

Формацията березити на околорудните метасоматити в участък Червени дол, Западна Стара планина

Милко Каназирски, Тодор Маринов, Рита Цанкарска

Kanazirski, M., T. Marinov, R. Tzankarska. 2000. Beresite formation of the wallrock metasomites in the Cherveni Dol area, West Stara Planina. - *Geochem., Mineral. and Petrol.*, **37**, 57-64.

Abstract. The rocks containing the appearances of pyrite and secondary Cu minerals from the Cherveni Dol location are hydrothermally altered to a varying degree. The most altered areas, from the lateral and vertical zonation of distribution of alteration products of the propylitized rocks, are as follows: weakly beresitized rocks (chlorite + albite + calcite + illite/muscovite + quartz + pyrite), beresitized rocks (albite + ankerite + illite/muscovite + quartz + pyrite), and intensely beresitized rocks (ankerite + illite/muscovite + quartz + pyrite and illite/muscovite + quartz + pyrite). The deduced idealised metasomatic column, and the order of differential mobility of the components confirm the affiliation of the hydrothermally altered rocks from Cherveni Dol to the beresites formation, which is new for Bulgaria. The equilibrium mineral associations afford the recognition of a new type alteration beresitization in the classification of wallrock alteration of Meyer and Hemley.

Keywords: metasomatic formation, beresite formation, beresitization, wallrock alteration

Address: M. Kanazirski and R. Tzankarska - Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria; T. Marinov - University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, Bulgaria

Ключови думи: метасоматична формация, формация березити, березитизация, околорудно изменение

Адреси: М. Каназирски, Рита Цанкарска - Геологически институт, Българска академия на науките, 1113 София; Т. Маринов - Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

Въведение

Богатата металогенна специализация (Cu, Zn, Pb, Au, Ag, U, Ab, As, Co, Ni, Bi) на формацията березити (Жариков, Омеляненко, 1978) предизвиква определен интерес за изследване на метасоматитите на формацията. В известните ни публикации у нас (Дончева, Плющев, 1982; Кольковски, Манев, 1988; Бресковска, Гергелчев, 1988а; 1988б) само декларативно, без необходимата прецизност в диагностиката на минералните фази и без физикохимичен анализ на минералните парагенези, се съобщава за изявата на березитизация като околорудно изменение на скалите в някои находища. Липсват данни за наличие на метасоматити

на формацията березити и доказването ѝ с провеждане на формационно-фациален анализ.

Формационно-фациалният анализ включва установяване на равновесните минерални асоциации в хидротермално изменените скали от отделните зони на метасоматичната колонка, изведена на основата на теорията на метасоматичната зоналност (Коржинский, 1955, 1969) и представляваща определен метасоматичен фациес на дадена формация (Жариков, 1968; Жариков, Омеляненко, 1978; Жариков, 1982). Само един такъв анализ на хидротермално изменените скали, базиращ

се на постиженията и методите на физикохимичната метасоматична петрология, може категорично да потвърди отнасянето на метасоматитите към определена метасоматична формация.

При описанието на орудяванията в Зверинската вулcano-плутонична структура Попов и др. (1988) изказват становище, че характерът на хидротермалната промяна на скалите, в които се разкриват рудопроявления от пирит и вторични медни минерали в участък Червени дол, е близък до березитизацията. Анализът на наличната фактология за хидротермално изменените скали в този участък даде основание да се проведат някои допълнителни определения за точната диагностика на минералните фази в метасоматитите и необходимите формационно-фациални изследвания.

Минералого-петроложки изследвания

В участък Червени дол, намиращ се северно от гара Елисейна, Западна Стара планина, се разкриват скали от вулканогенно-сидиментния комплекс с предполагаема горно-девонска-долнокарбонска възраст (Попов и др. 1988), представени в района от трахибазалти, дацити и андезити и техните пирокластичности. Те се процепват от диоритови порфири. Скалите от участъка са пропилитизирани. Характерната за пропилитизацията албит-епидот-хлорит-карбонатна асоциация придава на скалите сиво-зеленикъв оттенък.

В латералното разпространение на измененията, на фона на пропилитизацията се откроява зона с югоизточна посока с дължина 600-700 m и ширина 80-100 m, в която вероятно по субвулканско тяло и около него скалите в зоната са березитизирани. Изградени са от кварц, серицит, пирит и карбонати. В резултат на супергенни изменения финодеспергираният пирит е превърнат в железни хидрооксиди, които придават ръждивокафяв цвят на березитизираните скали.

