite), CaCO_3 distribution is uneven: 6–12% in argillaceous and 20–59% in marly deposits. In laminate rocks, carbonate is often represented by dolomite-dolomitic marlstone².

– Occurrences of laminate, "foliate" deposits of mm-thickness, are quite common, e.g. at depths of 104, 115, 121, 122, 123, 126, 136, 137, 140, 144 m, which bear organic, bituminous matter. The bituminosity of deposits is low; there is no information of it being studied in more detail. Clay minerals: prevailing is montmorillonite (of bentonitic derivation) over kaolinite and illite.

– Pyroclastic sediments are a common member in this part of the Slanci Formation. These are whitish-yellow tuffs, grey to brown tuffites, and various other rocks with volcanogenic admixture. Compact, white dacitic tuff composed of devitrified volcanic ash,

² For carbonate deposits in lacustrine Neogene of Serbia refer to J. Obradović et al.

and grains of plagioclase, quartz, biotite, hornblende...are found at 96–97.3 m. Indications of synsedimentation volcanism at depths of 103.6, 111, 113, 115, 118, 123.4, 137.6 m are zeolites (clinoptilolite, analcime). There probably were more similar occurrences but the entire borehole section could not be better analysed in laboratory³.

Rocks of this formation often contain carbonised plant detritus, remains of flora and ostracods, and pyrite veinlets and impregnations. Fossil materials from the deposits are presented by other authors.

Sedimentation conditions. Following a rapid sedimentation, the Slanci Formation marked a stage of notably slower deposition. The palaeogeographic circumstances changed: low and slightly jagged coastal land, long transport of terrigenous materials, and sediment supply slower than the gently drowning sedimentation area.

The coal measures (coal horizon) consist of lithologically characteristic marsh sedimentary facies which formed and existed shortly above the lake borderline.

That individualization of coal measures was justified is also noted by Obradović (1980, book II, vol. 3) who writes: "The presence of coal and coal clay marks conditions different from the lake regime", and they were individualized in the Report as member 8₀.

What has been stated on lacustrine pelites would suffice for a reconstruction of the conditions under which the deposits were formed. This is a typical lacustrine formation (in the proper sense of the word) laid under specific conditions. Pelite formation was controlled by chemogeneous, palaeoclimatic and other agents, in addition to physical ones.

Characteristic occurrence of laminate clay–marl sediments, "banded to foliaceous", can be explained by moderately alkaline reducing environment. The sediments were deposited in a calm, relatively deep lake environment, carbonate-rich, with sporadic break in vertical water circulation and anaerobic conditions (when kerogen and sulphides were formed). This sedimentation could be dominantly chemogeneous–biogeneous, and the principal factor of material transport would be fine laminar flows.

According to Obradović (1980), "lamination designates lake deposits in calm sedimentation conditions. The occurrence of organic matter and plant remains is associated with the humid climate...Banded stratification is associated with periodical, seasonal changes which are manifested in the composition and volume of sediments...".

A significant rate of volcanogenic sediments in almost all intervals of the Slanci Formation justifies its "volcanogenic" attribute.

Formation Bučvar Clastics

Deposits of this formation lie over lake pelites of the Slanci Formation, and under transgressive part of the marine Badenian. Only partly exposed on the surface, the deposits were drilled in Veliko Selo–Slanci area. They were reported by P. Stevanović also under marine deposits, in deep gullies between Torlak, Kumodraž and Kaludjerica, and are particularly mentioned from the Bučvar stream, a Zavojnička Reka left tributary.

Bučvar clastics are registered in V–150 at depths from 13.6 to about 90 m (thickness about 80 m), in V–156 at 15.6–102 m (86.4 m), and possibly in V–155 at

³ For more details on this subject see Obradović et al. (1995) (cum lit.).

11.4–17.8 m (6.4 m). The total thickness of the formation would be about 100 metres, or possibly much greater; Stevanović estimates it to 200 metres.

Dominant formation constituents in the mentioned boreholes are massive and compact, mottled, coarse sandy clays with interbeds and lenses of sandstone, siltstone, sand, gravel, conglomerates. Carbonate content is always low, slightly higher than in sandstone and conglomerate cement. Clay minerals: prevailing montmorillonite, bentonitic composition, rarely illite. Limonite is a common rock constituent.

