

УДК 549.514.5 (571)

ТЕКСТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦ-ХАЛЦЕДОНОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЮЖНО-КУЗБАССКОГО МАГМАТИЧЕСКОГО АРЕАЛА (ЮЖНАЯ СИБИРЬ)

Токарева Е.В., **Коноваленко С.И.**, Борозновская Н.Н., Небера Т.С.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
e-mail: zmei7772006@mail.ru*

По текстурно-морфологическим особенностям кварц-халцедоновые образования (агаты и ониксы) из проявлений Южно-Кузбасского ареала разделены авторами на 3 группы: 1) с концентрически-зональным рисунком, 2) с комбинированным типом рисунка, 3) с ониковым рисунком. Особенностью халцедонов Кузбасса является широкое распространение ониксов. Этот факт может быть следствием высокой концентрации кремнезема в растворе, причем в высокомолекулярном (полимеризованном) состоянии, что способствовало гравитационной отсадке коллоидной составляющей этих растворов. Был рассчитан индекс кристалличности (K_c) для образцов кварца и халцедона. Образцы, имеющие высокий (K_c) как кварцевой части, так и халцедоновой, отличаются насыщенной голубой, голубовато-серой, голубовато-белой окраской зон. По мнению авторов, значения индекса кристалличности могут отражать изменение пропорций между двумя состояниями кремнезема – высокомолекулярным (полимеризованным) и в виде мономера.

Ключевые слова: Кузбасс, агатовая минерализация, кварц, халцедон, рентгеноструктурный анализ, индекс кристалличности, трапповая формация

TEXTURAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF QUARTZ-CHALCEDONY MATTER FROM SOUTH KUZBASS IGNEOUS AREAL OCCURENCES (SOUTHERN SIBERIA)

Tokareva E.V., **Konovalenko S.I.**, Boroznovskaya N.N., Nebera T.S.

National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: zmei7772006@mail.ru

According to textural and morphological features quartz-chalcedony matter (agates and onyxes) from South Kuzbass area occurrences are subdivided to 3 groups: 1) with concentric zonal pattern, 2) with combined pattern, 3) with onyx pattern. Peculiarity of Kuzbass chalcedony is the prevalence of the onyx pattern. This may be the result of high concentration of silica in the solution, at that in high-molecular (polymerized) state. That led to gravitational deposition of the colloid component of the solution. Crystallinity index for quartz and chalcedony samples was counted. Samples with high Crystallinity index both for quartz and chalcedony parts have intense blue, bluish grey, bluish white colors. In Author's opinion, crystallinity index values may reflect changes of relation between polymerized and monomeric states of silica.

Keywords: Kuzbass, agate mineralization, quartz, chalcedony, x-ray diffraction, crystallinity index, and trap formation

Равномерно-ритмическая полосчатость агатов и ониксов всегда привлекала и до сих пор не оставляет равнодушными не только коллекционеров, но и исследователей [1–5, 7]. Форма и текстурно-морфологические особенности агатов могут определяться особенностями морфологии полостей выполнения и структурными свойствами минералов кремнезема. В настоящее время большинством исследователей признается секреторный механизм образования агатов: последовательное отложение слоев халцедона, кварца и других минералов за счёт растворов, циркулировавших по ранее образованным полостям и каналам [1, 3].

Целью данной работы является установление текстурно-морфологических особенностей агатовой минерализации в пределах Южно-Кузбасского магматического ареала (Южная Сибирь).

Материалы и методы исследования

В ходе работы был использован рентгеноструктурный анализ. Для получения рентгенограмм измерения проводились на дифрактометре X*Pert PRO. Эксперимент выполнялся при нормальных условиях по геометрии Брэгга-Брентано с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения. Напряжение на трубке 40 кВ, ток 30 мА. Значения индекса кристалличности высчитывались по положению мультиплетного пика в области $67^\circ \dots 69^\circ$ на порошковой рентгенограмме кварц-халцедоновой фазы по формуле $Kc_i = 10Fa/b$, предложенной Murata&Norman [6–8].

