

Адулар в различни генетични типове минерализации от България

Румяна Арнаудова, Васил Арнаудов

Arnaudova, R., V. Arnaudov. 1995. Adularia in various genetic types of mineralizations from Bulgaria. — *Geochem., Mineral. and Petrol.*, **30**

The investigations of adularia from hydrothermal mineral associations in pegmatites, alpine veins, hydrothermally altered rocks and ore mineralizations from the Sredna Gora and the Rhodope regions indicate stable tendencies in the changes of morphology, structural state and chemical composition which are caused first of all by the temperature conditions of mineral formation. Temperature is the main factor that defines adularia as a specific variety of potassium feldspar. The predominating low-temperature mineral association, in which adularia occurs, includes: quartz, albite, chlorite, sericite, epidote; apatite, actinolite, specularite, zeolites, calcite, pyrite and other sulfides are also very common. With the decreasing temperature, a change of the habit type is observed from the Zillertal type occurring mostly in the alpine veins to the Maderaner and Felsöbanya types which are more characteristic for the ore mineralizations. Transitions between the end members of this series are observed in the crystals elongated along *c* or *b*, with typical adularia habit $\{110\} \gg \{10\bar{1}\} \gg \{001\} \pm \{010\}$, which are the most widespread in the deposits studied. With the decreasing temperature, the role of $\{101\}$ and $\{110\}$ increases whereas the importance of $\{001\}$ decreases. The most sensitive indicator of higher temperatures of mineral formation is the appearance of $\{010\}$, as well as of $\{100\}$, which is the most rarely observed form in the examined adularias.

Most of the adularias are monoclinic with low degree of Al/Si order, formed as metastable modifications at low temperatures. Triclinic adularias are identified only in the pegmatites from Smilovene. A possible mechanism of their formation may involve inheritance of the triclinic structure of the potassium feldspar matrix (maximum microcline), over which they grow.

The content of the major elements K, Na and Ca is controlled to a great extent by temperature; the high temperature adularias, most of which are from alpine veins, are characterized by lower contents of K and higher ones of Na compared to the low temperature adularias predominating in the hydrothermal ore-mineralizations and in some pegmatites. In contrast to the main components, the barium content in the adularias, and probably of other trace elements (Sr, Rb, Pb, Tl) characteristic for the potassium feldspars, depends mainly on their concentration in the mineral forming solutions.

Key words: adularia, morphology, habit, structural state, chemical composition, pegmatite, alpine veins, hydrothermal ore mineralization.

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

Сравнителните изследвания на адулар от хидротермални минерални асоциации, образувани в различни по генезис и състав скали, дават възможност за обсъждане на някои характерни черти от минералогията на тази интересна разновидност на калиевия фелдшпат.

Публикуваните данни за адулар от български находища засягат предимно неговото място в минералните асоциации и морфологията на кристалите му (Костов, 1963, 1965; Костов и др., 1962, 1964; Иванов, Тодорова, 1962; Иванов, Арnaudов, 1964; Радонова, 1970, 1973; Арnaudов, 1975; Ширшакoвa, 1974; Velinov, Nokov, 1991; Велинов и др., 1977) и само в няколко работи — структурните му характеристики и химизъм (Рашкова, 1987; Agnaudova et al., 1991; Райнов, Янев, 1991; Nokov et al., 1992).

Въз основа на наши наблюдения и изследвания на адулар от пегматити, алпийски тип жили и хидротермални рудни минерализации от Средногорската и Родопската област, както и на публикувани вече резултати, се прави опит за сравнение и проследяване на някои тенденции в изменението на морфологията, структурното състояние и химизма на адулара.

Морфология и минерални асоциации на адулара

Пегматитови минерализации

1. *Витоша, Западно Средногорие.* В монзонитите, левкосиенитите и граносиенитите на горнокредния наставен Витошки плутон се наблюдават два типа пегматити: а) фациални, зонално устроени, обикновено шлировидни и лещовидни пегматити, които имат дифузни граници с вместиращите ги скали, и б) фазови, левкократни или меланократни аплит-пегматитови жили (Димитров, 1942; Agnaudov, Petrusseenko, 1992).

Шлировидните пегматити са изградени от ортоклаз, плагиоклаз, биотит, кварц. Постоянно присъствуват магнетит, титанит, апатит, циркон. В участъците с писменгранитова структура се наблюдават още: амфибол, шерл, рутил, илменит, хематит, ортит. Миароловите празнини, обикновено в централните части на шлирите, са запълнени от хидротермална минерална асоциация, в която кристализира и адулар. Адуларът образува дребни (1—6 mm) воднобистри, удължени по *z* кристали, с адуларова морфология — доминиращо развитие на $\{110\}$, $\{001\}$ и много слабо представена $\{10\bar{1}\}$. В асоциация с адулара се срещат пластинчат албит, кварц, актинолит, аксинит, епидот, хабазит, мезолит, апофилит, стилбит, калцит, пирит, халкопирит, молибденит и др. (Костов и др., 1964; Agnaudov, Petrusseenko, 1992).

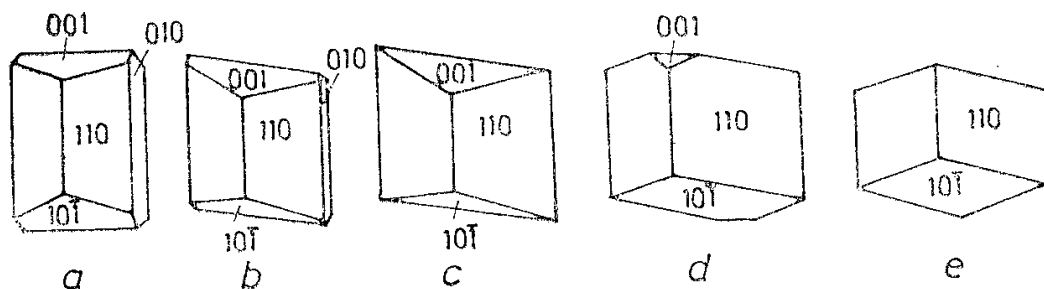
В празнини на аплит-пегматитови жили (плагиоклаз, ортоклаз, кварц, биотит, титанит, апатит и др.) адуларът (У-2052^a) образува едри до $2,5 \times 1,5$ cm, удължени по *c*, с типичен адуларов хабитус кристали, оформени от $\{110\} \gg \{001\} \gg \{10\bar{1}\}$; рядко се наблюдават преходи към адулар, тип Zillertal, при появата на слабо развит страничен пинакоид $\{010\}$. Практически тази морфология се определя от нарастването на прозрачен адулар като кант, с дебелина до 5—6 mm върху бледорозов, без кристални форми блоков ортоклаз (У-2052) в празнини на пегматитовите жили. Наблюдават се

друзовидни образувания от адулар, пластинчат албит, амфибол и дългопризматичен, опушен кварц.

2. *Смиловене, Централно Средногорие.* Херцинските гранитоиди на Смиловенския плутон се пресичат от зонални микроклин-албитови жили и тела с дебелина до 15—20 m (А л е к с и е в и др., 1965). В минералния състав на пегматитите участвуват: кварц, микроклин, олигоклаз, албит (кливеландит), биотит, мусковит, магнетит, циркон, гранат, титанит, берил, гаанит, монацит, ксенотим, тантало-ниобати и др. В пукнатини и празнини, главно в блоковите зони на пегматитовите тела, е установена хидротермална минерализация, представена от: бавенит, бертрандит, мораесит, кварц, апатит, мусковит, адулар, епидот, стилбит, пирит (И в а н о в, А р н а у д о в, 1964).

Адуларът участвува в две различни минерални асоциации:

а) дребни (1—2 mm) воднобистри, адуларов тип, удължени по *c* кристали (У-1795^a), изградени от $\{110\} > \{001\} > \{10\bar{1}\}$ се образуват заедно с дребнопризматичен (0,05—2 mm) бертрандит и кварц в празнини на излужени берилкови индивиди;



Фиг. 1. Морфоложки типове на адулара: а) Zillertal, б) Adularia, в) Adularia, д) Maderaner, е) Felsöbanya

Fig. 1. Morphological types of adularia: а) Zillertal, б) Adularia, в) Adularia, д) Maderaner, е) Felsöbanya

б) непрозрачни, меснорозови, дребни (1—4 mm), добре оформени кристали (У-1794) тип Felsöbanya (фиг. 1) и полупрозрачни адуларов тип индивиди (У-1794^a), оформени от $\{110\} > \{001\} \gg \{10\bar{1}\}$, нарастват заедно с бавенит, кварц и дребнолюспест бледозелен мусковит върху излужен берил и розов, пертитен микроклин. Често в празнини, върху повърхности на блоков микроклин (У-1796) се отлага като тънък (0,5—2 mm) кант, полупрозрачен до прозрачен адулар (У-1796^a).

3. *Черноморец, Източно Средногорие.* В аналогични на витошките по възраст, произход и състав аплитпегматитови шлири и жили, които се разкриват в монзонитовата кариера при град Черноморец, се наблюдават дребни (2—3 mm) полупрозрачни до прозрачни, скъсени по *c* адуларови кристали (У-2054^a), тип Zillertal, които нарастват върху блоков ортоклаз (У-2054). Срещат се рядко и индивиди със слабо развит преден пинакоид $\{100\}$. Адуларът асоциира с кварц, албит, хабазит, епидот, пирит, халкопирит, молибденит, калцит. Често епидотът и халкопиритът нарастват върху адуларовите индивиди.

