

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Geol. Penins. Balk.	62	1-24	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998
---	----	------	---

УДК 551.733.1(497.11-11) Оригинални научни рад

## ГЕОЛОГИЈА – GÉOLOGIE

### ОРДОВИЦИЈУМ КУЧАЈСКИХ ПЛАНИНА (ИСТОЧНА СРБИЈА)

од

Бранислава Крстића\* и Љубинке Масларевић\*\*

У раду су приказани резултати проучавања неколико реперних профила на којима су откривени седименти ордовицијума у области Кучајских планина и то: седименти доњег ордовицијума (тремадока) на брду Ђерчек источно од Ресавице; средњег ордовицијума у изворишним деловима река Ресаве, Ресавице и Клочанице; горњег ордовицијума на потезу М.Малиник–Бауца–састав Појенске и Вејске реке, и горњег ордовицијума (горњи ангил – хирнантијан) у долини Боговинске реке. Седименти су стварани у различитим депозиционим срединама – од приобалских плиткоморских (потопљено жало, плитак шелф) до пелашких субтајдалних средина.

**Кључне речи:** ордовицијум, граница ордовицијум–силур, депозиционе средине, палеомагнетизам, Кучајске планине, источна Србија.

### УВОД

Палеозојски седименти Кучајских планина до сада су били предмет проучавања два пута. Први пут су били проучавани током израде основне геолошке карте 1:100 000 на листовима Бољевац К34–8 и Жагубица Л34–140 између 1959. и 1963. године. Тада су премезозојске формације Кучајских планина, до тада недатиране, на основу суперпозиције и фосилних остатака рашчлањене на преордовичке вулканогено–седиментне стене ("зелени шкриљци Бељанице") и седименте ордовицијума, силура и девона. Резултати проучавања палеозојских седимената из тог периода објављени су у низу радова: Крстић (1960, 1962a, 1962b, 1966a, 1970, 1973, 1974, 1984), Пантић (1960), Веселиновић (1964, 1972), Veselinović i Krstić (1970), Krstić i Veselinović (1970) и Михајловић (1966, 1974).

У периоду од 1980. до 1983. године обављена су испитивања седимената старијег палеозоика у области Кучајских планина у вези са реализацијом пројекта Тематске геолошке карте "Палеозојски седименти источне Србије" и теме "Услови образовања палеозојских комплекса Србије" пројекта "Геодинамика" Српске академије наука и уметности. Посебна пажња посвећена је дешифровању генетских карактере-

\* Министарство рударства и енергетике, Ровињска 12, 11 050 Београд.

\*\* Струмичка 96, 11 000 Београд.

ристика седимената као и допунским биостратиграфским изучавањима. Неке резултате ових испитивања објавили су Крстић и Масларевић (1990), Крстић и Судар (1990), Planderova et al. (1992), Крстић и др. (1995), Ercegovac et al. (1995), Džajić (1996), Ерцеговац и Ђајић (1996), Krstić et al. (1996).

У овом раду приказате детаљније резултате проучавања неколико боље откритих профила у области Кучајских планина на којима су откривени делови ордовицијума и то: доњег ордовицијума (тремадока) на брду Ђерчек источно од вароши Ресавице; средњег ордовицијума у изворишним деловима Ресавице, Ресаве и Клочанице, и на В. Малинику (к. 1158 m); горњег ордовицијума (карадока) на потезу М. Малиник–Бауца–састав Појенске и Вејске реке и горњег ордовицијума – ашгила (горњи ашгил – хирнантијан) у долини Боговинске реке испод Боговинског камена (сл. 1).

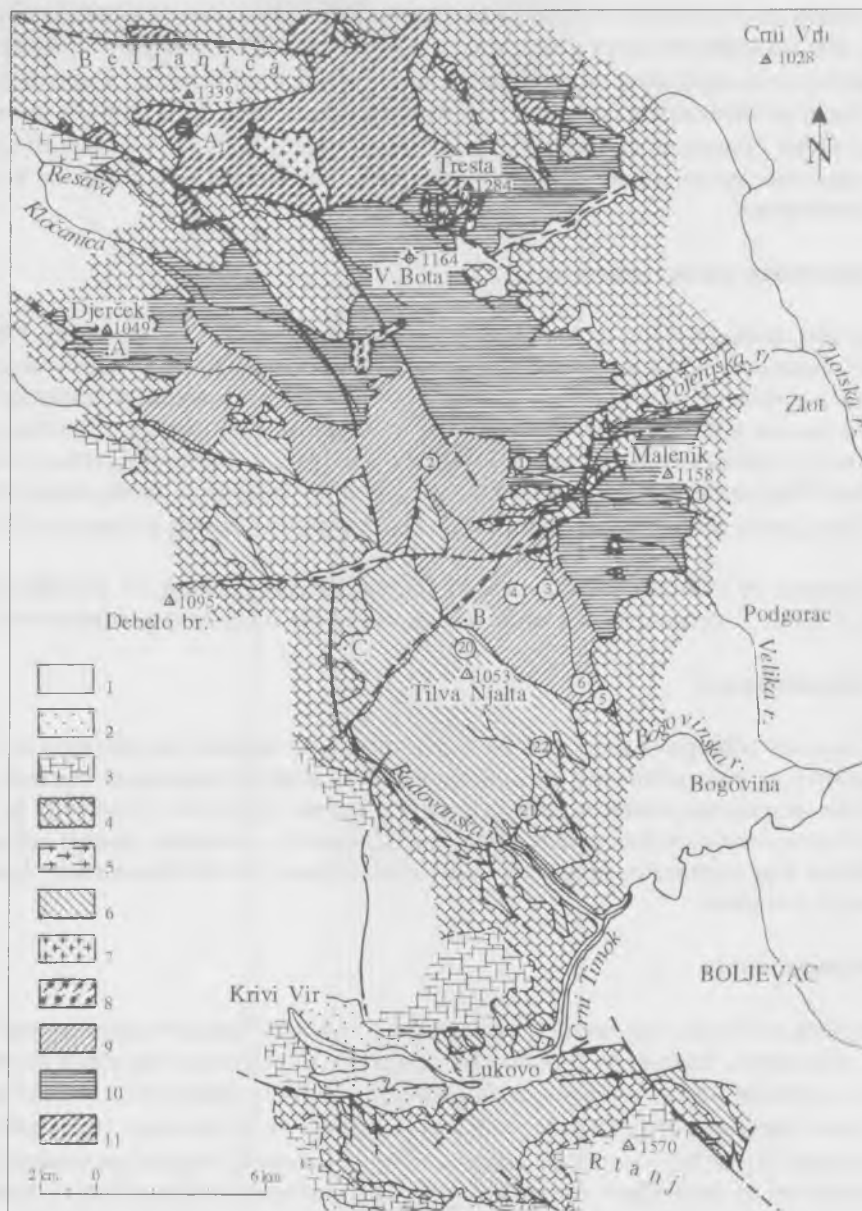
## ДОЊИ ОРДОВИЦИЈУМ

У северозападном делу палеозојског језгра Кучаја, у сливовима реке Ресавице и Клочанице и изворишним деловима реке Ресаве откривена је серија претежно метапсамитских стена ордовичке старости. У овој вишеструко убраној и стога привидно дебелој серији седимената вероватно су заступљени различити нивои ордовицијума. Међутим, сигурна доњордовичка старост доказана је само у једном пакету метапешчара откривених на јужним падинама брда Ђерчек (Таб. II, сл. 1), поред шумског пута који из вароши Ресавице води у истоимену реку (Воишек, 1965).

На поменутом профилу налазе се метапсамити видљиве дебљине од више десетина метара. У најнижем делу откривеног стуба налазе се бели и светлозелени зрели крупнозрни и шљунковити до средњозрни кварцни метапешчари, ређе метааркозе. У овом делу стуба запажа се наизменично уситњавање и укрупњавање зрна навише. У вишим деловима су сиви и зеленкасти и румени ламинирани средње до ситнозрни ређе крупнозрни кварцни метапешчари до метасубаркозе.

Старост седимената одређена је на основу инартикулатних брахиопода веома деформисаних стресом тако да имају различита издужења (дијагонално, лонгитудинално, косо) због чега некад личе на љуштуре неких шкољака. Код брахиопода је још сачувана фосфатна љуштурска. По Воишеку (1965) у питању су *Obolus (Lingulobolus) feistmanteli* (Barr.) или *Obolus barrandei* из чешког тремадока, затим *Obolus complexus* (Barr.) или *Orbiculoidea*. Овим облицима Веселиновић (1972) додаје још и *Thysanotos siluricus* (Eichw.) који се у европским просторима среће у доњем ордовицијуму (тремадок, арениг).

Метапешчари граде слојеве од неколико cm до преко 50 cm дебљине. Цео профил се карактерише лепо развијеним разним врстама косе слојевитости и хоризонталном ламинацијом (ламине до преко 2 mm дебљине). Честа је табуларна, планарна коса слојевитост (Таб. I, сл. 1 и 2) са великим (преко 40°) и малим углом (до 15°) према подини, а запажена је и асимптотска коса слојевитост. Више сетова косе слојевитости (дебљине до 50 cm) оријентисано је у једном или у супротним правцима често у комбинацији са хоризонталном ламинацијом. Ређа је кашикаста коса слојевитост (Таб. IV, сл. 1), ребља кост коса слојевитост и ламинација, таласаста ламинација и симетрични трагови таласа. Доња површ слојева и ламина је равна или неравна, а односи су неерозиони или ерозиони. Литологија косих сетова је претежно хомогена.



