

**ДЫМЧАТЫЙ КВАРЦ ИЗ ПЕГМАТИТОВ ВЕРХНЕШИБАНОВСКОГО ОЛОВО-ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПРИМОРЬЕ)**

**Ю.А. Шабанова\*, Б.Л. Залищак\*, М.А. Ушкова\*, Н.С. Карманов\*\***

*\*Дальневосточный геологический институт РАН, г. Владивосток*

*\*\*Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ*

В статье приведен обзор современного состояния проблемы образования хрусталеносных пегматитов. Рассмотрена геология камерных пегматитов района Верхнешибановского (Приморье) олово-вольфрамового россыпного месторождения с сопутствующими морионом и дымчатым кварцем. Исследованы кристаллографические особенности кварца, проведена типизация включений, установлены характер среды и физико-химические параметры образования кварца: температурный интервал 450–465°C, давление 355–360 бар, концентрация раствора 36.7 % эквивалента NaCl.

**Ключевые слова:** хрусталеносные пегматиты, кварц, флюидные включения, Приморье.

**ВВЕДЕНИЕ**

За последние десятилетия камнесамоцветы заняли достойное место в ряду важных полезных ископаемых России. Приморский список месторождений и проявлений камнесамоцветного сырья содержит более 70 наименований [17]. Большинство из них являются сопутствующими и выявлены при поисках рудных объектов.

Для обоснования направления дальнейших научных исследований и выбора наиболее достоверной основы прогноза и поисков месторождений новых и редких минеральных типов ответ на вопрос о том, каким именно способом формируются реальные минеральные месторождения, весьма важен.

Одним из наиболее перспективных в этом плане является термобарогеохимический метод, основанный на выявлении и разностороннем изучении первичных включений в минералах. Он предусматривает: установление последовательности захвата флюидных включений в минералах; реконструкцию по ним важнейших параметров минералообразования, таких как температура, соленость, газосодержание; установление природы растворов или расплавов и т.д.

**КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Верхнешибановское месторождение расположено на юго-восточных склонах хребта Синего, на левобережье р. Арсеньевки, в бассейне её левых при-

токов – руч. Шибановский, рек Заблуждение и Белая (Спасский район Приморского края) и входит в состав Шибановского рудного поля в восточной части Ханкайского супертеррейна. В геологическом строении района месторождения принимают участие среднепалеозойские, позднепермские и позднемеловые граниты, осадочно-вулканогенные и осадочные породы верхней перми, а также четвертичные образования поймы и русла руч. Шибановского. Проявления пегматитов приурочены к апикальной части тел средне- и неравномернозернистых лейкократовых гранитов позднемелового возраста, залегающих среди палеозойских гранитов (рис. 1). Строение пегматитов зональное, наблюдаются зоны аплита, графических и блоковых пегматитов, кварцевых ядер с прекрасными кристаллами мориона и дымчатого кварца (рис. 2).

Основным рудным полезным ископаемым района работ является касситерит, образующий совместно с вольфрамитом комплексные аллювиальные россыпи кл. Шибановского и его притоков. Аллювий представлен супесями, песками, суглинками с весьма редкими маломощными линзовидными прослоями глин с галькой и дресвой. Эти россыпи детально изучены, по ним оценены запасы олова и вольфрама, и в настоящее время Шибановское россыпное месторождение находится в стадии опытно-промышленной отработки. Промышленных коренных источников олова и вольфрама на рассматрива-