4. *Вищерица, Западни Родопи.* Терциерни, предимно диференцирани пегматитови жили и тела с дебелина 0,2—0,3 до 15 *m*, залягат в биотитови гранити от Рило-Родопския батолит в Доспатския дял на Родопите. В минералния състав на микроклин-албитов, зонален пегматит от кариера Вищерица, участвуват: кварц, микроклин, олигоклаз, албит (кливеландит), мусковит, монацит, ксенотим, магнетит, илменит, гранат, апатит, берил, колумбит, гаанит и др. В хидротермалната минерална асоциация — плочесто-призматичен кварц, албит, дребнолюспест мусковит, преотложен конусообразен зелен берил, хелиодор, пирит — развита в пукнатини и празнини на излужване в блоков, пертитен микроклин (У-2028, У-2029, У-2030) от централните части на пегматитовото тяло, се наблюдават дребни (3—4 *mm*) безцветни, прозрачни игловидни, нишковидни и сталактитоподобни образувания от адулар (У-738^a). Кристални форми не са установени. Адуларовите „мустаци“ се образуват в полупрозрачна порьозна, дебела до 2 *cm* адуларова кора (У-738), получила се в процеса на излужване на албитови пертити и прекристализация на блоковия калиев фелдшпат.

5. *„Латинка-1“, Централни Родопи.* В празнини на диференцирани камерни пегматити, образувани през терциера в резултат на процеси на мигматизация в метаморфния комплекс на Родопите, е наблюдавана хидротермална минерализация с адулар (П е й ч е в а и др., 1994). Пегматитовото тяло „Латинка-1“ от района на град Ардино, е изградено от две зони: графична зона — кварц, ортоклаз (11), олигоклаз, и блокова зона — кварц, ортоклаз (Л-1-И-2), албит. В каверни от централните части на пегматитовото тяло кристализират: кварц, албит, мусковит, берил, шерл, гранат, апатит, циртолит, спекуларит, пирит, адулар и др. Установени са няколко разновидности адулар: 1 — прозрачни адуларови кори (Л-1-И-4) с дебелина до 2,5 *cm*, образувани от сливането на многобройни, епитаксично нарастнали, удължени по *c*, оформени от $\{110\}$, $\{001\}$, $\{10\bar{1}\} \pm \{010\}$ индивиди, които редуцират силно страничния пинакоид на едри (10—15 *cm*) ортоклазови кристали тип Eibbia; 2 — единични непрозрачни до полупрозрачни, достигащи до 4×3 *cm* кристали, както и щоковидни агрегати от прозрачни адуларови кристали, удължени също по *c*; 3 — дребни (1—1,5 *mm*) бистри адуларови кристали, тип Madeganer, които нарастват заедно с дребнокристален кварц и албит ± пирит, по-рядко и с циртолит, апатит, хлорит, както върху ортоклазовите кристали от стените на каверните, така и върху по-рано образуваните хабитусни типове адулар.

6. *Нова махала, Централни Родопи.* В празнини на микроклин-албитови пегматити, изградени от пертитен микроклин, кварц, мусковит, биотит, пресичащи амфиболити и левкократни гнайси при *s*. Нова махала, Пещерско, е установена хидротермална минерализация, представена от призматичен кварц, епидот, и адулар [К о с т о в, 1963]. Освен отделни, дребни адуларови кристали, често се наблюдават щоковидни адуларови агрегати (У-1799), развиващи се като кори, дебели до 10 *cm* върху блоковия микроклин. Щоковете от адулар са изградени предимно от субпаралелни срастъци на прозрачни адуларови кристали, тип Zillertal. Адуларовите индивиди, рядко по-едри от 3 *mm*, са удължени по *c*, но често са и почти изометрични, оформени от $\{110\} > \{001\} > \{10\bar{1}\} \gg \{010\} \pm \{130\} \pm \{100\}$. Обикновено субпаралелните срастъци имат общи стени $\{001\}$, $\{10\bar{1}\}$ и $\{010\}$, което създава впечатление за голямо площно развитие на тези форми. Върху адулара нарастват кварц, епидот, по-рядко актинолит. Срещат се и загладени и излужени адуларови агрегати с празнини, в които са отложени тънки кори, драперии и фини адуларови мустаци заедно с глинести минерали.

1. *Мала Урдина река, Рила планина.* В малки ($7 \times 5 \text{ cm}$) празнини всред амфибол-биотитови гнайси и амфиболити са наблюдавани дребни ($3\text{--}8 \text{ mm}$) бели непрозрачни до слабопрозрачни, удължени по c адуларови кристали ($U-587^a$, $U-587$) тип Zillertal, изградени от $\{110\} > \{001\} > \{10\bar{1}\}$ и $\{010\}$, прехождани в индивиди с адуларов тип хабитус, без присъствие на $\{010\}$. Много рядко в щоквидни адуларови образувания се наблюдава и $\{100\}$. Адуларът нараства обикновено върху плътен, бял калиев фелдшпат и плагиоклаз, заедно с хлорит и кварц. Установени са случаи на заместване на адулар от хлорит и на плагиоклаз от ломонтит.

2. *Урдини езера, Рила планина.* Аналогични на описаните по-горе алпийски тип образувания с адулар се разкриват всред амфибол-биотитови гнайси под връх Дамга, в района на Урдини езера. Адуларът ($U-133^a$, $U-133$) образува дребни ($4\text{--}5 \text{ mm}$) недобре оформени, бели непрозрачни, удължени по c индивиди с типичен адуларов хабитус — $\{110\} \gg \{001\} > \{10\bar{1}\}$. Адуларът нараства в празнини заедно с хлорит, епидот, кварц, титанит и албит, върху блоков бял калиев фелдшпат.

3. *Пастра, Рила планина.* В лещовидни празнини ($3 \times 2 \text{ cm}$) всред дребнозърнести биотитови гнайси при с. Пастра, западно от Рилския манастир, се наблюдават дребни ($4\text{--}5 \text{ mm}$) бели непрозрачни адулари с адуларова морфология — леко удължени по v кристали, или щокве от индивиди, изградени от $\{110\}$, $\{001\}$ и $\{10\bar{1}\}$. Върху тях заедно с хлорит и призматичен кварц нарастват много малки ($0,05\text{--}1 \text{ mm}$) прозрачни адулари, тип Felsöbanya, с преход към Maderaner. Обикновено тези късни адулари, доста къси по c , почти плочести, кристализират върху хлоритови сферолити и призматичен кварц.

4. *Чепеларе, Централни Родопи.* В алпийски тип жили всред мигматични биотитови гранитогнайси от района на град Чепеларе най-рано образувалият се адулар ($U-528^a$) кристализира като едри до 1 cm бели недобре оформени индивиди с най-добре развита $\{110\}$. Върху тях нарастват дребни ($2\text{--}5 \text{ mm}$) полупрозрачни до прозрачни, много слабо удължени по c адулари тип Zillertal ($U-528^a$), с добре развити $\{110\} > \{001\} \gg \{010\}$ и по-слабо $\{10\bar{1}\}$. В единични случаи се наблюдава и $\{100\}$. Относително покъсно, в същите празнини се образуват дребни ($1\text{--}3 \text{ mm}$) слабо прозрачни, удължени по v , с типична адуларова морфология, кристали, изградени от $\{110\}$ и $\{001\}$ и много слабо развита $\{10\bar{1}\}$. Върху адуларовите индивиди нарастват пластинчат илменит и сферолити от дребнолюспест мусковит.

5. *Стойките, Чепеларско.* В празнини на алпийски жили всред гнайси от околностите на с. Стойките се наблюдават едри до $7\text{--}8 \text{ mm}$, удължени по v адуларови кристали ($U-2027^a$) с типична адуларова морфология $\{110\} \gg \{001\} \gg \{10\bar{1}\}$. В по-късно образуванията, много дребни ($< 1 \text{ mm}$) кристали, се наблюдава по-силно развитие на $\{10\bar{1}\}$ и преходи към хабитусния тип Maderaner. И двата типа адулар нарастват върху едрозърнест калиев фелдшпат ($U-2027^a$). Адуларът асоциира с кварц, хлорит, епидот, стилбит. Наблюдават се псевдоморфози на адулар и хлорит по кварц.

1. *Росен, Източно Средногорие.* В централните части на кредни пегматоидно-хидротермални медномолибденови жилни минерализации от Росенското рудно поле, в чийто състав участвуват силикати (биотит, флогопит, мусковит, амфибол, авгит, плагиоклаз, калиев фелдшпат, хлорит, зеолити), окиси (кварц, халцедон, магнетит, хематит, рутил и др.), карбонати (доломит, калцит, анкерит), сулфиди (молибденит, халкопирит, пирит, пиротин, никелин и др.) (Б о г д а н о в и др., 1968), са установени два хабитусни типа адулар (Р а ш к о в а, 1987): а) полупрозрачни, бледорозови, едри до 1 см, удължени по *v* кристали периклинов тип $A^a [010]$ (По К о с т о в, 1978) изградени от почти еднакво добре развити $\{001\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{010\}$ и относително по-слабо $\{110\}$; б) по-късни ($<0,1-2$ mm) безцветни, почти ромбодрични кристали със силно развитие на $\{110\}$ и $\{001\}$ и много слабо на $\{10\bar{1}\}$, които прехождат в скъсени по *c* почти пластинчати индивиди без, или със слабо развитие на $\{010\}$.