Сл. 1. Палеозојски седименти са ободним формацијама у области Кучајских планина. Легенда: 1. Квартар, 2. Неоген, 3. Доња креда, 4. Средња и горња јура, 5. Кварцпорфири, 6. Девон, 7. Плагигранити, 8. Габрови, 9. Силур, 10. Ордовицијум, 11. Горњи протерозоик + доњи камбријум. (Кrstic, 1984, стр. 14, сл. 3).

Fig. 1. Paleozoic sediments and marginal formations in Kučaj Mountain region. Legend: 1. Quaternary, 2. Neogene, 3. Lower Cretaceous, 4. Middle and Upper Jurassic, 5. Quartz-porphiry, 6. Devonian, 7. Plagiogranite, 8. Gabbro, 9. Silurian, 10. Ordovician, 11. Late Proterozoic + Early Cambrian (Krstic, 1984, p. 14, Fig. 3).

У вишим деловима стуба седименти су финијег зрна, без шљунковитих метапешчара и метаконгломерата и без косе слојевитости. То су кварцни метапешчари до метасубаркозе, средњозрни до ситнозрни (слојеви 10–50 cm), са хоризонталном, таласастом и сочивастом ламинацијом и конволуцијом и ретким сингенетским клижењем слојева. Запажају се подводни канали ширине 0,30–1,50 m са белим средњозрним кварцним метапешчарима. Слојеви прате дно канала, а навише су хоризонтално ламинирани.

### Петролошке карактеристике

Кварцни метапешчари су добро до осредње сортирани. Садрже преко 95% детритичног кварца који је добро заобљен, некад сферичан, мада зрна често залазе једна у друга и дробе се на додиру од притиска. Фелдспати су ретки, релативно добро заобљени, свежи или замућени глиновитом материјом. Одговарају ортокласу, ређе микроклину, а запажа се и шаховски албит. Ретки су одломци серицитско–кварцних шкриљаца. Метапешчари су са кластном подршком. Везиво је грануларни кварц у порам зрна, ређе на њиховом додиру, са мало серицита, некад и биотита (Таб. IV, сл. 2).

Субаркозе су сличног састава као и кварцни метапешчари, са учешћем фелдспата од 5–20%. У ситнозрнијим врстама садрже више матрикса са серицитом.

### Тешки минерали

Од тешких минерала најчешћи је магнетит, ређи циркон, затим дистен и у малом проценту се налазе апатит, ромбични и моноклинични пироксен, зелени амфибол, гранат, андалузит, епидот, рутил, титанит, хлорит и биотит. Магнетит је неправилног облика, заобљен или у виду кристала. Циркон је заобљен, овалан, сферичан, у издуженим или здепастим призматичним кристалима, ретко незаобљен. Апатит је округласт и заобљен.

### Интерпретација

Кварцни и субаркозни зрели и суперзрели метапешчари интерпретирани су као морски седименти, таложени ближе обали, где су интензивни таласи и плиматска кретања деловали на заобљавање и сортирање зрна без финозрне глинене компоненте. Овим снажним струјањима седимент је ношен на доње жало (foreshore) и потопљено жало (shoreface) и шелф. То су уствари песковита тела и песковити таласи са плиматском доминацијом појачаном олујним таласима. Финозрнији седименти депоновани су даље од обале и на плитком шелфу.

У седиментима доњег ордовицијума (тремадока) појављује се неколико карактеристика које по Raaf & Voersma (1971) указују на седиментацију под дејством плиматске активности. Сетови табуларне планарне косе слојевитости оријентисани у супротним смеровима често у смени са хоризонталном ламинацијом (Таб. I, сл. 1 и 2) указују на течења у супротним смеровима. Структура рибља кост указује на тајдална приднена течења са биполарним смером течења. Табуларна планарна или асимитотска коса слојевитост оријентисана у једном правцу може означавати једносмерна течења или ситуацију у којој су реверсна течења недовољно јака да произведу таласе (Banks, 1973), односно означава изразито асиметрични тајдални ре-

жим. Таласаста и сочиваста слојевитост су присутне у овим фацијама. Мономинерални кварцни састав и зрелост седимената без глиновите компоненте резултат су продуженог преталожавања таласима и плиматским транспортом. Кашикаста коса слојевитост средње величине означава мале подводне дине образоване плиткоморским течењима. На плиматску активност указују и мали подводни канали са уситњавањем зрна навнше. Хоризонтална ламинација указује на депозицију из облака суспензије који је по Reineck & Singh (1973) изазван акцијом таласа када таласи захвате велику количину песка у суспензију и транспортују га на доње жало, потопљено жало и шелф. Тешки минерали (магнетит) концентришу се у ламине на доњем жалу дејством олујних таласа. На дејство олујних таласа указује и конволутна ламинација и сингенетско клижење седимената.

### Порекло материјала

Судећи по фрагментима зрна у препаратима, саставу и облику тешких минерала може се судити о изворном материјалу. То су кристаласти шкриљци који се налазе у виду одломака, а на њих указује и присуство дистена, андалузита и игличастих кристала циркона, затим старе прекамбријумске гранитоидне стене из којих потичу здепасте кристали циркона и замућен (услед радиоактивног распадања) циркон, магнетит, апатит и преордовички седименти (сферични циркон који указује на полициклично преталожавање).

### Палеогеографија и палеотранспорт

Претпоставља се да су обале ордовичког мора у области примарне седиментације ових творевина биле равне, стабилне и голе са ниским рељефом и преовлађивањем плиткоморских платформи. У овом превегетативном периоду рекама су доношене велике количине неска на обалу, који је интензивно прерађиван и снажним струјама ношен даље на потопљено жало и шелф. Зато овакви пешчари могу да буду велике дебљине. Преко овог високо енергетског система долази мирнија седиментација на плитком шелфу, која се наставља у вишим нивоима ордовицијума.

Палеотранспорт се расипа према северу, СИ, ЈЗ и западу.

## СРЕДЊИ ОРДОВИЦИЈУМ

Седименти средњег ордовицијума су веома заступљени у северном делу палеозојског језгра Кучајских планина. Откривени су у горњим токовима Ресаве (Винатовачка, Злотска река), Клочанице (Кленцуц) и Ресавице, односно у простору Тресте, Боте и Омањиша. У источном делу палеозојског језгра налазе се на В. Малинику.

У литолошком погледу то је врло хетерогена серија седимената коју изграђују метапсамити и метапелити који се бочно и вертикално смеђују.

Старост седимената средњег ордовицијума није одређена палеонтолошким путем (ако се изузме недовољно прецизна старост на основу микрофлоре) већ на основу суперпозиције слојева који се налазе између макрофосилима доказаног доњег ордовицијума – тремадока и горњег ордовицијума – карадока.

У горњим токовима Ресаве метапсамити су грађени од слојевитих (слојеви 20–60 cm) до масивних средње и ситнозрних кварцних метапешчара до метасуб-

аркоза (Таб. II, сл. 2). У њима нису изражене тако богате седиментне структуре као у доњем ордовицијуму. Запажена је брежуљкаста коса слојевитост висине око 50 cm и распона преко 3 m, са карактеристичним брежуљкастим површинама. Пешчари не представљају постојани хоризонт већ се могу пратити на растојању од више стотина метара док се не исклине у метаглинџима. Метапешчари су беле и светлосиве боје, доста добро сортирани. Најчешћи састојак је заобљен кварц (до преко 90% детритичне компоненте) док је фелдспат (кисели плагиоклас и калијски фелдспат) ређи. Пешчари су са зрнастом подршком. Депоновани су на унутрашњем шелфу.

У горњем току Клочанице, у потоку Кленцуш западно од Омањиша између кварцних метапешчара у подини и метапелита у повлати налазе се слојеви шамозита и сидерита дебели више метара, у виду неправилних сочива. Ове појаве су биле предмет истраживања педесетих (Cissarz, 1956; Мрваљевић, 1956) и шездесетих година (Фотић, непубликовано).

Основни састојци ових стена су сидерит и шамозит а садрже и мало доломита, калцита, шериданита, ретко и песковитог кварца. Шамозит је зелене боје, налази се у микрогрудвастим агрегатима и као ситнољускаст у млазевима. Ретко се запажају нагомилања налик на псеудоооиде. Сидерит се налази у криптокристаластим агрегатима, некад у виду сферолита.

Шамозит, сидерит и шериданит (магнезијски хлорит) доказани су диференцијално–термичком анализом и рендгеноструктурном анализом (Блажевић и Марковић, непубликовано). Шамозит је одређен на основу рефлексија: 12–14Å, 7Å, 4,67Å, 3,52Å и 1,55Å. Карактеристичне линије сидерита су на: 3,58Å, 2,78–2,80Å, 2,12Å, 1,95Å, 1,72Å, 1,50Å и 1,35Å.