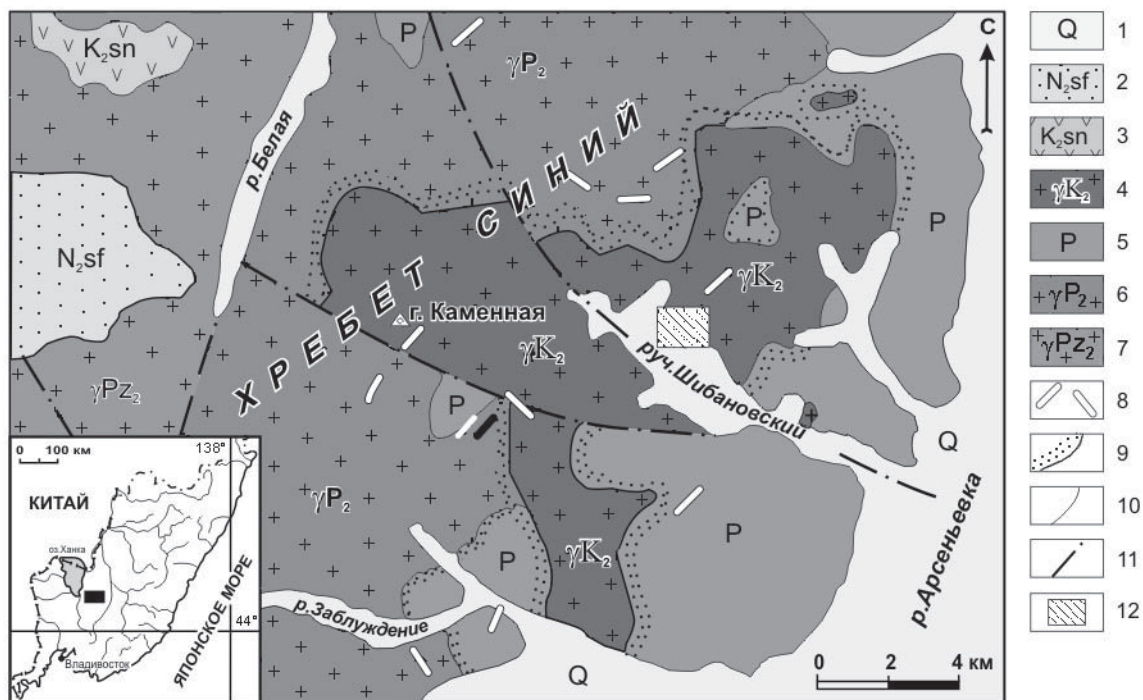


Рис. 1. Геологическая карта района Верхнешибановского месторождения.

1 – четвертичные и современные аллювиальные отложения; 2 – неогеновые галечники и суглинки суйфунской свиты; 3 – сенонские андезитовые порфириды и дациты; 4 – позднемеловые гранодиориты, плагиограниты, граниты; 5 – пермские песчано-глинистые породы, конгломераты, известняки, кислые и основные эффузивы и их туфы; 6 – пермские средне- и крупнозернистые биотитовые граниты; 7 – среднепалеозойские лейкократовые граниты; 8 – жилы и дайки аплитов, пегматитов, кварца, а также кислых и основных пород разного возраста; 9 – контактовые роговики и зоны метасоматоза; 10 – геологические границы нормальных стратиграфических и интрузивных контактов; 11 – разломы; 12 – район Верхнешибановского месторождения.



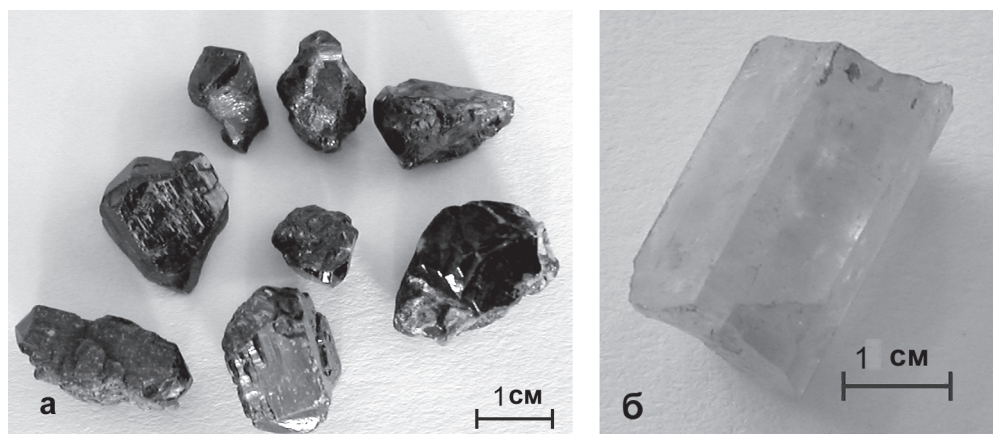
Рис. 2. Кварцы из пегматитов Верхнешибановского месторождения.