Освен това, в рудна жила, на дълбочина около 300 m, са наблюдавани от нас едри до 1 см полупрозрачни бледорозови, удължени по *v*, с типичен адуларов хабитус кристали, оформени от $\{110\} > \{001\} > \{10\bar{1}\}$ и слабо развити $\{010\}$ и $\{130\}$. Адуларът асоциира с магнетит, халкопирит и хлорит.

2. *Маджарово, Източни Родопи.* В хидротермално изменени олигоценски вулкански скали (латити, трахити, щшонити), вместиращи полиметалните злато- и сребро-съдържащи прожилково-впръснати и жилни минерализации при Маджарово, адуларът замества скалообразуващите плагиоклазови и санидинови фенокристали като образува в приповърхностните части на находището, заедно с кварц, хлорит, серицит, халцедон, кварцин, опал-кристобалит, каолинит и др., метасоматични кварц-адуларови зони, съдържащи бедна сулфидна и сулфосолна минерализация, в която преобладават пирит, халкопирит, сфалерит (В е л и н о в и др., 1977; А г п а и - d o v a et al., 1991).

В празнини и прожилки сред кварц-адуларовите зони се наблюдават друзовидни образувания от призматичен кварц и дребни (1,5—2 mm) бели полупрозрачни до безцветни адуларови индивиди (У-1961^a) с адуларова морфология, удължени по *c* кристали, изградени от $\{110\}$, $\{001\}$ и $\{10\bar{1}\}$. Адуларът кристализира относително по-късно от друзовидния кварц, нараствайки върху клейофан, халкопирит и пирит. Понякога той включва дребнокристален галенит. След адулара се образуват ситнокристален (0,2—0,5 mm) кварц и хидрослюди.

3. *Звездел, Източни Родопи.* Адуларитите заемат най-вътрешната част на метасоматичната колонка на хидротермално изменените олигоценски андезити, вместиращи полиметалните жилни минерализации при с. Звездел (Р а д о н о в а, 1970). Това са плътни скали, изградени от адулар и кварц, включващи сулфиди, рутил и др. Дребнозърнести адуларови агрегати (У-736) заместват както албитизирани плагиоклазови фенокристали, така и основната маса на вулканитите. В празнини на кварцови прожилки, в асоциация с пирит, галенит, сфалерит, каолинит, халуазит, барит, се наблюдават дребни адуларови кристали ($<0,3$ mm) с ромбични прерези под микроскоп, вероятно от типа Felsöbanya.

4. *Сърница, Източни Родопи.* Адуларът, заедно с кварц, морденит, клиноптилолит, опал-кристобалит и смектит, заместват стъклената маса в хидротермално изменени трахириолит-перлитови куполи на изстискване в района на с. Сърница (Р а й н о в, Я н е в, 1991). В преходната зона, след-

ваща относително слабо измененото централно трахириолитово ядро, адуларът образува дребни (0,002—0,1 mm) почти изометрични кристали тип Felsöbanуа, в асоциация с морденит, кварц, илит, а във външната, перлитова зона, характеризираща се с относително по-нискотемпературни хидротермални промени (Са-клиноптилолит, опал-кристобалит, смектит, карбонат), адуларът оформя сферични агрегати от тънки пластинки.

Тенденции в изменението на морфологията на адулара

Очевидно е, че отправна точка при дискутирането на минералогията на адулара е неговият нискотемпературен произход. Въпреки различията в първичния минерален състав на средата, в която кристализира адуларът, както и на разтворите, от които се образува, минералните му асоциации в нашите пегматити, алпийски жили и хидротермални орудявания имат общи черти. Най-често срещани заедно с адулара минерали, образувани при нискотемпературни условия са: кварц, албит, серицит, хлорит, епидот. В много случаи се наблюдават и апатит, актинолит, спекуларит, зеолити, калцит, пирит и други сулфиди. Понякога с изменението на температурата, както адуларът, така и съпътстващите го минерали образуват по няколко генерации. В такива случаи по-рано кристализираните адулари, особено които нарастват непосредствено върху калиев фелдшпат от вместващата скала, са обикновено едри, непрозрачни или полупрозрачни, относително лошо остенени, докато по-късните са дребни, добре индивидуализирани, предимно прозрачни.

Най-често срещаният хабитусен тип е адуларовият тип — обикновено удължени по c , или по b кристали, изградени от $\{110\} \gg \{001\} > \{10\bar{1}\}$. При появата на $\{010\}$ се наблюдават преходи към тип Zillertal (фиг. 1), но индивиди с типичен хабитус Zillertal се срещат много рядко, в алпийски жили (Мала Урдина река, Чепеларе) и в някои пегматити (Черноморец, Нова махала). За адулара от хидротермалните рудни минерализации са характерни както адуларовият хабитус, така, ако се съди в някои случаи и по прерези в микроскопски препарати, и типовете Maderaner и Felsöbanуа. Плътни скритокристални агрегатни маси и сферолити от пластинчат адулар се срещат също в хидротермално изменени вулкански скали.

Набелязващата се в най-общи черти тенденция в изменението на хабитусните типове на адулара от Zillertal и адуларов тип, удължен по $c \pm \{010\}$, към адуларов тип, удължен по b и хабитусните типове Maderaner и Felsöbanуа (фиг. 1), следваща направлението алпийски жили — пегматити — хидротермални орудявания, отговаря на линията на изменение (намаляване) на температурата на минералообразуване, очертана от някои автори, както за природни обекти (Nissen, 1967; Akizuki, Sunagawa, 1978; Dimitriadis, Soldatos, 1978; Černý, Chapman, 1986), така и за експериментално кристализирани от хидротермални разтвори калиеви фелдшпати (Frankе, Ghabarkar, 1982). В тази посока намалява значението на $\{001\}$ и $\{010\}$, а нараства честотата на срещане и площното развитие на $\{10\bar{1}\}$ и относително на $\{110\}$.

Изменението на морфоложкия тип на адулара в зависимост от изменението на температурата е особено ясно в случаите на възникване на няколко генерации адулар при хидротермалното минералообразуване в един и същ генетичен тип първична минерализация: в пегматитите от Смиловене и Латинка, в алпийските жили при Чепеларе и Стойките, в хидротермалните жилни орудявания при Росен и метасоматитите в Сърница.

Не може да се твърди обаче, че очерталата се при изследваните от нас случаи тенденция за преобладаване на относително по-високо температурни типове адулар в алпийските жили и пегматитите, а по-нискотемпературни в хидротермалните орудявания, е общовалидна. При понижаване на температурата на минерализиращите разтвори и в алпийските жили и в пегматите могат да се образуват по-нискотемпературни хабитусни типове — например тип *Maderaner* е наблюдаван в алпийските образувания при Пастра и Стойките, а *Felsöbanya* — в пегматита от Смиловене. При по-високи температури и в хидротермалните орудявания могат да се образуват адулари с морфология близка до високотемпературните хабитуси, по-характерни за алпийските жили и пегматитите. Например при адулара от орудяванията в Росен са установени периклинов тип кристали (Р а ш к о в а, 1987) както и индивиди от адуларов тип, но с появата и на $\{010\}$ и $\{130\}$, по-характерни за адулари, образувани при относително по-високи температури.

Структурно състояние на адулара

Известно е, че адуларът се характеризира с големи вариации на оптичните и структурните свойства. От структурна гледна точка той може да бъде моноклинен и триклинен, т. е. и санидин, и ортоклаз, и микроклин, с различна степен на Al/Si подреденост. Трябва да се подчертае обаче, че съществуващите данни в литературата (Лавес, 1956; *Vambauer, Laves*, 1960; *Gubser, Laves*, 1967; *Smith*, 1974; *Dimitriadis, Soldatos*, 1978; *Черну, Шарпан*, 1984, 1986; и др). както и нашите изследвания показват, че преобладаващата част от адуларите в природата са моноклинни.

Пегматитови минерализации

Изследваните адулари от Витоша и Черноморец имат почти еднаква структура; те са моноклинни, тип „ортоклаз“ (фиг. 2) с Al в T_1 позиции 74—78 (табл. 1) и не се различават от калиевия фелдшпат, върху който нарастват.

Подобна структурна характеристика имат и адуларите от пегматитите при с. Латинка — Al в T_1 0,77 (Пейчева и др., 1994) и с. Нова махала — Al в T_1 0,76 (табл. 1).

