Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т. 104

УДК 553.875

ФОРМИРОВАНИЕ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ И НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ

В.Ю.ЭШКИН, Г.Н.БОГДАНОВА,
Ю.А.ПОЛЕНОВ

Кварцевые жилы представляют собою природные объекты, с которыми связаны промышленные концентрации рудной минерализации и которые сами могут быть телами полезного ископаемого - сырья для плавки различных видов кварцевого стекла. Расшифровка условий их образования имеет не только научное, но и практическое значение. К этой проблеме обращались многие исследователи, которые рассматривали жилы с позиций их формы и пространственной ориентировки [4, 6], онтогенических особенностей жильной массы [I, 2, 4, 5, 7, 8, I2], времени образования и связи с геологической историей жильного поля [I, 9, I0, II]. Большое внимание уделялось явлениям метаморфизма жильного кварца [I, 3, I2], неоднократно рассматривалась связь состава жил с составом вмещающих горных пород и проблема источника кремнезема [4, 6, 7, I0, I4]. Как нам представляется, расшифровка условий формирования кварцевых жил возможна лишь при всестороннем анализе комплекса наблюдаемых фактов, среди которых решающее значение имеют онтогенические особенности жил и их связь с проявлявшимися геологическими процессами. Рассмотрим проблему лишь на безрудных кварцевых жилах.

Первая группа указанных жил представляет собою небольшие по размерам тела, не превышающие I-2 м по простиранию и падению при мощности до 0,3 м. Их форма линзовидная или плосколинзовидная, а залегание согласное со сланцеватостью окружающих пород. Минеральный состав жил полностью аналогичен вмещающим породам при существенном изменении соотношения минералов. Так, если в кристаллических сланцах, среди которых широко распространены описываемые жилы, содержание кварца и биотита достигает соответственно 50-55 и 25 %, то в жилах содержание биотита не превышает 5-I0 %, а акцессорные минералы (ставролит, гранат) встречаются, как и в породе, в виде единичных кристаллов. В породах около жил содержание биотита возрастает до 50 % и более, при этом размеры индивидов в жиле и в окружающих породах одинаковы. Кварц в жиле представлен зернистым агрегатом с неровными извилистыми границами индивидов, степень метаморфизма которых ограничивается пластическими деформациями в виде волнистого и блокового погасания. Лишь там, где жила смята и разорвана тектоническими трещинами, кварц обнаруживает следы более существенных деформаций. Параметры индуцированной термолюминесценции (ИТЛ) кварца указывают на низкое содержание в нем структур-

ных примесей: светосумма не превышает нескольких десятков условных квадратных единиц, а по форме кривой ИТЛ кварц может быть отнесен к дымчатой разновидности, в некоторых случаях наблюдаются небольшие цитриновые максимумы свечения.

Образование жил следует связывать с явлениями дифференциации минерального вещества при процессах метаморфизма, причем степень обособления породообразующего кварца зависит от степени метаморфизма пород и наличия ослабленных зон, благодаря чему жилы метаморфической дифференциации тяготеют к трещинам сланцеватости преимущественно в приосевых частях складок.

Вторая группа жил приурочена как к согласным, так и к секущим трещинам, в некоторых случаях образуются сетчатые зоны. Размеры жил по простиранию и падению ограничиваются первыми метрами, а мощность не превышает 0,I5 м, в редких случаях достигая 0,5 м. Минеральный состав жил полностью соответствует составу вмещающих пород, причем размеры минеральных индивидов в несколько раз превосходят размеры зерен породообразующих минералов, достигая в поперечнике нескольких миллиметров. Размеры индивидов увеличиваются к центру жил, что свидетельствует об их образовании за счет перекристаллизации метаморфических пород. В других случаях может наблюдаться перераспределение минерального вещества: центральная часть жил сложена кварцем, в зальбандах скапливается полевой шпат, преобладающий на выклинивании жил по простиранию и падению, и, наконец, периферическую оторочку слагает биотит. Крупные (до 5–8 мм) чешуйки биотита располагаются не только в зальбандах, но и на продолжении жил, образуя среди биотит-кварцевых сланцев биотитовые прожилки, порой связываемые с процессами биотитизации пород. Ставролит и гранат обычно концентрируются в биотитовой оторочке, но в некоторых случаях образуют самостоятельные прожилки (рис.I).

