

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томское областное отделение Русского географического общества  
Томское отделение Российского геологического общества**

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИИ И ГЕОЛОГИИ**

**К 100-летию открытия естественного отделения  
в Томском государственном университете**

**Материалы  
IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием**

**Том I**



**Томск  
16–19 октября 2017**

ментов в этих фракциях показал, что средние содержания золота (около 8 г/т) в них практически не отличаются, тогда как концентрации As, Sb, Bi, W, Cu, Mo, Ni, Co, Pb, Zn в ЭМФ в 1,6-2,7 раза выше. Корреляционным анализом в обеих фракциях установлена практически идентичная структура корреляционных связей с золотоносной Au – As – Bi и сопутствующей ей Cu – Ni – Co – Mn ассоциациями. Кроме того, установлены значимые положительные корреляционные связи в рядах Na – K, Ca – Mn – Sr.

Концентрации золота и сопутствующих элементов в ПО определялись бороздовым опробованием полотна бульдозерных траншей до коренных пород и керновым опробованием скважин колонкового бурения. В результате установлено несколько ПО золота – наиболее представительный (более 0,1 г/т) выявлен в центральной части рудопоявления; его мощность более 60 м. В пределах последнего по данным опробования керна скважин установлены маломощные (до первых десятков метров) ореолы (эпицентры) с наиболее высокими концентрациями золота (более 0,3 г/т). По данным бороздового опробования траншей на дневной поверхности ореол распадается на несколько маломощных (первые метры) зон. Содержание золота в пределах эпицентра в отдельных пробах достигают 6,5 г/т.

Таким образом, по результатам специализированных минералого-геохимических и шлихо-минералогических исследований выявлены золотоносные минерализованные зоны рудопоявления Южное, установлены основные закономерности и особенности состава золотоносных образований. Выявлена высокая информативность шлихо-минералогического метода, в частности, изучение электромагнитной и тяжелой немагнитной фракций шлиховых проб.

В ходе проведенных исследований установлена высокая значимость и представительность опробования (литохимического по ВОР, шлихового) нижнего информативного мало смещанного слоя элювиально-делювиальных отложений, в рассматриваемом случае, на средней глубине 0,8-1,0 м, позволяющего уже на ранней стадии изучения перспективных площадей и участков определять масштабы золотоносности исследуемого объекта, с высокой точностью устанавливая положение золотоносных минерализованных зон для последующей проходки горных выработок, исключая безрудные интервалы и, таким образом, существенно минимизировать объемы горно-буровых работ при поисковых исследованиях.

#### Литература

1. *Иванов А.И.* Экспрессный метод поисков золоторудных месторождений в сложных горно-таежных ландшафтах // Руды и металлы, 2014. № 1. С. 36–42.
2. *Мансуров Р.Х., Зеликсон Б.С., Курмаев А.В.* Применение экспрессной методики поисков золоторудных месторождений в горно-таежных ландшафтах на примере поисковых работ на большеобъемное золотое оруденение в пределах Средне-Ишимбинской площади // Руды и металлы, 2015. № 4. С. 39–50.

УДК 549.514.5

### **СВЯЗЬ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ И РЕНТГЕНОГРАФИИ КВАРЦ-ХАЛЦЕДОНОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЮЖНОЙ СИБИРИ С УСЛОВИЯМИ ОБРАЗОВАНИЯ**

*Токарева Е.В., Корнева А.П., Борозновская Н.Н., Небера Т.С.*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск*

*Аннотация.* Несмотря на значительную распространённость кварц-халцедоновых образований, некоторые вопросы, касающиеся их особенностей роста, всё ещё остаются неразрешёнными. Послойное изучение агатов и ониксов методом рентгеноструктурного анализа позволило установить чередование трёх минералов: халцедона, кварца и (значительно реже) кристобалита. Расчёт индекса кристалличности для каждого слоя позволил обнаружить смену соотношения между двумя состояниями кремнезёма: высокомолекулярным (полимеризо-

ванным) и мономерным. Это было подтверждено результатами рентгенолюминесцентного анализа.

*Ключевые слова:* агат, оникс, рентгеноструктурный анализ, рентгенолюминесценция, индекс кристалличности.