От всички изследвани досега адулари в България, само тези от Смиловене са триклинни. Рентгеновата триклинност ($\Delta\rho$ 0,15—0,81; табл. 1) и разпределението на Al в тетраедричните позиции (Al в $T_1(o)$ — от 0,44 до 0,90; табл. 1) ги определят като междинни до максимални микроклинни (фиг. 2). Калиевият фелдшпат от блоковата зона на пегматита (У-1796) е максимален микроклин ($\Delta\rho$ 0,97; Al в $T_1(o)$ — 0,98). Върху него се образува прозрачен адуларов кант (У-1796^a), който също е максимален микроклин, но с по-ниска степен на триклинност — $\Delta\rho$ 0,81; Al в $T_1(o)$ — 0,90. Розовият адулар (У-1794 и У-1794^a), тип *Felsöbanya*, който кристализира заедно с бавенит на границата между блоков калиев фелдшпат и берил, е междинен микроклин с $\Delta\rho$ — 0,53 и 0,48; Al в $T_1(o)$ — 0,68 и 0,67. С най-ниска степен на триклинност — $\Delta\rho$ 0,15; Al в $T_1(o)$ — 0,44, почти моноклинен, е адуларът (У-1795^a) с типична адуларова морфология, нарастващ заедно с берtrandит в празнини на берилкови кристали, т. е. с отдалечаване от блоковия калиев фелдшпат, или с отслабване на връзката между калиевофелдшпато-

Таблица 1

Съдържание на Al в тетраедричните позиции $T_1(o)$, $T_1(m)$, $T_2(o)$, $T_2(m)$ и рентгенова триклинност на адулари и на калиеви фелдшпати от вместващите скали

Table 1

Al content in the tetrahedral sites $T_1(o)$, $T_1(m)$, $T_2(o)$, $T_2(m)$ and triclinicity of adularias and potassium feldspars from the host rocks

Пегматитови минерализации

№ на образца	Описание	Рентг. трикл. Δр	$T_1(o)$	$T_1(m)$	$T_1(o) + T_1(m)$	$T_2(o) + T_2(m)$
1	2	3	4	5	6	7
Смиловене						
У-1815	калиев фелдшпат от блок-кова зона	0,94	0,96	0,02	0,98	0,02
У-1796	калиев фелдшпат от блок-кова зона (матрица)	0,97	0,98	0,01	0,99	0,01
У-1796 ^a	адулар-прозрачен кант върху У-1796	0,81	0,90	0,09	0,99	0,01
У-1794	адулар-меснорозов	0,53	0,68	0,16	0,84	0,16
У-1794 ^a	адулар-бледорозов, полу-прозрачен	0,48	0,67	0,19	0,86	0,14
У-1795 ^a	адулар-прозрачен	0,15	0,44	0,28	0,72	0,14
Вищерица						
У-2028	калиев фелдшпат от блок-кова зона	0,97	0,98	0,01	0,99	0,01
У-2029	калиев фелдшпат от блок-кова зона	0,94	0,96	0,03	0,99	0,01
У-2030	калиев фелдшпат от блок-кова зона (матрица)	0,92	0,95	0,03	0,98	0,02
У-738	адулар (порьозна полупрозрачна маса)	0,14	0,53	0,39	0,92	0,08
У-738 ^a	адулар (мустаци)	0,00	0,41	0,41	0,82	0,18
Витоша						
У-2052	калиев фелдшпат от блок-кова зона (матрица)	0,00	0,39	0,39	0,78	0,22
У-2052 ^a	адулар	0,00	0,37	0,37	0,74	0,26
Черноморец						
У-2054	калиев фелдшпат (матрица)	0,00	0,40	0,40	0,80	0,20
У-2054 ^a	адулар	0,00	0,39	0,39	0,78	0,22
Латинка-1						
11	калиев фелдшпат от графична зона	0,00	0,42	0,42	0,84	0,16
Л-1-И-2	калиев фелдшпат от блок-кова зона	0,00	0,395	0,395	0,79	0,21
Л-1-И-4	адулар (прозрачен кант върху Л-1-И-2)	0,00	0,385	0,385	0,77	0,23
Нова махала						
У-1799	адулар	0,00	0,38	0,38	0,76	0,24

Т а б л и ц а 1 (продължение)

Алпийски минерализации

№ на образца	Описание	$T_1(o) =$ $T_1(m)$	$T_1(o) +$ $T_1(m)$	$T_2(o) +$ $T_2(m)$
Стойките				
У-2027	калиев фелдшпат от пегматоидна леща (матрица)	0,39	0,78	0,22
У-2027 ^a	адулар	0,35	0,70	0,30
Чепеларе				
У-528	калиев фелдшпат от гнайси (матрица)	0,41	0,82	0,18
У-528 ^a	адулар (прозрачен)	0,39	0,78	0,22
У-528 ^b	адулар (бял)	0,40	0,80	0,20
Мала Урдина река				
У-587	адулар (непрозрачен до полупрозрачен)	0,38	0,76	0,24
У-587 ^a	адулар (прозрачен)	0,38	0,76	0,24
Урдини езера				
У-133	адулар (бял)	0,41	0,82	0,18
У-133 ^a	адулар (прозрачен)	0,38	0,76	0,24
Хидротермални рудни минерализации				
Маджарово				
У-1761 ^a	адулар от празнина в прожилка	0,34	0,68	0,32
У-1767	адулар от хидротермалноизменени вулканити	0,345	0,69	0,31
У-1773	„	0,36	0,72	0,28
У-1754	„	0,34	0,68	0,32
У-1788	„	0,355	0,71	0,29
У-1790	„	0,36	0,72	0,28
У-1791	„	0,345	0,69	0,31
М-86ГД	„	0,375	0,75	0,25
М-86ГД ¹	„	0,37	0,74	0,26
М-3	санидин от латити	0,32	0,64	0,36
У-844 ^a	„	0,315	0,63	0,37
У-859 ^a	„	0,325	0,65	0,25
Звездел				
У-736	адулар от адуларизит	0,35	0,70	0,30

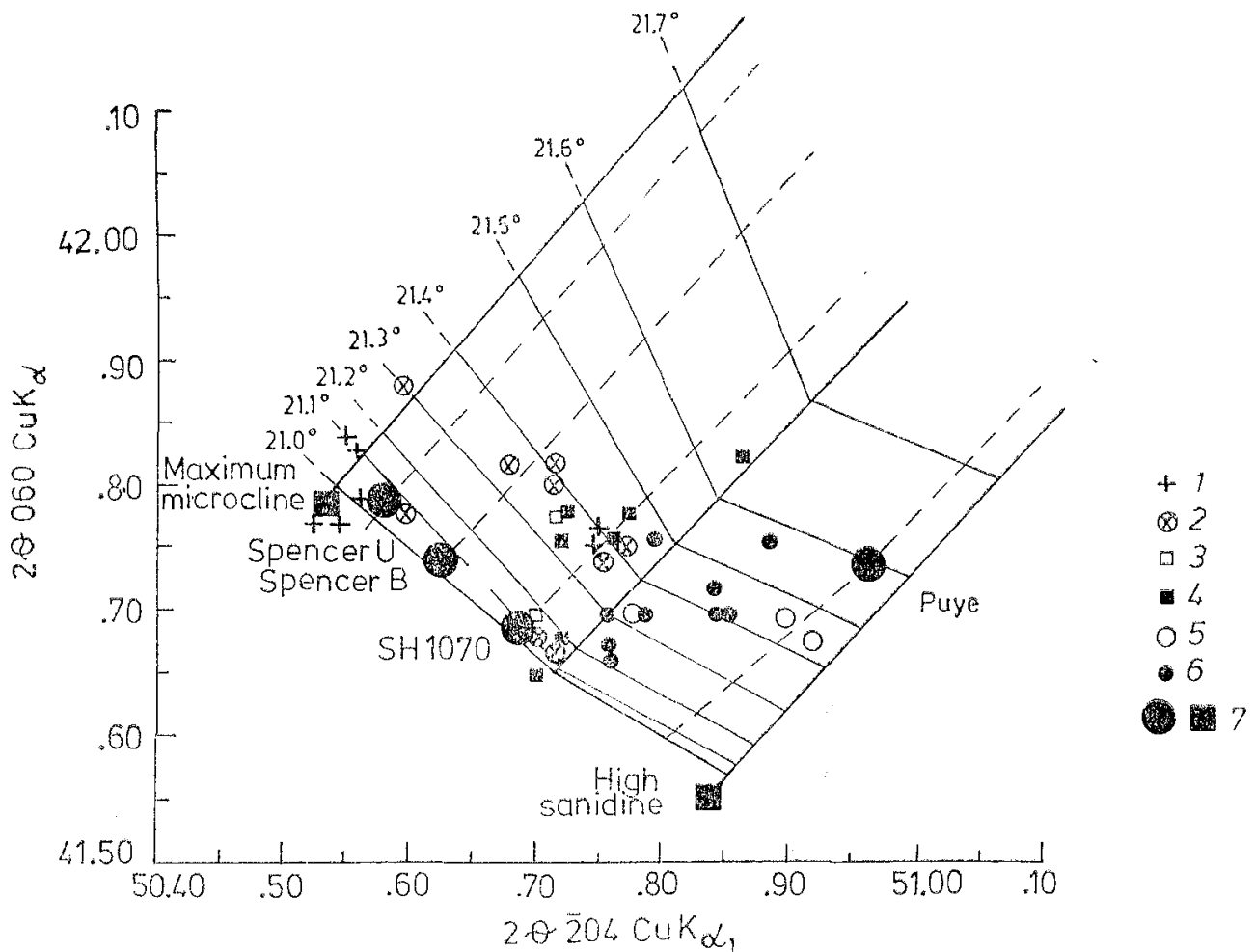
Аналитици: Н. Зотов, А. Георгиева

Универсален рентгенов дифрактометър HZG — 4/A на медно (CuKa) лъчение с никелов филтър.

Съдържанието на Al в тетраедричните позиции е изчислено по експресния метод на Афонина и др. (1976).

вата матрица и новоформирания адулар, в хидротермалния етап на пегматитообразуването намалява степента на триклинност и Al/Si подреденост. Адуларът, който не асоциира пряко с калиев фелдшпат е най-неподреден — практически моноклинен.