– In addition to red and brown unstratified nodular clays, the formation rarely includes minor occurrences of bedded marly sediments, mainly in the beginning of the section (V–150). These are marly and sandy siltstones, clayey marlstones, tuffaceous marlstones, etc., grey or grey–green in colour. Carbonate content in these rocks is variable 35–55.2–60.1%. Mottled clays and marly sediments gradually pass one into the other. Only rarely the sediments show horizontal lamination, in V–150 at 20, 68.9, and 82 m of depth.

– Gravels, uncemented, slightly cemented to compact conglomerates are common in the formation. In V–150, they are registered in more than 15 levels, thickness varying from 0.1 to 1.8 m, at depths: 30–31, 34, 35.4, 36–37.8, 39 (br), 43, 44.3, 52 (br), 54.9, 55.5 (br), 71.4, 76, 77.4, 87.2 (br), 89.9 (br) m. The material is poorly sorted, composed of rounded and subrounded to subangular grains–sedimentary breccias (br). The binder is sand–clay matrix or calcite cement (8.3–33.9%, even up to 55.2% CaCO_3). Clay minerals are mostly montmorillonite, then illite and rarely dolomite. Derivation from serpentinite, chert, quartz, various types of Cretaceous limestones, sandstones, etc. Grain size: from fine–to coarse–grained varieties (up to 10 cm in diameter).

– In V–150, coarse–grained clastic material is often scattered in sandstones, siltstones and marlstones, at depths of about 20 m, 41.6 m (at rate 18.9%), 48.8 m (13%), 59.1 m (13.7%), etc. Sandstone and siltstone are medium to well cemented, mostly in carbonate (CaCO_3 7–12%). Clay minerals: commonest montmorillonite, then illite, subordinatedly dolomite and kaolinite.

– Coal clays are noted exceptionally in the formation (V–150), at the depths of 48.5 m and 63.7 m (0.4–0.5 m thick).

– Pyroclastic deposits are a common member of the formation. If compared, the drilling data for V–150, V–155 and V–156 show a dozen of volcanogenic rock horizons.

– In V–150, at depths of about 60 m, 67.1–71.3 m (grey dacitic vitreous tuff, 4.2 m thick), 75.6, and 81.1 m, lie tuffs, tuffaceous siltstones, marlstones and shales, with variable percent of volcanic component, which contain quartz, feldspar, hornblende, biotite, zeolite. Volcanogenic sediments are indicated by montmorillonitic clay of bentonitic composition, noted in different sediments and levels.

Another distinction of the formation will be mentioned. It is the occurrence of subaqueous slides and rearrangement of materials of m–sizes in V–150 at 82 m and in V–156 at about 70 m. Peculiarly, both features are noted in fine sediments of the “varicoloured series”, between coarse conglomerate and sedimentary breccia horizons, which has a logic of its own.

The upper ten metres of the “Slanci Series” in Stevanović’s terms (members 16–19 in the section from 1951), along the road through Veliko Selo, are composed of rusty to brown, mot-

tled sandy clays alternating with varigrained sandstones and gravel-conglomerates (grains to 10 cm). The deposits include the earlier seen tuffs, tuffites and bentonic clays. In the light of the present study, the mentioned deposits would belong to clastics of the Bučvar Formation.

Sedimentation conditions. Unlike the preceeding pelitic and bituminous deposits of calm sedimentation and true lacustrine facies, this formation marks a great change in the basin. The lake regime still prevailed at the beginning, when carbonate sediments were deposited and few small (less than 1 m) laminate horizons. These deposits, however, are already dominantly composed of mottled nodular sandy and clayey rocks alternating with a few horizons of gravel-conglomerates and breccias. The provenance of coarse-clastic rocks are alluvial-proluvial cones and debris from high basin sides, which also were source of deposits in the shallowest lake littoral area.