Результаты исследования и их обсуждение

Центральная часть Кузнецкого бассейна известна узкому кругу исследователей как один из районов Сибири, где проявле-

на агатовая минерализация. Но поскольку всё внимание геологов на протяжении всего длительного изучения Кузбасса было приковано в основном к каменному углю, то на проявления кварц-халцедонового сырья обращали внимание редко и нецеленаправленно. К сожалению, проявления на территории области служат источником стихийного извлечения поделочных камней в частном порядке. Мы же считаем, что данный вид сырья нужно брать во внимание не только с целью практического использования. В первую очередь эти удивительные образования интересны с научной точки зрения, так как генезис их до сих пор дискусионен.

Вулканы Кузбасса (Кузнецкая зона), несущие агатовую минерализацию, входят в состав Алтае-Саянской камнесамоцветной области, которая является частью Южно-Сибирской провинции. В границах Кузнецкого бассейна доказано наличие агатовой минерализации в раннетриасовых породах [9]. Также высказывается мнение о возможном проявлении этой минерализации в девонское время, в так называемом Крапивинском девонском куполе. По большому счёту, агатовая минерализация региона связана с миндалекаменными разностями раннемезозойских базальтов так называемой «мелафировой подковы», локализованной в Бунгарапской мульде среди нижнетриасовых терригенных отложений. В орографическом плане «мелафировая подкова» отвечает Салтымаковскому, Ажандаровскому, Караканскому хребту, Кайлотским горам, Тарадановскому увалу, Осташкиному камню и входит в состав Южно-Кузбасского магматического ареала. Кроме базальтов пермотриасового возраста на территории области имеются и девонские, в которых также обнаружен кварц-халцедоновый материал жильного типа. На данный момент известно несколько точек распространения девонских кварц-халцедоновых образований: в современной аллювии реки Золотой Китат и в базальтоидах, вмещающих агаты жильного типа у п. Зеленогорский. Нами были изучены следующие проявления.

1. Проявление коренного типа – участок Терсюк.

Участок Терсюк расположен в пределах Новокузнецкого района Кемеровской области. Он приурочен к Кузнецкой котловине в районе примыкания к западному склону Кузнецкого Алатау. Обнажение вскрыто в правом борту реки Терсюк, которая протекает в междуречье нижнего течения рек Средней и Нижней Терси. В геологическом

строении участка принимают участие триасовые, юрские и четвертичные отложения. Триас здесь представлен нижним отделом и включает отложения мальцевской, сосновской и яминской свит. Мальцевская (T_{1ml}) и сосновская свита (T_{1ss}) базальтов не содержит. Яминская свита (T_{1jam}) сложена в той или иной степени миндалекаменными базальтами от грязно-зелёного до чёрного цветов, массивной текстуры, афанитовой и брекчиевидной структуры. Проявление Терсюк является наиболее перспективным на агатовое сырьё в Кемеровской области. Продуктивный слой обнаружен в подошве вскрытой части карьера на глубине около 3 метров от дневной поверхности. Главной отличительной особенностью терсюкских агатов является то, что внешняя зона агата часто сложена игольчатыми сферолитами цеолита оранжево-красного цвета толщиной до 5 мм. Преобладающий цвет агатов голубовато-серый с контрастными белыми полосами. Миндалины различные по форме, но в основном – продолговатые с уплощённым дном (коэффициент уплощения – 2–5). Интересной особенностью этого проявления является присутствие в базальте на всем протяжении разреза почти идеально круглых пузырей диаметром до 1 см, заполненных веществом неясного минерального состава. В некоторых миндалинах «снизу» и «сверху» «растают» дендриты. Присутствуют также ксенолиты базальтов. Центральная часть большинства миндалин заполнена прозрачным крупнокристаллическим кварцем. В расположении агатовых миндалин в продуктивном слое замечена определённая закономерность. Например, когда встречается один образец, то под ним, немного ниже, обязательно будет располагаться второй, но только большего размера. Были также встречены миндалины, напоминающие перевернутый усеченный конус, размером 30–15 см. Минерализация проявилась на поздних стадиях становления покровов из сравнительно низкотемпературных гидротермальных растворов, о чём свидетельствует частый парагенезис кварца и халцедона миндалин с цеолитами, кальцитом и другими низкотемпературными минералами.

2. Проявления Салтымаковского хребта (правобережье р. Томи).

