

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	1	225-245	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	---------	---

УДК 553.313/.315:552.1(497.17+497.11)

Оригинални научни рад

МИНЕРАЛОГИЈА, ПЕТРОЛОГИЈА, ГЕОХЕМИЈА MINÉRALOGIE, PÉTROLOGIE, GÉOCHIMIE

ГВОЖЂЕВИТИ ООИДИ - КАРАКТЕРИСТИКЕ И ГЕНЕЗА - на примеру Тајмишта (З. Македонија) и Песаче (И. Србија)

ОД

Јелене Обрадовић*, Небојше Васића*,
Стевана Карамате* и Неида Грубина*

Гвожђевити ооиди улазе у састав оолитних руда гвожђа твз. гвожђевитих стена (ironstone) или се јављају као економски неинтересантне појаве. Везани су претежно за девон, јуру, креду и терцијар. У старијим периодама познате су појаве тракастих руда гвожђа, које нису предмет нашег интересовања. У раду су испитане појаве гвожђевитих ооида девонске (лежиште Тајмиште) и јурске старости (лијас северног дела Источне Србије). Посебна пажња посвећена је склопу и саставу ооида, њиховој генези и свакако пореклу гвожђа.

Кључне речи: ооиди, шамозит, сидерит, девон, јура.

УВОД

Седиментне руде гвожђа, економски интересантне, одговарају тракастој гвожђевитој формацији прекамбријске старости и оолитним рудама гвожђа чија старост варира од протерозоику до плиоцена.

Оолитне руде гвожђа (ironstone) одликују се оолитном структуром, садржајем шамозита, сидерита, оксида и сулфида гвожђа са мало магнетита, гринелита или минералита. Међу оксидима најраспрострањенији су гетит и хематит, мада је могуће и присуство мешаних магхемит-магнетит минерала као и појава FeOOH који прелази у гетит у растворима богатим хлоридима. Сидерит је једини карбонат који се јавља у знатним количинама, док су анкерит, доломит и калцит ретки. Међу сулфидима је најчешћи пирит, а јавља се и маркасит. Силикати гвожђа су по правилу богати алуминијумом. Чест је шамозит као и аморфна фаза истог састава. Констатовано је и присуство

* Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд.

ионитронита као и опала богатог гвожђем (Petruk et al., 1977).

У лежишту Тајмиште оолитне руде гвожђа јављају се у девонској серији, чија је старост одређена као горњи део доњег и средњи девон (Page, 1958), што је у сагласности са запажањима Van Houten-a (1988) који издваја појас девонских оолитних руда и везује их за широки простор у коме се рефлектују еустатичке промене нивоа мора другог реда, са заплављивањем кратопа раздвојеним израженим регресијама (у доњем девону) и трансгресијама (средњи и горњи девон). За трансгресивне фазе везане су појаве "Ironstone" руда у СЗ Либији, ЈИ Алжиру, источиом делу централне Русије и ЈИ Русији, Белгији и СЗ Шпанији.

Оолитне руде гвожђа девонске старости у З. Македонији са лежиштем Тајмиште, као најзначајнијем, биле су предмет интересовања великог броја геолога од којих су поједини одређивали стратиграфску припадност, други петролошке карактеристике серије, састав рудоносних хоризоната, хемизам руде, њен квалитет, тектонику лежишта итд. Ово, економски врло интересантно подручје у Западној Македонији и само лежиште Тајмиште проучавали су Cissarz (1954), Page (1958), Kleut (1965, 1966, 1968, 1973), Popović (1968), Думурџанов (1977), Karamata i Obradović J. (1979), Karamata i dr. (1982), Karamata i dr. (1988), Обрадовић Љ. и Срећковић (1988), и Obradović J. i Vasić (1990).

Гвожђевите ооиде лијаске старости у Источној Србији проучавао је Васић (1989/90).

Овим радом желели смо да прикажемо детаљно испитане ооиде који улазе у састав оолитне руде гвожђа, како њихову морфологију, састав и генезу и да исте корелишемо са појавама гвожђевитих оолитних стена јурске старости у Источној Србији.

МЕТОДОЛОГИЈА

Оптичким испитивањима одређен је облик, величина, састав ооида и стене домаћина као и литолошки састав стена у целој девонској серији Тајмишта и јурској серији Песаче.

Хемијске анализе минерала ооида Песаче, које су корелисане са истим из Тајмишта, узете су из рада Васића (1989/90), а гвожђевите ооиди Тајмишта анализирани су електронском микросондом у лабораторији за електронску микросонду ИГЕМ, АН Русије у Москви, од стране В. А. Боронихина и С. П. Кориковског на чему им се најсрдачије захваљујемо. Поред анализе шамозита из ооида урађене су и анализе сидерита и стилномелана из везива.

КАРАКТЕРИСТИКЕ ГВОЖЂЕВИТИХ ООИДА ДЕВОНСКЕ СТАРОСТИ

У лежишту Тајмиште издвојени су: рудоносни, подински (испод рудни) и повлатни хоризонт. Рудоносни хоризонт који представља хоризонт тектон-

ског меланжа обухвата и кластите који се јављају између руде, а карактерише се појавом гвожђевитих ооида. Кластити у овом хоризонту одговарају метапешчарима, метаалевролитима, филитима и шкриљцима. Однос руде према кластитима у овом хоризонту доста варира (од 9 до 79 : 100) а приметно је и варирање заступљености одређених врста кластита.

Руда гвожђа састоји се од Fe–хлорита (шамозитног карактера), сидерита и ређе магнетита са местимичним појавама стилномелана, апатита, кварца, аикерита и калцита. Споредни састојци руде су сулфиди гвожђа, илменит, ређе рутил и циркон. Органска материја је често присутна и већином метаморфисана до финих листића графита (Karamata i dr., 1988).

У лежишту гвожђа Тајмиште коистатована су три основна типа ооида: 1. шамозитски ооиди са оптичким крстом, 2. сидеритски ооиди и 3. ооиди са језгром од одломака микрокристаластог шамозита и шамозитским овојима. Најзаступљенији су шамозитски ооиди са оптичким крстом међу којима се може издвојити неколико подтипова на основу карактеристика језгра (централног дела) или спољашњих овоја: а). ооиди са крупним сидеритом у језгру и шамозитским овојима, б). шамозитски ооиди код којих су спољашњи овоји импрегнисани ситним кристалима пирита, ц). ооиди са микрокристаластим карбонатом у језгру и шамозитским овојима, д). шамозитски ооиди код којих су спољашњи овоји од ситнокристаластог карбоната. Несумњиво је да је део овако издвојених подтипова последица дијагенетских а делом и метаморфних процеса.

