

Глинести минерали в аргилизити и аргилизирани скали от Родопите

Дечко Стефанов

Stefanov, D. 2004. Clay minerals in argillic-type altered rocks from the Rhodopes. *Geochem. Mineral. Petrol.*, **40**, 87-95.

Abstract. Argillic-type altered rocks – products of hydrothermal metasomatic processes in granites, rhyolites and hydrothermally altered rocks from 10 deposits and 4 ore regions in the Rhodope metallogenic area have been studied.

X-ray powder diffraction studies reveal the mineral composition of argillic-type altered rocks as well as some structural and crystallo-chemical features of the detected clay minerals. The rock-forming clay minerals belong to the groups of smectite, kaolinite and mica. Chlorite is of limited occurrence while pyrophyllite and mariposite are rare. The group of kaolinite includes kaolinite, disordered along the *b*-axis kaolinite and halloysite 7Å. Micas are represented by illite 2M₁, illite 1M, interlayer-deficient mica and micas with unidentified polytypism and hydration.

There are essential differences in the distribution of the different types of clay minerals in individual deposits and regions. Smectite is an important mineral in the argillic-type altered rocks from the Ossogovo-Blagodat region, minor in the Central Rhodope and West Rhodope region, and is practically absent in the East Rhodope region. Kaolinite is characteristic of the argillic-type altered rocks from the Central Rhodope region while disordered along the *b*-axis kaolinite is typical of the Ossogovo-Belasitsa region. The West Rhodope region is characterized by the joint occurrence of the three kaolinite minerals while these minerals are minor in the East Rhodope region. Minerals of the mica group were detected as second-order components in the argillic-type altered rocks in all regions except for the Central Rhodopes where they are practically absent.

Key words: clay minerals, argillic-type altered rocks, Rhodopes.

Address: Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria.

Увод

През последните десетилетия се наблюдава повишен интерес към изучаването на хидротермално аргилизираните скали във връзка с откриването на богати концентрации от мед, злато, уран и други полезни компоненти в тях. Изследванията на аргилизитите у нас са съсредоточени главно в райони, които са проучвани за уранови и полиметални орудавания. Специално внимание е отделено на находища, където аргилизитите изграждат самостоятелни околорудни ореоли.

Минераложките изследвания на аргилизитите у нас също датират от десетилетия, но публикациите са все още твърде малко. Целта на настоящата работа е да се направи обобщение на наличните материали за глинестите минерали в аргилизитите от Родопите. Използвани са данни за тяхната диагностика и кристалохимични характеристики и въз основа на тях е анализирано разпределението им по находища и рудни райони, като е възприето поделянето съгласно Металогенната карта на България

и обяснителната записка към нея (Магматизм и металлогения ..., 1983).

Формацията на аргилизираните скали представлява съвкупност от хидротермални метасоматити, формирани предимно по кисели скали, при които първичните минерали се заместват от глинести минерали (Волостных, 1972). В зависимост от степента на промяната се разграничават аргилизити (60-70% глинести минерали) и аргилизирани скали (10-30% глинест компонент).

Материали и методика на изследване

Изследвани са общо 396 проби от аргилизити и аргилизирани скали от 10 находища от 4 рудни района на Родопската металогенна област (табл. 1). Кратки сведения за урановите находища в България от различни генетични и формационни типове (ендогенни и екзогенни), част от които са обект на нашите изследвания, са дадени в книгата на Стойков и Божков (1991).

Минералният състав на аргилизитите и аргилизираните скали, както и кристалохимичните характеристики на присъстващите глинести минерали са определени чрез рентгенодифрактометричния метод. Използвани са дифрактометри D-500, Siemens и HZG-4A, Zeiss Jena, медно монохроматично или филтрувано лъчение, 40 kV, 30 mA, 2 или 1 deg/min. Снимани са ориентирани и неориентирани препарати от въздушносухи проби, както и такива след термична обработка до различни температури, насищане с глицерин и етиленгликол и въздействия с киселини.