На правом берегу р. Томи возвышается Салтымаковский хребет, образованный базальтами, на левобережье р. Томи переходящий в Тарадановский увал. На востоке, к югу от Салтымаковского хребта, базальты

образуют Кайлотские горы. Триасовые отложения района достаточно хорошо изучены работами геолого-разведочной партии под руководством В.П. Болтухина. При этом особое внимание исследователей было сосредоточено на цеолитах, образующих Пегасское месторождение. Район сложен триасовыми породами трапповой формации. Базальты практически не затронуты метаморфическими преобразованиями и имеют свежий, кайнотипный облик. В верхних частях покровов, а также по зонам трещиноватости в центральных и нижних частях покровов часто наблюдается интенсивная цеолитизация. Агаты этого проявления (по большей части ониксы) характеризуются голубовато-серой окраской. Часто наблюдается переслаивание полос белого и голубого цвета, серого и белого. Выделения кварца в центральной части некоторых миндалин также имеют место. Кварцевые выделения присутствуют в форме раухтопаза, горного хрусталя. Можно встретить в одной миндалине переход дымчатого кварца к прозрачному или наоборот.

3. Проявление агата россыпного типа у деревни Ключи.

Проявление является россыпным и локализовано в четвертичных отложениях погребенной террасы. Кварц-халцедоновый материал вынесен из коренных базальтов триасового возраста Тарадановского увала и распространен практически до устья р. Мунгат. Сырьё здесь характеризуется сильной окатанностью и присутствием вторичной окраски у 40–50% извлечённых образцов. Основные цвета, наблюдаемые в агатах и ониксах: жёлтые, коричневатые, бурые, медовые, красноватые с перемежающимися полосами молочного цвета, встречается и голубовато-серая окраска (рис. 1).

Что касается текстурно-морфологических особенностей, то встречаются как концентрически-зональные агаты, так и ониксы. Большая часть миндалин имеет высокий коэффициент уплощения (2–4). Характерны ланцетовидные, булкообразные формы выделений размером 3–6 см в диаметре. Отобранные нами образцы не крупные – средний диаметр – 3–6 см, самые большие из них достигают 9 см. Миндалины сложены преимущественно халцедоном, меньший объём в миндалине занимает кварц (от прозрачного до дымчатого).

4. Проявление коренного типа у поселка Зеленогорский.

Это своеобразное проявление относится к коренному типу и входит в структуру так называемого Крапивинского купола, сложенного отложениями девонского возраста. В геологическом отчёте В.В. Князева и В.П. Ладыгина высказывается мнение о наличии в центре купола прижерловой части девонского палеовулкана. Камнесамоцветное сырьё выявлено в зеленовато-чёрных базальтах в виде жил, которые наиболее подробно охарактеризованы Л.И. Шабалиным [7]. Нами были обнаружены и изучены жилы, достигающие в длину трёх метров при ширине не более 7–8 см. Основная часть таких жильных образований заполнена халцедоном, причём цветовая гамма широко варьирует. Встречаются жилы, заполненные разноокрашенным халцедоном: красноватым, голубоватым, серым или зелёным. В некоторых образцах наблюдается центральная часть, заполненная кварцем. Встречаются кристаллы кальцита. Внутри халцедоновых жил часто наблюдаются ксенолиты базальта. По периферии некоторые жилы оконтурены бурой каймой неясного состава, толщиной до 5 мм.

Некоторые экземпляры характеризуются отчётливым агатовым рисунком (рис. 2).



Рис. 1. Агат Кемеровской области проявления у д. Ключи



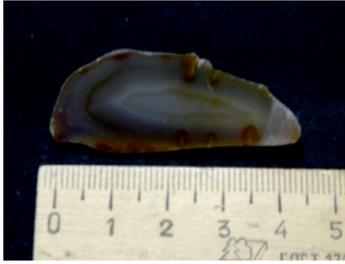
Рис. 2. Кварц-халцедоновое жильное образование проявления у п. Зеленогорский

Среди исследуемых агатов авторами выделено три типа текстурных рисунков (таблица).

Преобладание ониксов среди халцедонов Салтымаковского хребта и их проявления коренного типа у п. Зеленогорский свидетельствуют о высокой концентрации кремнезема в растворе, причем в высокомолекулярном (полимеризованном) состоянии, что способствовало гравитационной отсадке коллоидной составляющей этих растворов. Рост волокон халцедона происходил за счет полимерной составляющей (путём присоединения целых полимерных цепочек), а полимеризация поддерживалась высокой концентрацией

раствора [3]. Значительное распространение ониксов отмечено для триасовых образований Салтымаковского хребта. Для большинства агатов из проявлений Терсюк характерно преобладание концентрически-зональных рисунков, реже встречается комбинированный тип. Снижение содержания ониксов среди кварц-халцедоновых образований из проявления Терсюк может свидетельствовать об уменьшении концентрации кремнезема в заключительных порциях гидротермальных растворов, что препятствовало процессу гравитационной отсадки их коллоидной составляющей [8, 10, 11].

