

УДК 552.08

В.В. Дьяконов<sup>1</sup>, **О.В. Япаскурт**, А.Е. Котельников<sup>2</sup>, К.И. Федосова<sup>3</sup>**СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КИСЛЫХ ВУЛКАНИТОВ САРБАЙСКОЙ СВИТЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

Приведены результаты микроскопического изучения кислых вулканитов, слагающих верхние горизонты сарбайской свиты ( $O_2-S_1$  sb) Южного Урала. Детальное исследование образцов и анализ данных силикатного анализа описываемых пород показали их вулканогенный генезис, они диагностированы как вулканическое стекло, прошедшее несколько стадий изменений. Определены три новообразованных структурно-текстурных типа минерализации: сферолитовый (фельзосферитовый), аксиолитовый и фельзитовый.

*Ключевые слова:* вулканиты, кремнекислые вулканиты, сферолиты, радиолариты, сарбайская свита, Южный Урал.

The main results of microscopic studying of samples of the felsic volcanic of sarbay formation ( $O_2-S_1$  sb) of The South Urals composing the top horizons of the formation are shown in the article. Detailed research of samples and the analysis of results of the silicate analysis of these rocks showed their volcanogenic genesis, and this samples have been diagnosed as the volcanic glass, which passed some stages of changes. Three neogenic structural and textural types of a mineralization were defined: spherulitic (felsophyric), axiolitic and felsitic.

*Key words:* volcanic rocks, felsic volcanic rocks, spherulites, radiolarites, sarbay formation, Southern Ural.

**Введение.** В последние годы Медногорский рудный район (район г. Медногорск, Оренбургская область) стал базой учебной и преддипломной практики студентов кафедры месторождений полезных ископаемых и их разведки Российского университета дружбы народов. В связи с этим проводилось дополнительное геологическое изучение указанной территории, в частности, были детально исследованы породы, относимые к сарбайской свите силурийского возраста.

**Объект изучения и методы исследования.** В строении Медногорского рудного района принимают участие магматические и терригенные отложения от кембрийского до позднесилурийского возраста. На основании проведенных работ по изучению геологического строения территории получена следующая стратиграфическая последовательность толщ [Котельников, 2013]:

– основанием разреза служат вулканогенно-осадочные породы, относимые к медногорской ( $E_1-O_1$ md) и кидрясовской ( $E_1-O_1$ kd) свитам;

– выше со стратиграфическим несогласием залегают вулканогенно-осадочные толщи среднеордовикско-раннесилурийского возраста, выделенные в сарбайскую свиту ( $O_2-S_1$ sb);

– на породах сарбайской свиты ( $O_2-S_1$ sb) со стратиграфическим несогласием (обусловлено наличием базального горизонта конглобрекчий)

залегают вулканогенно-осадочные образования сакмарской (Ssk) свиты;

– выше породы перекрыты с угловым и стратиграфическим несогласием девонскими терригенными (галечниковые конгломераты, песчаники, аргиллиты, известняки) отложениями зилаирской свиты (Dzl).

Среди пород сарбайской свиты присутствует толща кремнистых пород (рис. 1), генетическая природа которых до сих пор дискуссионна. С середины прошлого века предшественниками эти породы были диагностированы как фтаниты — осадочная кремнистая порода, содержащая углеродистое вещество. Это так называемые горизонты фтанитов, используемые в качестве флюсов при производстве медного концентрата при переработке колчеданных руд. В представлении предшественников эти породы входили в состав разных свит: кураганской ( $O_{1+2}kr$ ) и сакмарской (Ssk); херсонковской ( $S_1lld-ldl$ ), сакмарской ( $S-D_1sk$ ) и сарбайской толщи ( $D_{2-3}$ ).