Осоговско-Благодатски руден район

Находище Сандански. Изследвани са гранитогнайските от района на Сандански, в близост до селата Игналище и Лебница. Те са засегнати от хипергенни и постгранитизационни процеси, проявени в зоната на Лебнишкия дълбочинен разлом.

Западнородопски руден район

Находище Велинград. Изследвани са грусирани гранити, хидротермално променени скали, почвени слоеве и глинести маси под почвения слой. Опробването обхваща голяма площ около Велинград, в която са включени находищата Алан-дере, Калъч Борун, Гюлтепе, Скрабатски чарк и други.

Находище Елешница. Изследвани са предимно проби от почвени и подпочвени слоеве, набогатени на глинести материали. Опробвани са площи от находищата Калнишка река, Матан дере, Ранча, Ковачевица и Вищерица.

Централнородопски руден район

Находище Широка поляна. Изследваната територия обхваща югозападната периферия на Брацигово-Доспатския вулкански ареал и прилежащите му гранитоиди от Западнородопския батолит, които се разкриват южно от язовир Широка поляна (Бахнева, 1977). От това находище са изследвани силно до слабокатаклазирани гранити и милонити.

Находище Доспат. Аргилизитите и аргилизираните скали са продукт на хидротермални метасоматични изменения на гранитите от южната периферия на Брацигово-Доспатската депресия. Аргилизацията е проявена повсеместно, но много неравномерно. Тя е локализирана в местата с тектонска преработка на гранитите, както и в слабо до силнокатаклазираните гранити (Бахнева, 1977).

Находище Девин (Стоманово). Изследваната площ е в обсега на Девинската вулканска структура от Брацигово-Доспатския вулкански ареал. Вулканските скали са засегнати от ендегенни изменения от аргилизитов тип. Анализирани проби произхождат предимно от грусирани риолити. В близост до с. Стоманово се намира алунистово находище. В геоложкия му строеж

участват и аргилизити (Velinov et al., 1972; Харковска, Велинов, 2002), от които са изследвани проби, представляващи част от променителните продукти от алунитови кварцити.

Находище Смолян. Намира се в западната част на Смолянската депресия, която е формирана след долния олигоцен като Перелишка вулcano-тектонска структура. Изследвани са сулфатарни и хидротермални аргилизити, част от които са образувани при процесите на дорудна и рудосъпровождаща аргилизация в находищата Герзовица, Свети Дух и други. Процесите на аргилизацията засягат също така дотерциерните гранити и олигоценските седиментни скали (Бахнева, 1977). Изследваните проби произхождат главно от аргилизирани риолити и туфопясъчници.

Находище Мадан. Глинестите минерали наред с кварца и карбонатите са основни нерудни компоненти в хидротермалните оловно-цинкови находища от Маданското рудно поле. По общия си вид, положение и генезис са разграничени 4 групи глинести минерали, които са подробно описани от Стефанов и др. (1988) и Бонев и др. (1996). Изследвани са аргилизити от находищата Западно Градище, Рибница, Осиково, Мързян, Лайков чукар, Голям Палас, Крушов дол и Страшимир.

Източнородопски руден район

Находище Маджарово. Изучени са локалните метасоматити в южната част на вулканската постройка на Маджаровското рудно поле. Постмагматичните хидротермални изменения на скалите обхващат пропилити, вторични кварцити и кварцадуларити (Бресковска и др., 1976; Радонова, 1960; Velinov, Nokov, 1992). Изследвани са аргилизити от находищата Кирков чаир, Кидика, Шиш тепе, Чатал кая, Гюрген дере, Тюгюн Тарла и Харман кая.

Находище Спахиево. Изследвани са аргилизити от Спахиевското рудно поле, които

се намират в североизточната периферия на Боровишката вулcano-тектонска депресия – Сърница, Спахиево, Брястово, Пилашево, Сусам и Светлина. Хидротермалната глинеста минерализация е развита най-добре в зоните на аргилизация и при някои фацисии на вторичните кварцити (Радонова, 1973; Кунов, 1991). Тези зони се явяват свързващи между пропицитите и вторичните кварцити. Изследваните проби произхождат от аргилизити и каолинит-алунитови кварцити.