В березитизираните дацити, андезити и диоритови порфири серицитът напълно замества биотита, частично плагиоклаза и обилно се развива в кварц-фелдшпатовата основна маса. Серицитизацията се съпровожда с окварцяване и в получаване на значително количество карбонати и пирит. Главната маса на березитите е представена в по-голямата си част от серицит във вид на сравнително едри (до 0,5 mm) безпорядъчно разположени люспи. Кварцът и карбонатният минерал присъстват в подчинено количество. Пиритът е дребнокристален или финодиспергиран и по-рядко образува поедри кристали. На места е проявена супергенна аргилизация.

За точната диагностика на карбонатния минерал и серицита се проведе рентгено-структурен качествен и полуколичествен фазов анализ и термичен анализ. Количествените съдържания в пробите (табл. 1) са определени по полуколичествения метод на Петер-Калман.

Използвани са следните символи на минералите в березитизираните скали: Ab - албит, Ank - анкерит, Ca - калцит, Chl - хлорит, Il/Ms - илит/мусковит, Kl - каолинит, Py - пирит, Q - кварц

Присъствието на характерния за формацията березити анкерит в някои от пробите се потвърждава от цялостната дифракционна картина, която по стойности на междуплоскостни разстояния и интензитети е идентична с тази на еталонния анкерит 33-282 от JCPDS (Mineral..., 1986). Fe-съдържащият доломит (еталон 34-517) има аналогични между-плоскостни разстояния, но интензитетите на отраженията са много по-ниски от тези в анализиранияте проби. Наличието на анкерит в березитизираните скали и категоричното му различаване от Fe-съдържащия доломит бе потвърдено от данните на термичния анализ на проба 3-C-1-5, в която са доказани анкерит 15%, мусковитов тип слюда 20%, каолинит

Таблица 1. Количества на минералите
Table 1. Quantity of minerals

Проба	Q	Il/Ms	Pl	Ank	Kl	Py	Други
C-1-2	20	64	-	-	10	2	сидерит - 2 брукит - сл.
C-1-3-C-4	34	15	28	16	-	6	-
3-C-1-5	37	24	-	18	11	-	барит - 9 брукит - сл.
3-C-1-3	39	23	-	15	-	-	калцит - 10 барит - 10
C-2-E-1-4	8	55	-	7	27	-	сидерит - 1 хлорит - сл. брукит - сл.

7%, пирит 3% и кварц.

Серицитът е илит/мусковит. Сазонов (1984) също описва мусковитов тип серицит като характерна светла слюда за березитизираните скали в Урал.

В отделни проби са представени плагиоклаз, хлорит, сидерит, калцит, барит, брукит и супергенен каолинит.

Метасоматична зоналност

Латерална метасоматична зоналност

Последователността в развитието на процеса на изменение може да се представи по зони в следната схема:

Исходни скали - пропилитизирани андезити: епидот + хлорит + албит + калцит, получени при промяната на андезити (биотит + амфибол + андезин + кварц + пирит)

Зона 1 - слабо березитизирани скали:

$\text{Chl} + \text{Ab} + \text{Ca} + \text{Il/Ms} + \text{Q} + \text{Py}$.

Зона 2 - березитизирани скали:

$\text{Ab} + \text{Ank} + \text{Il/Ms} + \text{Q} + \text{Py}$.

Зона 3 - интензивно березитизирани скали:

$\text{Ank} + \text{Il/Ms} + \text{Q} + \text{Py}$; $\text{Il/Ms} + \text{Q} + \text{Py}$.

Тази схема представя интегралната метасоматична колонка на латералната зоналност в разпределението на измененията в участък Червени дол. Доминирането на минералните парагенези от зони 2 и 3 на колонката характеризират березитизирани

(проба C-1-3-C-4) и интензивно березитизирани скали (проби 3-C-1-5; 3-C-1-3; C-1-2). Аналогични степени на промяна и устойчиви минерални парагенези в березитизирани микродиорити са установени от Омеляненко (1978). Като сравнява състава на изменените скали, установен по шлифи, с приведената колонка по скали с диоритов състав, авторът отбелязва, че парагенезите от зона 1 и 2 характеризират външните зони на березитизираните скали, а парагенезата в зона 3 - междинната им зона. При березитизацията на диорити в Урал Сазонов (1984) описва същите три характерни зони на метасоматити по диорит в следната последователност: кварц-серицит-албит-карбонат-хлоритов метасоматит, кварц-серицит-албит-карбонатен метасоматит и кварц-карбонат-серицитов метасоматит (березит).