Для уточнения генетической природы этих пород отобрано более 30 образцов из разных мест их выхода на поверхность на территории Медногорского рудного района. Породы имеют массивную текстуру, черный цвет, встречаются видимые полосы серого оттенка в черной и темносерой стекловатой массе. Порода плотная, твердая,

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов, кафедра месторождений полезных ископаемых и их разведки имени В.М. Крейтера, профессор; *e-mail:* mdf.rudn@mail.ru

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов, кафедра месторождений полезных ископаемых и их разведки имени В.М. Крейтера, доцент; *e-mail:* kotelnikov\_ae@pfur.ru

<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, кафедра месторождений полезных ископаемых и их разведки имени В.М. Крейтера, аспирант; *e-mail:* kfedosova@yandex.ru

Рис. 1. Стратиграфическая колонка Медногорского рудного района: 1 — лавы, лавобрекчии, туфолавы, лавы основного состава; 2 — лавы, лавобрекчии основного состава; 3 — черные витрокластические вулканические туфы; 4 — лавобрекчии кислого состава и туфы; 5 — туфолавы кислого состава (афировые риолиты, витрокластические вулканические туфы); 6 — рифогенные известняки; 7 — конгломераты (от глыбовых до галечника); 8 — брекчии (от глыбовых до дресвы); 9 — гравий; 10 — туфопесчаник (а — крупно-среднезернистый, б — средне-мелкозернистый); 11 — алевролит; 12 — вулканический пепел (туфоалевролит); 13 — границы стратиграфических единиц (а — между свит, б — между свит предполагаемая, в — между пачек); 14 — фациальная граница между свитами; 15 — фациальная граница внутри свиты



с раковистым изломом (рис. 2). Выветрелая поверхность имеет цвет светло-серый до белого. В некоторых точках наблюдения характерно присутствие в породе редких вкраплений сульфидов (пирит, халькопирит и др.) размером до 0,5 мм. Образцы проанализированы под микроскопом проходящего света.

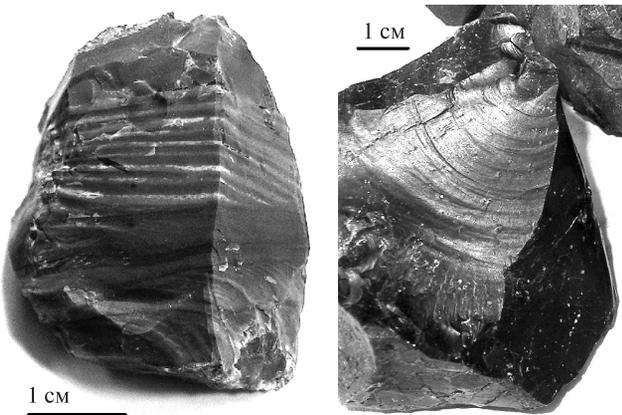


Рис. 2. Макроскопические фото образцов

**Результаты исследований и их обсуждение.**

В результате исследований образцов (черные витрокластические вулканические туфы — фтаниты) [Дьяконов, 2013, 2014; Котельников, 2013, 2015], взятых из толщи сарбайской свиты (O<sub>2</sub>–S<sub>1</sub>sb) Южного Урала (Медногорский рудный район), сделаны следующие основные выводы. Породы, слагающие верхние горизонты сарбайской свиты, представляют собой вулканическое стекло, которое в результате девитрификации и гидратации приобрело три новообразованных структурно-текстурных типа минерализации [Половинкина, 1966]: 1) сферолитовый (фельзосферитовый); 2) аксиолитовый; 3) фельзитовый.

*Сферолитовый тип кристаллизации* (рис. 3, а, б). Появление сферической отдельности наи-

более ярко проявляется, как правило, в процессе перлитизации обсидианов. Это обусловлено возникновением микротрещин в остывающей стекольной массе, по которым проникает вода, что создает возможности для возникновения отдельных участков, где происходит диффузия стекла от периферии к центру. Участки с повышенной трещиноватостью — зоны сочленения разнонаправленных трещин — наиболее благоприятны для образования сферолитов и впоследствии перлитов [Наседкин, 1963]. Сферолит состоит из агрегата минералов, общий состав сферолитового вещества не отличается или мало отличается от состава окружающего стекла.