У чешком Барандијуму су познате шамозитске руде Fe на граници летењских слојева (пешчарски развој) и чернинских слојева (глиновити развој), односно на граници средњег и горњег ордовицијума (Navlíček et al., 1958). Најзначајније Fe лежиште у Барандијуму је Нучицко и са њим се, по стратиграфском положају могу корелисати појаве истих руда Fe у Кленцушком потоку Кучаја.

Метапешчари средњег ордовицијума налазе се и на источним падинама В. Малиника (к. 1158 m) где леже у подини карадочких метапелита. И овде метапешчари граде сочива у метаглинџима, највеће дебљине и до 60 m. Одговарају кварцним пешчарима, ређе субграувакама и граувакама. Богати су траговима *Scolithos*–а који вертикално секу слојеве. У њима се налази микрофлора: *Protosphaeridium* sp., *Lophosphaeridium* sp., *L. citrinum* Downie, *L. cf. papillatum*, *L. sp.* (тип *parverarum*), *?Tylo-topalla* sp., *Trachisophosphaera* sp., *T. cf. asemanta* Tschibr., *Myrchhystridium* sp., која указује на средњо и горњоордовичку старост седимената (Ercegovac et al., 1995; Дјajić, 1996; Ерцеговац и Ђајић, 1996). Ови пешчари су настали у плиткоморским условима. Плиткоморска песковита тела са траговима *Scolithos*–а указују на тајдалну зону више енергије и зону сталног таласања (доње жало, потољено жало, а могу се наћи и на унутрашњем шелфу).

## Интерпретација

Генерално посматрано седименти средњег ордовицијума представљају плиткоморске седименте таложене од тајдалне зоне више енергије до подручја мирне и заштићене средине. Шамозит и сидерит граде шамозитско–сидеритски муљ у плит-

коморским условима у области без или са ниском детритичном седиментацијом. Шамозит се ствара у тропској клими у топлој води (преко 20°C) у дубини од 10 до 170 метара (Kukal, 1970; Reeding, 1981). Појава сидерита може да укаже на седиментацију у заливима. Кварцни пешчарп у изворишним деловима реке Ресаве депоновани су на унутрашњем шелфу.

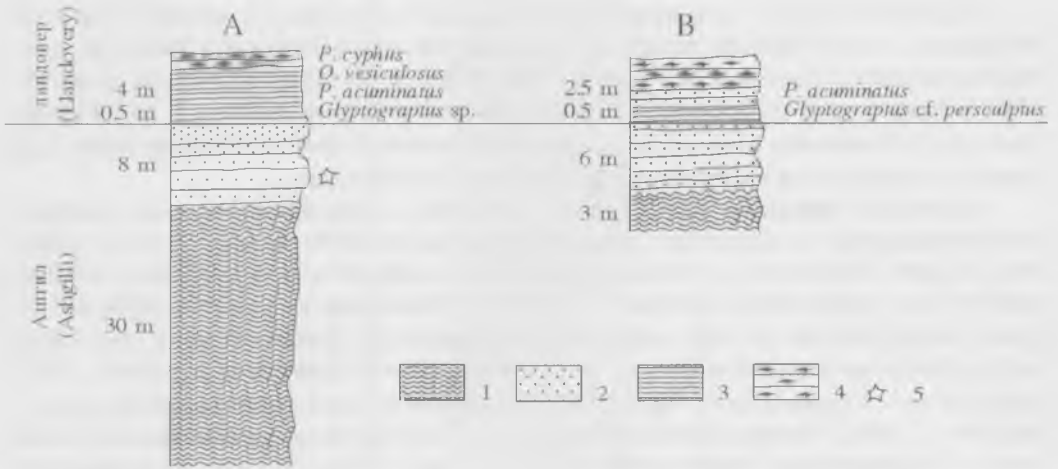
## ГОРЊИ ОРДОВИЦИЈУМ И ГРАНИЦА ОРДОВИЦИЈУМ – СИЛУР

Седименти горњег ордовицијума заступљени су највише у источном делу палеозојског језгра Кучајских планина – у доњим токовима Појенске и Вејске реке, на Малом Малинику, Бауци и Мастакану, у Петровој, Великој и Малој реци западно и северозападно од Подгорца. Одговарају карадоку и делом ашгила. У Боговинској реци код Боговинског камена, испод доњосилурских слојева са *Parakidograptus acuminatus* откривени су и слојеви горњег ашгила (хирнантијан).

Седименти **карадока** изграђени су претежно од пелашких метаалевролита и метаглинаца који се међусобно смењују или се неправилно мешају. Боје су тамносиве до црне. Листасти су и танкослојевити или међусобно ламинирани, а ламинирани су и са графитском материјом. Трагови утискивања су ретки. Седименти садрже ретке фосилне остатке трилобита *Dalmanitina* cf. *proeua* (Emmer.) на основу чега је утврђена горњоордовичка – карадошка старост седимената (Крстић, 1960), брахиопода – *Chonetioidea* cf. *aquila* (Barr.) и ситних пужева *Pleurotomaria* sp. (Веселиновић, 1964). У фацијалном погледу могу се поредити са чернинским слојевима чешког Барандијума. Микрофлористички остаци такође указују на горњоордовичку старост седимената. На потезу Мали Малиник – Бауца садрже *Micrhystridium varians*, *M.* cf. *radians*, *Leiosphaeridia* sp. А тип, *Priscogallea* sp., *Lophosphaeridium* sp., *L.* cf. *parverarum*, *Visbysphaera* sp., а на саставу Појенске и Вејске реке *Leiosphaeridia* sp. тип В, *Uniporata* sp., *Lophosphaeridium parverarum*, *L.* cf. *jansonius*, *Acanthodia crodium* cf. *simplex*, *Veryhachium* cf. *brevispinosum*, *V. reductum*, *Protosphaeridium* sp., *Trachypsophosphaera* sp., *Granomarginata* sp., *Micrhystridium* sp. (Ercegovac et al., 1995; Djajić, 1996; Ерцеговац и Ђајић, 1996). Седименти на површинама садрже и бројне биоглифе и калупе за сада непознатог чланковитог организма.

Седименти **горњег ашгила (хирнантијан)** утврђени су у доњем току Боговинске реке, између брда Страже и Боговинског камена, око 6 km запад–северозападно од Боговине. Откривени су на класичном локалитету доњег силура Кучаја (Крстић, 1960, 1966b; Veselinović i Krstić, 1970; Krstić, 1984). На овом профилу су откривени седименти горњег ордовицијума (горњег ашгила) и доњег силура (доњег ландоверија) видљиви на дужини од више десетина метара. У стратиграфском смислу најстарији део чине листасти до танкослојевити метаглинци сивозелене боје (екв. перецелских слојева Бугарске) видљиве дебљине око 30 метара. Преко њих лежи пакет (око 8 m) ситнозрних до средњозрних кварцних метапешчара сиве и тамносиве боје, услојених у слојеве од 30–50 cm, раслојених тањим прослојцима метаалевролита. У пешчарима је видљива градација – средњозрни метапешчар – метаалевролит, са оштрим доњим границама и са утискивањем. Ови метапешчари садрже акритархе горњег ордовицијума: *Lophosphaeridium citrinum*, *L. parverarum*, *L.* cf. *papillatum*, *Lophosphaeridium* sp., *Brochopsophosphaera* cf. *uralica*, *Trachypsophosphaera* sp., *Leiosphaeridia* sp. тип С, *Leiomarginata simplex*, *Priscogallea* sp., *Tylotopala* sp.,

*Microstridium palidum* (Ерцеговац и Ђајић, 1996). У највишем делу пакета метапешчара налазе се фрагменти стена из дубљих нивоа ордовицијума – метапешчара, метаалевролита и метаглинаца. Преко метапешчара леже графитски метапелити са граптолитима *Glyptograptus* sp. (0,5 m), па графитски метапелити и лидити зоне *Parakidograptus acuminatus* (асоцијација: *Climacograptus trifilis*, *Cl. scalaris miserabilis*, *Mesograptus modestus*, *Parakidograptus acuminatus*, *Dimorphograptus*, затим *Orthograptus vesiculosus* итд.) (сл. 2).



Сл. 2. Горњи ордовицијум и доњи силур, А – у Боговинској реци на Кучају, В – у Крчевој реци јужно од Самањца. Легенда: 1. Сивозелени глинци ашгила, 2. Сивозелени кварцни метапешчари (хирнантијан), 3. Црни граптолитски метаглинци, 4. Лидити, 5. Акритархе.

Fig. 2. Upper Ordovician and Lower Silurian, A – Bogovinska Reka river, Kučaj Mt.; B – in Krceva Reka river to the south of Samanjac. Legend: 1. Ashgillian grey – green shale; 2. Grey – green quartzose metasandstone (Himantian); 3. Black graptolitic metashale; 4. Lydite; 5. Acritarchs.

Пакет пешчарских слојева који леже испод граптолитских шкриљаца зоне *P. acuminatus* сасвим сигурно одговара врху горњег ордовицијума – ашгила (хирнантијан). Корелативан је са истим седиментима Косовске формације чешког Барандијума (Storh, 1986) односно Сирманске формације у Софијској Старој планини у Бугарској (Сачански, 1993, 1994).