Вертикална метасоматична зоналност

1. По данни от сондаж 1А (152 m)

За проследяването на березитизацията в дълбочина са използвани резултатите от изследванията на проби от сондаж в горния край на Червени дол. Сондажът е преминал във вулкански скали с дацитов (0-60 m), андезито-дацитов (60-124 m) и андезитов състав (124-150 m).

Описание на скалите в интервалите, пресечени от сондажа:

0-8 m - силно изветрели скали със сивокафяв цвят, изградени от кварц, серицит, карбонат, пирит и железни хидрооксиди; порфирите на К-фелдшпат и плагиоклаза са изменени в глинест минерал и илит/мусковит;

9-18 m - вишневочервени скали с минерален състав кварц, илит/мусковит, карбонат, пирит, заместен от железни хидрооксиди;

19-25 m - сивокафяви скали с окислен пирит;

26-27 m - светлорозови скали с барит и сулфидни минерали;

28-53 m - вишневочервени напукани скали;

54-59 m - зона на интензивно напукване;

60-63 m - здрави скали, изградени от епидот, албит, кварц, карбонати, пирит;

64-100 m - светлозелени интензивно натрошени скали с пирит;

101-125 m - редуване на светлосиви и вишневи скали с маломощни участъци от светлозелени скали;

126-152 m - тъмнозелени скали с порфирна структура. Плагиоклазът е заместен от серицит, а амфиболът от хлорит.

Различните цветове и тонове на березитизирани скали се дължат на променителните продукти в скалите, получени при различната степен на березитизацията им. В зони, в които е устойчив хлоритът, скалите имат тъмнозелен цвят. Розово-червеникавите скали са с албит, като розовият цвят е свързан с оцветяване при деанортизацията на плагиоклаза от получените при окислението на пирита железни хидрооксиди (в окислителната зона до 18 m и интензивно изменените скали са вишневочервени). Зеленикаво-сивият цвят на скалите се обуславя от псевдоморфозите на илит/мусковита по плагиоклаза. Тези добре изразени оцветявания дават възможност скалите да бъдат сравнително добре разграничени по степен на изменение:

тъмнозелените скали са слабо до умерено березитизирани, розово-червените - силно березитизирани и светлите зеленикаво-сиви скали - интензивно березитизирани. Потвърждава се редът на устойчивост на минералите хлорит - албит - илит/мусковит, изведен и при латералната зоналност на березитизирани скали в Червени дол.

Жилната минерализация е проявена слабо. Представена е от карбонатни и кварц-баритови прожилки.

2. По данни от сондаж 2

Резултатите от изследванията на проби от сондаж 2 са приведени в табл. 2.

В пробите от горните части на сондажа не се доказва албит. Един анализ на последователността на минералните асоциации в проби С-2-16-Ел, С-2-23-Ел и С-2-29-Ел, показва установената последователност на равновесните минерални асоциации при латералната метасоматична зоналност и по данни от 152 m сондаж в участък Червени дол: Chl, Ab, Il/Ms, Q, Ank; Ab, Il/Ms, Q, Ank; Il/Ms, Q, Ank.

Формационно-фациален анализ на метасоматитите

Схемата на последователността на измененията представя интегралната метасоматична зоналност в латералното разпределение на измененията и служи като основа за извеждане на идеализираната метасоматична колонка (фиг. 1). Колонката е построена с прилагане на физикохимичния анализ на минералните парагенези (Коржинский, 1957) и теорията на метасоматичната зоналност (Коржинский, 1955, 1969). Равновесните минерални парагенези, които са в основата на генетичните класификации на околорудните изменения на скалите (Meyer, Hemley, 1967) и на метасоматитите на формационна основа (Жариков, Омеляненко, 1978), са доказани с построяване на диаграма състав -