Минераложка характеристика

Рентгенодифрактометричните изследвания показаха, че изучаваните аргилизити и аргилизирани скали представляват многокомпонентни системи, които съдържат по няколко глинести и други съпътстващи минерали. Класификационната схема и номенклатурата на глинестите минерали са съобразени с препоръките на Международната минералогическа асоциация (Bailey, 1980, 1982; Rieder et al., 1998). Диагностиката на глинестите минерали е осъществена до минерални видове, а когато това е невъзможно до подгрупи или групи.

В изследваните аргилизити и аргилизирани скали от Родопите най-масово са представени минералите от групите на каолинита, смектита и слюдите. Хлоритът се среща значително по-рядко, а пиррофилитът и мариопозитът са регистрирани само в единични проби. Установени са и два подредени 1:1 смесенослоести глинести минерали - ректорит и хлорит-набъбващ хлорит.

Каолинити

Каолинитът е един от често срещаните глинести минерали в хидротермалните и сулфатарните аргилизити. Неговата диагностика е извършена въз основа на серия от характерни групи базални и други рефлексии. За оценка на степента на подреденост на слоевете са използвани различни методики – индекс на Хинкли, комплексен индекс за кристалинност на каолинита по Toth (1975) и други критерии (Рентгенография..., 1983; Crystal Structures..., 1980).

Таблица 1. Разпределение на глинестите минерали в аргилизити и аргилизирани скали от Rhodope
 Table 1. Distribution of clay minerals in argillic-type altered rocks in the Rhodopes

Руден район	Находка	Брой проби	Интензитети	Брой на пробите							пиррофилит
				сметит	каолинит	каолинит	халюзит	илинит	илинит	слода	
1	2	3	4	14 Å	7,1 Å	7,1 Å	7,2 Å	10 Å	10 Å	10 Å	14 Å
Осоговско - Благодатски	Сандански	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		50	I ₁ = 10	9	2	6					
			I ₂ = 7-5 I ₃ = 3-1	25 7	1 3	21 15			5	5 30	1
Западно-родопски	Велинград	86	I ₁	3	2	1		9	5		
			I ₂	5	5	8	24		13	16	
			I ₃	19	2	2	15		16	18	3
	Елешница	19	I ₁						1		
			I ₂				19	3	11		
			I ₃	17							
	общо за района	105	I ₁	3	2	1		9	5		
			I ₂	5	5	8	24	3	14	16	
			I ₃	36	2	2	34	3	27	18	3
	Широка поляна	8	I ₁	2		1				2	
			I ₂	2		4				2	
			I ₃	1			3			2	
Дослаг		14	I ₁		2	1					
			I ₂	6		6			5		
			I ₃	1		3				7	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Цент- рално- родопски	Девин (Стома- ново)	45	I ₁	7	5								
			I ₂	5	18						9		
			I ₃	11		12					6		
	Смолян	51	I ₁	4	31								
			I ₂	7	12				2				
			I ₃	15		2			4				
	Мадан	32	I ₁		5	2			3				
			I ₂	1		5			9			4	
			I ₃	13		9	4		5				
	общо за района	150	I ₁	13	43	4			3		2		
			I ₂	21	30	15			16		11	4	
			I ₃	41		26	7		9		15		
Източно- родопски	Маджа- рово	69	I ₁	1	2								
			I ₂		4				10	1		4	
			I ₃	2	7				32	2		16	
	Спах- ево	22	I ₁			6					2		1
			I ₂			4					5	2	4
			I ₃										
	общо за района	91	I ₁	1	2								
			I ₂		4	6			10	1	2	4	1
			I ₃	2	7	4			32	2	5	18	4
Родопската област	Общо за	396	I ₁	26	49	11		9	8		2		
			I ₂	51	40	50	24	3	45	1	34	8	2
			I ₃	86	12	47	41	3	68	2	68	21	4
			общо	163	101	108	65	15	121	3	104	29	6

* слюда с междуслоев дефицит-1M или 1Md

* interlayer-deficient micas-1M or 1Md

В изучаваните аргилизити са установени всички разновидности на каолинита, а именно: а) типични каолинити с правилно подредени слоеве, които в текста и таблицата са означени като “каолинити”; б) каолинити, неподредени по оста *b*, и в) халуазит-7Å. Тези три разновидности на каолинита имат различно разпространение в аргилизитите от Родопите. Най-често и в големи количества се срещат каолинит и каолинит, неподреден по оста *b*, и много по-рядко - халуазит-7Å.