За разлика от адуларите в Смиловене, адуларът (У-738^a) от Вищерица, който се наблюдава като прозрачни игловидни и нишковидни образувания (мустаци) по пертитен максимален микроклин (У-2028, У-2029, У-2030; Δρ 0,92—0,97; Al в T₁(o) 0,95—0,98 е моноклинен (Al в T₁ — 0,82;



Фиг. 2. Диаграма $2\theta(204)/2\theta(060)$ (по Wright, 1968) за структурното състояние на адулари и калиеви фелдшпати от вместиращите скали: 1 — К-фелдшпати от пегматити; 2 — адулари от пегматити; 3 — К-фелдшпати от гнайси; 4 — адулари от алпийски жили; 5 — К-фелдшпати от вулкански скали; 6 — адулари от хидротермално изменени вулкански скали и рудни минерализации; 7 — стандартни образци: Puye — нисък санидин, SH 1070 — ортоклаз, Spencer B — адулар, Spencer U — междинен микроклин

Fig. 2. Diagram $2\theta(204)$ vs. $2\theta(060)$ (after Wright, 1968) of the structural state of adularia and potassic alkali feldspars of host rocks: 1 — K-feldspars from pegmatites; 2 — adularia from pegmatites; 3 — K-feldspars from gneisses; 4 — adularia from alpine veins; 5 — K-feldspars from volcanic rocks; 6 — adularia from hydrothermally altered rocks and ore mineralizations; 7 — standard specimens: Puye — low sanidine, SH 1070 — orthoclase, Spencer B — adularia, Spencer U — intermediate microcline

табл. 1). Адуларът, изграждащ поръозната адуларова кора, върху която нарастват мустаците, е с много ниска степен на триклинност — $\Delta\alpha$ 0,14; Al в $T_1(o)$ — 0,53 (У-738, табл. 1). В него се наблюдават пертитни отсмесвания от албит, по-голямата част от които са излужени.

Алпийски минерализации

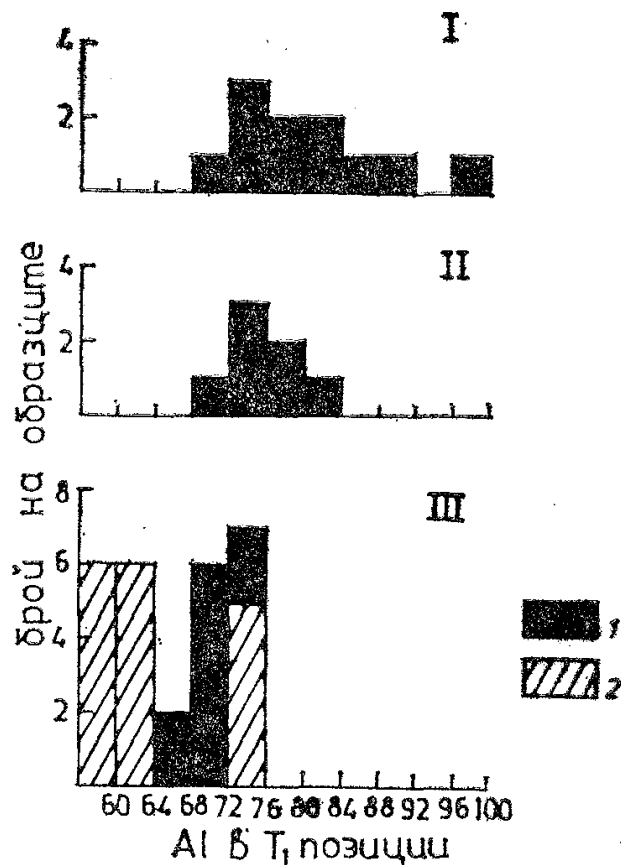
Адуларите са моноклинни, тип „ортоклаз“ (фиг. 2) с Al в T_1 позиции от 0,70 до 0,80 (табл. 1). Много близки до тях по структурни характеристики са калиевите фелдшпати от гнайсите, вместиращи алпийските жили — Al в T_1 — 0,76—0,82 (табл. 1, фиг. 2).

Рентгеноструктурните изследвания определят адулара от хидротермално изменените вулкански скали на Маджаровското Au-полиметално находище като нисък санидин с преход към ортоклаз (фиг. 2). Вариациите в съдържанието на Al в T_1 са малки — 0,68—0,75 (табл. 1). В сравнение с калиевофелдшпатовите фенокристали от непроменените латити (нисък санидин с Al в T_1 — 0,62—0,65; табл. 1) адуларът показва по-висока степен на Al/Si подреденост (фиг. 2).

Сравнението на структурните характеристики на изследваните адулари показва:

— Преобладаващата част от тях са моноклинни; отнасят се към типовете „нисък санидин“ и „ортоклаз“ (по Wright, Stewart, 1968). Само адуларите от пегматита в Смиловене са триклинни — определени съответно като „междинен“ до „максимален микроклин“.

— В рамките на моноклинната симетрия обаче адуларите, асоцииращи с различни типове минерализации, се различават по степента на Al/Si подреденост. Адуларите от пегматитите и алпийските жили имат по-висока степен на Al/Si подреденост от адуларите от хидротермално изменените вулкански скали (фиг. 3).



Фиг. 3. Хистограми за степента на Al/Si подреденост в адулари от: I — пегматити; II — алпийски жили; III — хидротермални рудни минерализации в: 1 — Маджарово, 2 — Сърница и Дъждовница, Източни Родопи (непубликувани данни на Й. Янев).

Fig. 3. Histograms of Al/Si order in adularia from: I — pegmatites, II — alpine veins; III — hydrothermal ore mineralizations in: 1 — Madjarovo, 2 — Sarnica and Dajdovnica, Eastern Rhodopes (unpublished data of Y. Yanev)

— Адуларите от пегматитите имат близка или по-ниска степен на Al/Si подреденост в сравнение с по-ранообразувалите се калиеви фелдшпати от т. н. матрица, по която често се развиват; адуларите от алпийските жили се характеризират също със сходна или по-ниска степен на Al/Si подреденост по отношение на калиевите фелдшпати от вместващата скала, а адуларите от хидротермално изменените вулканити обикновено са с по-висока степен на Al/Si подреденост от калиевия фелдшпат, в случая санидин, от непроменените скали (фиг. 2).

Както е известно от изследванията на редица изследователи, адуларите кристализират при ниски температури, най-често моноклинни, неподредени в структурно отношение модификации. Такъв е механизмът на образуване на преобладаващата част от изследваните от нас адулари. Описанията в литературата многократно по-редки случаи на триклинно структурно състояние се интерпретират по два основни начина:

1. Метастабилна кристализация на неподредени калиеви фелдшпати и последвало в различна степен Al/Si подреждане, контролирано от посткристализационни термодинамични условия — термичен режим (Chaisson, 1950; Лавес, 1956; Bamberger, Laves, 1968; Gubser, Laves, 1967; Русинова и др., 1975; Černý, Chapman, 1984, 1986); анизотропна контракция при охлаждане (Clark, 1966; Dimitriadis, Soldatos, 1978); химизъм на първичната среда, по-точно K/K+Na (Martin, 1974, 1882; Černý, Chapman, 1984); влияние на флуиди (Černý, Chapman, 1986; Constantinescu, Săbăn, 1983, 1984).

2. Директна кристализация на различни структурни състояния (Steiner, 1970; Akizuki, Sunagawa, 1978; Akizuki, 1990).

Както бе отбелязано, от изследваните от нас адулари само тези от пегматитовото находище Смиловене са триклинни. Без да се пренебрегва вероятността тяхната триклинност да е резултат от посткристализационна трансформация на първоначално моноклинна структура, възможно обяснение за образуването на триклинните адулари от пегматитите в Смиловене е частичното онаследяване на първичната триклинна структура на блоковия микроклин, върху който нарастват адуларите. В подкрепа на това предположение е установената намаляваща степен на триклинност с отдалечаване от матрицата — прозрачен адуларов кант (максимален микроклин) с $\Delta\rho$ 0,81 върху пертитен максимален микроклин; адулар (междиен микроклин) с $\Delta\rho$ 0,53; 0,48 на границата между блоковия микроклин и берил и почти моноклинен адулар ($\Delta\rho$ 0,15), нарастващ в празнини на берилкови кристали. Подобен механизъм на образуване можем да допуснем и за описанията от Chirshakova (1974) адулар с ниска степен на триклинност ($\Delta\rho$ 0,10), метасоматично заместващ плагиоклазови фенокристали на хидротермално изменени вулкански скали (андезити до дацит—риодацити), вместващи халкопирит-пиритни орудявания в Централното Средногорие. Същевременно адуларът от кварц-адуларовите прожилки в същите скали е моноклинен. Černý, Chapman (1984), подчертавайки коренно различното структурно състояние на адуларите от това на скалообразуващите калиеви фелдшпати на пегматитите, което предполага различни условия на кристализация и посткристализационна история, допускат в един конкретен случай влияние на субстрата върху структурното състояние на адулара, а именно моноклинен адулар с подчинено развитие на триклинна фаза, който епитаксично нараства върху калиев фелдшпат (ортоклаз-междиен микроклин), т. е. като възможен механизъм за образуване на триклинни адулари в отделни случаи може да се допусне директна кристализация с известно влияние — онаследяване структурата на фелдшпатовата матрица.