Основни и најзаступљенији тип ооида јесу шамозитски ооиди са оптичким крстом (класична форма појављивања). Могу бити тангенцијалне и радијалне грађе. Док тангенцијална грађа сугерише да су ооиди настали механичком акрецијом детритичног каолинита и хидратисаних оксида гвожђа (Bhattacharyya & Kakimoto, 1982), радијална указује на латеритске ооиде. Облици ооида су елиптични и кружни (гледају у петрографском препарату) односно одговарају елипсоидалим и сфероидалим облицима. Ређе су неправилних облика. Овде нису укључени деформисани облици настали услед притисака током метаморфизма већ само они за које се сматра да имају примарио атипичан облик. Ови ооиди могу бити са језгром–заметком које је најчешће теригено зрно (кварц, ређе циркон, апатит или илменит), или кристали сидерита.

Величина шамозитских ооида је у границама од 0.1 до 1 mm. У стени–рудим они могу бити добро сортирани са доминацијом једне фракције (нпр. 0.125–0.25 mm, 0.50–1.00 mm, 0.30–0.60 mm итд.) или пак средње и слабо сортирани. Њихова заступљеност у стени–рудим иде од ниске до врло високе. Ниска заступљеност се огледа у спорадичном појављивању пре свега у карбонатном везиву (структура mudstone), средња заступљеност у знатном проценту 20–50% (структура packstone–grainstone), али без додиривања, а висока, до 70%, са додиривањем где се ради о густом наковању (структура grainstone).

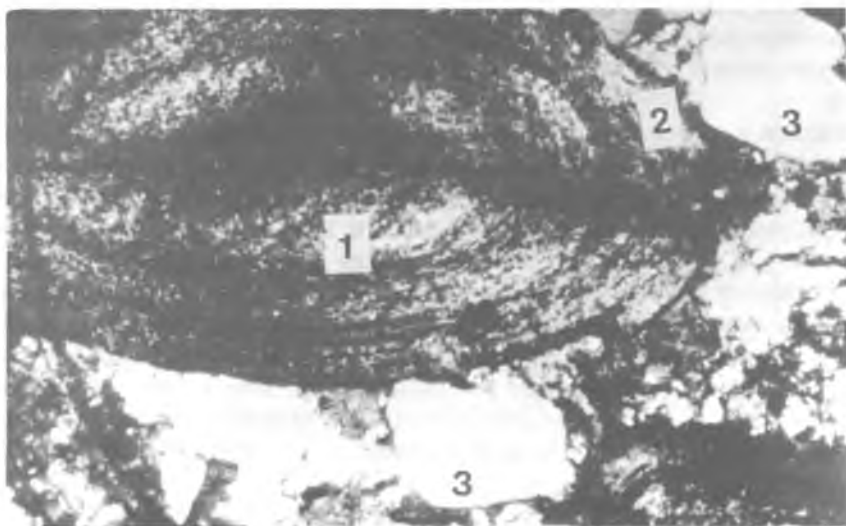
Везиво је следеће: микрокристаласти сидерит, крупнокристаласти сидерит, високогвожђевити карбонат (анкерит?), хлорит (шамозит?), кварц и калцедон (који под утицајем метаморфних процеса често граде сочива) сви

као цемент базалног, код мањег садржаја ооида, или порног карактера код повишеног садржаја ооида. Најзаступљенији су карбонатни и хлоритски цемент. Они се могу јавити као једини тип цемента у стени–руди или, што је чешће, заједно али по неправилним зонама. Остали типови цемента се обавезно јављају уз ова два основна. (Табла I, Сл. 1, 2, 3, и 4).

У поједииним узорцима је запажена ламинација где се ламине издвајају на следећи начин: ламина са шамозитским ооидима везаним цементом (крупнокристаласта сидерит) дебљине пар mm – ламина изграђене од микрокристаластог сидерита са или без ооида. Тај склоп указује на седиментно порекло.

КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛИЈАСКИХ ГВОЖЂЕВИТИХ ООИДА

Седименти са гвожђевитим ооидима у Песачи, одређени као песковито–калцитско–анкеритско–сидеритске стене са шамозитским ооидима, граде пакет дебљине 7 m који припада горњем делу плесбаха непосредно изнад Грифејско–белемнитске зоне. Гвожђевити ооиди (шамозитски) се јављају у класичним елипсоидалним формама (сл. 1) и са оптичким крстом. Нај-



Сл. 1. Микроскопски снимак шамозитског ооида са оптичким крстом – Песача: тачке 1 и 2 су места анализе електронском микросондом (Табела 2 анализе 4 и 4а), тачка 3 теригени кварц, (Н+, x100).

Fig. 1. Microscopic of chamositic ooid with optic cross - Pesača: points 1 and 2 are the places of electronic microprobe analyses (Table 2, analyses 4 and 4a), point 3 terrigenous quartz, (N+, x100).

чешће су без језгра а ако га имају онда је то теригени кварц, остаци фосила или цели микрофосили, анкерит и фрагменти агрегата ситнољустиастог хлорита. Доминантна величина ооида је у границама 0.50 до 1.00 mm (Васић, 1989/90, 1992).

ХЕМИЗАМ ДЕВОНСКИХ И ЛИЈАСКИХ ГВОЖЂЕВИТИХ ООИДА

Пре приказа хемизма гвожђевитих ооида неопходно је осврнути се на хемизам стена чији су они састојци (Таб. 1). Сложен хемизам руде гвожђа Тајмишта је несумњиво последица минералног састава односио присуства силикатне, карбонатне и ретке оксидне фазе (шамозит, сидерит, теригена компонента, хидроксиди и оксиди Fe, калцит) које су највећим делом примарио седиментне. Метаморфизам је такође имао свој одраз на минералогiju ових стена (стилинномелан, сулфиди и оксиди Fe) што је додатно компликовало ионако сложен састав. Хемизам стена са шамозитским ооидима у Песачи је такође условљен присуством силикатне, карбонатне и у мањој мери оксидне фазе (шамозит, теригена компонента, калцит, анкерит, сидерит, лимонит). Оно што битније одваја степе са Fe ооидима Песаче и Тајмишта јесте много већи садржај калцита у стенама Песаче.

Разлике у хемијском саставу гвожђевитих стена Тајмишта и Песаче огледају се у мањем садржају FeO, а повишеном садржају калције у Песачи. Остали оксиди показују мања варирања, што је и разумљиво пошто се у Тајмишту ради о руди гвожђа а у Песачи о појавама гвожђевитих стена (Таб. 1).

Табела 1. Хемијске анализе гвожђевитих стена
Table 1. Chemical analyses of ironstones

	Тајмиште Tajmište 1	Тајмиште Tajmište 2	Песача Pesača 1	Песача Pesača 2
SiO ₂	31.60	36.65	33.14	24.49
TiO ₂	1.42	0.83	0.32	0.22
Al ₂ O ₃	11.57	16.35	15.12	12.02
Fe ₂ O ₃	9.13	5.68	11.15	12.02
FeO	28.17	31.66	7.08	2.64
MnO	0.19	0.11		
MgO	2.18	2.10	5.44	3.49
CaO	4.21	0.75	10.72	24.03
Na ₂ O	0.18	0.12	0.27	0.14
K ₂ O	0.35	0.15	0.70	0.32
P ₂ O ₅	6.43	1.00		
H ₂ O ⁺	4.80	4.62	0.53	0.46
H ₂ O ⁻	0.16	0.20	15.60	22.98
Збир (Total)	100.39	100.22	100.07	99.61

Хемизам силикатних минерала девонских и лијаских гвожђевитих ооида урађен је електронском микросондом (Табеле 2 и 3). Атомске вредности за Fe, Mg, Si су нанесене на Neу-ов (1954) дијаграм (сл. 2) на коме су издвојена поља за ооиде Песаче (П) и Тајмишта (Т). И једни и други ооиди падају у поље шамозита тачније брунсвигита. Са дијаграма се јасно може видети да је

поље Fe ооида из Тајмишта померено у десио односно, указује на нешто повишени садржај гвожђа. У оквиру испитиваних ооида Тајмишта посебно се могу издвојити ооиди 4, 5 и 6 (Таб. 3) који би се могли окарактерисати као

Табела 2. Хемијске анализе Fe ооида – Песача.