## THE RELATIONSHIP OF LUMINESCENCE AND X-RAY DIFFRACTION OF QUARTZ-CHALCEDONY AGGREGATES OF SOUTHERN SIBERIA WITH CONDITIONS OF FORMATION

*Tokareva E.V., Korneva A.P., Boroznovskaya N.N., Nebera T.S.*

*National Research Tomsk State University, Tomsk*

*Abstract.* In spite of rather wide distribution of agates, still there are some unresolved issues about their origin. Layer-by-layer X-ray diffraction study of minerals which make up distinct layers of agates and onyxes allowed identifying three minerals alternating: chalcedony, quartz and (less frequently) cristobalite. Calculation of crystallinity indexes of all of the layers helped to find changes of proportion between two states of silica: high-molecular (polymerized) and monomeric ones. X-ray luminescence analysis results confirmed this finding.

*Key words:* agate, onyx, X-ray diffraction, X-ray luminescence, crystallinity index.

Несмотря на довольно широкое распространение кварц-халцедоновых образований (агатов и ониксов), вопросы, связанные с их генезисом остаются не разрешенными. В этой связи может стать информативным использование таких методов, как люминесцентный анализ и определение коэффициента кристалличности минералов, слагающих агаты. Целью данной работы является послойное изучение состава агатовой минерализации с помощью люминесцентного и рентгеноструктурного анализов.

Вулканы Кузбасса (Кузнецкая зона), несущие агатовую минерализацию, входят в пределы Алтае-Саянской камнесамоцветной области, которая является частью Южно-Сибирской провинции. Агатовая минерализация региона связана с миндалекаменными разностями раннемезозойских базальтов так называемой «мелафировой подковы», локализованной в Бунгарапской мульде среди нижнетриасовых терригенных отложений. Миндалекаменные разности тяготеют к кровле и подошве пластообразных тел. Базальты и долериты ареала относятся к трапповой формации Кузбасса, которая, в свою очередь, состоит из салтымаковского и сыркашевского комплексов. 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 кварц-халцедоновых образований в пределах Южно-Кузбасского магматического ареала: участок Терсюк, проявления Салтымаковского хребта, проявления у п. Зеленогорский и Ключи.

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 кV, 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  $K_{ci}=10F(a/b)$ , предложенной Murata & Norman и успешно используемой другими исследователями [1; 4]. Спектры рентгенолюминесценции (РЛ) снимались с помощью установки, собранной на базе монохроматора МДР-12 с компьютерным управлением. Построение спектров проводилось в оптическом диапазоне длин волн 200–800 нм. Источником возбуждения служила рентгеновская трубка БСВ-2 от аппарата УРС-55 с Мо – антикатодом.

Характерной особенностью Южно-Кузбасских кварц-халцедоновых образований является широкое распространение ониксов, что может быть следствием высокой концентрации кремнезема в растворе, причем, в высокомолекулярном (полимеризованном) состоянии, что способствовало гравитационной отсадке коллоидной составляющей этих растворов. Такая

картина характерна для кварц-халцедоновых образований Салтымаковского хребта и из проявления коренного типа у п. Зеленогорский. Для большинства агатов из проявлений Терсюк, напротив, характерно преобладание концентрически-зональных рисунков, реже встречается комбинированный тип. Низкое содержание ониксов (параллельно-слоистых агатов) может свидетельствовать об уменьшении концентрации кремнезема в заключительных порциях гидротермальных растворов, препятствующих процессу гравитационной отсадки их коллоидной составляющей [3]. Заключение о повышенных концентрациях кремнезема для данного региона соответствует данным других исследователей петролого-минералогических особенностей вулканитов центральной части Кузбасса [2]. Снижение содержания ониксов среди кварц-халцедоновых образований из проявлений Терсюк может свидетельствовать об уменьшении концентрации кремнезема в заключительных порциях гидротермальных растворов.

Послойное изучение рентгенограмм минералов, составляющих отдельные слои агатов и ониксов, позволило уточнить присутствие трех минералов: халцедона, кварца и, реже, кристобалита. Последний обнаружен в агатах Терсюк. Был рассчитан индекс кристалличности ( $K_{ci}$ ) для каждой из проб при помощи метода порошковой рентгенографии: для халцедоновой части и кварцевой (рис. 1). Высоким индексом кристалличности обладает кварц внутренних зон миндалинов (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 ониксов Салтымаковского хребта. По мнению авторов, значения индекса кристалличности могут отражать изменение пропорций между двумя состояниями кремнезёма – высокомолекулярным (полимеризованным) и в виде мономера.