In any case, this formation marks rapidly changed conditions in the basin, which are not any more "lacustrine", and are even more different from those of marine deposits (down-upward increasingly stable sedimentation regime). Turbulent conditions at the end of freshwater deposition prevailed both on the margin and in the sedimentation area. Obviously, both the margin and the floor of the basin were rising, accompanied by shocks and not distant volcanic (and possibly also sublacustrine-Stangačilović) activity. It is hypothesized that the formation possesses signs indicative of hydrothermal processes on the basin's margin, and its floor as well (a problem for study).

In some intervals, especially (so it seems) in the upper parts of the deposits, sedimentary materials are less stratified, "chaotic", and turbulently piled, and spaces among grains and "fissures" subsequently filled with carbonate...As if parts of deposits, after having been laid, had gone through a stage of weathering! At any rate, this formation would mark the basin filling and virtually its devastation.

Individualization of this formation is presumed logical also from the facial analysis aspect. Bučvar clastics are by no means "fluvial riverbed facies" (typical "Quaternarological" approach!), but a polyfacial complex with all members deposited in the same lake and under the same complex palaeogeographic conditions.

ON THE AGE OF DEPOSITS

As has been explained, freshwater deposits were dated mostly on the basis of superposition in relation to marine Badenian. For P. S. Pavlović the age was "First Mediterranean", over which marine deposits were unconformable. Laskarev dated the deposits "Upper Oligocene". Stevanović maintains that the deposits are conformable and in gradual transition, inferrently "Burdigalian-Helvetian". Krstić, similarly, assuming "gradual transition", determined the "Slanci Series" age, which was as wavering as her knowledge of the age of marine deposits. Freshwater deposits were at first "lower lagenid zone" to settle to "Lower Badenian, and perhaps Upper Karpatian"... Where this author is concerned, peculiarly, she never tried to prove gradual transition by biostratigraphical methods.

One of questions of the relationship between the studied lake deposits and marine Badenian, in my opinion, was directly related to refreshing. In this connection, on the example of borehole V-158, Krstić (1977) states: "Within (then) Lower Tortonian, gradual downward refreshing can be traced (!)..., that is freshwater 'Slanci Series' gradually

passes into marine Tortonian". However, ostracod representatives in the same borehole are registered not only at the depths of 123 and 120 m, but also at 99, 95, 83, 77, 57... through to the first sample from 17 m. Moreover, there are more ostracod elements is newer than in older Badenian horizons, and most are in the "Upper Tortonian" which is, according to her, "refreshed to much refreshed". This obvious sequence of refreshing has not in the least affected the concept of Krstić!

Evidently, the mentioned elements have no, not even "gradual", relation with freshwater deposits, but are common indications of the varying salinity in the environment and of the coastal land influence in this region of the Paratethys, in normal marine deposits of the Badenian, which has long been known.

For "gradual transition" based on microfauna, a rough outline will be used. In borehole V-158 (Badenian from 0 to 123.3 m), from the depth of 119.9 m. in addition to fifteen dominant representatives of true marine conditions (foraminifers, molluscs, echinoids) five ostracod species are stated. From 123.3 m, i.e. the earliest marine deposits, besides eight marine representatives, only one ostracod species is mentioned (*Cytheridea paracuminata paracuminata*). First freshwater ostracod is registered at 129.8 m, i.e. under the basal conglomerates (*Reticulocandona* aff. *baljkovacensis*, which was reidentified into *R. višnjićae*). The following interval with ostracod fauna was 137 m deep (*Potamocypris*, *Ilyocypris*, *Cypridopsis*). Note that both finds are from the Bučvar clastics formation.

The first freshwater ostracods in V-156 are registered in lacustrine pelites of Slanci, about 104 m and 115 m far below marine basal conglomerates. In V-150, about 1 m under basal conglomerates, first freshwater ostracods (*Reticulandona*, *Potamocypris*, *Cypridopsis*) were noted in Bučvar clastics, and again about 113 m and 135 m deep under them in Slanci lacustrine pelites. This is how the "gradual transition" would look like, in the quantitative terms of course. There are no data (readily available) from surface outcrops. All relevant information is quoted from Krstić (1977).

If a relationship, generic of genealogic, between the cited freshwater ostracods and those from marine deposits (from the assortment of the author: *Callistocythere*, *Pterigocythereis*, *Cytherella*, *Aurila*, etc.) were studied, their possible continuity, or discontinuity, in the basin could be more said about. As far as I know, such studies have not been made in this country; all is limited to fauna registration and the efforts to accord by any other method (concluding with "oral communication") the age of deposits with chronostratigraphies of some of neighbouring countries.