Table 2. Chemical analyses of Fe ooides – Pesača.

	1	1a	2	2a	3	3a	4	4a
SiO ₂	26.24	25.27	27.97	27.03	25.38	25.93	25.72	25.32
Al ₂ O ₃	18.67	17.98	19.68	19.10	19.28	19.62	19.64	18.95
Cr ₂ O ₃	0.06	0.01	0.06	0.03	0.06	0.01	0.05	0.05
TiO ₂	0.56	0.22	0.22	0.15	0.34	0.04	0.44	0.49
FeO	40.85	42.20	41.34	41.70	39.88	40.56	38.51	39.28
MnO	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	4.20	3.73	4.52	4.33	4.01	4.59	4.62	4.12
CaO	0.38	0.19	0.31	0.03	2.17	0.47	0.33	0.50
Na ₂ O	0.06	0.04	0.05	0.06	0.04	0.00	0.07	0.02
K ₂ O	0.07	0.08	0.20	0.16	0.17	0.13	0.23	0.22
Збир (Total)	91.07	89.71	94.30	92.60	91.33	91.37	89.61	88.97

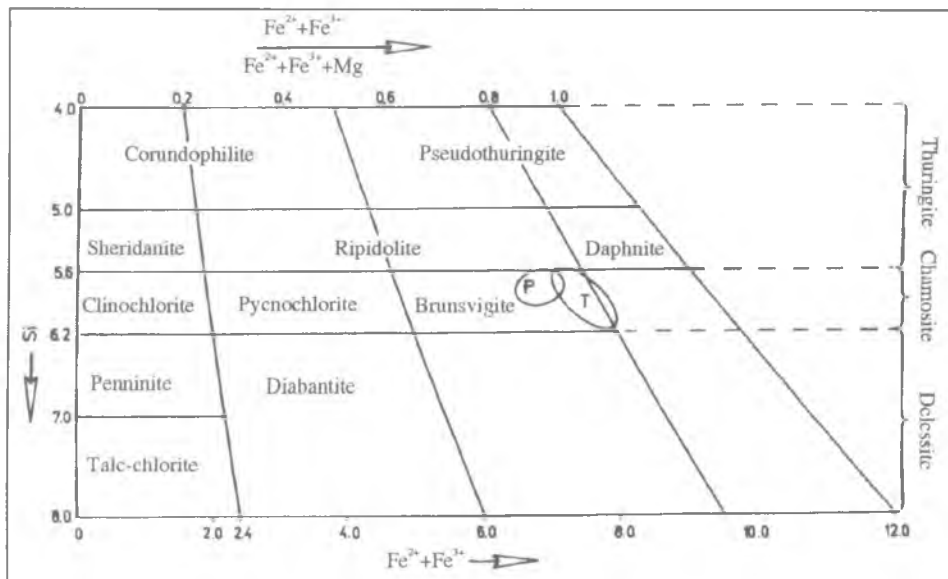
Табела 3. Хемијске анализе Fe ооида – Тајмиште

Table 3. Chemical analyses of Fe ooides – Tajmište.

	1	1a	2	2a	3	4	5	6
SiO ₂	26.12	25.97	25.22	24.86	24.94	24.52	26.36	25.64
TiO ₂	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01
Al ₂ O ₃	18.14	18.35	18.65	17.56	18.56	15.66	15.79	16.20
FeO	42.51	42.84	43.23	43.13	42.32	45.00	44.76	43.96
MnO	0.06	0.08	0.04	0.09	0.06	0.00	0.00	0.08
MgO	3.55	3.61	3.76	3.73	3.65	2.18	2.11	2.38
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.11	0.07	0.12
Na ₂ O	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.44
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06	0.07
Збир (Total)	90.51	90.89	90.94	89.41	89.57	87.63	89.18	88.90

високо гвожђевити и ниже алуминијски и магнезијски. Ооиди из Тајмишта су просечно са нижим садржајима силиције, алуминије и магнезије од оолита Песаче. Ооиди из Песаче имају знатно виши садржај калције од ооида из Тајмишта што је објашњиво чињеницом да је матична стена ооида Песаче далеко богатија калцијом и да асоцирају и са карбонатним стенама.

Четири ооида из Песаче као и два из Тајмишта, имају урађен хемизам централног дела и руба ооида. Код свих, тако испитиваних, ооида запажају се извесне разлике у хемизму између руба и централног дела ооида. Те разлике у хемизму огледају се углавиом у слабо повишеном садржају FeO и смањеном садржају силиције и алуминије. У ооидима Тајмишта те су разлике минималне, а у ооидима Песаче су нешто приметније.



Сл. 2. Дијаграм хлорита и оксидисалих хлорита (Hey M. H., 1954): П- шамозити Песаче и Т- шамозити Тајмишта.

Fig. 2. The diagram of chlorite and oxidized chlorite (Hey M. H., 1954): P- Pesača chamosites and T- Tajmište chamosites.

Сидерит, који представља најчешћи тип везива међу ооидима Тајмишта, показује извесно варирање у садржају FeO од 53 до 58%, CaO од 0.43 до 2.03%, а MgO од 1.54 до 3.53%.

Стилномелаи, који се јавља у пукотинама или пак у везиву гвожђевитих стена Тајмишта, садржи 43.46% SiO₂, 5.94% Al₂O₃, 35.57% FeO, 2.99% K₂O, 0.76% Na₂O и 1.63% MgO.

ДИСКУСИЈА

Оолитне руде гвожђа углавиом одговарају рудном типу минета, ређе ексхалативном типу (Harder, 1964). Оне се по правилу састоје из ооида шамозита везаних микрокристалистим сидеритом или шамозитом, али познати су случајеви када су ооиди изграђени од гетита и хематита, а везани калцитом.

У Европи старост оолитних руда гвожђа је ордовицијска и јурска, али јављају се и у девону (примери у Белгији, СЗ Шпанији као и у СЗ Либији, ЈЗ

Алжиру, источном делу централне Русије, ЈЗ Русији; Van Houten, 1988).