Смектит

Рентгенографската диагностика на смектита е направена въз основа на характерния профил на базалните му рефлексии и тяхното поведение след различни допълнителни химични и термични обработки (Рентгенография ..., 1983; Crystal Structures ..., 1980).

Слюди

Рентгенодифрактометричните изследвания на минералите от групата на слюдите позволяват както тяхното диагностициране, така и определянето на политипията и степента на хидратацията им. В аргилизитите и аргилизираните скали са установени само диоктаедрични слюди. В случаите, когато интензитетите на дифракционната им картина не позволяват определянето на тези характеристики, е използван терминът “слюда” като общо обозначение на групата. Установени са политипните модификации $2M_1$, $1M$ и $1Md$. В много случаи обаче разграничаването на $1M$ от $1Md$ е затруднено. По отношение степента на хидратацията на слюдите, за която се съди по количеството на набъбващите междуслоеви в структурата им, определено по метода на Shimoda (1977), са разграничени илити (съдържащи под 5% набъбващи слоеве) и слюди с дефицит на междуслоевии катиони (съдържащи 5-20% набъбващи междуслоеви). В Маданските оловно-цинкови хидротермални находища е изследвана зелена хром-съдържаща слюда – марипозит, която е подробно описана от Бонев и др. (1996).

Смесенослоести глинести минерали

Най-разпространените неподредени смесенослоести минерали от типа илит-смектити отсъстват в изследваните аргилизити, въпреки че присъстват крайните членове - смектит и слюди.

В аргилизитите от Родопите са диагностицирани два подредени 1:1 смесенослоести минерала - ректорит и хлорит-набъбващ хлорит, които се срещат много рядко в природата.

Ректоритът е открит в хидротермалните аргилизити от околорудните ореоли на редкометално находище от района на Смолян. Подробната му характеристика е описана от Stefanov & Bahneva (1989). От рентгенодифрактометричните изследвания, съчетани с допълнителни химични и термични въздействия, е установено, че присъстват смектитови и слюдести слоеве. На дифрактограмите се регистрира серия базални рефлексии с d_{001} кратни на $d_{001} = 25$ Å, които съответстват на редуването на двата типа слоеве ABAB... при $R = 1$. Въз основа на експерименталните данни този минерал е диагностициран като подреден 1:1 илит-смектит, който носи самостоятелното име ректорит (Bailey, 1980, 1982). По отношение на обменните му катиони е установено, че присъства K-ректорит.

В хидротермално изменените вместващи скали на Маджаровското полиметално находище Радонова (1958, 1960) установява нов минерален вид, който нарича *родопит*. Според нейното описание това е зелена хидрослюда, която дотогава се е считала за хлорит. Терминът родопит е използван многократно в българската минераложка литература. Детайлната характеристика на този минерал е дадена от Стефанов (1983; Stefanov, 1985, 1988). За целта са изследвани оригинални образци от жила 3 на галерия Капитална, предоставени на автора лично от Т. Радонова. На дифрактограмите е регистрирана серия до 10 порядък от базалните рефлексии с d_{001} кратни на 28,5 Å. Поведението на последните след допълнителните химични и термични въздействия

показаха, че е налице наслагване на слоеве на хлорит и на набъбващ хлорит с редуване АВ АВ... при $R=1$. Въз основа на тези данни минералът е диагностициран като подреден 1:1 хлорит-набъбващ хлорит. Той няма самостоятелно име и наименованието *родопит*, въведено от Радонова (1958, 1960) следва да отпадне.