Выявление процессов перекристаллизации в некоторых случаях затруднено отсутствием постепенного укрупнения зерен кварца к центру жил. Подобная картина наблюдается там, где сравнительно крупные чешуйки биотита ориентированы вдоль зальбандов и „изолируют" кварцевое ядро. Чешуйки биотита экранируют перекристаллизацию, благодаря чему в зальбандах размеры зерен иногда заметно больше, чем в центре. Светосумма ИТЛ кварца в жилах перекристаллизации варьирует в широких пределах, зависит от степени перекристаллизации кварца [I4] и для крупнозернистых агрегатов достигает $n \cdot 10^4$. По форме кривой ИТЛ кварц в большинстве случаев относится к дымчатой разновидности.

Образование жил перекристаллизации имеет место в породах, достигших максимальной ступени метаморфизма. Консолидированная толща пород становится благоприятной для трещинообразования, а PT-параметры формирования пород и жил настолько близки, что состав минеральных парагенезисов жил аналогичен вмещающим породам [9]. Образующиеся в иных физико-химических условиях жилы перекристаллизации отличаются по минеральному составу и особенностям слагающих их минеральных агрегатов [7].

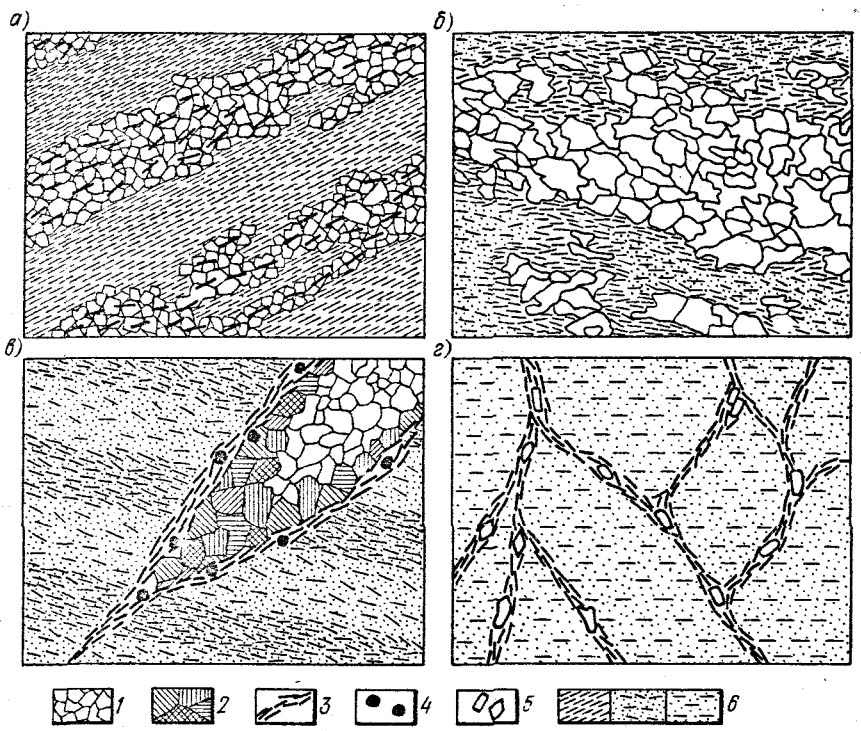


Рис.1. Жилы метаморфической дифференциации (а) и перекристаллизации (б-г)
1 - грануломорфный жильный кварц; 2 - полевой шпат; 3 - биотит; 4 - гранат; 5 - ставролит; 6 - кристаллические сланцы с меняющимся соотношением слюд и кварца

Третья группа жил сложена, как и две предыдущие, зернистым кварцем. Он формируется в условиях привноса кремнезема, что обеспечивает замещение кварцем вмещающих горных пород или заполнение полых трещин. Г.Н.Вертушковым и его учениками и последователями в жилах крупнокристаллического кварца были обнаружены явления грануляции и рекристаллизации [1, 3]. Подобные явления действительно широко распространены в природе, однако связывать появление зернистого кварца только с ними едва ли оправдано: два случая образования жил первично-зернистого кварца мы уже рассмотрели. Жилы третьей группы представляют собою тела, также практически нацело сложенные зернистым кварцем, который вместе с предыдущими разновидностями целесообразно назвать грануломорфным [9, 14]. Именно он представляет наибольшую ценность как сырье для плавки кварцевого стекла.