Идентичан профил седимената горњег ордовицијума и доњег силура, на коме је, такође, утврђен горњи део горњег ордовицијума и најнижи део силура и граница између ордовицијума и силура налази се западно од Кучајских планина у Горњачко–равничкој структурној јединици (навлаци), у долини Крчеве реке јужно од Самањца. Одатле је Krstić (1966, 1984) описао зелене пегаве глинене шкриљце (екв. церецелских слојева Бугарске), зеленкасте средњозрне пешчаре (око 6 m) горњег ордовицијума – ашгила (Таб. III, сл. 1 и 2) и преко њих граптолитске шкриљце, лидите и пешчаре са асоцијацијом граптолита најниже силурске зоне *Parakidograptus acuminatus* и то: *Glyptograptus* cf. *persculptus*, *Diplograptus modestus modestus*, *Climacograptus* sp. (из доњег дела *acuminatus* зоне) и *Climacograptus medius*, *Cl. scalaris miserabilis*, *Cl. scalaris normalis*, *Cl. rectangularis*, *Cl. trifillis*, *P. acuminatus acuminatus* и *Climacograptus* sp. из виших делова *acuminatus* зоне.



## Интерпретација

Седименти карадока су безкарбонатни са ретком песковитом компонентом. Депоновани су у мирној средини, у субтајдалној зони удаљеној од обале, при лаганој вертикалној седиментацији из суспензије, без промене у врсти и снабдевању материјала. Тако су настале хомогене масе глинаца. Ламинирани седименти указују на слаба доња течења, повремене промене у таложењу глиновите и органске материје и кратке епизоде снабдевања ситнопесковитом компонентом.

О депозиционим срединама седимената ашгила нема много података. Горњи део ашгила вероватно одговара глациомаринским седиментима. Јасно је да је у горњем ашгилу дошло до нагле промене материјала, односно до наглог приноса детритичног материјала, а вероватно и до промене климе.

## Палеомагнетизам

На основу палеомагнетских испитивања која је обавио Милићевић (1994, 1996) у области Кучајских планина (у седиментима доњег ордовицијума на Берчеку и средњег ордовицијума у изворишним деловима Ресаве и у Винатовачкој реци) положај примарне депозиције ордовичких седимената данашњих Кучајских планина налазио се на палеоширинама од  $20^\circ$  до  $30^\circ$  јужно од палеоекватора заротиран за око  $20^\circ$  од данашњег положаја у правцу запада (супротно кретању казаљке на сату). Карактеристични правац магнетизације је  $D=340^\circ-344^\circ$ ,  $I=-30^\circ$  до  $-35^\circ$ . Седиментациони простор налазио се југозападно од савременог положаја на удаљењу од око 11 000 km. Палеопол кучајског ордовицијума имао је координате  $\varphi=29,1^\circ$  северне географске ширине и  $\lambda=212,4^\circ$  источне географске дужине (са радијусом круга поверења  $\alpha_{95} = 18,1^\circ$ ). У односу на Гондвану и Јадранску плочу као њен део, седиментациони простор ордовицијума Кучајских планина био је удаљен преко 5 000 km, а од северних делова Европе око 5 500 km.

## ЗАКЉУЧАК

Седименти ордовицијума Кучајских планина леже трансресивно преко горњо-протерозојско-доњокамбријумских метаморфисаних вулканогено-седиментних и седиментних стена и представљени су плиткоморским силицикластитима. У области Кучајских планина вероватно је развијен потпуни стуб седимената ордовицијума мада је фосилном фауном (брахиоподи, трилобити) и микрофлором доказано постојање делова доњег (тремадок), средњег и горњег ордовицијума (карадок, ашгил).

Седименти доњег и средњег ордовицијума таложени су у различитим плиткоморским депозиционим срединама – од тајдалне зоне више енергије (потопљено жало, плитак шелф) до подручја мирне и заштићене средине (заливи, унутрашњи шелф). Седименти горњег ордовицијума (карадок, део ашгила) депоновани су у субтајдалној зони удаљеној од обале, у условима лагане вертикалне седиментације. Појаве шамозита и сидерита око границе средњи – горњи ордовицијум и у горњем ордовицијуму указују на тропску климу и топлу воду (преко  $20^\circ\text{C}$ ) и дубину од 10–170 m. Крајем горњег ашгила, вероватно услед краткотрајне промене климе долази до наглог приноса детритичног песковитог материјала са фрагментима ордовичких стена из подлоге који могу указати на таложење глациомаринских седимената. Преко мета-

пешчара горњег ашгила леже графитски метапелити црне боје са граптолитима доњег дела *acuminatus* зоне доњег силура – *Glyptograptus* cf. *persculptus*, *Diplograptus modestus modestus*, *Climacograptus medius*, *Cl. scalaris miserabilis*, *Cl. scalaris normalis*, *Cl. rectangularis*, *Cl. trifilis*, *Parakidograptus acuminatus acuminatus* итд.

На основу палеомагнетских мерења положај примарне депозиције ордовичких седимената Кучајских планина налазио се на палеоширинама од  $20^\circ$  до  $30^\circ$  јужно од палеоекватора заротиран за око  $20^\circ$  од данашњег положаја у правцу запада (супротно кретању казаљке на сату). Карактеристични правац магнетизације је  $D=340^\circ-344^\circ$ ,  $I=-30^\circ$  до  $-35^\circ$ . Палеопол кучајског ордовицијума имао је координате  $\varphi=29,1^\circ$  северне географске ширине и  $\lambda=212,4^\circ$  источне географске дужине. У односу на Гондвану седиментациони простор ордовицијума Кучајских планина био је удаљен преко 5 000 km, а од северних делова Европе око 5 500 km.

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Geol. Penins. Balk.	62	1-24	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998
---	----	------	---

UDC 551.733.1(497.11-11)

Original scientific paper

## ГЕОЛОГИЈА – GÉOLOGIE

### ORDOVICIAN ROCKS OF KUČAJ MOUNTAINS, EASTERN SERBIA

by

Branislav Krstić\* and Ljubinka Maslarević\*\*

Several index sections which expose Ordovician rocks: Lower Ordovician (Tremadoc) on Djercek hill east of Resavica; Middle Ordovician in headwater areas of the Resavica, Resava and Klocanica rivers; Upper Ordovician in the stretch Mali Malinik – Bauca – confluence of the Pojenska Reka and Vejska Reka rivers and Upper Ordovician (Upper Ashgill, Himantian) in the Bogovinska river valley, have been studied. These are sedimentary rocks formed in different, from coastal shallow – sea (shoreface, shallow shelf) to pelagic subtidal, environments.

**Key words:** Ordovician, Ordovician/Silurian boundary, depositional environments, paleomagnetism, Kučaj Mts., Eastern Serbia.

#### INTRODUCTION

Paleozoic sedimentary rocks of Kučaj Mts. were studied in two periods. In the former, from 1959 to 1963, the purpose of the study was a Base Geologic Map at 1:100.000, sheets Boljevac K34-8 and Zagubica L34-140. Then the undated sequence of pre-Mesozoic rock strata of Kučaj Mts was partitioned, on the basis of superimposed stratal continuity and fossil remains, into pre-Ordovician volcanic-sedimentary rocks ("Beljanica green schists") and Ordovician, Silurian, and Devonian rocks. The study results were published in many papers by Krstić (1960, 1962a, 1962b, 1966a, 1970, 1973, 1974, 1984), Pantić (1960), Veselinović (1964, 1972), Veselinović & Krstić (1970), Krstić and Veselinović (1970), and Mihajlović (1966, 1974).

In the latter period, from 1980 to 1983, Lower Paleozoic rocks of Kučaj Mts. were investigated for the Thematic Geologic Map Paleozoic Sedimentary Rocks of Eastern Serbia and the Theme Formational Conditions of Paleozoic Rock Complexes of Serbia of the Geodynamics Project, Serbian Academy of Sciences and Arts. Particular consideration

\* Ministry of Mining and Energy, Rovinjska 12, 11050 Belgrade.

\*\* Strunicka 96, 11000 Belgrade.

was given to genetic characteristics of rocks and additional biostratigraphical studies. Some of the study results were published by Krstić & Maslarević (1990), Krstić & Sudar (1990), Planderova et al. (1992), Krstić et al. (1995), Ercegovac et al. (1995), Djajić (1996), Ercegovac & Djajić (1996), and Krstić et al. (1996).

This work describes more in detail several sections in Kučaj Mts. where some of Ordovician rocks are better exposed: Lower Ordovician (Tremadoc) on Djerček hill east of Resavica town; Middle Ordovician in source area of the Resavica, Resava and Kločaniča rivers, and on Veliki Malinik (el. 1158 m); Upper Ordovician (Caradoc) along the line Mali Malinik–Bauca–confluence of the Pojenska and Vejska rivers; and Upper Ordovician. Ashgill (Upper Ashgill, Hirnantian) in the Bogovinska river valley below Bogovinski kamen (Fig. 1).