емой площади не выявлено. Из камнесамоцветов установлены: 1) хрусталеносные пегматиты с морионом и бериллом; 2) грейзены с топазом; 3) аллювиальные россыпи с морионом, бериллом, топазом и касситеритом; 4) скарны с коллекционным гранатом.

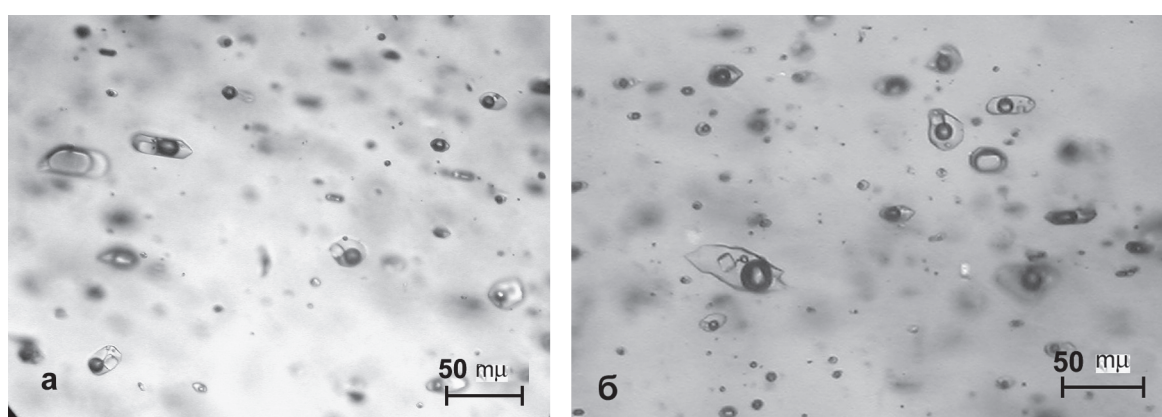
Нами исследованы кристаллы мориона из аллювиальных россыпей. Для русла характерны гра-

вино-галечниковые отложения с песком и илом. Среди них встречаются обломки пегматитов преимущественно кварц-микроклинового состава с биотитом, шерлом, иногда с мусковитом и альбитом, редкими кристаллами касситерита и берилла. Отдельные участки аллювия обогащены топазом, морионом, дымчатым кварцем.

Кристаллы мориона и дымчатого кварца Верхнешибановского месторождения короткостолбчатые и шестоватые, со значительным развитием граней гексагональной призмы (рис. 2). Кварц имеет насыщенный желтовато-коричневый цвет с дымчатым оттенком, изредка встречаются фиолетовые разности. По системе GIA, желто-коричневые кварцы имеют оттенок – Y, тон – exdk, насыщенность – slbr. Прозрачность ограничивается наличием различного рода дефектов и насыщенностью окраски. Кристаллы касситерита имеют темно-коричневый цвет, обладают алмазным блеском, что позволяет отнести их к разряду ювелирных камней (рис. 3а). Кристаллы берилла прозрачные и практически бездефектные, размером до 6×1,5 см, имеют голубовато-зелёный цвет (по сис-



**Рис. 3.** Минералы пегматитов Верхнешибановского месторождения: а – касситериты б – берилл.



**Рис. 4.** Включения в кварце Верхнешибановского месторождения: существенно газовые, кристалло-флюидные, газовой-жидкие с твёрдыми фазами и без них.

теме GIA оттенок – bG, тон – ml, насыщенность – vs1gr) (рис. 3б).

Пегматиты Верхнешибановского месторождения относятся к промышленно-генетическому типу хрусталеносных месторождений малых глубин (1,5–3,5 км), связанных с посткладчатými интрузиями. Подобные “камерные” пегматиты, по [5], развиваются в эндоконтактной зоне гранитоидных массивов в участках остаточной гранитной магмы, находящихся между провесами кровли, или в других экранированных участках кристаллизующегося гранитного плутона.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

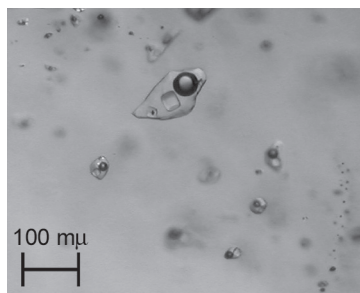
Исследования включений проводились по общепринятой методике, с учетом рекомендаций, изложенных в работах Ю.А. Долгова, Э.Рёддера, Ф.Г. Рейфа [6, 10, 11]. Для опытов с флюидными включениями использовалась термокамера конструкции М.К. Кандинова (ВИМС) с хромель-алюмелевой

термопарой (погрешность измерений температуры в интервале 50–450 °С – не более ± 5°С).