Рисунок 1 – Ониск участка Ключи. Проанализированные слои: 1 – халцедон ( $K_{ci} = 0,79$ ), 2 – халцедон ( $K_{ci} = 1,22$ ), 3 – кварц-халцедон ( $K_{ci} = 2,73$ ), 4 – кварц ( $K_{ci} = 7,04$ ), 5 – халцедон ( $K_{ci} = 3,63$ ), 6 – кварц-халцедон ( $K_{ci} = 4,13$ ), 7 – халцедон ( $K_{ci} = 2,15$ ), 8 – халцедон ( $K_{ci} = 0,6$ )

Спектры РЛ для кварц-халцедоновых образований сложны и представлены полосами излучения с максимумами в спектральных диапазонах (нм): 180-190, 280-300, 320-350, 390-400, 420-450, 540-590, 640 (рис. 2). Все центры свечения, ответственные за перечисленные полосы РЛ, относятся, в основном, к собственным дефектам. Полоса эмиссии 280-300 нм связана с вакансией кислорода. Наиболее интенсивно эта полоса проявлена в кварце верхних частей миндалинов и полостей, что свидетельствует в пользу кислорододефицитного состояния к концу процесса агатообразования (рис. 2). Излучение в диапазоне 540-700 нм может быть связано с немостиковыми кислородными центрами ОН, либо с немостиковым кислородом. Ряд полос излучения в диапазоне 300-450 нм может быть связан не только с собственными дефектами, но и с наличием примесей, таких как Al и Na, которые участвуют в создании ловушек для электронов и дырок. Изменение спектрального состава излучения и его интенсивности для различных слоев агатов и ониксов могут быть связаны с изменением кислотно-щелочного режима, окислительного потенциала, со степенью кремненасыщенности и могут отражать изменение пропорций между двумя состояниями кремнезёма – высокомолекулярным (полимеризованным) и в виде мономера.

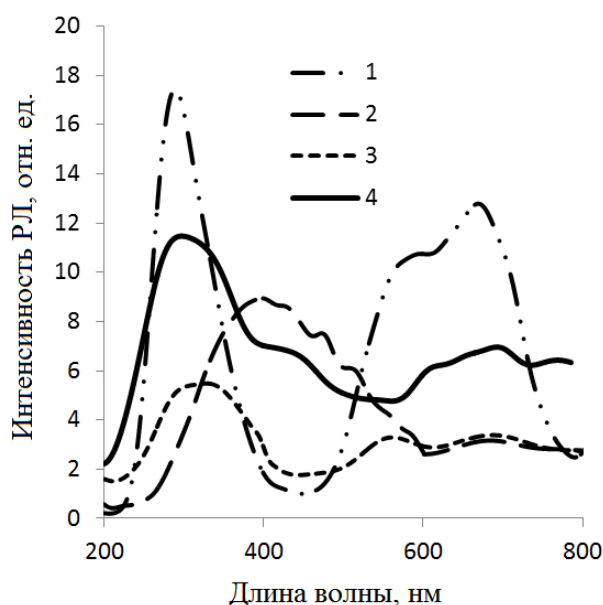


Рисунок – 2. Спектры РЛ кварц-халцедоновых образований Южно-Кузбасского магматического ареала: 1 – кварц из агатов Терсюк (верх миндалины), 2 – кристобалит с кварцем из концентрически-зонального агата Терсюк, 3 – халцедон из концентрически-зонального агата Терсюк, 4 – кварц с халцедоном из оникса Салтымаковского хребта

Таким образом, использование рентгеноструктурного и люминесцентного анализов при исследовании кварц-халцедоновых образований может дать ценную информацию, касающуюся особенностей среды образования агатов и ониксов.

#### Литература

1. *Ананьева Л. Г., Коровкин М. В.* Минералого-геохимическое изучение кварцитов Антоновской Группы месторождений // Известия Томского Политехнического университета. 2003. Т. 306. № 3. С. 50–55.
2. *Наставко А. В., Бородина Е.В., Изох А. Э.* Петролого-минералогические особенности вулканитов центральной части Кузбасса (Южная Сибирь) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 4. С. 435–449.
3. *Светова Е. Н., Светов С. А.* Агатовая минерализация в эффузивах суйсарского комплекса Центральной Карелии // Учен. зап. Петрозавод. гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. 2014. № 4 (141). С. 61–66.
4. *Murata K. J., Norman M. B.* An index of crystallinity for quartz // American Journal of Science. 1976. Vol. 276. P. 1120–1130.

УДК (552.11:553.3/4'52

### ГРАНИТНАЯ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

*Хомичев В.А.*

*Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, г. Новосибирск*

*Аннотация.* Данная статья – это презентация монографии «Рудно-магматическая система медно-молибденовых месторождений» (Новосибирск, 2017), в которой на основе глубинного геолого-геофизического моделирования гранитоидных плутонов и связанных с ними месторождений показаны строение и механизм формирования рудно-магматической системы широкого круга оруденения (Cu, Mo, W, Sn, Au, Ag, Pb, Zn и др.). Эта генетическая