## LOWER ORDOVICIAN

A sequence of dominantly metapsammitic rocks is exposed in the Resavica and Kločaniča river basins and in the Resava headwater area, northwestern part of the Kučaj Paleozoic core. This multifolded, therefore apparently thick, sequence of rocks probably includes varied Ordovician levels. However, Lower Ordovician age is reliably assigned only to a set of metasandstone beds exposed in the southern slopes of Djerček hill (Pl. II, Fig. 1) by the forest road leading from Resavica town to the Resavica river (Bouček, 1965).

The visible thickness of metapsammites is tens of metres. Lowestlying in the uncovered column are white and light grey mature coarse-grained and gravelly to medium-grained quartz metasandstones, infrequent finegrained quartz metaconglomerates and metasarkoses, and rarely metaarkoses. This part of the column shows upwards alternating fining and coarsening. Grey and greenish and purple laminated, medium- to fine-grained, rarely coarse, quartz metasandstones to subarkoses lie in the upper part of the column.

The sedimentary rocks are dated using inarticulate brachiopods, much stress-deformed into various (diagonal, longitudinal, cross) shapes, sometimes resembling lamelli-branch shells. These brachiopods, with preserved phosphatic shells, are taken by Bouček (1965) for *Obolus (Lingulobolus) feistmanteli* (Barr.) or *Obolus barrandei* from Czechish Tremadoc, then *Obolus complexus* Barr. or *Orbiculoidea*. Veselinović (1972) adds to these forms *Thysanotos siluricus* (Eichw.) which was found in the Lower Ordovician (Tremadic, Arenig) of Europe.

Metasandstone build up beds of a few to over 50 cm in thickness. The entire section is characterized by nicely developed cross-beddings and horizontal lamination (laminae of 2 mm or more). Tabular, planar cross-bedding (Pl. I, Figs. 1 and 2) at high (to over 40°) or low (to 15°) angles to the floor is also common, and some asymptotic cross-bedding. A number of cross-bed sets (to 50 cm) are arranged in one or in opposite directions, often combined with horizontal lamination. Trough cross-bedding (Pl. IV, Fig. 1), heringbone cross-bedding and lamination, wavy lamination and symmetrical ripple marks are less common. Lower boundary surfaces of beds and laminae are either plane or irregular, and erosional or nonerosional. The lithology of cross-bed sets is prevailingly homogenous.

Rocks higher in the column are finer-grained, without pebbly metasandstones and metaconglomerates, and without cross-bedding. These are quartz metasandstones to meta-subarkoses, medium to fine-grained (beds 10–50 cm thick) in horizontal, wavy or lenticular lamination and convolution and sporadic syngenetic slidings. Drowned channels, 0.3 to 1.50 m wide, are noticeable with white medium-grained quartz metasandstone. The rock strata follow the channel-bed and are horizontally laminated upwards.

### **Petrologic Characteristics**

Quartz metasandstones are medium to well sorted; contain more than 95% detrital quartz grains which are rounded, sometimes spherical, though often intergrown and friable at touch-pressure. Feldspars are rare, grains subrounded, fresh or tinted by clay material, corresponding to orthoclase, rarely microcline; chequered albite is also noted. There are few fragments of sericite-quartz schist. Metasandstones are clast-supported, cemented with granular quartz in grain pores, rarely at contacts, with low sericite and sometimes biotite (Pl. IV, Fig. 2).

Subarkoses are similar with quartz metasandstones in composition, only contain 5% to 20% feldspar. The finer-grained varieties contain more matrix with sericite.

### **Heavy Minerals**

Heavy mineral constituents are the highest magnetite, lower zircon, disthene, and very low apatite, rhombic monoclinic pyroxene, green amphibole, garnet, andalusite, epidote, rutile, titanite, chlorite, and biotite. Magnetite grains are irregular, rounded or crystal-like. Zircon is rounded, oval, spherical, in long or stocky prismatic crystals, rarely unrounded. Apatite is hexagonal and rounded.

### **Interpretation**

Quartz and subarkose mature and supermature metasandstones are interpreted as marine sediments deposited near coast, where strong waves and tidal movements rounded and sorted grains without any clay component. Strong currents carried sediments onto foreshore and shoreface and shelf. These are sand bodies and sand waves formed by tides strengthened by storm waves. Finegrained sediments were deposited on offshore and shallow shelf.

Lower Ordovician (Tremadoc) sediments exhibit a few characteristics which indicate, according to Raaf & Boersma (1971), tide-controlled sedimentation. Sets of tabular planar cross-beds in opposite directions, often alternating with horizontal laminae (Pl. I, Figs. 1 and 2) suggest currents in opposite directions. The herringbone structure indicates tidal current bed load transport with bipolar offlow direction. Tabular planar or asymptotic cross-bedding in one direction could be resulting from straight current or a situation in which reverse flows were not strong enough to form waves (Banks, 1973), or may be expressing notably asymmetrical tidal regime. Wavy and lenticular beddings are also developed in the facies. Monomineral composition of quartz and maturity of sedi-

ments without the clay component are products of prolonged redeposition by wave and tidal transport. The medium-sized trough cross-bedding marks sub aqueous dunes formed by shallow sea currents. Tidal action is also indicated by small drawn channels with upwards fining deposits. Horizontal lamination indicates deposition from suspension clouds, caused, according to Reineck & Singh (1973), by wave action, when waves raise a large quantity of suspended sand and transport it on foreshore, shoreface, and shelf. Heavy minerals (magnetite) are accumulated in laminae on foreshore by storm wave action. The storm wave action is also indicated by convolute lamination and syngenetic sediment slides.

### Source of materials

Grain fragments in thin sections and composition and shape of heavy minerals suggest schist as the source material which is present in fragments, and disthene and andalusite and acicular zircon crystals, then old pre-Cambrian granitoid rocks from which derive stocky zircon crystals and opaque (from radioactive decay) zircon, magnetite, apatite, and pre-Ordovician sediments (spherical zircon which suggests polycyclic redeposition).

### Paleogeography and Paleotransport

The coast of the Ordovician sea in the region of primary sedimentation was presumably flat, stable and naked, with low relief and prevailing shallow sea platforms. In this pre-vegetation period, rivers deposited large quantities of sand on the beach, which was reworked by strong currents and carried away on beach face and shelf, which explains the great thickness of sandstones. The high-energy system is covered by quiet sedimentation products on a shallow shelf which continues in higher Ordovician levels.

The paleotransport dissipates to north, NE, SW, and west.

## MIDDLE ORDOVICIAN

Middle Ordovician sediments form a large part of the northern Paleozoic core of Kučaj Mts. They are uncovered in the upper reaches of the Resava (Vinatovača, Zlot river), Kločanica (Klencuš), and Resavica rivers, the areas of Tresta, Bota and Omanjši. In the eastern part of the Paleozoic core, these rocks are located on Veliki Malinik.

Lithologically, it is a highly heterogenous sequence of rocks composed of metapsammite and metapelite which alternate laterally and vertically.

The Middle Ordovician age of rocks was not determined paleontologically (excluding the inaccurate dating on microflora), but from the superposition of beds between Lower Ordovician, Tremadoc, identified by macrofossils, and Upper Ordovician, Caradoc.

In the Resava headwater area, metapsammites are composed of bedded (20–60 cm) to massive medium- and fine-grained quartz sandstones to metasandstones (Pl. II, Fig. 2). Sedimentary structures in these rocks are not abundant as in Lower Ordovician ones. There is hummocky cross-bedding, about 50 cm high and over 3 m in span, and characteristic hummocky surface. Sandstones do not form a continuous horizon, but can be traced for hundreds of metres before wedging out into metashales. Metasandstones are white or light grey in co-

lour. quite well sorted. The highest constituent is rounded quartz (more than 90% detrital component), followed by feldspars (acid plagioclase and potassium feldspar). Sandstones are grain-supported rocks, deposited on the inner shelf.

Chamosite and siderite beds of several metres, in the form of irregular lenses, lie between underlying quartz sandstones and overlying metapelite in the Klencuš streambed west of Omanjš, upper part of the Kločanica river. These occurrences were investigated in the fifties (Cissarz, 1956; Mrvaljević, 1956) and sixties (Fotić, unpublished).

Chamosite and siderite, the principal constituents of these rocks, are associated with dolomite, calcite, sheridanite, and sometimes sandy quartz. Chamosite is green, in micro-nodular aggregates or fine-flaked in streaks. Accumulations resembling pseudoooides are rare. Siderite forms cryptocrystalline aggregates, sometimes in the form of spherulites.

Chamosite, siderite and sheridanite (magnesium chlorite) were identified in the differential thermal and X-ray structural analyses (Blažević & Marković, unpublished). Reflections 12–14Å, 7Å, 4.67Å, 3.52Å, and 1.55Å determined chamosite. Characteristic lines for siderite were at: 3.58Å, 2.78–2.80Å, 2.12Å, 1.95Å, 1.72Å, 1.50Å and 1.35Å.

Chamosite in iron ore of Czechish Barrandium, at the boundary of Letenian (sandstone development) and Cherninian (clay development) beds, i.e. at Middle/Upper Ordovician boundary, is well known (Havliček et al., 1958). The most significant iron deposit in Barrandium is Nuchician, to which iron ore occurrences in the Klencuš brook of Kučaj Mts. are correlative.