Руда гвожђа у лежишту Тајмишта јавља се у неколико циклуса и смештена је у кластичној серији изграђеној од глинаца, алевролита и пешчара метаморфисаних до метастена, аргилофилита, филита и шкриљаца. Само у горњим деловима стубова констатовано је присуство карбонатних стена јако рекристалисаних или метаморфисаних до калцитских шкриљаца.

Познато је да се оолитне руде гвожђа претежно јављају у кластичним серијама везаним за обалску линију, некад чак и у бракичној средини. Примери таквих лежишта су јурске минете Француске, затим руде "Clinton" формације силурске старости у источним деловима САД, као и "Wabana" лежиште Њуфаундленда ордовицијске старости. Руде "Clinton" формације су образоване у плитководној субтајдалној средини (Hunter, 1970), а Wabana руде (Ranger, 1979) везане су слично, за плитководну маринску средину баријерних гребена и тајдалних равни. Поред ових генетских објашњења постоје и схватања о таложењу на швеловима удаљеним од обале, таложењем у дубоководној средини и др. (Brookfield, 1974; Gygi, 1981 и др.). Hallam et al. (1979) сматра да је образовање ове врсте руда условљено степеном покретљивости вода у плитководним маринским срединама и приносом теригеног материјала рекама.

Изнето показује да не постоји јединствен модел формирања оолитних руда гвожђа. Као проблем при прављењу модела издваја се пачиш образовања оолитног склопа руде, састав ооида као и порекло гвожђа. Формирање ооида се у већини случајева везује за воде високе енергије док образовање феро-минерала који их изграђују, претежно је условљено средином мирних вода са ниским садржајем кисеоника. Kimberly (1979) је активирао стару идеју Sorbi-a и Cayeux-a да су ооиди првобитно били карбонатиог – арагонитског састава, а да су касније замењени шамозитом и гетитом. Порекло гвожђа код оваквог тумачења је из флувио-делтних седимената богатих органском материјом који леже преко гвожђевитих седимената.

Друга идеја је да су ооиди детритичног порекла и да су настали еродовањем латеритских терена са ооидима и пизолитима. Ова идеја иако је привлачна (није потребан принос Si и Al) има доста недостатака, пре свега ооиди из латерита немају језгра, радијалне су грађе а изграђени су од гетита богатог алуминијумом, који се не среће у ооидима гвожђевитих руда. При томе не треба искључити могућност прекоцентрације гвожђа из латеритске коре распадања.

Ооиди могу да се формирају око нуклеуса у субтајдалној средини богатој органском материјом механичком акрецијом детритичне глине каолинитског састава и хидратисаних оксида гвожђа (Bhattacharyya & Kakimoto, 1982).

Једно од могућих и прихватљивих објашњења порекла ооида дао је Кнох (1970) који сматра да су шамозитски ооиди формирани у релативно илитким и мирним срединама из којих су ооиди могли бити покренути и транспортовани (олујама) до оолитских брегова где су одлагани. Слично мишљење износе Curray (1964), Talbot (1973) и Leeder (1982), с тим да сматра-

ју да су ооиди настали од гела алуминије обогаћеног гвожђем у лагунама са таласањем. Maynard (1983), што је интересантно, указује на могућност реакције минерала глина (каолинит) и принесеног двовалетног гвожђа, такође у плиткој лагунској средини.

Порекло гвожђа је једно од питања које је дискутовано увек при истраживању ових стена. Према многобројним ауторима порекло гвожђа може бити вулканско; затим везано за подземне воде које се крећу од горе на доле – полазећи од муљева богатих органском материјом, или се издижу од доле на горе потичући из субмаринских извора; везано за реке (гвожђе у раствору, колоидно гвожђе у облику органских комплекса); везано за морску воду (уздицање дубљих, аноксичних басенских вода у област шелфа где је вода богата кисеоником); или везано за порне воде са дифузијом гвожђа павише из седимената богатих органском материјом. Свака од ових претпоставки има аргументе за и против.

Сумирајући све наведене хипотезе Maynard (1983) сматра да порекло ооида и гвожђа у њима може бити полигено.

КОРЕЛАЦИЈА И ЗАКЉУЧАК

Сличности и разлике девонских и лијаских гвожђевитих ооида и стена у којима се налазе су следеће:

1. Испитивани гвожђевити ооиди из обе локалности према свим морфолошким карактеристикама и хемијском саставу могу се сматрати врло сличним ако не и идентичним.

2. Минерални састав гвожђевитих стена (Песача) и руде (Тајмиште) је сличан (силикатна, карбонатна и ређа оксидна фаза), односно бруисвит из групе шамозита – високогвожђевити хлорит, сидерит, магнетит и др.

3. Уз девонске и уз лијаске гвожђевите стене са оонидима, у повлати и у подини су присутне стене богате органском материјом (у Тајмишту местично метаморфисаном до графита).

4. Уско су везане уз и са кластичним седиментима, а делом и са карбонатним (Песача).

5. Постапак и једних и других је везан за плитководне маринске средине, за фазе трансгресија.

6. Изражена разлика је у израженијем карбонатном карактеру (калцитском) стена носноца гвожђевитих ооида Песаче а у Тајмишту кластичном карактеру стена носиоца.

Значајна разлика између девонских и лијаских стена са гвожђевитим оонидима је само у томе што се у Тајмишту ради о рудном лежишту док је у Песачи то само појава без економског значаја.

Наведене карактеристике за обе локалности указују на сличност средине и механизма постанка – посматрајући их као примарио седиментне стене.

На основу свега изложеног може се закључити следеће:

1. Склоп руде у Тајмишту и појава у Песачи је оолитни, ређе и изолитни. Ооиди елиптичног или сфероидног ређе сферичног облика су претежно мањих од 0.5 mm. Изграђени су од шамозита без или са језгром (кварц, карбо-

натно зрно, и др.), сидерита који замењује шамозит некад у потпуности или делимично. Ређе се у ооидима среће магнетит (настао метаморфним процесима), а по ободу пирит, који се некад јавља и унутар ооида.

У руди Тајмишта се јављају и други Fe-хлорити, у малим количинама стилпномелан, редак мншесотаит, анкерит, калцит, кварц, апатит, сулфиди и оксиди Fe, други сулфиди, органска материја често метаморфисана до графита (Karata i dr., 1988).

2. Шамозитни ооиди формирани су у плитководној моринској редукционој средини условљеној присуством органске материје и то на граници седимент-вода (бактеријска оксидација органске материје). Овакви примери су познати данас у Британској Колумбији, басену Санта Барбаре, Калифорнијском заливу и у Црном мору. Шамозит је притом формиран из каолинита у средини богатој суспендованим хидратисаним оксидима гвожђа.

3. У стадијуму ране дијагенезе у условима интермедијарног оксидационог потенцијала и врло плитководне средине, где концентрација HCO_3^- није довољно висока да би могла да раствори исталожени феро карбонат, препешени ооиди се везују микрокристалистим сидеритом, који је у каснијој фази дијагенезе могао бити замењен крупнокристалистим сидеритом или шамозитом, а коме су под утицајем метаморфних процеса придодати и други, раније поменути, минерали.