Образование грануломорфного кварца может быть связано с замещением горных пород (рис.2,а,б) в зонах повышенной пористости или проницаемости вдоль тектонических зон рассланцевания. Фронт замещения имеет прихотливую форму с выступами вдоль отдельных нарушений. Дальнейшее распространение замещения приводит к оттеснению устойчивых минеральных примесей (акцессорных минералов, слюд) к периферии жильного тела. При замещении горных пород вдоль параллельных направлений между ними сохраняются реликтовые минералы, которые попадают внутрь жильного тела, располагаясь вдоль направления за-

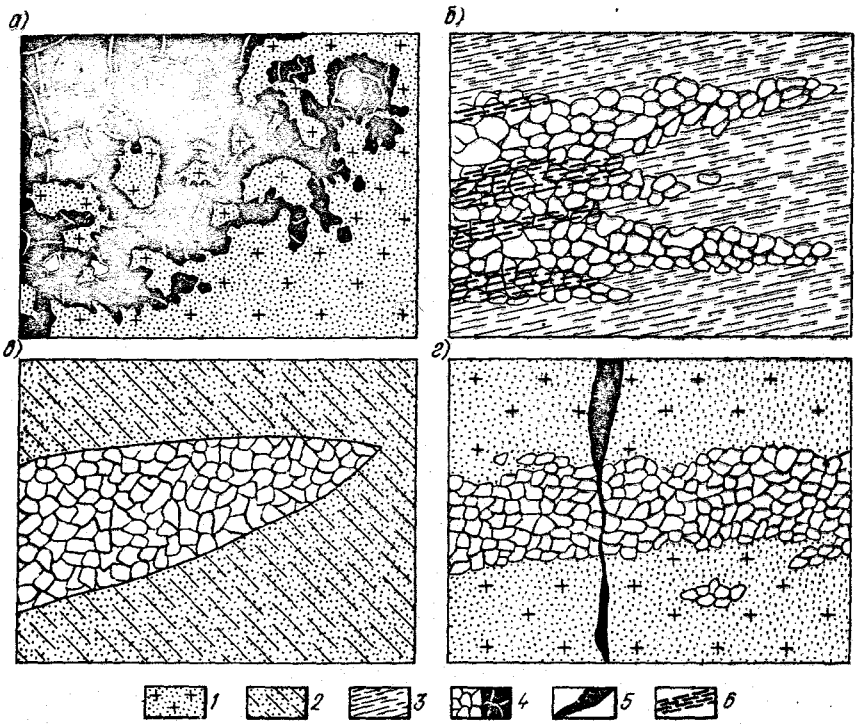


Рис.2. Жилы грануломорфного кварца
1 - гранит-аплиты; 2 - кристаллические сланцы; 3 - зона разлистования; 4 - грануломорфный кварц; 5 - стекловидный кварц; 6 - биотит

мещения. В связи с этим жилы грануломорфного кварца, образовавшиеся в пределах тектонических зон, в значительной степени загрязнены минеральными примесями.

Помимо метасоматических жил грануломорфного кварца встречаются жилы выполнения (рис.2,в), формирование которых еще до конца не расшифровано. В одних случаях можно наблюдать зональное строение таких жил: на стенках трещин образуется оторочка кристаллов полевого шпата, а центральная часть выполнена зернистым кварцем. В других - жила имеет мономинеральный состав, контакты ее четкие, ровные. В целом форма жил линзовидная или близкая к ней. Жилы грануломорфного кварца пересекают более ранние жилы перекристаллизации и метаморфической дифференциации, что свидетельствует об образовании их после метаморфизма вмещающих пород. Светосумма ИТЛ кварца $n \cdot 10^4$, причем она возрастает от зальбандов к центру жил одновременно с повышением среднего размера гранул кварца. В центральной части жил наблюдаются участки крупнокристаллического прозрачного (стекловидного) кварца, ИТЛ которого достигает $(1-3)10^5$. Этот кварц имеет неровную границу с заливами, проникающими в грануломорфный кварц, среди крупных индивидов встречаются реликты - зерна первичного кварца. Крупные индивиды прозрачного кварца обычно обнаруживают лишь незначительные пластические деформации, их образование связано с перекристаллизацией зернистого квар-

ца. Несколько иной тип изменений грануломорфного кварца связан с перекристаллизацией периферических частей индивидов, за счет чего они приобретают вместо извилистых более правильные границы и полигональные очертания. Более поздние деформации вызывают развитие катакластических структур, волнистое и волнисто-блоковое погасание.