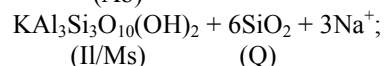
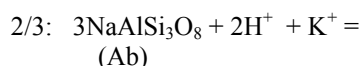
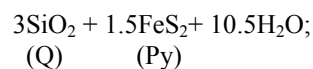
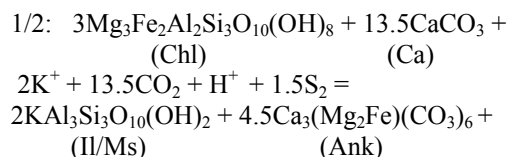
Таблица 2. Схема на вертикалната зоналност на березитизацията в участък Червени дол по данни от сондаж 2

Table 2. Scheme of the vertical zonality of the beresitization in the district Cherveni dol. Drillhole 2

Проба	Наблюдавани изменения	Минерални фази по рентгенографски анализ	Изменение
C-2-5-Ел	К-фелдшпат, изменен в глинести минерали, амфибол (?) в хлорит и карбонат; окварцяване	Il/Ms, Q, Ank, Kf	Интензивна березитизация
C-2-7-Ел	Биотит, изменен в мус-ковит, плагиоклаз в епидот, К-фелдшпат в глинеест минерал; хематитизация, хидролюда-карбонатни прожилки	Il/Ms, Q, Ank, Kf	Интензивна березитизация
C-2-10-Ел	Плагиоклаз, изменен в серицит и хлорит, окварцяване; хематитизация, хлорит-серицитови образувания	Chl, Il/Ms, Q, Ank	Слаба березитизация
C-2-11-Ел	Първичните минерали са изцяло изменени в хлорит, серицит, карбонат и кварц; окварцяване и пиритизация	Chl, Il/Ms, Q, Ank	Слаба березитизация
C-2-13-Ел	Плагиоклазът е изменен в серицит; карбонатизация, окварцяване, хематитизация	Il/Ms, Q, Ank	Интензивна березитизация
C-2-14-Ел	Плагиоклаз, изменен в серицит и хлорит; пиритизация, карбонатизация	Chl, Il/Ms, Q, Ank	Слаба березитизация
C-2-15-Ел	-	Chl, Il/Ms, Q, Ank	Слаба березитизация
C-2-16-Ел	Плагиоклаз, изменен в серицит, хлорит и албит, фемичен минерал в карбонати	Ab, Chl, Il/Ms, Q, Ank	Слаба березитизация
C-2-18-Ел	-	Ab, Il/Ms, Q, Ank	Березитизация
C-2-23-Ел	-	Il/Ms, Q, Ank	Интензивна березитизация
C-2-29-Ел	-	Ab, Chl, Il/Ms, Q, Ank	Слаба березитизация
C-2-32-Ел	-	Il/Ms, Q, Ank	Интензивна березитизация

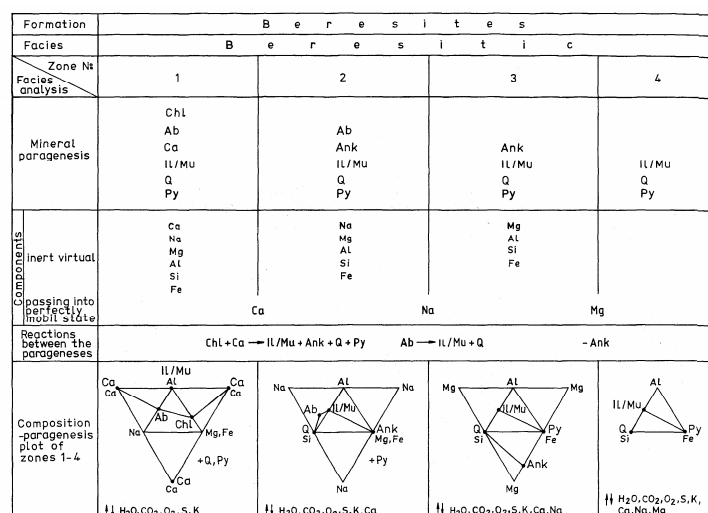
парагенеза за всяка зона. На границите между зоните са означени химичните реакции между минералните фази и хидротермалния разтвор, водещи до получаване на метасоматичната зоналност.

Реакции на границите между зони 1/2, 2/3 и 3/4:



3/4: разтваряне на Ank.