Until we set to study the development of fossil faunas in particular sedimentation and bionomic conditions, we think we are entitled to a conclusion of the examined lake sediments: so far there have not been biostratigraphical evidences of continuous sedimentation from freshwater deposits to marine Badenian. At the same time, an ambitiously conceived project of biostratigraphy of freshwater basins in Serbia, based on ostracods – more than modest and uncertain faunal remains, is at present at the intention level.

The solution of the Slanci, Veliko Selo, Bučvar, and other freshwater rocks of Serbia age-problem is essentially in disentangling their relationship with marine deposits (conformity, unconformity), and in facial and formation analyses. Biostratigraphical aspects, no doubt, will always be unavoidable.

Taking into consideration the erosional unconformity (and quite obviously angular as well) between marine Badenian and lake beds, freshwater deposits east of Belgrade can by no means be equivalent to "Lower Badenian and perhaps also Upper Karpatian", but are certainly older. The dating in Knežević et al. (1994) within the range "Chat-tian–Eggenburgian" seems generally acceptable. Fundamentally the same "pre–Tortonian" age of the Yugoslavian part of Banat was proposed by Marinović (1962): "Lower Mio-cene conclusive with Lower Helvetian", not to mention the first studies of P. S. Pavlović. Without pretension to fix the age, which remains to be a problem, we are convinced that the lacustrine group deposits of the Danube meander can be considered within a wide range: EGERIAN–EGGENBURGIAN.

I would not presently go into the problem of lake deposits dating on plant remains.

CONCLUSION

Lake Miocene deposits near Belgrade, so far referred to as the "Slanci Series", are located in the village areas of Veliko Selo and Slanci enclosed by the Danube meander. Being continuously deposited rocks, but significantly varying in sedimentological and geodynamic superposition, they are presently termed **LACUSTRINE GROUP OF DANUBE MEANDER**.

Veliko Selo Formation is the lowest known part of freshwater deposits. Their thickness is estimated at 150–200 metres, and could be greater.

Prevailing sediments in the formation are varicoloured (yellow–brown, rusty, red) sandy and gravelly clays, more massive than bedded, which alternate with sands, sandstones, and siltstones, rarely with marly clays and marlstones. The deposits are densely intercalated or enclose lenses of varied gravels and conglomerates, giving them the character of a dominantly clastic formation. Occurrences of volcanogenic sediments, tuffs and tuffites, are also identified.

The Veliko Selo Formation was deposited in the initial stage of the lake basin formation, when the sedimentation area was rapidly filled mostly with coarse materials from a close, tectonically and morphologically varied land.

Slanci Formation is represented by two members: lower, coal measures, and upper, lacustrine pelites.

The coal measures are composed of various clays (swamp facies), coal, marly, fat and schistose, locally with veinlets and thin coal interbeds. The coal bed, in the upper part of the measures, consists of brown coal, 3–3.5 m thick, but much parted by gangue interbeds and lenses. The thickness of coal measures is 26 to 30 metres.

Lacustrine pelites are type lacustrine facies believed to be the principal member of the formation and of the entire lacustrine group. The rocks consist of well stratified marly compact clays and marlstones to laminate bituminous "schists", with frequent occurrences of dacitic tuffs and tuffites. The fossil content in the rocks includes sparse ostracods, fish bones, and floral remains. The deposits vary in thickness between 50 and 70 metres.

Bučvar Clastics lie over lacustrine pelites of the Slanci Formation. In the lowest six metres or so, there is a gradual transition of alternating marly rocks and "varicoloured", prevailingly clastic deposits. Dominant constituent in the formation is massive, mottled (yellow, red to brown) sandy clay with interbeds and lenses of sandstone, siltstone, gravel, and conglomerate. Carbonate is always low (below 10%).