Типы текстурных рисунков в исследуемых агатах

1 тип. Концентрически-зональное строение миндалины (образец проявления у д. Ключи)	2 тип. Комбинированный тип (в одной миндалине наблюдается ониковая рисунчатость и концентрически-зональная) (образец проявления Салтымаковского хребта)	3 тип. Ониковое строение миндалины (образец проявления Салтымаковского хребта)
		

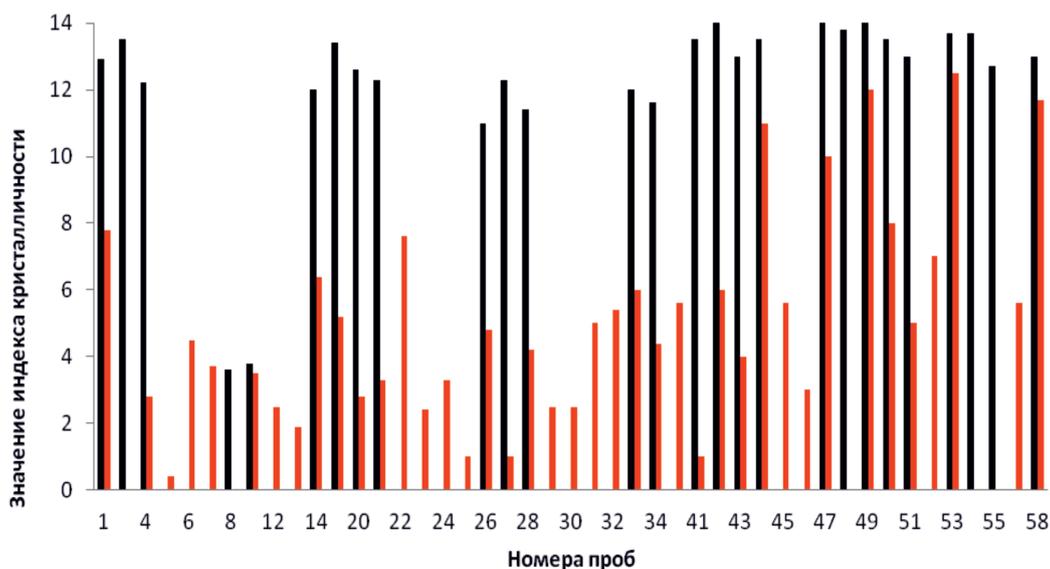


Рис. 3. Значения индексов кристалличности кварца (чёрная линия) и халцедона (красная линия): пробы 1, 6 – п. Зеленогорский, 2–5, 7–18 – д. Ключи; 20–34 – участок Терсюк; 41–58 – Салтымаковский хребет

Состав и свойства отдельных слоев

Рентгеноструктурный анализ

Послойное изучение рентгенограмм минералов, составляющих отдельные слои агатов и ониксов, позволило выявить присутствие трёх минералов: халцедона, кварца и реже кристобалита. Кроме того, был рассчитан индекс кристалличности (K_{ci}) для каждой из проб при помощи метода порошковой рентгенографии: для халцедоновой части и кварцевой [5, 6]. Анализ этих данных показал, что кварц-халцедоновые образования региона по индексу кристалличности фаз заметно различаются (рис. 3).

Высоким индексом кристалличности обладает кварц внутренних зон миндалин и агатовых жил. Кварц в агатовых образцах отличается высокой чистотой и характеризуется достаточно высокими значениями K_{ci} (от 11,0 до 12,6). Показатель K_{ci} халцедона всегда заметно ниже, чем у кварца, но отличается большим разнообразием. Наиболее высокий K_{ci} у халцедона Салтымаковского хребта. Примечательно то, что образцы, имеющие высокий K_{ci} как кварцевой части, так и халцедоновой, отличаются насыщенной голубой, голубовато-серой, голубовато-белой окраской зон. По мнению авторов, значения индекса кристалличности могут отражать изменение пропорций между двумя состояниями кремнезёма – высокомолекулярным (полимеризованным) и в виде мономера. Авторы полагают, что именно полимеризованное состояние кремнезёма ответственно за высокий индекс кристалличности.