Аналогична на първата реакция хлорит + калцит + CO₂ → серицит + анкерит + кварц + пирит (березит) като характерна за границата на външната (1) и средната зона



Фиг. 1. Идеализирана метасоматична колонка на зоналността на березитизираните скали в участък Червени дол

Fig. 1. Idealized metasomatic column of zonation of the beresitized rocks in the Cherveni Dol area

(2) е дадена в березитизираните скали на Западен Узбекистан (Щербань и др., 1990). Това е реакцията в линията на моно-вариантно равновесие в диаграмата на парагенезите на рудосъпровождащите метасоматити в координати μ_{CO_2} - μ_{K_2O} , разделяща полето с устойчива парагенеза хлорит + калцит от това с равновесна минерална асоциация мусковит + анкерит (Русинов, 1989). Авторът счита, че парагенезата хлорит + калцит е типична за пропилитизираните скали и е рядка в рудосъпровождащите метасоматити. С повишаване фугитивността на H_2CO_3 и активността на калия тази парагенеза се сменя с мусковит + анкерит, една типична парагенеза за околорудните березити.

При изменението на състава на скалите в участък Червени дол в резултат на взаимодействието им с кисели разтвори част от компонентите преминават от инертно в напълно подвижно състояние, при което последователно неустойчиви стават калцитът, хлоритът, албитът и анкеритът. Това води до възникване на метасоматичната зоналност, изразяваща се в редуциране с

единица на броя на равновесните минерални фази на границите между зоните.

На фиг. 1 е показан редът на диференциална подвижност на компонентите Ca, Na, Mg, който е характерен за формацията березити (Жариков, 1982). Този ред е аналогичен на реда на миграция на компонентите, изведен за березитизираните скали в Урал (Сазонов, 1984). В този случай може да се отбележи едно съвпадане на термодинамичното и миграционното поведение на компонентите при березитизацията.

Свързването на зоните на хидротермални изменения в единна метасоматична колонка позволява тези изменения да се разглеждат като резултат на единен петрогенен процес и метасоматитите да се отнесат към определен фациес на дадена метасоматична формация. Проведеният физикохимичен анализ на минералните парагенези и формационно-фациалният анализ дават възможност да се определи принадлежността на метасоматитите в района на Червени дол към березитовия фациес на формацията березити, отделена за

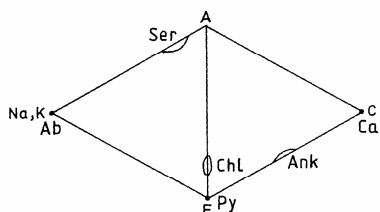
първи път в страната ни. Аналогичен е строежът на идеализираните метасоматични колонки, изведени от Жариков и Омеляненко (1968) и Жариков (1982).

В класификацията на околорудните изменения на скалите на Meyer & Hemley (1967) не е включена березитизацията.

Доказаните равновесни парагенези в березитизираните скали позволяват да се допълни тази класификация с околорудното изменение березитизация и да се предложи характерната за березитизацията сдвоената триъгълна диаграма ACF/AKF (фиг. 2).

Физикохимични условия на образуване на метасоматитите на формацията березити

Едно потвърждение на зоните и последователността им в околорудните метасоматити на формацията березити в Червени дол представлява колонката на формацията березити, характерна за средни Al-Si скали, изведена при численото моделиране на средно-нискотемпературните метасоматити от Иванов и др. (1994). Получените данни позволяват на авторите да характеризират физикохимичните условия на процеса березитизация. Березитите се отнасят към



Фиг. 2. ACF/AKF диаграма с характерните минерални асоциации за березитизацията
Fig. 2. ACF/AKF plot with characteristic mineral association of the beresitization

умеренокиселинните метасоматити (pH 3-5,5). За устойчивото съществуване на собствено березитовата парагенеза $Q + Ser + Ank + Py$ равновесният разтвор трябва да има достатъчно високи концентрации на Ca, Mg и CO_2 . За прехода на калцита в анкерит се изискват повишени концентрации на CO_2 в разтвора. Граничните температурни условия, контролиращи полетата на устойчивост на стабилната березитова парагенеза $Q + Ser + Ank + Py$, са 400-350 до 250-200°C, а интервалът на налягането 0,5 до 3 kbar.