Характерно, что каждый сфероид состоит из тончайших волокон или иголок. Для фельзосферитов чрезвычайно характерно явление захвата ранее образованных микролитов и инородных пылевидных частиц без изменения их ориентировки, в результате чего возникают своеобразные структуры пронизывания сферолитов флюидальными полосами. Таким образом, фельзосфериты, состоящие из кристобалита и калиево-натриевого полевого шпата и пронизанные флюидальными полосами, как правило, следует относить к продуктам кристаллизации стекла.

*Аксиолитовый тип кристаллизации* (рис. 3, в, г). Для аксиолитов характерна приуроченность волокон того или иного минерала к определенной осевой линии [Половинкина, 1966]. Волокна обычно расположены перпендикулярно по отношению к оси. Характерно, что толщина отдельных волокон может не превышать десятых долей микрона. Образование подобной иголки могло произойти только в условиях отсутствия сколько-нибудь значительного перемещения материала. Аксиолитовые агрегаты обычно имеют тот же состав, что и фельзосферит. Осью аксиолитовой цепочки могут служить следующие образования: всевозможные

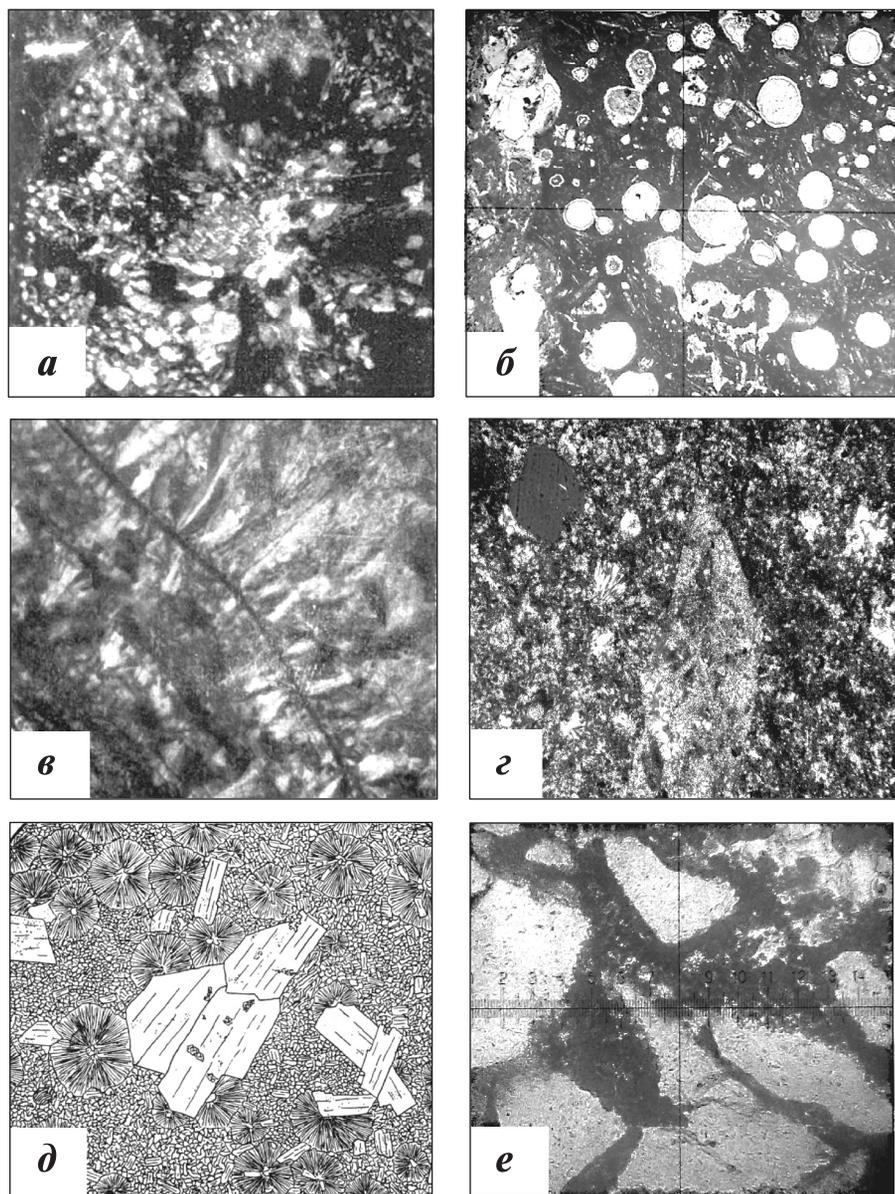


Рис. 3. Структурно-текстурные типы минерализации. Три типа кристаллизации: сферолитовый (а, б), аксиолитовый (в, г), фельзитовый (д, е): а — шлиф Н-105, параморфное превращение в сферолите (увеличение 30, без анализатора); б — шлиф К-01, брежневая лава кислого состава, слева обломок риолитов (увеличение 10, без анализатора); в — шлиф Н-102, аксиолитовая разность фельзита (увеличение 10, с анализатором); г — шлиф К-27, первичнообломочная структура интеркластических туфов (увеличение 10, с анализатором); д — шлиф К-12, структура сферолито-микрофельзитовая в основной массе (увеличение 10, без анализатора); е — шлиф К-14, фельзитовая структура (увеличение 250, без анализатора)

для некоторых типов пород, которым можно приписать девитрификационное происхождение.

Фельзиты и липариты девитрификационного типа обладают вполне определенными структурно-текстурными особенностями. Прежде всего характерны весьма своеобразные взаимоотношения между фельзитовым веществом и остаточным стеклом. Фельзит как бы замещает стекло, которое в ряде случаев имеет форму отдельных реликтовых обособлений. Морфология фельзитовых агрегатов чрез-