Заклучение

Таким образом, по текстурно-морфологическим особенностям кварц-халцедоновые образования (агаты и ониксы) из проявлений Южно-Кузбасского ареала делятся на 3 группы: 1) с концентрически-зональным рисунком, 2) с комбинированным типом рисунка, 3) с ониковым рисунком. Причем это разделение характерно как для девонских, так и для триасовых проявлений. Особенностью халцедонов Кузбасса является широкое распространение ониксов, что могло быть следствием высокой концентрации кремнезёма в растворе. Снижение содержания ониксов среди кварц-халцедоновых образований из проявлений Терсюк может свидетельствовать об уменьшении концентрации кремнезёма в заключительных порциях гидротермальных растворов, что препятствовало про-

цессу гравитационной отсадки их коллоидной составляющей на определённом этапе. В целом же заключение о повышенных концентрациях кремнезёма для данного региона соответствует данным других исследователей петролого-минералогических особенностей вулканитов центральной части Кузбасса. Рассчитанный для образцов кварца и халцедона индекс кристалличности, по мнению авторов, может отражать изменение пропорций между двумя состояниями кремнезёма – высокомолекулярным (полимеризованным) и в виде мономера. Дальнейшее изучение этих минеральных образований высокопрецизионными методами может дать новую информацию для понимания агатообразования в природе.

Работа подготовлена при поддержке Министерства образования и науки РФ, госзадание № 2282.

Список литературы

1. Кантор Б.З. К проблеме генезиса агатов (новые данные) / Новые данные о минералах. – М.: ЭКОСТ, 2006. – Вып. 41. – С. 145–153.
2. Dumańska-Słowik M., Natkaniec-Nowak L., Kotarba M.J., Sikorska M., Rzymetka J.A., Loboda A., Gawel A. / Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen. – 2008. – 184 (3). – P. 255–268.
3. Moxon T. Agate and chalcedony from igneous and sedimentary hosts aged from 13 to 3480 Ma: a cathodoluminescence study / T. Moxon and S.J.B. Reed // Mineralogical Magazine. – 2006. – 70. – P. 485–498.
4. Möckel R. Agates from volcanics of the Erzgebirge Basin, Saxony (in German) / Möckel R., Götze J. // Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz. – 2007. – 30. – P. 25–60.
5. Korovkin M.V. Crystallinity Index Identification of Quarzites by X-ray Diffraction Method / Korovkin M.V., Ananjeva L.G., Nebera T.S., Razva O.S. // Crystallogenes and Mineralogy: Abstracts of the III International Conference. – 2013. – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. – P. 176–177.
6. Murata K.J. An index of crystallinity for quartz / Murata K.J., Norman M.B. // American Journal of Science. – 1976. – V. 276. – P. 1120–1130.
7. Шабалин Л.И. Генезис агатов, гидротермальных месторождений и гранитоидных магматических пород как результат действия СРПС [Текст] / Л.И. Шабалин. – Новосибирск: СНИИГТИМС, 2013. – 292 с.
8. Полеховский Ю.С. Агатовая минерализация базальтоидов северо-восточного Приладожья (Ю. Карелия) / Полеховский Ю.С., Пунин Ю.О // ЗРМО. – 2007. – № 3. – С. 96–103.
9. Буслев М.М. Пермотриасовый плюмовый магматизм Кузнецкого бассейна (Центральная Азия): геология, геохронология и геохимия / М.М. Буслев, И.Ю. Сафонова, Г.С. Федосеев, М. Рейков, К. Дэвис, Г.А. Бабин // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 9. – С. 1310–1328.
10. Светова Е.Н. Агатовая минерализация в эффузивах суйсарского комплекса Центральной Карелии / Е.Н. Светова, С.А. Светов // Учен. зап. Петрозавод. гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. – 2014. – № 4 (141). – С. 61–66.
11. Наставко А.В. Петролого-минералогические особенности вулканитов центральной части Кузбасса (Южная Сибирь) / А.В. Наставко, Е.В. Бородина, А.Э. Изох // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53, № 4. – С. 435–449.