Зарайский и др. (1981) представят физикохимична диаграма в координати $T - \lg(\Sigma[K^+]/[H^+])$, изразяваща резултатите от експериментите за моделиране на физикохимичните условия за образуване на ниско-среднотемпературните киселинни метасоматити. Посочените диапазони на T и P , в които са стабилни березитите при променливи значения на отношението $\lg(\Sigma[K^+]/[H^+])$, са следните: при 3,0, T 270-470°C и P 200-2200 kg/cm²; при 4,0, T 250-410°C и P 300-2500 kg/cm²; при 5,0, T 240-385°C и P 500-2750 kg/cm². Обобщавайки резултатите от експерименталното моделиране на березитизацията, Зарайский (1989) отбелязва, че при условия на опитите P 1kbar, X_{CO_2} 0,1 образуването на березитите се ограничава при висока киселинност от стойността на $\lg(mKCl/mH^+)$ 1,7 и по температура от значението $\approx 350^\circ C$. При намаляване на киселинността или повишението на калиевото съдържание в разтворите горният температурен предел на березитите се понижава от 350 до 300°C, а долният предел от 320 до 230°C.

Благодарности. Част от изследванията са финансирани от Националния фонд "Научни изследвания" при изпълнение на проект НЗ 607/96.

Литература:

Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988а. Лозенско рудно поле. - В: *Оловно-цинковите находища в България*. София, Техника, 127-134.

- Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988б. Находище Света Марина. - В: *Оловно-цинковите находища в България*. София, Техника, 134-137.
- Дончева, К., Е. Плющев. 1982. Регионални метасоматични формации в Централните Родопи. - *Рудообразув. проц. и минерал. наход.*, **17**, 24-33.
- Жариков, В. А. 1968. Парагенезис минералов, фаций и формации. - *Зап. Всес. минер. общ.*, **97**, 4, 510-514.
- Жариков, В. А. 1982. Физико-химические исследования окколорудного метасоматизма. - *Геохимия*, 1754-1787.
- Жариков, В. А., Б. И. Омеляненко. 1968. Некоторые проблемы изучения изменений вмещающих пород в связи с металлогеническими исследованиями. - В: *Изучение закономерности размещения минерализации при металлогенических исследованиях*. М., Недра, 119-191.
- Жариков, В. А., Б. И. Омеляненко. 1978. Классификация метасоматитов. - В: *Метасоматизм и рудообразование*. М., Наука, 9-28.
- Зарайский, Г. П. 1989. Зональность и условия образования метасоматических пород. М., Наука, 341 с.
- Зарайский, Г. П., Ю. Б. Шаповалов, О. Н. Беляевская. 1981. Экспериментальное исследование кислотного метасоматоза. М., Наука, 218 с.
- Иванов, И. П., В. С. Коржинская, Н. В. Плясунова, А. Ф. Редькин, Т. К. Чевычелова. 1994. Физико-химические условия образования березитов. - В: *Экспериментальные проблемы геологии*. М., Наука, 479-497.
- Кольковски, Б., Д. Манев. 1988. Маданско рудно поле. - В: *Оловно-цинковите находища в България*. София, Техника, 37-64.
- Коржинский, Д. С. 1955. Очерк метасоматических процессов. - В: *Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях*. М., Изд. АН СССР, 336-456.
- Коржинский, Д. С. 1957. Физико-химические основы парагенезисов минералов. М., Изд. АН СССР, 184 с.
- Коржинский, Д. С. 1969. Теория метасоматической зональности. М., Наука, 110 с.
- Омеляненко, Б. И. 1978. Окколорудные гидротермальные изменения пород. М., Наука, 216 с.
- Попов, П., С. Страшимиров, Т. Маринов, С. Савов, Е. Чернев. 1988. Геолого-петрографска характеристика и орудяване на Зверинската вулcano-плутонична структура. - *Год. ВМГИ* (1987-1988), **34**, **1**, 57-72.
- Русинов, В. Л. 1989. Метасоматические процессы в вулканических толщах. М., Наука, 214 с.
- Сазонов, В. Н. 1984. Березит-лиственитовая формация и сопутствующее ей оруденение. Свердловск, 208 с.
- Щербань, И. П., В. Р. Цой, И. П. Иванов, Л. В. Копылова, В. И. Шевченко, В. В. Шунько. 1990. Окколорудные метасоматиты Западного Узбекистана. М., Наука, 188 с.
- Meyer, C., J. J. Hemley. 1967. Wallrock alteration. - In: H. L. Barnes (ed). *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. Rinehart and Wilson Publ., 166-235.
- Mineral Powder Diffraction*. 1986. JCPDS International Center for Diffraction Data. Swarthmore, USA.

Приета на 15. 06. 2000 г.

Accepted June 15, 2000