Middle Ordovician metasandstones are located at eastern slopes of Veliki Malinik (el. 1158 m) underlying Caradoc metapelites, forming lenses in metashale to 60 m thick. They correspond to quartz sandstones, subordinately to subgrauwacke and grauwacke. Metasandstones abound in vertical tubes of *Scolithos* through beds. Their microfloral content: *Protosphaeridium* sp., *Lophosphaeridium* sp., *L. citrinum* Downie, *L. cf. papillatum*, *L. sp. (parverarum type)*, *?Tylotopalla* sp., *Trachysophosphaera* sp., *T. cf. asemanta* Tschibr., *Myrthystridium* sp. suggests Middle and Upper Ordovician age of the rocks (Ercegovac et al., 1995; Djajić, 1996; Ercegovac & Djajić, 1996). These sandstones were formed in shallow sea environment. Shallow marine sand bodies with *Scolithos* indicate a high-energy tidal area and a wave-wash zone (foreshore, shoreface and inner shelf).

### Interpretation

Generally, Middle Ordovician sedimentary rocks are products of sedimentation in a shallow sea environment, from high-energy tidal zone to the calm protected area. Chamosite and siderite form the chamosite-siderite mud in the shallow sea area of low detrital sedimentation. Chamosite is formed 10–170 metres deep in tropical warm seas (Kukal, 1970; Reeding, 1981). Siderite occurrence may suggest sedimentation in an inlet. Quartz sandstones in the Resava source area were deposited on the inner shelf.

### UPPER ORDOVICIAN AND ORDOVICIAN/SILURIAN BOUNDARY

Upper Ordovician rocks are most abundant in the eastern part of Kučaj Mts. Paleozoic core: in lower parts of the Pojenska and Vejska rivers, on Mali Malinik, Bauca and Mastakan, in Petrova, Velika and Mala rivers and northwest of Podgorac, correspond in age to the

Caradoc and partly Ashgill. Upper Ashgill (Hirnantian) beds lie exposed under Lower Silurian layers with *Parakidograptus acuminatus* in the Bogovinska river at Bogovinski Kamen.

Caradoc rocks are composed prevalingly of pelagic metasiltstones and metashales, which are alternating or irregularly mixed, dark grey to black in colour. The rocks are foliated and thin-bedded or interlaminated, or laminated with graphitic material, with sporadic load casts. The sequence contains few fossil remains of trilobite *Dalmanitina* cf. *proaeva* (Emmer.), used in giving Upper Ordovician, Caradoc, age (Krstić, 1960), brachiopod *Chonetoides* cf. *aquila* (Barr.), and small gastropod *Pleurotomaria* sp. (Veselinović, 1964). In the terms of facies, it can be compared with Cherninian beds of Czechish Barrandium. Floral remains also indicate the Upper Ordovician age. Between Mali Malinik and Bauca, rocks contain *Michthystridium varians*, *M.* cf. *radians*, *Leiosphaeridia* sp. type A, *Priscogallea* sp., *Lophosphaeridium* sp., *L.* cf. *parverarum*, *Visby-sphaera* sp., and at the confluence of the Pojenska and Vejska rivers *Leiosphaeridia* sp. type B, *Uniporata* sp., *Lophosphaeridium parverarum*, *L.* cf. *jansonius*, *Acanthodia crodium* cf. *simplex*, *Veryhachium* cf. *brevispinosum*, *V. reductum*, *Protosphaeridium* sp., *Trachypsophosphaera* sp., *Granomarginata* sp., *Michthystridium* sp. (Ercegovac et al., 1995; Djajić, 1996; Ercegovac & Djajić, 1996). Bed surfaces bear numerous bioglyphs and moulds of an unidentified articulate organism.

Sediments of the Upper Ashgill (Hirnantian) are recognized in the lower course in the Bogovinska river, between Straža hill and Bogovinski Kamen, some 6 km WNW of Bogovina. They crop in the classical Lower Silurian locality of Kučaj Mts. (Krstić, 1960, 1966; Veselinović & Krstić, 1970; Krstić, 1984). In addition to Upper Ordovician (Upper Ashgill), the same section exposes Lower Silurian (Lower Llandovery) sediments in a length of tens of metres. The oldest stratigraphic unit is made up of grey-green foliate to thin-bedded metashale (equivalent to Cerecel beds of Bulgaria) in a visible thickness of about 30 metres. It is overlain by a set (about 8 m) of grey or dark grey fine- to medium-grained quartzose metasandstone beds of 30–50 cm, interstratified by thin metasiltstone. Sandstone exhibit gradation: medium-grained metasandstone–metasiltstone, and load casts with the distinct lower surfaces. The metasandstones contain Upper Ordovician acritarchs: *Lophosphaeridium citrinum*, *L. parverarum*, *L.* cf. *papillatum*, *Lophosphaeridium* sp., *Brochopsophosphaera* cf. *uralica*, *Trachypsophosphaera* sp., *Leiosphaeridia* sp. type C, *Leiomarginata simplex*, *Priscogallea* sp., *?Tylotopalla* sp., *Michthystridium palidum* (Ercegovac & Djajić, 1966). Uppermost in the metasandstone set of beds are rock fragments from deeper Ordovician levels: metasandstone, metasiltstone and metashale. The metasandstone is overlain by graphitic metapelite (0.5 m) bearing graptolite *Glyptograptus* sp. and graphitic metapelite and lydite of *Parakidograptus acuminatus* Zone (association: *Climacograptus trifilis*, *Cl. scalaris miserabilis*, *Mesograptus modestus*, *Parakidograptus acuminatus*, *Dimorphograptus*, then *Orthograptus vesiculosus*, etc. (Fig. 2).

The set of sandstone beds underlying graptolitic schist *P. acuminatus* Zone is definitely at the top of Upper Ordovician, Ashgill (Hirnantian), correlative with similar deposits of Kosovo Formation of Czechish Barrandium (Storh, 1986) or Sirman Formation of Bulgarian Sofia Stara Planina Mts. (Sačanski, 1993, 1994).

An identical Upper Ordovician and Lower Silurian section, which includes uppermost Ordovician and lowermost Silurian and the Ordovician/Silurian boundary, is recog-



nized west of Kučaj Mts. in Gornjak–Ravanica structural unit (nappe), in the Kreeva river valley south of Samanjac. It is from this section (Pl. II, Fig. 1) that Krstić (1966, 1984) described green mottled argillaceous schist (equ. Cerecel beds of Bulgaria), Upper Ordovician. Ashgill greenish medium–grained sandstone (about 6 m) (Pl. III, Figs. 1 and 2), and the overlying graptolitic schist, lydite and sandstone bearing an association of the lowest Silurian *Parakidograptus acuminatus* Zone. vz.: *Glyptograptus* cf. *persculptus*, *Diplograptus modestus modestus*, *Climacograptus* sp. (from lower *acuminatus* Zone), and *Climacograptus medius*, *Cl. scalaris miserabilis*, *Cl. scalaris normalis*, *Cl. rectangularis*, *Cl. trifilis*, *P. acuminatus acuminatus*, and *Climacograptus* sp. from upper *acuminatus* Zone.

### Interpretation

Caradoc sediments are carbonateless with a low sand component, deposited in a quiet environment of subtidal zone far from coast. The sedimentation was slow, vertical, from suspended load, unvaried in species or supply of materials, which resulted in production of homogenous shale mass. Laminated sediments indicate weak under-currents, intermittent change in deposition of clay and organic material, and short episodes of fine sand input.

Few information is available about depositional environments of Ashgill sediments. Upper Ashgill is likely equivalent to glacial marine deposits. Evidently a sudden change in material, i.e. rapid input of detrital materials, and probably climate change, occurred in the Upper Ashgill.

### Paleomagnetism

Paleomagnetic data, collected and interpreted by Milicević (1994, 1996), for Kučaj Mts. (Lower Ordovician rocks of Dječak and Middle Ordovician in the Resava source area and the Vinatovačka river), locate the primary deposition area at paleolatitude from 20° to 30° south of paleoequator rotated by 20° westward (counterclockwise) from the present. The characteristic magnetic elements are  $D=340^{\circ}-344^{\circ}$ ,  $I=-30^{\circ}$  to  $-35^{\circ}$ . The sedimentation area was some 11.000 km southwest of the actual position. Paleopole of the Kučaj Ordovician had coordinates: latitude  $\varphi=29.1^{\circ}$  north and longitude  $\lambda=212.4^{\circ}$  east (confidence circle radius  $\alpha_{95}=18.1^{\circ}$ ). In relation to Gondwana and the Adriatic plate of which it is a part, the sedimentation area of Kučaj Mts. Ordovician was removed over 5000 km, and about 5500 from northern Europe.

### CONCLUSION

Ordovician sediments of Kučaj Mts. lie transgressively over Upper Proterozoic – Lower Cambrian metamorphosed volcanic–sedimentary and sedimentary rocks. They are represented by shallow sea siliciclastics. The Ordovician column is probably fully developed in Kučaj Mts. region, though fossil fauna (brachiopods, trilobites) and microflora provide evidence for parts of the Lower (Tremadoc), Middle and Upper Ordovician (Caradoc, Ashgill).