Gravels and conglomerates (to sedimentary breccias) are common in the formation, deriving from serpentinite, chert, quartz, varied limestones, sandstone... Size range: from fine- to coarse-grained, and in Bučvar area to metric boulders. Pyroclastic sediments are a frequent constituent of the formation, composed of dacitic tuff and tuffite in dm-m beds. The total thickness of the formation deposits in the study area is up to 100 metres. It is much greater in the Bučvar stream zone.

This formation is a manifestation of rapidly changed depositional conditions, which ceased to be "lacustrine". The inference is that its sediments marked the filling of the basin, and the termination of its existence.

The way the Bučvar Clastics were situated between the Slanci Formation and the marine Badenian, and their genesis, are a distinct evidence of the discontinuity and unconformity between lacustrine and Paratethyan deposits. The concept of "Bučvar conglomerates" as a formation of particular stratigraphical importance from the uppermost "Slanci Series" and from the time "before the beginning of marine ingression" is also present in Stevanović's works.

Geodynamic processes in the geologic history of this basin can be summarized as follows:

- During the formation of the basin, coarse-clastic sediments of the Veliko Selo Formation were deposited. The pre-Miocene land area was caught in regional radial tectonic movements, which led to the formation of a tectonic depression. Sedimentation accompanying the displacements evolved in shallow water (not "dry land") environment which continuously and rapidly deepened with the subsiding floor, preceding thus the freshwater lake.

- The Slanci Formation marked an essential change in the palaeogeographic conditions of the region, while lacustrine sediments were deposited in the basin. The gentle drowing of the basin floor was balanced by deposition of fine pelitic and organogenic muds.

- Regional rising, at first slow, then faster, closed deposition of lacustrine pelites. It resulted in rapid basin shallowing and filling with coarse-clastic deposits of the Bučvar Formation. At the end of the stage, the regime in the region was definitely continental.

- "During the Second Mediterranean, a large area of the southeastern Pannonian basin was involved in significant (epeirogenic, note by D. D.) subsidence, which resulted in Tortonian transgression" (Marinović, 1959).

Sedimentation, between the stage of rising (basin shallowing, "termination") and the stage of block subsiding before a marine ingression, cannot be gradual, because the two processes have opposite geodynamic directions. Either stage was marked by different palaeogeographic conditions, depositional environment and type of facies.

Hence, sediments of the Lacustrine Group of the Danube Meander are unconformably overlain by marine Badenian deposits. Because marine basal conglomerates intersect various levels and units of lacustrine deposits, the unconformity may be erosional, or erosional-tectonic.

A more accurate dating of lacustrine deposits in the basin is yet to be solved, but irrespectively of the marine deposit age. They are placed for the time being within a broad range: **EGERIAN-EGGENBURGIAN**.

Freshwater deposits east of Belgrade are correlative in all respects with the early Miocene in boreholes of Banat (Marinović), and the same goes for deposits in Grocka depression.

Of course, many problems remain to be further studied. Additionally to those mentioned in the text, a few more words about the "red series" type deposits. They are widespread in the lake complex of Serbia and are characteristic, both in composition and position, and in association with geologic, geomorphologic and other phenomena from the time of their formation (tectonics, volcanism, palaeorelief, climate...). Peculiarly, respective specialists have not taken interest in these formations. References to them in some of my works are only contributions to their study.

Instead of the conclusion concerning geodynamic processes in the study area, an opinion: no definition of "tectonic stages" can be given before the age of the deposits has been solved.