За разлика от адуларите в смиловенските пегматити, адуларът, кристализиращ като игловидни и нишковидни образувания (мустаци) в пертитен микроклин от пегматит в находище Вищерица е моноклинен, а порьозната адуларова маса, върху която непосредствено нарастват „мустаци“ е с много ниска степен на триклинност — $\Delta\rho$ 0,14. Изхождайки от тяхната специфична морфология и нарастването им в порьозна адуларова кора с излужени на места албитови пертити, предполагаме, че при хидротермални условия се разтваря албитовата фаза на пертитния микроклин, а калиевофелдшпатовата фаза прекристализира, образувайки в крайна сметка адуларови „мустаци“ с моноклинна структура. Можем да причислим този случай към болшинството примери в природата за образуване на адулара като първично неподредена моноклинна калиевофелдшпатовата структура.

Химизъм на адулара

Подобно на повечето описани в литературата адулари, изследваните от нас се характеризират също с високи съдържания на К и ниски на Na и Ca. Най-високо съдържание на калий, много близко до теоретичното в калиевия фелдшпат, е определено в нискотемпературните ($T=230\text{—}270^\circ\text{C}$) адулари от хидротермалните метасоматити в полиметалните находища Маджарово и Звездел (Or 90,5—99,0%; Ab 0,8—3,5%; табл. 2), както и в адуларите от пегматита в Смиловене (У-1794, У-1795^a, У-1796^a, съответно Or 98,8; 98,7; 97,0%; Ab 0,9; 0,9; 3,0%, табл. 2). Такива високи стойности на Or молекула са характерни за почти всички адулари, привързани към средно- и нискотемпературно хидротермално променени скали и рудни минерализации: Or 93,9—98,26%; $T = 265^\circ\text{C}$ (Steiner, 1970); Or 94,4—99,4% (Русинова и др., 1975); Or 94,5%; $T = 160\text{—}200^\circ\text{C}$ (Akizuki, Sunagawa, 1978); Or 93,67—98,76% (Bargar, Melvin, 1981); Or 87—96% (Райнов, Янев, 1991); Or 98,5%; $T = 220\text{—}300^\circ\text{C}$ (Nokov et al., 1992) и др.

Относително по-ниско съдържание на калий, респективно на Or молекула и по-високо на натрий, съответно на Ab молекула, имат адуларите от алпийските ни минерализации, за които са измерени по-високи температури на кристализация — $290\text{—}350^\circ\text{C}$ (Костов, 1963; Костов и др., 1986) — Or 82,4—88,1%; Ab 10,2—17,2%; само У-2027^a е с Or 96,9% и Ab 3,0% (табл. 2). Подобно съдържание на Or молекула в адулари от алпийски жили (предимно от Швейцарските Алпи) намираме в работите на Rubach, Nissen (1967) — Or 79,3—92,6%; Akizuki, Sunagawa (1978) — Or 88,5%; Phillips, Ribbe (1973) — Or 87,75%; Constansu, Šaban (1983) — Or 89% и др.

Зависимост между химизма и температурните условия се наблюдава и при адулари от едно и също находище. В хидротермалните жили от Росенското рудно поле по-високотемпературният адулар съдържа по-малко калий — Or 69,15—93,67% в сравнение с по-късния, по-нискотемпературен адулар — Or 81,57—96,57% (Кръстева, Рашкова, 1982; Рашкова, 1987). Същата, макар и по-слабо изразена тенденция, се наблюдава и при последователно образувалите се адулари от пегматита при Смиловене (У-1796^a, → У-1795^a, У-1794 съответно Or 97,0→98,7; 98,8%; табл. 2).

Съдържанието на калций в изследваните адулари е много ниско, обикновено под чувствителността на аналитичния метод (0,01%); само в някои адулари, и то от алпийски минерализации, са определени по-високи съдържания на CaO, достигащи 0,07% (табл. 2).

Таблица 2

Химичен (тегл. %) и нормативен (мол. %) състав на адулари и на калиеви фелдшпати от вместващите скали

Table 2

Chemical composition (wt. %) of adularias and potassium feldspars from the host rocks

Пегматитови минерализации									
	У-1796	У-1796 ^a	У-1794	У-1795 ^a	У-738 (2)	У-2052	У-2052 ^a	У-2054	У-2054 ^a
SiO ₂	65,14	64,91	64,54	63,94	65,26	64,33	64,49	64,20	64,74
TiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01
Al ₂ O ₃	18,35	18,47	18,00	17,99	18,87	18,22	18,24	18,76	18,34
FeO	0,02	0,01	0,00	0,04	0,02	0,08	0,00	0,14	0,00
MnO	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,58	0,00
Na ₂ O	0,60	0,43	0,11	0,11	0,98	1,31	0,59	3,71	0,96
K ₂ O	16,24	16,67	16,80	16,56	15,56	14,79	15,98	10,92	15,48
BaO	0,01	0,00	0,19	0,24	0,01	0,14	0,21	0,03	0,02
Σ	100,36	100,51	99,07	98,91	100,71	98,94	99,50	98,38	99,66
Or	94,8	97,0	98,8	98,7	91,3	87,6	94,4	64,0	91,4
Ab	5,2	3,0	0,9	0,9	8,7	11,8	5,2	33,0	8,6
Cn	—	—	0,3	0,4	—	0,3	0,4	0,1	—
An	—	—	—	—	—	0,3	—	2,9	—

Алпийски минерализации							
	У-2027	У-2027 ^a	У-528	У-528 ^a	У-528	У-528 ^c	У-587 ^a
SiO ₂	64,27	63,38	64,32	65,65	65,24	65,73	64,64
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	18,38	19,21	18,05	18,75	18,45	18,38	18,02
FeO	0,00	0,52	0,02	0,02	0,03	0,01	0,00
MgO	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,00
CaO	0,05	0,01	0,07	0,04	0,05	0,00	0,00
Na ₂ O	1,38	0,31	1,41	1,92	1,81	0,98	1,30
K ₂ O	14,72	15,80	14,23	14,22	14,43	15,09	14,92
BaO	0,37	0,05	0,30	0,11	0,30	0,09	0,07
Σ	99,19	99,42	98,41	100,73	100,31	100,34	98,96
Or	86,7	96,9	86,0	82,7	83,6	91,0	88,1
Ab	12,3	3,0	12,9	16,9	15,8	8,7	11,7
Cn	0,7	0,1	0,6	0,3	0,5	0,3	0,2
An	0,3	—	0,5	0,1	0,1	—	—

Хидротермални рудни минерализации						
Адулар от прожилки и празнини						
	У-1761 (2)	У-1761 ^a (3)	У-1767 (3)	86—5 (2)	319 (4)	336 (2)
SiO ₂	65,37	64,79	64,70	64,10	64,84	65,10
TiO ₂	0,02	0,01	0,10	0,00	0,01	0,08
Al ₂ O ₃	18,70	19,25	18,41	18,98	18,09	17,67
FeO	0,00	0,12	0,14	0,38	0,02	0,05
MgO	0,04	0,00	0,01	0,12	0,00	0,00
MnO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
CaO	0,00	0,01	0,08	0,01	0,00	0,06
Na ₂ O	0,25	0,39	0,28	0,27	0,18	0,31
K ₂ O	15,45	15,34	16,10	15,81	16,08	15,79
BaO	0,20	1,41	0,24	0,25	0,22	0,09
Σ	100,17	101,20	100,06	99,92	99,44	99,17
Or	97,4	93,9	96,6	97,0	98,0	90,5
Ab	2,3	3,5	2,5	2,6	1,7	2,9
Cn	0,3	2,6	0,4	0,4	0,3	0,3
An	—	—	0,5	—	—	0,3

Адулари, развити по плагиоклазови и санидинови фенокристали

Санидинови фенокристали

	86—5 (2)	319 (2)	312 (3)	336	М-3 (2)	448 (2)	482 (4)
SiO ₂	65,06	65,68	64,97	65,32	66,14	64,20	64,75
TiO ₂	0,08	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,07
Al ₂ O ₃	18,70	18,04	17,80	18,43	18,85	18,96	19,02
FeO	0,28	0,02	0,00	0,00	0,13	0,18	0,21
MgO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
CaO	0,05	0,00	0,01	0,00	0,28	0,50	0,56
Na ₂ O	0,28	0,21	0,21	0,11	2,93	3,75	3,87
K ₂ O	15,80	16,24	16,21	16,49	12,10	10,46	10,22
BaO	0,18	0,06	0,33	0,06	0,67	1,5	0,78
Σ	100,47	100,26	99,53	100,44	101,14	99,62	99,48
Or	96,5	98,1	97,6	99,0	71,4	61,2	61,7
Ab	2,9	1,7	1,7	0,8	26,2	33,5	34,0
Sp	0,3	0,2	0,7	0,2	1,3	2,8	1,4
An	0,3	—	—	—	2,6	2,5	2,9

Описание на образците както в табл. 1; У-1761, 86-5, 319, 336, 312 — адулари от хидротермално изменени латити; 448, 482 — санидини от латити.

Рентгенов микроанализатор JEOL Superprobe 773, аналитик: Х. Нейков.

Адуларите имат обикновено по-високо съдържание на К и по-ниско на Na и Ca от калиевите фелдшпати, върху които нарастват. Най-ясно изразена е тази тенденция при адуларите от някои пегматити (У-2052 и У-2052^а, съответно Or — 87,6 и 94,4%; У-2054 и У-2054^а, съответно Or — 64,0 и 90,4%; табл. 2), както и при адуларите (Or 96,5—99,0%, табл. 2) от хидротермалните рудни минерализации в находище Маджарово, развити по плагиоклазови и санидинови (Or 61,20—71,40%; табл. 2) фенокристали.