Sediments of the Lower and Middle Ordovician are deposited in different shallow sea environments: from high–energy tidal zone (shoreface, shallow shelf) to calm and protected environment (inlets, inner shelf). Upper Ordovician (Caradoc, part of Ashgill)

sedimentation was slow, vertical, in an offshore subtidal zone. Occurrences of chamosite and siderite about the Middle/Upper Ordovician boundary and in the Upper Ordovician indicate tropical climate and warm water (over 20°C) and depth (10–170 m). A likely short change in climate led late in the Upper Ashgill to an inrush of detrital sandy material with fragments of Ordovician rocks from the floor which could indicate deposition of glacial–marine sediments. Upper Ashgill metasandstones are overlain by black graphitic metapelites with graptolites (*Glyptograptus* cf. *persculptus*, *Diplograptus modestus modestus*, *Climacograptus medius*, *Cl. scalaris miserabilis*, *Cl. scalaris normalis*, *Cl. rectangularis*, *Cl. tritilis*, *Parakidograptus acuminatus acuminatus*, etc) from lower *acuminatus* Zone of the Lower Silurian.

Paleomagnetic measurements locate the primary depositional area of Ordovician sediments in Kučaj Mts. at paleolatitudes 20°–30° south of paleoequator, rotated about 20° westward (counterclockwise) from the present position. Characteristic magnetic elements are:  $D=340^\circ - 344^\circ$ ,  $I=-30^\circ$  to  $-35^\circ$ . The paleopole of Kučaj Ordovician had coordinates: latitude  $\varphi=29.1^\circ$  north and longitude  $\lambda=212.4^\circ$  east. The sedimentation area of Kučaj Ordovician rocks was over 5000 km far from Gondwana, and about 5500 km from northern Europe.

Translated by D. Mijović–Pilić

## ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Banks N., 1973: Tide-dominated offshore sedimentation, Lower Cambrian, North Norway.– *Sedimentology*, 20, 213–228.
- Bouček B., 1965: Izveštaj o studijskom boravku i konsultacijama Prof. Dr. B. Boučka iz Praga u Zavodu za geološka i geofizička istraživanja za vreme boravka od 4–31.08.1965 god.– Fond stručnih dokumenata Geozavoda, Beograd (nepublikovano–unpublished).
- Cissarz A., 1956: Postanak rudnih ležišta u Jugoslaviji i njihove veze sa vulkanizmom i geotektonikom. Rasprave Zavoda za geol. i geof. istraživanja N. R. Srbije, VI, 1–140, Beograd.
- Djajić S., 1996: Palinomorfe morskog paleozoika kućajske zone istočne Srbije.– Magistarska teza, Rudarsko–geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, 1–106. Beograd (nepublikovano–unpublished).
- Ерцеговац М. и Ђајић С. (=Ercegovac & Djajić), 1996: Акритархе старијег палеозоика кућајске зоне (источна Србија).– Геол. ан. Балк. полуос., 60, 2, 185–202. Београд.
- Ercegovac M., Djajić S. & Krstic B., 1995: Palynomorphs in Marine Palaeozoic of the Karpatho–Balkanides, Eastern Serbia.– *Geol. Soc. Greece, Sp. Publ.*, 4, 181–185, Athens.
- Havlíček V., Horný R., Chlupáč I. & Šnajdr, M., 1958: Geologičeskíe ekskuziji po Barrandienu (Barrandovoj mulde) – Maršrutnyj putevoditel.– *Nakl. českosl. Akad. ved.*, pp. 37, Praha.
- Krstic B., 1960: Staropaleozojske tvorevine centralnog Kućaja.– *Vesnik Zavoda za geol. i geof. istraž.*, XVIII, 53–64, Beograd.
- Крстић Б. (=Krstic), 1962a: О старијем палеозоику на Кућају (ист. Србија).– Записници Српског геол. друштва за 1958 и 1959 год., 243–247. Београд.
- Крстић Б. (=Krstic), 1962b: Белешка о присуству пре–карадошке серије метаморфних стена на Кућају и Бељаници.– Геол. ан. Балк. полуос., 29, 51–52, Београд.
- Крстић Б. (=Krstic), 1966a: Прилог познавању доњег готландијума у источној Србији.– Записници Српског геол. друштва за 1963 год., 133–136, Београд.
- Krstic B., 1966b: Stariji paleozoik Kućaja – Magistarska teza, Rudarsko–geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, 1–40, Beograd (nepublikovano–unpublished).
- Krstic, B., 1970: Stariji paleozoik, u: Tumač za list Boljevac K34–8 – Savezni geološki zavod, 13–21, Beograd.

- Krstić B., 1973: About some Association of Graptolites from the Lower Silurian of Eastern Serbia. - Bull. Sci., Sect. A, Tome 18, Zagreb.
- Крстић Б. (=Krstić), 1974: Неки граптолити из силура источне Србије. - Глас САНУ. CCLXXXIX. Одељ. Прир. мат. наука, 36, 157-185, 5 Таб., Београд.
- Krstić B., 1984: Stratigrafija starijeg paleozoika (ordovicijum-devon) između Resave i Nisave (istočna Srbija). - Rasprave Zavoda za geol. i geof. istraž., 22, 1-64, Beograd.
- Крстић Б. и Масларевић ЈБ. (=Krstić & Maslarević), 1990: Депозиционе средине морског палеозоика кучајске зоне херцинида источне Србије. - Геол. ан. Балк. полуос., 53/1, 183-191, Београд.
- Krstić B., Maslarević Lj. & Milicević, V., 1996: Ordovician in the Kucaj Terrane of the East-Serbian Carpatho-Balkanides. In: Knežević V. & Krstić B. (Eds.) Terranes of Serbia. - Stratigraphy, Depositional Environments, Palinspastic Reconstructions. 91-95, Belgrade.
- Крстић Б. и Судар М. (=Krstić & Sudar), 1990: Палеозојски конодонти источне Србије. Југославија. II. Конодонти горњег силура - ладоског ката Кучајских планина. - Геол. ан. Балк. полуос., 54, 273-258, Београд.
- Крстић Б., Судар М. и Масларевић ЈБ. (=Krstić et al.), 1995: Палеозојски конодонти источне Србије, Југославија, VIII. Алохтони силурски, девонски и доњокарбонски кречњаци у палеозојском флишу источне Србије. - Ibid., 59/1, 149-163, Београд.
- Krstić B. i Veselinović M., 1970: Stariji paleozoik, u: Tumač za list Zagubica L34-140. - Savezni geol. zavod, 19-20, Beograd.
- Kukal Z., 1971: Geology of Recent Sediments. - Czechosl. Akad. of Sci., 422-427, Prague.
- Михајловић М. (=Mihajlovic), 1966: Граптолити доњег силура Кучаја. - Записници Српског геол. друштва за 1962 год., 107-109, Београд.
- Михајловић М. (=Mihajlovic), 1974: Силурски граптолити источне Србије (њихов стратиграфски положај). - Гласник Прир. музеја. А, 29, 123-247, Београд.
- Milicević V., 1994: Preliminarni paleomagnetnski podaci za ordovicijum Zvonacke banje, Djerceka i Сме реке (istočna Srbija). - Radovi Geoinstituta, 29, 13-22, Beograd.
- Milicević V., 1996: Palinspastički elementi za ordovicijum KUCAJSKOG TERANA u istočnoj Srbiji. - Ibid., 32, 77-86, Beograd.
- Мрваљевић Н. (=Mrvaljević), 1956: Резултати геолошких истраживања у области брда Клочанице, Омањина, Јаворишта и Клеицушког потока - источно од Равне реке. - Записници Српског геол. друштва за 1954. 75-77, Београд.
- Нантић Н. (=Pantić), 1960: Девонска флора источне Србије. - Геол. ан. Балк. полуос., 27, 295-315, 5 Таб., Београд.
- Planderova E., Krstić B. & Maslarević Lj., 1992: Paleozoic palynomorph assemblages from eastern Serbia. - Geol. prace, Spravy 94, 19-22, Bratislava.
- Raaf J.F.M. & de Boersma J.R., 1971: Tidal deposits and their sedimentary structures (Seven examples from Western Europe). - Geol. Mijnbouw, 50, 479-504.
- Reineck H.E. & Singh I.B., 1973: Depositional sedimentary environments with reference to terrigenous clastics. - Springer, 1-439, reprint 1980, 1-549.
- Reeding H.G., 1981: Sedimentary Environments and Facies - Blackwell Sci. Publ., Oxford, 143-258, London.
- Sacanski V.V., 1993: Boundaries of the Silurian System in Bulgaria defined by graptolites. - Geol. Balcanica, 23, 1, 25-33, Sofia.
- Сачански В. (=Sacanski), 1994: Возраст на Сирманската и Церцелска свита в Софијска Стара планина. (Ордовик, ашгил). - Списание на Българското геол. друж., кн. 2, 83-90, Софија.
- Storch P., 1986: Ordovician Silurian boundary in the Prague Basin (Barrandian area, Bohemia). - Sbor. geol. ved., 41, 69-103.
- Веселиновић М. (Veselinović), 1964: Старији палеозоик источне Србије - фације и паралеле. - Геол. ан. Балк. полуос., 31, 109-116, Београд.
- Веселиновић М. (Veselinović), 1972: Прилози познавању старијег палеозоика источне Србије - Записници Српског геол. друштва за 1968, 1969 и 1970 год., 253-255, Београд.
- Veselinović M. i Krstić B., 1970: O zonama *Rastrites linnaei* i *Spirograptus turriculatus* u siluru KUCAJA. - Vesnik Zavoda za geol. i geof. istraž., 28, 347-352, Beograd.