II. 1. Порекло гвожђа представља посебан проблем. Ранији истраживачи лејингта Тајмишта, порекло гвожђа везивали су за вулканизам иако су базичне вулканске стене удаљене од лејингта и прекривене, пре образовања руда, дебелим наслагама палеозојских стена. Harder (1965) стога сматра да не постоји генетска веза између рудног хоризонта и вулканских стена и да су руде Тајмишта по својим хемијским и геохемијским карактеристикама ближе рудама типа мннета него ексхалативним типовима Лахн Дила.

2. Гвожђевите руде Тајмишта не показују потпуну подударност са минералним саставом и карактеристикама ооида (тангенцијална грађа). У широј околини нису ни констатоване коре распадања латеритског типа, одакле би гвожђе могло бити донешено, уколико пису у потпуности еродоване, што је мало вероватно.

3. Претпостављамо да је порекло гвожђа полигено, да може водити порекло од муљева богатих органском материјом из кога је гвожђе механизмом повратног црпљења донешено у басен, да је принето текућим водама које дренажу земљиште, а да може бити и донешено уздицањем дубљих аноксичних басенских вода у плитководну бракичну средину. За сада то питање остаје отворено.

Захвалност – Најсрдачније се захваљујемо геолозима Рудника и "Железарнице Скопје" са којима смо сарађивали при теренским истраживањима и који су нам омогућили обраду ове студије и то: мр. Т. Новаковском, инж. Д. Јовановићу, инж. В. Димићу и инж. К. Јорданову. Посебно се захваљујемо др. В. А. Боропихину и др. С. П. Кориковском на урађеним анализама ооида електронском микроскопом.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	1	225-245	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	---------	---

UDC 553.313/315:552.1(497.17+497.11)

Original scientific paper

МИНЕРАЛОГИЈА, ПЕТРОЛОГИЈА, ГЕОХЕМИЈА MINÉRALOGIE, PÉTROLOGIE, GÉOCHIMIE

IRONSTONES - CHARACTERISTICS AND GENESIS

by

Jelena Obradović*, Nebojša Vasić*,
Stevan Karamata* and Nenad Grubin*

Iron ooides are constituents of iron oolitic ores so called ironstones, or they appear as economically uninteresting occurrences. They are connected mostly to Devonian, Jurassic, Cretaceous and Tertiary. It is already known that in older periods there are appearances of banded iron formation but they are not the subject of our interest. The results of investigated iron ooides of Devonian (Tajmište deposit) and Jurassic age (Lias of northern part of East Serbia) are presented in this paper. Special attention is devoted to fabric and composition of ooides, their genesis and of course, the origin of iron.

Key words: ooides, chamosite, siderite, Devonian, Jurassic.

INTRODUCTION

Economically interesting sedimentary iron ores, correspond to Precambrian Banded iron formation and to oolitic iron ores which vary in age from Proterozoic to Pliocene.

Oolitic structure, presence of chamosite, siderite, iron oxides and sulphides with small amounts of magnetite, grinelite and minnesotatite are characteristic for oolitic iron ores (ironstones). Among oxides mostly spread are goethite and haematite, although the presence of maghemite-magnetite mineral mixture is possible as well as the occurrence of FeOOH which transites to goethite in solutions rich with chlorides.

Siderite is the only carbonate that appears in considerable amounts, while ankerite, dolomite and calcite are rare. Among sulphides pyrite is most common, but marcasite appears also. Iron silicates are very often rich in alumina. Chamosite is frequent as well as the amorphous phase with the same composition. Nontronite and

* Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Džušina 7, Belgrade

opal rich in iron were also found (Petruk et al., 1977).

In the Tajmište deposit oolitic iron ore appears in Devonian serie, the age of is determined as upper part of low, and middle Devonian (Page, 1958), which is in accordance with observations of Van Houten (1988). He distinguished the Devonian iron oolitic belt and connected it with the wide area in which eustatic changes of second degree sea level reflect, with floodation of cratons separated with clear regressions (in lower Devonian) and transgressions (middle and upper Devonian). Appearances of ironstone ore are connected to the transgressive phase in NW Libya, SE Algeria, eastern part of central Russia, Belgium and NW Spain.

Oolite iron ores of the Devonian age in west Macedonia with the Tajmište deposit, were the object of interest of a large number of geologists. Some of them determined the age and others petrological characteristics of the series, composition of ore-bearing horizon, chemism of ore, its quality, as well as tectonics of deposit etc. This economically very interesting area in west Macedonia and the Tajmište deposit were studied by: Cissarz (1954), Page (1958), Kleut (1965, 1966, 1968, 1973), Popović (1968), Domurdžanov (1977), Karamata & Obradović J. (1979), Karamata et al. (1982), Novakovski & Dimić (1984), Karamata et al. (1988), Obradović Lj. & Srećković (1988) et al.

Iron deposits of the Lias age in east Serbia were studied by Vasić (1989/90, 1992).

With this paper we wanted to present in detail the investigated ooides which are constituents of iron oolitic ores, their morphology and their composition and to correlate results with appearances of Jurassic iron oolitic rocks in east Serbia.

METHODOLOGY

Shape, size and composition of ooides and hosted-rock was determined as well as the lithological composition of rock in the whole Devonian serie in Tajmište and in the Jurassic serie of Pesača.

Chemical analyses of Pesača ooides, which are correlated to the same from Tajmište, were taken over from Vasić (1989/90). Tajmište iron ooides were analyzed with electronic microprobe in IGEM, AS of Russia in Moscow, by V. A. Boronhin and by S. K. Korikovski, for which we most gratefully thank them. Besides analyzing of ooides, analyses of siderite and stilpnomelan were done.

CHARACTERISTICS OF DEVONIAN IRON OOIDES

In the Tajmište deposit the following were distinguished: ore-bearing, underlying (beneath ore) and overlying horizon. Ore-bearing horizon which is a horizon of tectonic melange, includes clastics which appear between the ore, and it is characterized by appearance of iron ooides. Clastics in this horizon correspond to metasandstones, phyllites, cherts and metaalevolites. Ore to clastite ratio in this horizon varies a lot (from 9 to 79 : 100) and also the varying is noticable in content of some types of clastites.

Iron ores consist of Fe–chlorites (chamositic character), siderite and rare magnetite with scattered appearances of stilpnomelan, apatite, quartz, ankerite and calcite. The accessory ore particals are sulphides, ilmenite, rarely rutile and zircon. Organic matter is often present, and is mostly metamorphized up to fine graphite sheets (Karamata et al., 1988).

In the Tajmište iron deposit, three main types of ooides are found: 1. chamositic ooides with the optical cross, 2. sideritic ooides and 3. ooides with microcrystalline chamositic nucleus and with chamositic envelope. Most common are chamositic oolites with the optical cross, among which several subtypes can be distinguished on the basis either of the nucleus character (central part) or outer envelopes: a). ooides with large siderite in nucleus with and chamositic envelopes, b). chamositic ooides where the outer envelopes are impregnated with small crystals of pyrite, c). ooides with microcrystalline carbonate in nucleus and with chamositic envelopes, d). chamositic ooides where the outer envelopes are of microcrystalline carbonate. Some of the subtypes distinguished in this way are undoubtedly a consequence of diagenetic and some of metamorphic processes.