вычайно характерна для типичных структур замещения. Кристаллизация фельзита происходит главным образом вдоль линии течения. Вероятнее всего, это связано с наличием достаточного количества механических включений, которые служат центрами кристаллизации.

трещинки, возникшие в хрупком стекле; цепочки кристалликов микролитового типа; поверхности инородных включений и т.д.

**Фельзитовый тип кристаллизации** (рис. 3, д, е). Среди двух названных выше типов кристаллизации фельзиты характеризуют наименее совершенные ее условия [Половинкина, 1966]. Рассматривая этот тип кристаллизации, можно выделить собственно фельзит и криптофельзит. Если в фельзите по разнице светопреломления отдельных минералов под микроскопом довольно отчетливо видно агрегатное строение, то для криптофельзитов обычно характерна точечная поляризация, причем на общем фоне слабодвупреломляющего вещества различить отдельные минералы практически невозможно. В ряде случаев анизотропию криптофельзитового вещества легко можно спутать с анизотропными явлениями, возникающими в процессе гидратации стекла. В том случае, когда фельзит образует сфероиды, можно говорить о фельзосферитовом типе кристаллизации. Фельзитовое вещество характерно

При девитрификации могут возникать и полосчатые текстуры, свидетельствующие о так называемой прогрессивной кристаллизации вещества. Характерно, что в начале процесса кристаллизации образуется фельзитовый или криптофельзитовый агрегат. Линейная ориентировка агрегата обусловлена наличием определенного положения центров кристаллизации. Полоса фельзита, таким образом, является стержнем, на который последовательно нарастают зоны, характеризующиеся все более совершенным типом кристаллизации — фельзитовый тип сменяется сферолитовым, сферолитовая зона в свою очередь сменяется микролитоподобными образованиями. Чрезвычайно характерно, что тончайшие волокна минералов ориентированы

вычайно характерна для типичных структур замещения. Кристаллизация фельзита происходит главным образом вдоль линии течения. Вероятнее всего, это связано с наличием достаточного количества механических включений, которые служат центрами кристаллизации.