Крупнокристаллический стекловидный кварц в ряде случаев заполняет трещины, секущие тела грануломорфного кварца (рис.2,г). По параметрам ИТЛ, как и первый, он относится к дымчатой разновидности с высокими значениями светосуммы свечения. Стекловидным кварцем в некоторых случаях сложены довольно крупные по размерам жилы (до 30 м по простиранию и 15-20 м по падению при мощности до 1-1,5 м), значительная часть которых метаморфизована и кварц приобрел молочно-белый цвет. При формировании жил стекловидного кварца часто наблюдаются небольшие по мощности ореолы околожильных изменений, главная особенность которых заключается в выщелачивании глинозема и кремнезема и их переотложении в жиловмещающей трещине в виде микроклина и плагиоклаза, в дальнейшем обрастающих крупнокристаллическим прозрачным кварцем. Такие жилы выполнения объединяются в четвертую группу.

Пятая группа жил (также выполнения) представлена мономинеральными телами, осложненными крупно- и гигантокристаллическим кварцем молочно-белого цвета, без видимых околожильных изменений. Окраска кварца связана с широким развитием трещин и приуроченных к ним газово-жидких включений. Между трещинами сохраняются мелкие полупрозрачные области. Под микроскопом кварц обнаруживает следы слабых пластических деформаций. Лишь при наложении более поздних деформаций в кварце проявляется более интенсивный метаморфизм вплоть до развития грануляции, брекчиевых и брекчиевидных структур. Светосумма ИТЛ первичного кварца не превышает $n \cdot 10$, но с повышением степени его метаморфизма и развитием явлений залечивания и перекристаллизации светосумма ИТЛ возрастает до $n \cdot 10^5$. Это позволяет количественно выражать степень изменения жильного кварца [13]. Последняя группа представлена наиболее молодыми жильными телами, к которым приурочены, в частности, гнезда с промышленным содержанием кристаллов кварца. Такие жилы отличаются наибольшими значениями степени изменения жильного кварца.

Одна из важнейших проблем в изучении жильного кварца - выявление закономерностей пространственного размещения его генетических типов. В качестве примера рассмотрим этот вопрос для района, охватывающего северное обрамление Джабык-Карагайского гранитного массива. Этот массив расположен в ядре крупного антиклинория в пределах Восточно-Уральского поднятия. К северу ядро складки сужается и смещается в восточную часть района. По границам антиклинория прослеживаются зоны глубинных разломов (западная и восточная шовные зоны) общего северо-северо-восточного простирания, дополняемые крупными нарушениями субширотного и северо-западного простирания. Мелкоблоковое строение района приводит к разнообразным, в том числе нарушенным, сочетаниям разновозрастных горных пород. Не единичны и нормальные разрезы пород от гранитоидов и гнейсов или докембрийских кристаллических сланцев в ядре антиклинали к ордовик-силурийским кристаллическим сланцам