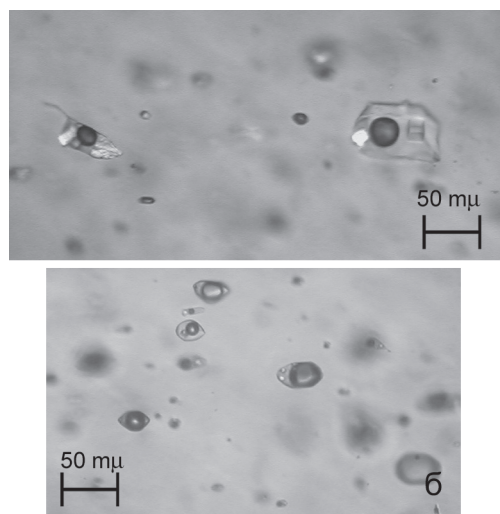
Просмотр пластин под микроскопом позволил провести типизацию включений и выявить их временную последовательность [14]. По фазовому составу и времени образования выделяются четыре группы включений: 1) первичные газовой-жидкие с твёрдыми фазами; 2) первично-вторичные газовой-жидкие с твёрдыми фазами; 3) вторичные газовой-жидкие двухфазовые; 4) поздние вторичные существенно газовые (рис. 4 а, б).

Первичные включения содержат галит NaCl, сильвин KCl и высокопреломляющую карбонатную фазу (рис. 5). Галит занимает обычно не менее 20 % вакуоли, сильвин – примерно 15 %. По термометрическим данным, температура подплавления сильвина составляет 118 °С, галита – 140 °С; температура полной гомогенизации – 340 °С [16].

Первично-вторичные включения фиксируют моменты вскипания высококонцентрированных растворов при сохранении твёрдых фаз в обоих типах



**Рис. 5.** Первичные включения в кварце Верхнешибановского месторождения.

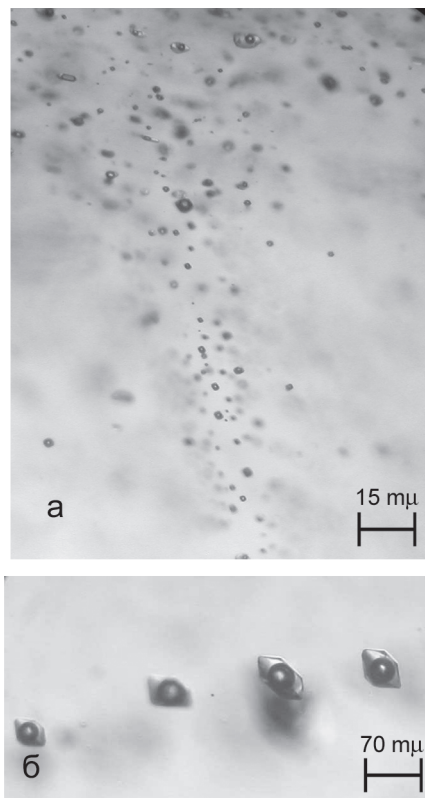


**Рис. 6.** Первично-вторичные включения в кварце Верхнешибановского месторождения.

включений (рис. 6 а, б). Вторичные включения образуют шлейфы, пересекающие и перенаполняющие более ранние вакуоли (рис. 7 а, б). Вторичные поздние включения низкотемпературных растворов (рис. 8 а, б) залечивают поздние трещины в кварце.

Термометрически исследовались первичные включения, содержащие две твёрдые фазы кубической формы, суммарный объём которых составляет 35 %, и газовую фазу, занимающую 25 % объёма вакуоли. Анализ проведённых исследований свидетельствует о температурном интервале минералообразования 450°–465°С. С учетом температуры гомогенизации и фазовых соотношений [15] концентрация растворов составляет 36,7 %.

Согласно диаграмме зависимости температуры гомогенизации и концентрации растворов [10], давление насыщенного пара раствора NaCl составляет 355–360 бар.