The basic and most common types of ooides are chamosite ooides with the optical cross (standard appearance form). Tangential and radial structures of chamosite ooides were observed. While the tangential structure indicates the mechanical accretion of detrital kaolinite and hydrated Fe oxides (Bhattacharyya & Kakimoto, 1982) as a way of ooides genesis, radial structure indicates the origin from lateritic ooides. Chamosite ooides appear in elliptical and spherical forms (as seen in petrographical slides), as well as in ellipsoidal and spheroidal, and rarely in irregular forms. Deformation forms, influenced by high pressure during metamorphism, are excluded from the above mentioned which are primary atypical. Ooides can contain nucleus–embryo, most often terrigenous grain (quartz, rarely zircon, apatite or ilmenite) or siderite and calcite crystals.

The size of chamosite ooides varies from 0.1 to 1 mm. In hosted–rock/ore they can be well–sorted, with one fraction dimension (0.125–0.25 mm, 0.50–1.00 mm, 0.30–0.60 mm etc.), or medium and poorly sorted. Their content in hosted–rock/ore can vary from low to very high. Low content means only sporadic appearance in carbonate matrix (mudstone structures), medium 20–50% (packstone–grainstone structure), but not grain–supported, and high – up to 70%, grain–supported (grainstone).

The following ground–masses were observed: microcrystalline siderite, as matrix, coarsecrystalline siderite, highly Fe–rich carbonate (ankerite?), chlorite (chamosite?), quartz, calcedone (which often build lances, under the influence of metamorphic processes), all as cement, either basal (less ooides content), or pore. The most often are carbonates and chlorite cement, which can appear single, as the only cement type in hosted–rock/ore, or more often together, but irregularly. The other cement–types never appear single, only beside the two basic types.

In some samples the lamination was observed, appearing by the following noticed rule: Laminae with chamosite ooides cemented by coarsecrystalline siderite (as cement), few mm thick – laminae built–up of micrite with or without ooides, which all indicate the sedimentary origin.

CHARACTERISTICS OF LIASSIC IRONSTONES

Sediments with iron ooides in Pesača, determined as sandy–calcite–ankerite–siderite rocks with chamositic ooides, form the serie 7 m thick, which belongs to the upper Pliensbachian just above the Grifeic–belemnite zone. Ironstones (chamositic) appear in standard ellipsoidal forms (fig. 5) with an optic cross. In most cases, they have no nucleus and if they do, they are terrigenous quartz, fossil remains, whole microfossils, ankerite and fragments of chlorite aggregates with sheeted structure. The dominant size of ooides is between 0.50 and 1.00 mm (Vasić, 1989/1990).

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF DEVONIAN AND LIASSIC IRONSTONES

To understand the chemistry of ironstones it is necessary to introduce the chemical characteristics of hosted–rocks (Tab. 1). The complex chemical composition of Tajmište iron ores is undoubtedly the consequence of its mineral composition – or more precisely, the presence of silicate, carbonate and oxide phases (chamosite, siderite, terrigenous components, Fe hydroxide and oxides, calcite) which are all mostly of primary sedimentary origin. The metamorphism also influenced the mineralogy of these rocks (occurrences of stilpnomelane, Fe sulphides and oxides) and complicated the already complex composition. The chemical composition of rocks with chamosite ooides from Pesača was also caused by the presence of silicate, carbonate and oxide phases (chamosite, terrigenous components, calcite, siderite, ankerite, limonite). The main difference between Pesača and Tajmiste hosted–rocks is much higher calcite content in rocks from Pesača.

The differences between the chemical compositions of iron rocks from Pesača and Tajmiste are the lower FeO and higher CaO content in the first. Other oxides contents vary less, which can be expected considering the similarities between Tajmište and Pesača (iron ore – iron rocks).

The chemical composition of Devonian and Liassic ironstones was determined using microprobe analyses (table 2 and 3). Atomic values of Fe, Mg and Si were put on Hey's (1954) diagram (fig. 2) with already separated fields for Pesača (P) and Tajmište (T) ooides. Both the ooides belong to the chamosite, or more precisely, brunsvigite field.

It is visible from the diagram that the Tajmište Fe ooides field is moved to the right side indicating a slightly higher content of iron. Among these ooides, the samples 4, 5 and 6 (Tab. 3) can be separated as those with very high Fe content, but low Al_2O_3 and MgO. In general, ooides from Tajmište have less average contents of SiO_2 , Al_2O_3 and MgO than those from Pesača. Also the content of CaO is much higher in Pesača ooides, which is explicable by the high CaO content in their hosted–rocks.

On four ooides samples from Tajmiste and two from Pesača (fig. 2) the chemical composition of central and margin part of ooid was determined. Some differences exist in Pesača ooides which have a bit lower SiO_2 and Al_2O_3 contents and a bit higher FeO in the margin part. In Tajmiste ooides the differences are minimal.

The siderite representing the most common ground-mass cement type in Tajmište ooides shows certain variations in FeO content – from 53 to 58%, in CaO from 0.43 to 2.03% and MgO from 1.54 to 3.53%.

Stilpnomelane, occurring in the cavities or in the ground-mass of iron rocks from Tajmiste contain 43.46% SiO₂, 5.54% Al₂O₃, 35.57% FeO, 2.99% K₂O, 0.76% Na₂O and 1.63% MgO.

DISCUSSION

Ironstones mostly correspond to the Minette ore type (and rarely to the exhalative type, Harder, 1964), which almost always consist of chamosite ooides cemented by chamosite clay or microcrystalline siderite. The cases of ooides built-up of goethite and haematite and cemented by calcite are also known. The age of European ironstones is Ordovician and Jurassic, but they also appear in Devonian (in Belgium, NW Spain, and also: NW Lybia, SW Algeria, eastern part of central Russia, SW Russia; Van Houten, 1988).

The iron ore from Tajmište deposit occurs in several cycles, set in the clastic series built-up of clays, siltstones and sandstones metamorphosed into meta-rocks, argillophyllites, phyllites and schists. Only on the upper parts of geologic columns the presence of carbonate rocks, strongly recrystallised and metamorphosed into calcite schists was observed.

It is well known that ironstones appear in clastic series connected with the shore line and sometimes even in a brackish environment. The examples of such deposits are Jurassic minettes in France, Clinton formation ores of Silurian age, in the eastern part of U.S.A., Wabana deposit of Ordovician age, in New Founland. The Clinton formation ores were developed in shallow subtidal environment (Hunter, 1970). Wabana ores (Ranger, 1974) are also connected with the shallow marine environment – barrier reefs and tidal flats. There's also an opinion that such ores might have been formed by deposition on swells distant from coasts or in the deepwater environment (Brookfield, 1974, Gygi, 1981 and others). According to Hallam et.al. (1974) the formation of ores is influenced by water mobility and inflow of terrigenous material by rivers.