При девитрификации могут возникать и полосчатые текстуры, свидетельствующие о так называемой прогрессивной кристаллизации вещества. Характерно, что в начале процесса кристаллизации образуется фельзитовый или криптофельзитовый агрегат. Линейная ориентировка агрегата обусловлена наличием определенного положения центров кристаллизации. Полоса фельзита, таким образом, является стержнем, на который последовательно нарастают зоны, характеризующиеся все более совершенным типом кристаллизации — фельзитовый тип сменяется сферолитовым, сферолитовая зона в свою очередь сменяется микролитоподобными образованиями. Чрезвычайно характерно, что тончайшие волокна минералов ориентированы

перпендикулярно направлению течения лавы. Указанное обстоятельство доказывает, что кристаллизация происходила после размещения лавового потока, когда он утратил способность к течению и приобрел свойства жесткого тела. Прогрессивный характер кристаллизации, очевидно, связан с последовательным обогащением некристаллизованных участков водой и другими летучими компонентами. Конечная стадия этого процесса — кристаллизация минералов в пустотах. Таким образом, структуры этого типа характеризуют сочетание двух процессов — девитрификации и кристаллизации в пустотах. Имеющиеся в нашем распоряжении материалы позволяют предположить, что некоторая часть криптофельзитов относится к проявлениям гидратации [Япаскурт, 2011].

Рассмотрение структурных особенностей формирования сферолитовых образований показало следующее. Сферолиты — распространенный тип надмолекулярной организации кристаллических полимеров. *Сферолит* представляет собой трехмерное поликристаллическое образование, которое обладает сферической симметрией относительно центра. Размеры сферолитов варьируют от нескольких микронов до нескольких сантиметров. Условия, при которых образуются сферолиты, следующие: а) рост кристаллов в высоковязкой среде; б) большая пересыщенность системы, в которой происходит кристаллизация. Для сферолита характерны системы фибрилл. Фибриллы ориентированы по радиусам роста из центров кристаллизации (рис. 4). Формирование сферолита происходит по следующим стадиям: 1) образование пачки фибрилл, которые по мере роста расходятся одна от другой; 2) образование «снопа», который скреплен лишь в центре проходными цепями; 3) незакристаллизованное вещество в пространстве между такими разошедшимися фибриллами также включается в процесс кристаллизации, ориентированно организуясь в фибриллярные кристаллы вдоль радиуса будущего сферолита.

Аналогичным образом организация может проходить и на основе плоских (не нитчатых) кристаллических ламелей. Рост сферолита естественным образом ограничивается ростом соседних сферолитов, при этом возникают неровные края. Такого типа сферолиты называются *кольцевыми*, а не имеющие спиральной подкрученности — *радиальными*. Один и тот же полимер в зависимости от условий кристаллизации может образовывать структуры различного типа.

Согласно вышеизложенному сферолиты формируются в результате двух процессов — девитрификации — на стадии застывания кислых дифференциатов извержений на протяжении