## ТАБЛА I PLATE

- Сл. 1. Крупнозрни кварцни пешчар. Два сета табуларне косе слојевитости оријентисана у супротним правцима. Хоризонтална ламинација. Тремадок. Ђерчек.  
 Fig. 1. Coarse-grained sandstone. Two sets of tabular cross-beds in opposite directions. Horizontal lamination. Tremadoc, Djercek.
- Сл. 2. Крупнозрни кварцни метапешчар. Хоризонтална слојевитост и ламинација. Сетови табуларне косе слојевитости оријентисани у супротним смеровима. Тремадок. Ђерчек.  
 Fig. 2. Coarse-grained quartzose metasandstone. Horizontal bedding and lamination. Sets of tabular cross-beds in opposite directions. Tremadoc, Djercek.

## ТАБЛА II PLATE

- Сл. 1. Хоризонтално слојевити ситнозрни и средњезрни метапешчари са инартикулатним брахиоподима тремадока. Ђерчек.  
 Fig. 1. Horizontally bedded fine- and medium-grained metasandstones with Tremadoc inarticulate brachiopods. Djercek.
- Сл. 2. Слојевити и масивни кварцни метапешчари средњег ордовицијума у изворишном делу реке Ресаве.  
 Fig. 2. Middle Ordovician bedded and massive quartzose metasandstones in the Resava source area.

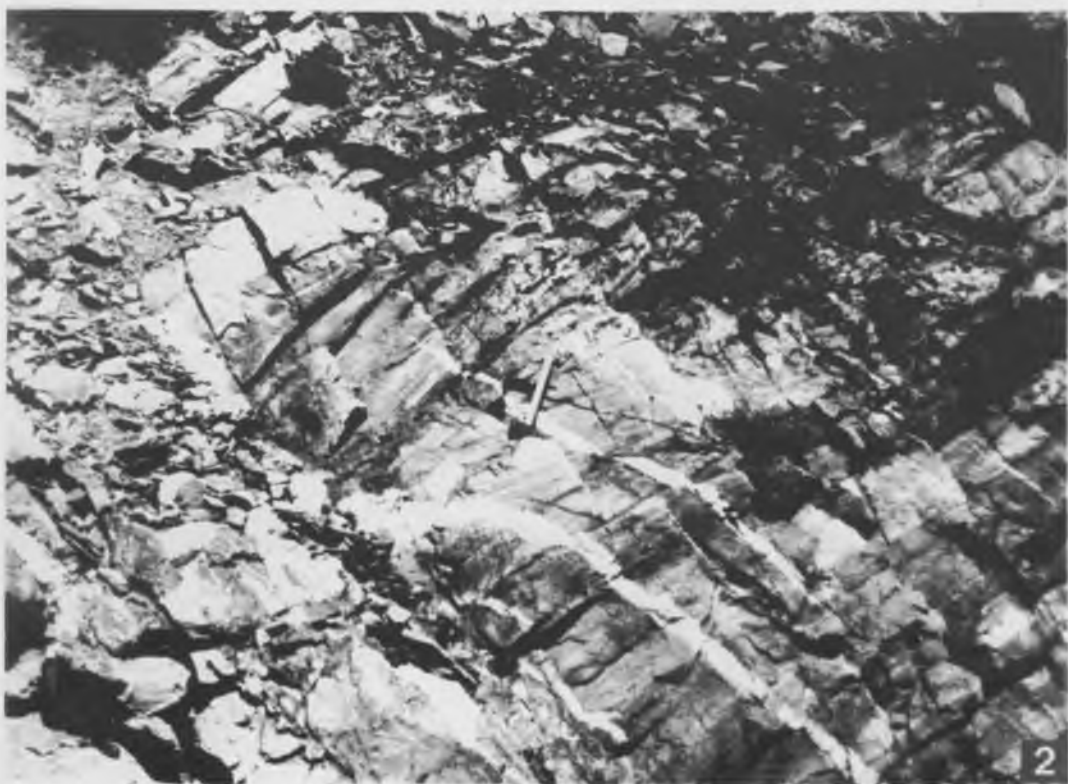
## ТАБЛА III PLATE

- Сл. 1. Зелени пегави метаглинци горњег ашгила (екв. Церцелске формације у Бугарској). Крхева река, јужно од Самањца.  
 Fig. 1. Upper Ashgill green mottled metashale (equ. Cerecel Formation of Bulgaria). The Kreeva reka river, south of Samanjac.
- Сл. 2. Зеленасти средњозрни метапешчари горњег ашгила (хириантијан), екв. Сирманске формације у Бугарској. Крхева река, јужно од Самањца.  
 Fig. 2. Upper Ashgill (Hirnantian) greenish medium-grained metasandstone, equivalent to Bulgarian Siman Formation. The Kreeva reka river, south of Samanjac.

## ТАБЛА IV PLATE

- Сл. 1. Крупнозрни и средњозрни кварцни метапешчари. Крупна табуларна коса слојевитост. Горе кашикаста коса слојевитост. Тремадок. Ђерчек.  
 Fig. 1. Coarse- and medium-grained quartzose metasandstones. Coarse tabular cross-bedding. Upward trough cross-bedding. Tremadoc, Djercek.
- Сл. 2. Средњозрни кварцни метапешчар, кварц заобљен и по ободу кородован, грануларни кварц између детритичних зрна. Тремадок, Ђерчек. +N × 12.  
 Fig. 2. Medium-grained quartzose metasandstone, quartz rounded and eroded on edges, granular quartz between detrital grains. Tremadoc, Djercek. +N × 12.
- Сл. 3. Средњозрни кварцни метапешчар. Више сетова табуларне косе слојевитости оријентисаних у истом или супротним смеровима. Хоризонтална и таласаста ламинација. Тремадок. Ђерчек.  
 Fig. 3. Medium-grained quartzose metasandstone. Sets of tabular cross-beds arranged in the same or opposite directions. Horizontal and wavy laminations. Tremadoc, Djercek.

ТАБЛА I PLATE



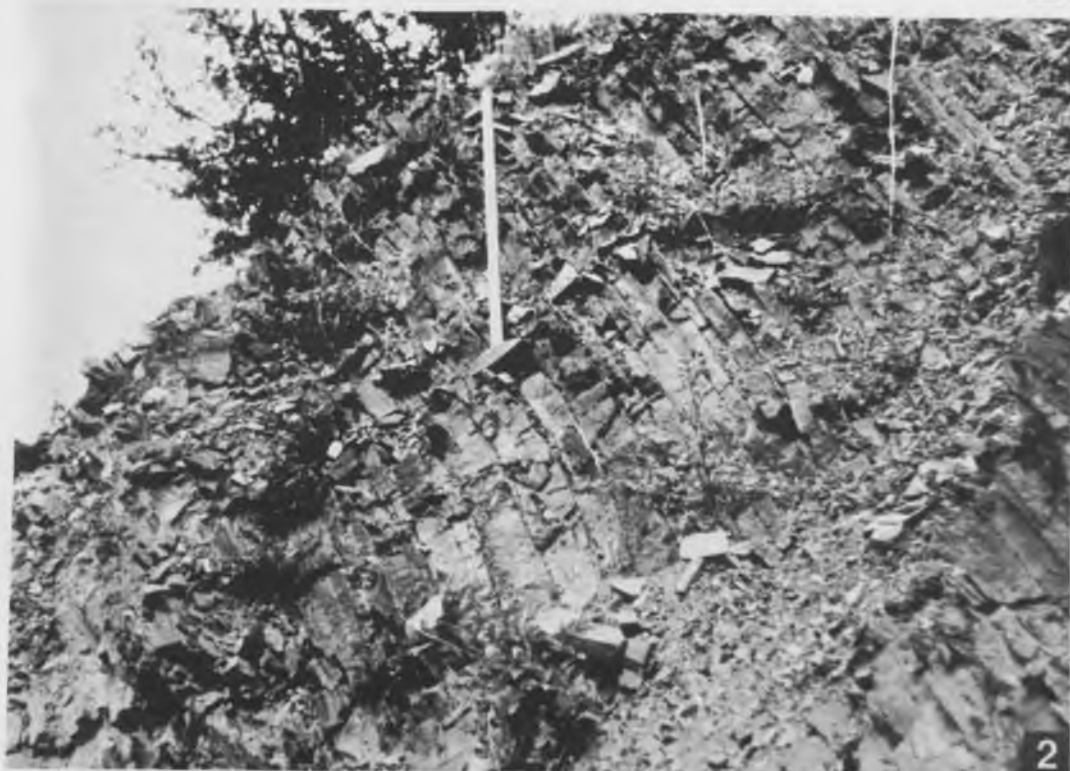
ТАБЛА II PLATE



ТАБЛА III PLATE



1



2

ТАБЛА IV PLATE