The above mentioned shows there is no unique formation model for ironstones. Problems regarding oolitic fabric of ore, are composition of ooides and iron origin. The formation of ooides is in most cases connected to high-energy water, while the siderite and chamosite, ooid-forming iron minerals mainly form in quiet water environments with a low oxygen content. Kimberly (1979) initiated the pre-existing idea of Sorbi and Cayeux that ooides originally consisted of carbonate – aragonite which was later replaced by goethite and chamosite. According to this hypothesis, iron originates from fluvial-delta sediments, rich in organic matter, lying above the iron sediments.

The other idea is that ooides are of detrital origin and were formed by erosion of ooides and pisolites-rich laterite terrains. This idea, although attractive (the inflow of Si and Al not necessary) has its defects: ooides from laterites have no nucleus,

they are radial and built-up of Al-rich goethite, which can not be found in iron ore ooides. However, the possibility of recomposing of iron from laterite weathering crust is not to be excluded.

Ooides can form around the nucleus in subtidal environment rich in organic matter by mechanical accretion of detrital clay (caolinite composition) and hydrated Fe-ooides (Bhattacharyya & Kakimoto, 1982).

One of the possible and acceptable explanations of ooides origin was given by Knox (1970), who thought that chamositic ooides were formed in relatively shallow and quiet environments from which ooides might have been moved and transported (by storms) to the oolitic bars and there deposited. Similar opinions were given by Curray (1964), Talbot (1973) and Leeder (1982), who, however, believed that ooides were formed from iron-enriched Al gels in wavy lagoons. In shallow lagoon environment there is a reaction possibility of clay minerals (caolinite) and inflowed Fe^{2+} (Maynard, 1983).

The origin of iron is always discussed when ironstones are investigated. According to numerous authors, Fe origin might be volcanic; connected to the subsurface water flowing downwards – from organic matter-rich muds or upwards – from submarine springs; connected to the rivers (iron in solution, colloid iron in organic complex forms); connected to the sea water (lifting of deeper, anoxic basin water on the shelf area with oxygen richer water). Each of these hypothesis has its defects and therefore, according to Maynard (1983) can be polygenetic.

CORRELATION AND CONCLUSION

The similarities and differences between Devonian and Liassic iron ooides and their hosted-rocks are the following:

1. Investigated iron ooides from both localities according to all characteristics can be considered as very similar or even identical.

2. Mineral composition of iron rocks (Pesača) and iron ore (Tajmište) is very similar (silicate, carbonate and oxide phase): brunsvigite from chamosite group – chlorite highly enriched with iron, siderite, magnetite and others.

3. Beside the Devonian and Liassic iron oxide rocks, as overlying and underlying sediments appear rocks rich in organic matter (partly metamorphosed to graphite, in Tajmište).

4. They are closely connected to clastic sediments, and partly carbonate (in Pesača).

5. The formation of both is connected to shallow marine environments and transgression phases.

6. The significant difference between them is in the outstanding carbonate character (calcite) of Pesača hosted-rocks.

The basic difference between Devonian and Liassic ironstones is in their hosted-rocks character: Tajmište is ore deposit, while Pesača is an economically insignificant occurrence.

The mentioned characteristics of both localities indicate the similar formation en-

vironments and processes.

According to all investigations, the following conclusions can be made:

I. 1. The fabric of ore from Tajmište and occurrence in Pesača is oolitic, rarely pisolitic. Elliptical, spheroidal and rarely spherical ooides are mainly less than 0.5 mm in diameter. They are built-up of chamosite with or without nucleus (quartz, carbonate grain, etc.), siderite, partly (sometimes completely) replacing the chamosite. The constituents of ooides are magnetite (but rarely) formed in metamorphic rocks and pyrite – appearing on the margin, or sometimes inside ooides.

In Tajmište ore other Fe – chlorites, stilpnomelane (in very small amounts), rare minnesotaite, ankerite, calcite, quartz, apatite, Fe sulphides and oxides, other sulphides, organic matter, frequently metamorphosed in graphite often appear (Karamata et al., 1988).

2. Chamositic ooides were formed in shallow marine reduction environment caused by the presence of organic matter on the very border between sediments and water (bacterial oxidation of organic matter). Such examples are known in British Columbia, Santa Barbara basin, California bay and in the Black Sea. Chamosite was formed from caolinite during the early diagenetic stadium, in environment rich in suspended hydrated Fe oxides.

3. During the stadium of early diagenesis in shallow water environments with intermediate oxidation potential, and HCO_3^- concentration not high enough to dissolve precipitated Fe carbonate, transmitted ooides connect to microcrystalline siderite which might have been, during the later phases of diagenesis replaced by coarse crystalline siderite or chamosite and other minerals mentioned before, added to chamosite under the influence of metamorphic processes. Earlier investigators noticed such poly-phase occurrences of siderite and chamosite, which is not discussed in this paper.

II. 1. The origin of iron presents a special problem. The earlier investigators of Tajmište deposit connected the origin of iron with volcanic processes, although the nearest volcanic rocks occur 47 km far from the deposit and are covered by big strata of Paleozoic rocks. Therefore, Harder (1965) thought there was no genetic relation between ore horizon and volcanic rocks and that the ores from Tajmište, according to their chemical and geochemical characteristics, are closer to the Minette ore type than the Lahn Dil exhalative ore type.

2. The iron ores from Tajmište are not completely identical to Minette in their mineral composition and ooides characteristics (tangential structure). There were no observed occurrences of weathering crusts of the laterite type (unless they were completely eroded) from where the iron might have been brought.

3. We believe that the origin of iron is polygenetic: iron can originate from organic matter-rich muds from which the iron was brought into the basin by: seepage refluxion; running water draining weathering crust; lifting of deeper anoxic basin water in shallow brackish environment. So far, this remains an open problem.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are very grateful to the geologists from Mine and Ironworks "Skopje" for

their cooperation during field works: T. Novakovski, M. Sc. D. Jovanović, V. Dimić and K. Jordanov. Special thanks to Dr Boronihin V. A. and Dr Korikovski S. P. for their microprobe ooides analyses.