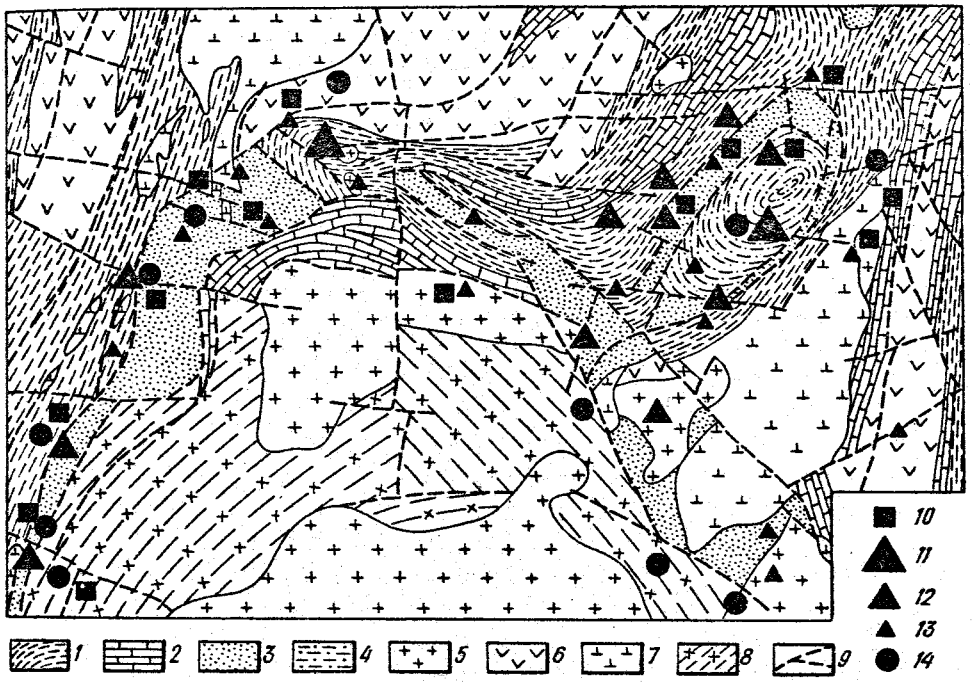


Рис.3. Закономерности размещения структурно-генетических типов жильного кварца (геологическое строение района дано по Г.И.Страшненко)
1 - филлитовидные сланцы (C_1); 2 - известняки (C_1); 3 - кристаллические сланцы (O-S); 4 - кристаллические сланцы (PR_3-Cm); 5 - гранитоиды; 6 - эффузивы андезитового состава; 7 - серпентиниты; 8 - гнейсы; 9 - тектонические нарушения; 10 - стекловидный жильный кварц; 11-13 - молочно-белый крупнокристаллический кварц с понижающейся степенью переработки при процессах наложенного хрусталеобразования; 14 - грануломорфный кварц

с последующей их сменой филлитовидными и другими сланцами, известняками и эффузивами C_1. В пределах шовных зон распространены массивы серпентинитов (рис.3).

Ранее проведенные работы [3] выявили в целом концентрическое расположение структурных разновидностей жильного кварца по отношению к Джабык-Карагайскому массиву. Наши представления о природе зернистого кварца позволили уточнить особенности пространственного распространения структурно-генетических разновидностей кварцевых жил (рис.3).

Наиболее ранние жилы метаморфической дифференциации и субметаморфической перекристаллизации встречаются в нижнепалеозойских и более древних кристаллических сланцах, достигших амфиболитовой или эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма и распространенных в различных частях района.

Жилы грануломорфного кварца встречены в пределах зон глубинных разломов в западной и восточной частях района среди пород различного состава и возраста. Привлекает внимание факт, что такие жилы встречены среди сланцев и эффузивов C_1, претерпевших не более чем зеленосланцевую фацию метаморфиз-

ма, что противоречит представлениям об образовании грануломорфного кварца в результате перерождения крупно- и гигантокристаллического в ходе прогрессивного регионального метаморфизма [I].

Несколько более широко распространены жилы стекловидного кварца, которые встречены в тех же шовных зонах, что и жилы грануломорфного кварца. Кроме того, стекловидный кварц наблюдается среди гранитоидов (наиболее древних в районе) и нижнепалеозойских сланцев. До 40 % находок жил такого кварца связано с наиболее молодыми породами нижнего карбона. В целом жилы стекловидного кварца редки в гнейсах и молодых гранитоидах. Грануломорфный и стекловидный кварцы в жилах, расположенных среди пород с высоким содержанием глинозема, отличаются повышенным содержанием структурных примесей и характеризуются наибольшими значениями светосуммы ИТЛ (соответственно до $(7-9)10^2$ и $(5-6)10^3$). Указанные разновидности кварца несут локальные следы механических деформаций.

Наибольшим распространением в районе пользуется крупно- и гигантокристаллический молочно-белый кварц, слагающий молодые жильные тела в породах практически любого состава и возраста. Ограничения в развитии этих жил связаны с особенностями предварительной тектонической подготовки отдельных участков. По этой причине рассматриваемые жилы концентрируются в тектонических блоках по периферии Джабык-Карагайского гранитного массива, в областях развития глубинных разломов и сопряженных с ними тектонических нарушений.

Проявление в жилах процессов хрусталеобразования наиболее характерно для молодых тел, кварц которых подвергается переработке (дроблению и перекристаллизации). Степень этих изменений зависит от наличия экранов или других условий, обеспечивающих подпруживание хрусталеобразующих растворов. Такие условия создавались на сопряжениях северо-северо-восточных и субширотных нарушений (в узлах перегибов структур) или в местах купольных структур при экранировании растворов перекрывающей сланцевой толщей C_1.