Разпределение на глинестите минерали в аргилизити и аргилизирани скали

Разпределението на глинестите минерали е представено на табл. 1, където е обобщена цялата налична информация. Данните са обединени по находища, рудни райони и общо за областта. В отделни колонии са дадени данните за всеки от присъстващите минерали или техни разновидности, с изключение на ректорита и хлорит-набъбващия хлорит. В изследваните общо 396 проби са установени: смектит в 163 проби, 3 разновидности на каолинита в 274 проби, 4 разновидности на слюдите в 243 проби, хлорит в 29 проби, пиррофилит в 6 проби, ректорит в 9 проби, хлорит-набъбващ хлорит в 5 проби и марипозит в 2 проби.

Интензитетите на (001) са пропорционални на количествата на глинестите минерали в пробите и затова в табл. 1 се използват условно следните означения със съответните тълкувания: а) $I_1=10$ – съответства на присъствието на големи количества от минерала; б) $I_2=7-5$ – на средни, и в) $I_3=3-1$ – на малки. Чрез броя на пробите, съдържащи съответния минерал, се прави оценка за степента на неговото представяне. Съчета-ването на тези характеристики позволява да се набележат тенденциите в разпределе-нието на глинестите минерали.

Представителите от групата на смектита са характерни за аргилизитите от находище Сандански, където присъстват масово (в 41 от общо 50 проби) и в относително големи количества. В Елешница са регистрирани почти във всички проби, но с минимални количества. В находищата Широка поляна, Доспат, Девин,

Смолян и Мадан смектитите присъстват почти в половината от изследваните проби, като преобладават средните и малките количества. В аргилизитите от Велинград те са слабо представени, в Маджарово са констатирани само в отделни проби, а в Стоманово и Спахиево липсват.

Смектитите са важни скалообразуващи компоненти в аргилизитите от Осоговско-Благодатския район, имат второстепенно значение за Централнородопския и Западно-родопския и най-слабо са представени в тези от Източнородопския район.

Каолинитевите минерали са важни скалообразуващи минерали в изучаваните аргилизити и аргилизирани скали, тъй като са установени в 274 проби. Те играят първостепенна роля в аргилизитите от по-голямата част от изучаваните находища, с изключение на Маджарово и Спахиево, където се срещат значително по-рядко. Типичният каолинит с правилно подредени слоеве е основен компонент в аргилизитите от Смолян и Девин, където присъства предимно с големи или средни количества. В находищата Сандански, Велинград, Мадан и Маджарово същият минерал е констатиран в относително малък брой проби в различни количества, а в Спахиево отсъства. Каолинитът, неподреден по оста b , е доминиращ компонент, макар и в силно вариращи количества в аргилизитите от Сандански и Доспат. Като второстепенен компонент той присъства в аргилизитите от Девин, Мадан и Спахиево. Незначителна е неговата роля във Велинград и Смолян и напълно отсъства в Елешница и Маджарово. От трите каолинитови минерала най-слабо е представен халузитът-7Å. Той е установен във всичките 19 проби от Елешница и почти в половината от пробите от Велинград (39) в средни или предимно малки количества. В находищата Широка поляна и Мадан е установен само в отделни проби и напълно отсъства в останалите находища.

Обобщавайки получените данни, може да се каже, че за аргилизитите от Осоговско-Благодатския район (50 проби) са характерни каолинитите, неподредени по оста b

(42 проби), с частично участие на каолините (6 проби). За аргилизитите от Централнородопския район (150 проби) са характерни типичните каолините (73 проби) при по-слабо представяне на останалите два минерала. Относително по-рядко се срещат представители от каолиновата група в аргилизитите от Източнородопския район.