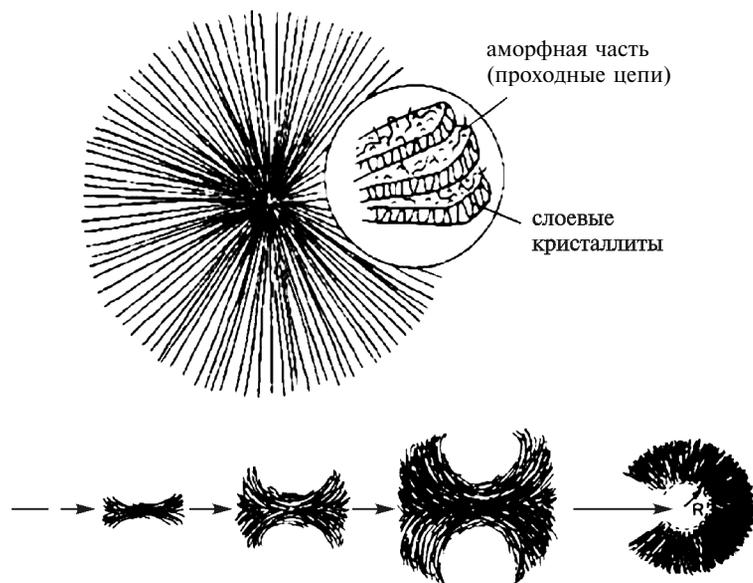


Рис. 4. Строение сферолита и его образование, по [Khoury, 1966]

весьма долгого времени, а также процесса гидратации в условиях гипергенеза. При определенных условиях эти процессы носят унаследованный характер [Япаскурт, 2011, 2016]. Структуры стекла (сферолиты и перлиты) имеют весьма сложное строение. При поверхностном исследовании сферолитовые образования легко принять за радиолярии. Как показал анализ фондовых материалов (Тищенко, 1983, 1988), с первых лет изучения силицитов Медногорского района не выполнялась палеонтологическая экспертиза, т.е. систематика «ископаемых остатков» не проведена. Ниже приведены краткие сведения о радиоляриях, которые достаточно подробно изложены в работе [Афанасьева, 2006]. Можно отметить, что сферолиты и ископаемые остатки радиолярий весьма схожи, поэтому предшественники могли отнести вулканогенные силициты к осадочным отложениям на основании неправильной диагностики сферолитовых образований.

К самым распространенным типам строения скелетов у радиолярий относятся астридный с радиальными иглами, сходящимися к центру, при этом увеличивается способность радиолярий к флотированию; а также сфероидный, состоящий из губчатых или решетчатых сфер, наиболее удовлетворительный для защиты от повреждений центральной капсулы (рис. 5). По мнению большинства исследователей, решетчатый шар служит первым этапом развития радиолярий, из стенок которого появляется система радиальных игл, не погружающихся внутрь сферы. У радиолярий семейства Spheroidea, конструкция скелета которых наиболее обычна для спумеллярий, абсолютно правильная симметричная шарообразная форма с множеством осей раковины сочетается с развитием концентрических скелетных ажурных сфер, вложенных одна в другую. Число сфер разнообразно и

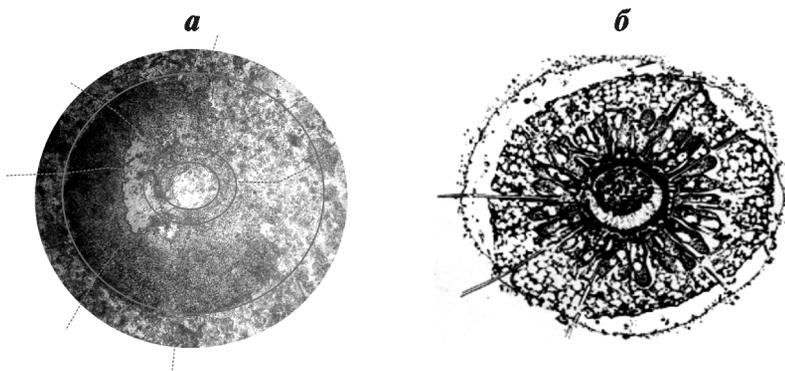


Рис.5. Радиоларии: *a* — шлиф К-03, радиолария (размер видимой зоны 1 мм); *б* — радиолария, группы *Anaxoplastidex* [Holande, Enjume, 1960]. Центральная капсула — 240 мкм [Афанасьева, 2006]

может быть более 10. У современных радиоларий правильная сферическая раковина может переходить в шестигранную форму, а у древних — в правильные многоугольники.