Обобщая рассмотренные особенности пространственного размещения различных структурно-генетических типов жильного кварца, можно отметить, что практически все они тяготеют к зонам крупных тектонических нарушений, обеспечивающих высокую подвижность растворов с различным содержанием кремнезема. Последнее в условиях широких перепадов давления в зонах повышенной проницаемости определяет степень пересыщения растворов и скорость кристаллизации кварца. Низкая степень пересыщения растворов обеспечила образование стекловидного кварца, отличающегося высоким содержанием структурных примесей и сопровождающегося ореолами реакционных взаимодействий „раствор - порода". Более высокая концентрация (и степень возможного пересыщения) кремнезема обуславливает появление множества центров зарождения и формирования грануломорфного кварца. Скорость его кристаллизации выше, чем стекловидного кварца, поэтому содержание структурных примесей на порядок ниже. Формирование позднего молочно-белого кварца происходило из растворов низкой концентрации, что определило ограниченное число зародышей. В то же время за счет внутриминерализационных подвижек, вызывающих замутнение расту-

щих агрегатов и повышение степени пересыщения растворов, скорость кристаллизации кварца была довольно высокой. По этой причине данный тип кварца отличается наиболее низким содержанием структурных примесей и соответственно низкими значениями светосуммы ИТЛ.

Таким образом, временная последовательность развития структурно-генетических типов жильного кварца в значительной мере может определяться эволюционной сменой растворов с понижающимся содержанием кремнезема. За счет долгоживущих глубинных разломов может произойти пространственное совмещение различных типов жильного кварца.

Предложенное подразделение жильного кварца на структурно-генетические типы необходимо учитывать при проведении поисков наиболее высококачественного кварца для плавки, а также при прогнозной оценке территорий, прилежащих к зонам крупных глубинных нарушений или удаленных от них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вертушков Г.Н., Борисков Ф.Ф., Емлин Э.Ф. и др. Жильный кварц Восточного склона Урала. – Тр. СГИ, 1970, вып. 66, 103 с.

2. Григорьев Д.П. Онтогения минералов. Львов, Изд-во ЛГУ, 1961. 281 с.

3. Емлин Э.Ф., Соколов Ю.А., Вертушков Г.Н. Жильный кварц в экзоконтакте Джабык-Карагайского гранитного массива. – Тр. СГИ, 1970, вып. 80, с. 11-28.

4. Захарченко А.И. Минералообразующие растворы и генезис кварцевых жил на опыте изучения кварцевых жил Памира и включений растворов в минералах. Материалы Всесоюзн. геол. ин-та, новая серия, 1955, вып. 6. 105 с.

5. Игумнов А.Н. О первичной структуре жильного кварца.-ДАН СССР, 1951, т. 78, № 3, с. 509-512.

6. Карякин А.Е., Смирнова В.А. Структуры хрусталеносных полей. М., Недра, 1967. 240 с.

7. Лазько Е.М. О явлениях перекристаллизации при формировании хрусталеносных кварцевых жил. Минералогический сб. Львовского геол. общества, 1959, № 1, с. 149-157.

8. Марин Ю.Б. Структуры жильного кварца и некоторые вопросы генезиса кварцевых жил (на примере жил массива Большой Койтас. Северный Казахстан).-Изв. вузов. Геология и разведка, 1969, № 2, с. 64-71.

9. Никитин В.Д., Руденко С.А., Эшкин В.Ю. Место хрусталеобразования среди процессов изменения метаморфических горных пород.-Зап. ЛГИ, 1971, т. 60, вып. 2, с. 7-18.

10. Соколов Ю.М., Мельников Е.П., Мельникова Н.И. и др. Минерагения метаморфогенных месторождений горного хрусталя и гранулированного кварца. Л., Наука, 1977. 113 с.

11. Цюцкий С.С. Возрастные взаимоотношения кварцевых жил в северном обрамлении Джабык-Карагайского гранитного массива. – Тр. СГИ, 1976, вып. 124, с. 32-35.

12. Эшкин В.Ю. О строении жильного кварца хрусталеносного месторождения Урала. -Зап. ЛГИ, 1965, т. 49, вып. 2, с. 132-138.

13. Эшкин В.Ю. Принципы количественной оценки интенсивности процессов минералообразования при поисках, разведке и перспективной оценке месторождений полезных ископаемых. – В кн.: Минералогические критерии оценки рудоносности. Л., Наука, 1981, с. 39-43.

14. Эшкин В.Ю., Поленов Ю.А., Богданова Г.Н. О типах жильных тел и влиянии вмещающих горных пород на их состав.-Зап. ЛГИ, 1973, т. 65, вып. 2, с. 17-27.