От елементите-примеси, поради малките размери и ограниченото количество на изследваните адулари, имаме възможност да анализираме само бария. Той е един от най-характерните елементи в калиевите фелдшпати, а е и типичен за хидротермалните условия на минералообразуване. Съдържанието на BaO варира от 0,01 (чувствителност на метода 0,01%) до 0,37% (табл. 2). В адуларите от пегматитите то се изменя в границите 0,01—0,24%; в адуларите от алпийските жили — от 0,05 до 0,37%; в адуларите от хидротермалните метасоматити от Маджарово — 0,06—0,33%, средно 0,18%; в един случай достига 1,41% (табл. 2).

В сравнение с калиевите фелдшпати от матрицата, концентрацията на бария в едни случаи се увеличава, а в други намалява. За разлика от основните компоненти К, Na, Ca, съдържанието на които в адулара зависи предимно от температурата на кристализация, съдържанието на бария, а вероятно и на другите характерни за калиевите фелдшпати елементи-примеси, зависи преди всичко от концентрацията им в минералообразуващите хидротермални разтвори и характера на вместващата среда. Например докато съдържанието на BaO в относително по-ранообразувалия се адулар (У-1761), който заедно с хлорит и кварц замества първичните минерали на латити от находище Маджарово е 0,20%, то в адулара (У-1761^а) от по-късни кварц-адуларови прожилки, секущи метасоматично променените вулкани в асоциация с барит, сфалерит, галенит, халкопирит е 1,41%. Това обяснява големите вариации в съдържанието на BaO, както и високите концентрации на BaO, определени в адулари от някои автори: 0,14—6,2% в адулари от алпийски жили (R u b a c h, N i s s e n, 1967); 1,75% в адулар от мрамори (M a l l i c k, 1965); до 9,5 в зонални адулари в алевритови микрити (K e v i n et al., 1986).

Заключителни бележки

Съпоставяйки данните от наблюденията и анализа на минералните асоциации, в които се среща адуларът в Средногорската и Родопската област, както и резултатите от изследването на структурното му състояние и химичния състав с данни за неговата минералогия от литературни източници, се убеждаваме, че основната характеристика, която обяснява отделянето на адулара като разновидност в групата на калиевите фелдшпати е ниската температура на образуване. Ударение върху ниските температури на формиране на адулара поставят редица автори (Spencer в Laves, 1956; Laves, 1956; Nissen, 1967; Smith, 1974, и др.). Нито една от останалите, използвани при описанието и обособяването на адулара като специфична разновидност характеристики — цвят, прозрачност, структура, химичен състав, с изключение донякъде на кристалния хабитус, не може да го определи еднозначно.

С приемането, че всички нискотемпературни (под 400°C) калиеви фелдшпати, образувани при хидротермални условия, при нискостепенен метаморфизъм, или при процеси на седиментация и диагенеза, са адулари, ще отпаднат много съмнения при причисляването към тази разновидност на калиеви фелдшпати, които са лошо остенени или ксеноморфни, представени от плътни агрегатни маси, кори, кантове, „мустаци“, или са оцветени, мътни, непрозрачни. Температурната граница 400°C (Spencer, 1938; Nissen, 1967, и др.) е засега приблизителна и до голяма степен условна. Известните ни определения на температурите на кристализация на парагенези, в които се образуват адулари, са под 400°C, но очевидно са необходими ревизии и нови изследвания за уточняване на горната граница на адуларообразуване, особено в алпийски жили, където като адулари са описани даже кристали от тип Fibbya (Nissen, 1967) както и бавенови срастъци. И в двата хабитусни типа, основни, най-добре развити стени са {001} и {010}, които обаче са по-характерни за кристали на високотемпературни, предимно магматични и пегматитови калиеви фелдшпати.

Определянето на температурния интервал, най-вече на горната температурна граница на кристализация на адулара, е особено актуално и за тълкуване условията на хидротермално-метасоматичното минералообразуване и характеризирането на калиевите фелдшпати, които играят често съществена роля в процесите на рудоотлагане и са обект на многобройни класификационни спекулации.

Преди всичко с вариации на температурата са свързани и измененията на един от основните характеристични белези на адулара — морфоложкия тип, който се използва най-често при обособяването му като особена разновидност на калиевия фелдшпат. Набелязващата се в литературата за адулара тенденция за изменение на хабитусните му типове при понижаване на температурата от Zillertal (~400°C) към Maderaner и Felsöbanya (~230°C, Nissen, 1967) се проследява много добре при изучените адулари от България. Преходи между крайните членове на тази редица се осъществяват от най-често срещашите се в изследваните от нас хидротермални минерализации, удължени по *c* или *b* кристали с типичен адуларов хабитус, изградени от $\{110\} \gg \{10\bar{1}\} \gg \{001\} \pm \{010\}$. С понижаване на температурата на хидротермалните разтвори нараства ролята на $\{10\bar{1}\}$, а намалява значението на $\{001\}$. Чувствителен индикатор за по-високи температури на адуларообразуване е появата на страничния пинакоид $\{010\}$ и на предния пинакоид $\{100\}$, който заедно със $\{130\}$ е най-рядко наблюдаваната от нас стена в кристали, преобладаващи от тип Zillertal към типичния адуларов хабитус.

Нарастването на адулари от нискотемпературните хабитусни типове *Maderaner* и *Felsöbanya* върху кристали с адуларов хабитус или тип *Zillertal*, подкрепят тази основна тенденция.

Наличието на нискотемпературни хидротермални минерални асоциации, в съчетание с по-ниската степен на Al/Si подреденост, в сравнение с тази на матрицата от калиев фелдшпат, върху която нарастват, позволява да се отнесат към адулара и различни нишковидни, сталактитовидни, често прозрачни, без видими кристални форми образувания, както и агрегатни маси, или епитаксично развити върху блокове калиев фелдшпат от пегматитови жили, кори и кантове.

Температурните условия при образуването на адулара контролират до голяма степен и химичния му състав. Обикновено адуларите имат по-високо съдържание на калий и по-ниско на натрий и калций от фелдшпатите на матрицата, върху която, и за сметка на която често се образуват. Същата тенденция се забелязва и при сравнение на по-високо- и по-нискотемпературни адулари; в нашите случаи адуларите, предимно от алпийските минерализации, се характеризират с по-ниски съдържания на калий и по-високи на натрий от адуларите в нискотемпературните хидротермални рудни минерализации, и някои пегматити. Зависимостта на химизма от изменението на температурата е отчетлива и при сравняване на различни генерации адулар, представени в определена хидротермална асоциация, например в пегматоидно-хидротермалните медно-молибденови жилни минерализации от Росенското рудно поле или в пегматита от Смиловене.

За разлика от главните химични компоненти на адулара, съдържанието на характерни за калиевите фелдшпати елементи-примеси, в случая на барий, а вероятно и на други (Rb, Tl, Pb, Sr), зависи предимно от концентрацията им в разтворите, от които се образува.

Очевидно след като при нискотемпературни (и то в много тесни интервали), предимно хидротермални условия, се образуват адулари с различна степен на триклинност (т. е. съществуват както „санидинови“, така и „ортоклазови“ и „микроклинови“ типове адулари), не може да се говори със сигурност за определено въздействие на температурния режим на минералообразуване върху структурното състояние на тази калиевофелдшпатовата разновидност. Преобладаващата част от адуларите, както описаните досега в литературата, така и изследваните от нас, са моноклинни, с много ниска степен на Al/Si подреденост. В рамките на моноклинната симетрия се забелязва, все пак, известна тенденция за повишаване на Al/Si подреденост при по-високотемпературните адулари. Триклинни адулари, каквито се описват много рядко, са намерени само в пегматита от Смиловене. Като възможен механизъм за възникване на такава структура се предполага онаследяване на триклинната симетрия на калиевофелдшпатовата матрица (максимален микроклин), върху която нарастват.

Л и т е р а т у р а

- А л е к с и е в, Е., И. И в а н о в, В. А р н а у д о в. 1965. Върху геохимията на пегматитите от находище Смиловене, Копривщенско. — Тр. геол. България, сер. геохим. и пол. изкоп., 5, 47—67.
- А р н а у д о в, В. 1975. Строеж и минерален състав на гранитните пегматити от Северозападна Рила. — Геохим., минерал. и петрол., 2, 61—77.
- А р н а у д о в, В., С в. П е т р у с е н к о. 1967. Първична акцесорна минерализация в пегматита от находище Вищерица, Западни Родопи. — Изв. Геол. Инст., сер. геохим., минерал. и петрогр., 16, 145—159.