Даже поверхностное знакомство со сферолитами и радиолариями показывает, что без надлежащей подготовки эти структуры идентифицировать довольно трудно. Благодаря внешнему сходству радиоларий и сферолитов в ископаемых отложениях их легко перепутать. Таким образом, можно предположить, что проведенные исследования кремнеподобных пород, называемых «фтанитами», в 1930-х гг. носили весьма поверхностный характер. Ни в одном производственном отчете предшественники не уделяли внимания этим породам, нет и ссылок на родовой вид образований, отнесенных к радиолариям. Поэтому для однозначного определения структурно-текстурных особенностей и генезиса пород сарбайской свиты Южного Урала необходимо их дополнительное детальное изучение.

**Заключение.** По результатам изучения образцов кислых вулканитов сарбайской свиты ( $O_2-S_{1sb}$ ) Южного Урала, слагающих верхние горизонты свиты и диагностированных предшественниками как осадочная кремнистая порода, содержащая

углеродистое вещество, был определен их вулканогенный генезис. Они диагностированы как вулканическое стекло, прошедшее несколько стадий изменения. Определены три новообразованных структурно-текстурных типа минерализации: сферолитовый (фельзосферитовый), аксиолитовый и фельзитовый. Появление сферической отдельности наиболее ярко проявляется, как правило, в процессе перлитизации обсидианов. Сферолит состоит из агрегата минералов, общий состав сферолитового вещества не отличается или мало отличается

от состава окружающего стекла. Для аксиолитов характерна приуроченность волокон того или иного минерала к определенной осевой линии. По отношению к оси волокна обычно расположены перпендикулярно.

Для фельзитов характерны весьма своеобразные взаимоотношения между фельзитовым веществом и остаточным стеклом. Фельзит как бы замещает стекло, которое в ряде случаев имеет форму отдельных реликтовых обособлений. Морфология фельзитовых агрегатов чрезвычайно характерна для типичных структур замещения. Кристаллизация фельзита происходит главным образом вдоль линии течения. Установлено, что сферолиты формируются в результате двух процессов: девитрификации на стадии застывания кислых дифференциатов извержений и процесса гидратации в условиях гипергенеза.

Структуры стекла (сферолиты и перлиты) имеют весьма сложное строение. Сравнение сферолитовых включений стекла с ископаемыми радиолариями показывает их поверхностное сходство, поэтому без детального изучения этих пород их генезис можно ошибочно определить как осадочный, а не вулканогенный, как это произошло для пород исследуемого района.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьева М.С., Амон Э.О. Радиоларии. М.: ПИН РАН, 2006. 319 с.

Дьяконов В.В., Наседкин В.В., Федосова К.И., Котельников А.Е. Микроскопическое изучение «кремнистых пород» сарбайской свиты Медногорского рудного района (Южный Урал) // Вестн. РУДН. Сер. Инженерные исследования. 2014. № 1. С. 93–96.

Дьяконов В.В., Серёгина Е.С., Котельников А.Е. Микроскопическое изучение кристаллических сланцев в районе хребта Сарбай (Южный Урал) // Вест. РУДН. Сер. Инженерные исследования. 2013. № 2. С. 66–69.

Котельников А.Е. Медногорское палеовулканическое сооружение и перспективы его рудоносности: Автореф. канд. дисс. М., 2013.

Наседкин В.В. Водосодержащие вулканические стекла кислого состава, их генезис и изменения. М.: Изд-во АН СССР, 1963.

Половинкина Ю.И. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических пород, Т. I, ч. 2, М.: Недра, 1966.

Янаскурт О.В. Литология. Процессы и факторы эпигенеза горных пород: диагностика и системный анализ // Журн. естественнонаучных исследований. 2016. Т. 1, № 1. С. 3.

Янаскурт О.В. Породообразование в стратифере (опыт стадияльно-генетических исследований) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2011. № 5. С. 3–14.

Khoury F. The spherulitic crystallization of isotactic chain-folded crystal precursors // J. Res. Nat. Bur. Std. 1966. 70A. 29 p.

Поступила в редакцию  
16.11.2016