Минералите от групата на слюдите играят съществена роля като компоненти в изучаваните аргилизити. Те са диагностицирани в 243 проби. Установени са четири представители от тази група - илит- $2M_1$, илит- $1M$, слюди с междуслоев дефицит- $1M$, или $1Md$ и слюди (с неопределена политипия и хидратация). Илитът $2M_1$ е рядко срещан минерал, тъй като е установен само в 15 проби – във Велинград – 9 и в Елешница – 6, в различни количества. Илитът- $1M$ е един от най-често срещаните минерали (общо в 121 проби). Най-добре е представен в Маджарово - 42 проби, Велинград - 34, Елешница – 12 и Мадан – 17. В останалите находища играе минимална роля. Слюдите с дефицит на междуслоев катиони са диагностицирани само в 3 проби от Маджарово. Слюдите с неопределена политипия и хидратация са често срещани в изучаваните аргилизити – 104 проби. Те са важни компоненти в аргилизитите от Сандански (35 проби), и Велинград (34 проби), а в останалите находища присъстват в по-малка степен. Обикновено са представени от средни или малки количества.

Анализът на разпределението на слюдестите минерали показва, че илитите- $2M_1$ са регистрирани единствено в Западно-родопския район (в 15 от общо 165 проби). Илитите- $1M$ присъствуват почти в половината от пробите от Източнородопския район, по-слабо са представени в Западно-родопския (46 проби), а в Осоговско-Благодатския и Централнородопския – само в единични проби. Слюдите с междуслоев дефицит са много редки минерали в изследваните аргилизити, тъй като са регистрирани само в 3 проби. Слюдите с неопределена политипия и хидратация (104

проби) присъстват в значителна част от пробите от всички райони, с изключение на Централнородопския с много колебливи съдържания.

Хлоритът не е типичен минерал за аргилизитите от Родопите. От общо 396 проби той е установен само в 29 от тях. В аргилизитите от Маджарово е регистриран в 20 проби от общо 69, следователно само за този участък хлоритът е равностоеен на останалите глинести минерали. Във Велинград и Спахиево е диагностициран само в единични проби.

За изследваните аргилизити като редки минерали, които са установени само в единични проби, могат да се посочат: пирофилит (6 проби от Сандански и Спахиево), ректорит (9 проби от Смолян), подреден 1:1 хлорит-набъбващ хлорит (5 проби от Маджарово) и мариопозит (2 проби от Мадан).

Заклучение

Анализът на резултатите от рентгено-дифрактометричните изследвания на глинестите минерали в аргилизитите и аргилизираните скали от Родопската металогенна област позволява да бъдат направени следните основни изводи:

- Глинестите минерали са основни скалообразуващи минерали в тези образувания. Установени са представители от групите на смектита, каолинита, слюдите, хлорита и пирофилита, както и два подредени 1:1 смесено-слоести минерала (ректорит и хлорит-набъбващ хлорит). Типични за изследваните аргилизити са каолините, смектитът и слюдите. Хлоритът има много ограничено разпространение. Пирофилитът, мариопозитът, ректоритът и подреденият 1:1 хлорит-набъбващ хлорит са редки минерали.
- Разграничаването на структурните разновидности на каолиновите минерали и слюдите позволява да бъде детайлизирано тяхното разпространение в различните находища и райони. Каолинитът и неподреденият по оста b каолинит са равностойно представени, докато халузитът- $7\text{\AA}$ се сре-

ща много по-рядко. От групата на слюдите илитът-1М и слюдите с неопределена политипия и хидратация са равностойни, илитът-2М₁ е малко разпространен, а слюдата с междуслоев дефицит се среща рядко.

Благодарности. Изследваните материали са предоставени на автора от Д. Бахнева, М. Райнова, А. Кунов и Ив. Велинов, за което им изказва благодарност, както и на Д. Бахнева за съдействието при написване на статията и на Ж. Дамянов за полезната дискусия.

Литература

Бахнева, Д. 1977. Аргилизити, връзката им с други метасоматити и с риолитовия вулканизъм в Централните Родопи. *Геохим., минерал. и петрол.*, **6**, 66-81.

Бонев, И. К., А. Платонов, Д. Стефанов. 1996. Зелена хромсъдържаща слюда – марипозит – от Маданските хидротермални оловно-цинкови находища. *Геохим., минерал. и петрол.*, **31**, 51-59.