- Афонина, Г., Б. Шмакин, М. Макагон. 1976. Экспрессный метод определения упорядоченности моноклинных и триклинных калиевых полевых шпатов. — Докл. АН СССР, **231**, № 2, 449—452.
- Богданов, Б., Р. Рашков, Т. Тодоров. 1968. Этапы и стадии на минерализация в медно-молибденовые месторождения от Росенското рудно поле. — Юбил. геол. сб. ГИ при БАН и Ком. по геол., С., 291—308.
- Велинов, И., И. Батанджиев, П. Чолаков, Б. Блажев. 1977. Новые данные о соотношениях между структурно-образовательными и постмагматическими процессами в Маджаровском рудном поле. — С. R. Acad. bulg. Sci., **30**, No 12, 1749—1752.
- Димитров, С. 1942. Витошкият плутон. — Год. СУ, Физ.-матем. фак., **38**, 89—170.
- Иванов, И. 1963. Особенности на редкометалната минерализация в пегматитите от Смиловене, Копривщенско. — Изв. Геол. Инст., **12**, 223—236.
- Иванов, И., В. Арнаудов. 1964. Върху хидротермалната минерализация в пегматитите от Смиловене. — Изв. Геол. Инст., **13**, 71—79.
- Иванов, Р., Т. Тодорова. 1962. Порфиоровите интрузии западно от Асеновград. — Тр. геол. България, сер. геохим. и пол. изкоп., **3**, 267—280.
- Костов, И. 1963. Кристаллография на эпидота от с. Нова махала, Пещерско. — Год. СУ, Биол.-геол.-геогр. фак., **56**, 253—260.
- Костов, И. 1965. Алпийски тип минерализации в гнайсите на Централните Родопи. — Сп. Бълг. геол. д-во, **26**, № 3, 271—278.
- Костов, И. 1978. Петрологическое значение морфологии полевых шпатов. — В: Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Новосибирск, Наука, 201—210.
- Костов, И., И. Иванов, Св. Петрусенко. 1962. Дистеновото находище при с. Чепеларе, Смолянско. — Тр. геол. България, сер. геохим. и пол. изкоп., **3**, 69—92.
- Костов, И., В. Бресковска, Й. Минчева-Стефанова, Г. Киров. 1964. Минералите в България. С., БАН. 540 с.
- Костов, И., Л. Грозданов, Св. Петрусенко. 1986. Син- и постметаморфни минерализации в Централните Родопи. — Геохим., минерал. и петрол., **20—21**, 25—48.
- Кръстева, М., Д. Рашкова. 1982. Минералотермометрични изследвания на апатит, кварц и калцит от находищата на Росенското рудно поле. — Геохим., минерал. и петрол., **16**, 47—57.
- Лавес, Ф. 1956. Фазовые отношения щелочных полевых шпатов. I. Вводные замечания. — В: Полевые шпаты, т. 2, М., Иностранная литература, 152—172.
- Пейчева, И., Р. Арнаудова, В. Арнаудов, А. Секиранов. 1994. Адулар от камерни пегматити при с. Латинка, Централни Родопи. — Сп. Бълг. геол. д-во, **55**, № 1, 25—35.
- Радонова, Т. 1970. Адуляризация вулканогенных пород в Звезделском рудном районе. — С. R. Acad. bulg. Sci., **23**, № 9, 1119—1122.
- Радонова, Т. 1973. Метасоматични изменения на скалите в Звезделския руден район. — Изв. Геол. Инст., сер. геохим., минерал. и петрол., **22**, 123—140.
- Райнов, Н., Й. Янев. 1991. Адуляр, сопутствующий цеолитизацию перлитов. — Геохим., минерал. и петрол., **27**, 96—106.
- Рашкова, Д. 1987. Адулар от медно-молибденови находища в Източното Средногорие. — Сп. Бълг. геол. д-во, **48**, № 2, 56—62.
- Русинова, О., В. Русинов, Л. Гребенчиков. 1975. Триклинность калиевых полевых шпатов из некоторых гидротермальных месторождений. — Зап. Всес. мин. об-ва, **104**, № 3—4, 336—340.
- Akizuki, M. 1990. Adularia texture and structure. — 15th IMA General Meeting, Abstr. V. 1, p. 380.
- Akizuki, M., J. Sunagawa. 1978. Study of the sector structure in adularia by means of optical microscopy, infrared absorption and electron microscopy. — Miner. Mag., **42**, No 324, 453-462.
- Arnaudov, V., Sv. Petrusenko. 1992. Non-granitic facial and phase pegmatites in Vitoshka Mountain, West Bulgaria. — Lepidolite 200, Int. Symposium of the Mineral., Petrol. and Geochem. of Granite Pegmatites, Nove Mesto na Morave, Czechoslovakia.
- Arnaudova, R., I. Velinov, M. Gorova, V. Arnaudov, I. Bonev, I. Batandjiev, P. Marchev. 1991. Geochemistry of quartz-adularia metasomatites from the Madzharovo Tertiary polymetal Au-Ag deposits, the East Rhodopes. — Exploration Geochemistry 1990. Proc. of the Third Int. Joint Symposium of the IAGC and the AEG, Prague, Czechoslovakia, 13-16.
- Vambauer, H., F. Laves. 1960. Zum Adularproblem. I. Adular vom Val Casat-

- scha: Mimetischer Lamellenbau, Variation von Optik und Gitterkonstanten und ihre genetische Deutung. — Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt. **40**, No 2, 177-205.
- B a r g a r, K., B. M e l v i n. 1981. Hydrothermal alteration in research drill hole Y-2, Lower Geyser Basin, Yellowstone National Park, Wyoming. — Amer. Mineral., **66**, 473-490.
- Č e r n y, P., R. C h a p m a n. 1984. Paragenesis, chemistry and structural state of adularia from granitic pegmatites. — Bull. Minéral., **107**, 369-384.
- Č e r n y, P., R. C h a p m a n. 1986. Adularia from hydrothermal vein deposits: extremes in structural state. — Can. Mineral., **24**, No 4, 217-228.
- C h a i s s o n, U. 1950. The optics of triclinic adularia. — J. Geol., **58**, 537-547.
- C h i p c h a k o v a, S. 1974. Adularization in the Altered Volcanics around the Ore Bodies of the Panagyurishte ore district, Bulgaria. — Bull. Volcanol., **38**, No 4, 1147-1156.
- C l a r k, S. 1966. Handbook of Physical Constants. — Geol. Soc. Amer. Mem., **97**, 26-38.
- C o n s t a n t i n e s c u, E., G. S ä b ä n. 1983. Caractères cristallographiques, optiques et chimico-structuraux de l'adulaire cantonné dans les filons alpins de Roumanie; contributions au „probleme de l'adulaire“. — Ann. Inst. géol. géofiz., **62**, 9-18.
- C o n s t a n t i n e s c u, E., G. S ä b ä n. 1984. Mineralogy of alpine veins from the Romanian Carpathians. — Ann. Inst. Geol. Geofiz., **64**, 33-43.
- D i m i t r i a d i s, S., K. S o l d a t o s. 1978. Optical and structural properties of adularia from Xanthi and Quranoupolis, Greece, and their interpretation. — N. Jb. Miner. Abh., **133**, No 1, 88-105.
- G u b s e r, R., F. L a v e s. 1967. On X-ray properties of "adularia", (K, Na) $AlSi_3O_8$ — Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt., **47**, 177-188.
- F r a n k e, W., H. G h o b a r k a r. 1982. The morphology of hydrothermally grown K-feldspar. — N. Jb. Miner. Mh., **2**, 57-68.
- K e v i n, L., K. S h e l t o n, J. R e a d e r, L. R o s s, G. V i e l e, D. S e i d e m a n n. 1986. Barium-rich adularia from the Quachita Mountains, Arkansas: Implications for a postcollisional hydrothermal system. — Amer. Mineral., **71**, No 7-8, 916-924.
- M a l l i c k, D. 1965. Porphyroblastic adularia from Shimbala, Zambia. — Miner. Mag., **35**, 401-407.
- M a r t i n, R. 1974. Controls of ordering and subsolidus phase relations in the alkali feldspars. — In: The Feldspars (W. S. M a c k e n z i e, Z u s s m a n, eds.) Proc. NATO Adv. Study Inst., Manchester Univ. Press, Manchester, England, 313-336.
- M a r t i n, R. 1982. Quartz and the feldspars. — In: Granitic Pegmatites in Science and Industry (P. Č e r n y, ed.). Mineral. Assoc. Can., Short Course Handbook, **8**, 41-62.
- N i s s e n, H. 1967. Domänengefüge, Natriumgehalt, Natriumentmischung und Gitterkonstanten von Alkalifeldspaten (Mikroclin, Orthoklas, Adular) der Schweizeralpen. — Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt., **47**, 1140-1145.
- N o k o v, S., J. C h r i s t o v a, C. S t a n c h e v. 1992. Adularia amid hydrothermally altered granites from the Rozino epithermal gold deposit (Krumovgrad district). — C. R. Acad. bulg. Sci., **45**, No 8, 63-66.
- P h i l l i p s, M., P. R i b b e. 1973. Structures of monoclinic potassium-rich feldspar. — Amer. Mineral., **58**, No 3-4, 263-270.
- R y b a c h, L., H. N i s s e n. 1967. Interference-free, simultaneous determination of sodium, potassium and barium in adularia by neutron activation. — Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt. **47**, No 1, 189-197.
- S m i t h, J. 1974. Feldspar Minerals. V. 1, 2. Springer — Verlag, New York.
- S t e i n e r, A. 1970. Genesis of hydrothermal K-feldspar (adularia) in an active geothermal environment at Wairakei, New Zealand. — Miner. Mag., **37**, No 292, 916-921.
- V e l i n o v, I., S. N o k o v. 1991. Main types and metallogenic significance of the Madjarovo hydrothermally altered Oligocene volcanics. — C. R. Acad. bulg. Sci., **44**, No 9, 65-68.
- W r i g h t, T., D. S t e w a r t. 1968. X-ray and optical study of alkali feldspar I. Determination of composition and structural state from refined unit cell parameters and 2V. — Amer. Mineral., **53**, No 1-2, 38-87.
- W r i g h t, T. 1968. X-ray and optical study of alkali feldspar: II. An X-ray method for determining the composition and structural state from measurement of 2θ values for three reflections. — Amer. Mineral., **53**, No 1-2, 88-104.

Одобрена 27. IV. 1994 г.

Accepted April 27, 1994