Translated by the authors

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Berner R. A., 1971: Principles of Chemical Sedimentology – Mc Grow–Hill, New York.
- Berner R. A., 1981: A new geochemical classification of sedimentary environments. – *Jour. Sed. Petrol.* 51, 359–365.
- Bhattacharyya P. D. & Kakimoto K. P., 1982: Origin of ferrous ooids: an SEM study of iron-stone ooids and bauxite pisoids. – *Ibid.*, 52, 849–859.
- Brookfield M., 1973: The paleoenvironment of the Abbotsbury Ironstone (Upper Jurassic) of Dorset. – *Paleontology*, 16, 261–274.
- Cissarz A., 1954: O petrografiji i genezi ležišta silikatnih ruda gvožđa u jugozapadnoj Makedoniji. – *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja*, NRS, XI, 261–335, Beograd.
- Currey J. R., 1964: Transgressions and regressions, In: R. L. Miller (ed.) *Papers in marine geology*. – Shepard commemorative Volume, Mackmillan Co, 175–203 New York.
- Думурџанов Н. (=Dumurdžanov), 1977: Извештај за реамбулацију и геолошко картоирање на пошироката околина на лежиштето Тајмиште во 1977 г – Фонд Геол. завода, ООУР Инст. за истраж. на минер. сир., Скопје.
- Gygi R. A., 1981: Oolitic iron formations: marine or nonmarine? – *Eclogae Geol. Helv.*, 74, 223–254.
- Hallam A., and Bradshaw M. J., 1979: Bituminous shales and oolitic ironstones as indicators of transgressions and regressions. – *Jour. Geol. Soc.*, 136, 157–164.
- Harder H., 1964: Zur Frage nach der Entstehung gewisser devonischer Roteisen. – *Beitr. z. Mineral. u. Petrogr.* 9, 379–422.
- Harder H., 1965: The use of trace elements in distinguishing different genetic types of marine sedimentary iron ores – XXII Inter. Geol. Congr., 1964, New Delhi.
- Hey M. H., 1954: A new review of the chlorites – *Min. Mag.* 30, 277p.
- Hunter R. E., 1970: Facies of iron sedimentation in the Clinton Group. In: G. W. Fisher (ed.) *Studies in Appalachian Geology, Central and Southern* – Wiley–Interscience, New York, 101–121.
- Karamata S. i Obradović, J., 1979: Studija razrade kriterijuma za istraživanje ruda gvožđa u Zapadnoj Makedoniji polazeći od rezultata u rudnom ležištu Tajmište, I Faza, Beograd.
- Karamata S., Obradović J. i Nikolić, D., 1982: Studija razrade kriterijuma za istraživanje ruda gvožđa u Zapadnoj Makedoniji polazeći od rezultata ispitivanja u rudnom Ležištu Tajmište, II Faza, Beograd.
- Karamata S., Obradović J. i Nikolić D., 1988: Studija razrade kriterijuma za istraživanje ruda gvožđa u Zapadnoj Makedoniji polazeći od rezultata ispitivanja u rudnom Ležištu Tajmište, III Faza, Beograd.
- Kimberley M. M., 1979: Origin of oolitic iron formations – *Jour. Sed. Petr.*, 49, 111–132.
- Kleut D., 1965: Mineraloška studija ruda gvožđa Zapadne Makedonije (Tajmište). – Magistrski rad, Fond RGF, Beograd.
- Kleut D., 1966: Mineralni sastav rudišta Tajmište sa osvrtom na njegovu genezu – VI Savetovanje geologa Jugoslavije, II, Ohrid, 506–518.
- Kleut D., 1968: Fosfor u ležištu gvožđa Tajmište. – *Radovi Ins. za geol.–rudar. istrž. i ispitivanja nuklearnih i dr. min. sirovina*, 4, 125–139, Beograd.
- Kleut D., 1973: Pojave fosfora u sedimentnim ležištima gvožđa Zapadne Makedonije. – *Ibid.*, 8, 129–141, Beograd.

- Knox R. W., 1970: Chamosite oolites from the Winter Gill ironstone (jurassic) of Yorkshire, England – Jour. Sed. Petrol. 40, 1216–1225.
- Leeder M. R., 1982: *Sedimentology – Process and Product*, George Allen, London.
- Maynard J. B., 1983: *Geochemistry of Sedimentary ore Deposits* – Springer, New York.
- Obradović J. and Vasić N., 1990: Mineral deposits in Miocene lacustrine and Devonian shallow-marine facies in Yugoslavia – Spec. publs int. Ass. Sediment., 11, 147–156.
- Обрадовић Ј. и Срећковић Д. (=Obradović & Srećković), 1988: Неки нови подаци о генези лежишта Тајмишта – Записници СГД за 1985–1986, 231–236, Београд.
- Page B. M., 1958: Shamositic ironore deposits near Tajmište, Western Macedonia, Yugoslavia. – Economic geology, 53, 1, 1–21.
- Petruk W., Farrell D. M., Laufer E. E., Tremblay R. J. & Manning P. G., 1977: Nontronite and ferruginous opal from the Peace River iron deposit in Alberta, Canada – Canadian Min., 15, 14–21.
- Popović R., 1968: Prilog poznavanju sedimenih metamorfisanih ležišta ruda gvožđa zapadne Makedonije – Radovi Inst. za geol. – rudar. istraživanja i ispitivanje nuklearnih i dr. miner. sirovina, 4, 41–56, Beograd.
- Ranger M. R., 1979: The Sedimentology of a Lower Paleozoic Peritidal Sequence and Associated Iron Formation, Bell Island, Conception Bay, Newfoundland. – Unpubl. MSc. Thesis, Memorial Univ. of Newfoundland, 125 pp.
- Talbot M. R., 1980: Major sedimentary cycles in the Corallian Beds. – Paleogeogr., Paleoclim., Paleocool., 14, 293–317.
- Van Houten F. B., 1988: Patterns of Paleozoic oolitic ironstones, North America, Europe, Africa, South America. – IAS Inter. Symp. on Sedim. related to Mineral Deposits, July 30 – august 4, 1988, Abs., China, 261–262.
- Васић Н. (= Vasić), 1989/90: Карбонатни и кластични седименти са шамозитским оолитима у лијасу Песаче – Гласн. Приро. Муз. у Београду, А 44/45, 75–85, Београд.
- Vasić N., 1992. Sredine i uslovi stvaranja jurskih sedimenata područja Pesača – Miroč. – Doktorska disertacija. 225, RGF, Beograd.

ТАБЛА I PLATE

- Сл. 1. Микроскопски снимак примарно деформисаних шамозитских ооида који се налазе у микрокристаластом сидеритском везиву – Тајмиште, (N II, $\times 25$).
- Fig. 1. Microscopic photo of primarilly deformed chamositic ooides in microcrystalline sideritic ground-mass – Tajmište, (N II, + 25).
- Сл. 2. Микроскопски снимак оолитне руде гвожђа – Тајмиште: 1). шамозитски ооиди са оптичким крстом и 2). шамозитски ооиди замењени сидеритом, (N +, $\times 50$).
- Fig. 2. Microscopic photo of ironstones – Tajmište: a). chamositic ooides with optic cross and b) chamositic ooides replaced by siderite, (N +, + 50).
- Сл. 3. Микроскопски снимак оолитне руде гвожђа – Тајмиште: 1) густо паковани шамозитски ооиди са оптичким крстом и 2). хлоритски цемент, (N +, $\times 50$).
- Fig. 3. Microscopic photo of ironstones – Tajmište: a) hard packed chamositic ooides with optic cross and b) chloritic ground-mass, (N +, + 50).
- Сл. 4. Микроскопски снимак оолитне руде гвожђа – Тајмиште. Шамозитски ооиди у микрокристаластом сидеритском везиву, (N II, $\times 50$).
- Fig. 4. Microscopic photo of ironstones – Tajmište: a) chamositic ooides and b) microcrystalline sideritic ground-mass.

ТАБЛА I PLATE