Бресковска, В., Б. Маврудчиев, Зл. Илиев, И. Вапцаров, И. Велинов, П. Ножаров. 1976. Маджаровско рудно поле. *Геохим., минерал. и петрол.*, **5**, 23-57.

Волостных, Г. Я. 1972. *Аргиллизация и оруденение*. М., Недра, 237 с.

Кунов, А. 1991. Вторични кварцити от североизточната периферия на Боровишкия вулкански район. I. Геолого-петрографска характеристика на хидротермално изменени зони. *Геохим., минерал. и петрол.*, **28**, 46-72.

Магматизм и металлогения Карпато-Балканской области. 1983. С., БАН, 300 с.

Радонова, Т. Г., 1958. О гидрослюдистом минерале из Родопских гор. *Зап. Всес. минерал. общ.*, **87**, 224-230.

Радонова, Т. Г. 1960. Изследвания върху минераложия състав и околорудните изменения на Маджаровското полиметално находище в Източните Родопи. *Тр. геол. Бълг., сер. геохим. и пол. изкоп.*, **1**, 115-197.

Радонова, Т. Г. 1973. Хидротермални изменения на скалите в Спахиевското рудно поле. *Изв. Геол. инст., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, **22**, 141-161.

Рентгенография основных типов породообразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты). 1983. В. А. Франк-Каменецкий (Ред.). Л., Недра, 359 с.

Стефанов, Д. Д. 1983. Упорядоченный смешанослойный хлорит-набухающий хлорит из Маджарово - новый для Болгарии минерал. *Доклады БАН*, **36**, 11, 1427-1430.

Стефанов, Д., И. К. Бонев, Э. Польшин, А. Платонов, Й. Минчева-Стефанова. 1988. Финодисперсни слоисти силикати от Маданските оловно-цинкови находища. *Геохим., минерал. и петрол.*, **25**, 28-45.

Стойков, Х., И. Божков. 1991. *Уранови находища. Геология и търсене*. С., Спектър, 148 с.

Харковска, А., И. Велинов. 2002. Нови данни за генезиса на вторичните кварцити от находище "Стоманово" – Централни Родопи. *Минно дело и геология*, **9**, 27-34.

Bailey, S. W. 1980. Summary of recommendation AIPEA nomenclature committee on clay minerals. *Amer. Mineral.*, **65**, 1-9.

Bailey, S. W. 1982. Nomenclature for regular interstratifications. *Amer. Mineral.*, **67**, 394-398.

Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification. 1980. G. W. Brindley and G. Brown (eds.), Mineral. Soc. Monogr. No 5, London, 500 p.

Rieder, M. et al. 1998. Nomenclature of the micas. *Canad. Mineral.*, **36**, 905-912.

Shimoda, S. 1977. Chemical composition and crystal structures of mica clay minerals. *J. Mineral. Soc. Japan*, **13**, Spec. Issue, 27-37.

Stefanov, D. 1985. Regularly interstratified chlorite/swelling chlorite from East Rhodopes, Bulgaria. In: 5th Meet. European Clay Groups, Prague, 1983, Charles Univ., 163-167.

Stefanov, D. 1988. Tonmineral-Wechselagerungen aus den Rhodopen, VR Bulgarien. *Z. Geol. Wiss.*, Berlin, **16**, 4, 317-323.

Stefanov, D., D. Bachneva. 1989. Rectorite from Central Rhodope argillites. *C. R. Acad. bulg. Sci.*, **42**(6), 79-82.

Toth, M. 1975. New index to characterize the crystallinity degree of kaolinite. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, **19**, 1-2, 197-213.

Velinov, I., N. Katzkov, A. Soukov. 1972. First information on secondary quartzites on Paleogenic rhyolites in the Middle Rhodope Massif. *C. R. Acad. bulg. Sci.*, **25**(9), 1249-1252.

Velinov, I., S. Nokov. 1992. Main types and metallogenic significance of the Madzharovo hydrothermally altered Oligocene volcanics. *C. R. Acad. bulg. Sci.*, **44**(9), 65-68.

Приета декември 2003 г.
Accepted December, 2003