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Dolić D., 1995: Analiza rezultata važnijih geoloških istraživanja neogenih naslaga, u okviru KGK Beograda, 1:10.000.– Studija (neobjavljeno), Fond Geozavod "HIG", s. 95, Beograd.
- Еремија М. (=Eremija), 1987: Баденски кат. У: Анђелковић М. (Ур.) Геологија шире околине Београда. књ. 1. геологија и геодинамика.– Завод за регионалну геологију и палеонтологију РГФ, 151–172, Београд.
- Isaković O., 1978: Geoteknička i geofizička istraživanja terena na trasi tunela za interceptor, Karaburma-Veliko selo.– Elaborat "Kosovoprojekt" (neobjavljeno), Fond Sekretarijata za urbanizam, Beograd.
- Кнежевић С., Спајић О., Павловић М., Ерцеговац М. и Петровић М. (=Knežević et al.), 1994: Стратиграфска проучавања терцијарних наслага у бушотини Г-1, Гроцка.– Геол. ан. Балк. пол., 58/1, 39–49, Београд.
- Krstić N., 1977: Biostratigrafska analiza proba iz bušotina za kolektor Karaburma-Veliko selo.– Elaborat Kosovoprojekt, Fond Sekretarijata za urbanizam, 21/1–26, Beograd.
- Krstić N., 1978: Ostrakodi u miocenu Beogradskog dunavskog ključa.– Zbornik IX Kongr. geol. Jug., 117–125, Sarajevo.
- Krstić N., Jovanović O., Knežević S. i Mihelčić V., 1992: Prilog formacionoj analizi neogenih naslaga Posavine i Podunavlja (Srbija).– Radovi Geoinstituta, 27, 27–62, Beograd.
- Marinović Dj., 1959: Jedan osvrt na geološke prilike jugoistočnog dela Panonskog basena.– Mat. III Kongresa geol., 239–257, Budva.
- Marinović Dj., 1962: Regionalni pregled geologije i tektonike naftonosnih područja Vojvodine. Ref. V Savet., 253–266, Beograd.
- Мариновић Ђ. (=Marinović), 1977: Миоцен на основу дубинских бушотина. У: Петковић К. (Ур.) Геологија Србије, 2/3, кенозоик.– Завод за регионалну геологију и палеонтологију Руд.–геол. фак., 294–303, Београд.
- Obradović J., 1979: Sedimentološke karakteristike slanačke serije Beogradskog dunavskog ključa.– Geol. Vjesnik, 23, 173–183, Zagreb.
- Obradović J., 1980: Sedimentološka ispitivanja uzoraka iz bušotina Višnjica-Veliko selo.– Elaborat Kosovoprojekt, Fond Sekretarijata za urbanizam, 1–20, Beograd.
- Obradović J., Dimitrijević R., Vasić N. and Kašanin M., 1995: Analcime From Tertiary Lacustrine Basins in Serbia.– Ann. Géol. Penins. Balk., 59/2, 255–273, Belgrade.
- Павловић М. Б. и Анђелковић Ј. (=Pavlović and Anđelković), 1987: Језерски миоцен. У: Анђелковић М. (Ур.) Геологија шире околине Београда. књ. 1. геологија и геодинамика.– Завод за регионалну геологију и палеонтологију РГФ, 143–151, Београд.
- Павловић П. (=Pavlović), 1922: Геолошки састав Београдског Дунавског кључа.– Геол. ан. Балк. пол., 7/1, 1–13, Београд.
- Петровић М. (=Petrović), 1987: Биостратиграфски приказ баденског ката.– У: Анђелковић М. (Ур.) Геологија шире околине Београда, књ. 1. геологија и геодинамика.– Завод за регионалну геологију и палеонтологију РГФ, 172–194, Београд.
- Стевановић П. (=Stevanović), 1972: Принове из тортона околине Београда.– Записници СГД за 1968, 95–101, Београд.

- Стевановић П. (=Stevanović), 1970: Палеогеографско-еколошке принове из тортона околине Београда.- Глас САНУ CCLXXVIII, Прир. мат., 33, 1-26, Таб. 6, Београд.
- Stevanović P., 1975: Stratigrafski položaj tercijarnih eruptivnih stena u okolini Beograda.- Прир. истраж. ЈАЗУ, 41, Acta geologica, 8/25, 453-468, Zagreb.
- Стевановић П. (=Stevanović), 1977: Миоцен Београда, београдског дунавског Кључа и Посавине.- У: Петковић К. (Ур.) Геологија Србије, 2/3, кенозоик.- Завод за регионалну геологију и палеонтологију Руд.-геол. фак., 107-145, Београд.
- Стевановић П. (=Stevanović), 1980: Осврт на неотектонику и палеогеографију неогеног терена Шумадије.- Зборн. рад. Геогр. инст., 32, 19-50, Београд.
- Стевановић П. и Стангачиловић Д. (=Stevanović and Stangačilović), 1954: О појавама вулканског туфа у миоценским наслагама Београдског Дунавског Кључа.- Записн. СГД за 1951, 67-74, Београд.