**Рис. 7.** Вторичные включения в кварце Верхнешибановского месторождения (а) и их объёмное расположение (б).

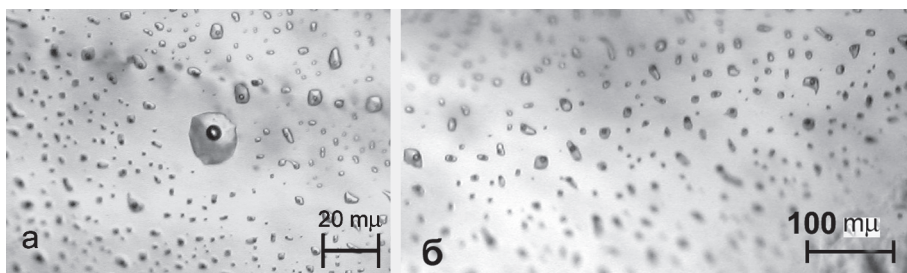
Особый интерес вызывают включения с твёрдыми фазами, отнесенные нами к комбинированным. Среди твёрдых фаз в этих включениях иногда отмечаются минеральные фазы, которые не реагируют на нагрев до температуры гомогенизации (400–465°С). Анализ состава одной из таких тугоплавких фаз на сканирующем электронном микроскопе LEO 1430 VP, оборудованном аналитической приставкой – энергодисперсионным спектрометром INCA Energy (ГИН СО РАН), показал следующие результаты: SiO<sub>2</sub> 76,35 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 23,88 %, CaO 1,91 %, Na<sub>2</sub>O 12,26 %, что приближает ее к альбиту.

#### СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕНЕЗИСЕ ПЕГМАТИТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведённые выше данные свидетельствуют о постмагматическом генезисе рассматриваемых кристаллов мориона и дымчатого кварца, которые являются конечными продуктами процессов образования мигроловых (хрусталеносных) пегматитов.

Известные модели пегматитообразования можно условно разделить на две группы. Сторонники





**Рис. 8. а, б** – вторичные поздние включения в кварце Верхнешибановского месторождения.

первой из них [12] предполагают образование пегматитов из особой пегматитовой магмы, представляющей собой гетерогенную смесь силикатного расплава и остаточного газового раствора (флюида) летучих компонентов. Их оппоненты [2, 3, 8] предполагают, что пегматиты в основной массе – это материнские граниты, перекристаллизованные остаточными газовой-жидкими растворами. Особый интерес вызывают экспериментальные исследования пегматитовых систем [7], которые показали возможность формирования пегматитовых агрегатов из порции магмы, содержащей до 4 % воды. В результате этих работ было экспериментально доказано сосуществование силикатного расплава с твердой и флюидной фазами в интервале температур 650–500 °С.

Современные представления о происхождении пегматитов включают концепцию разделения пегматитового процесса на магматическую кристаллизацию и постмагматические процессы [9], многокамерную полициклическую кристаллизационную дистилляцию [1], гетерогенизацию с разделением полимерных кластерных группировок различного состава при внедрении пегматоидного расплава в бароградиентных условиях [4], а также механизм диффузионного замещения [13]. Автор последней теории Л.И. Шабалин считает, что пегматиты есть результат действия диффузионного флюидозамещения, так как образование пегматитов гранитоидного состава (а также негранитных пегматитов) происходит в две фазы. В первую, благодаря механизму диффузионного флюидозамещения, в трещинных пустотах образуется гранитоидный флюидный полимеризованный расплав аплитового состава, и происходит его последовательная кристаллизация от стенок камер к центру с увеличением зернистости пород до пегматоидных структур. При этом во вмещающих породах увеличивается пористость и проницаемость за счёт отгонки из микропор диффузионно-метасоматическим способом кремнево-щелочного материала в трещинные пустоты для образования расплава. Это благоприятствует последующему протеканию в них метасоматических процессов.

Вторая фаза пегматитообразования характеризуется интенсивным метасоматическим преобразованием ранее сформировавшихся пегматитовых жил с последовательным привнесением компонентов и образованием соответствующих минералов по мере остывания вмещающего интрузивного массива. Процесс пегматитообразования осуществляется одновременно с идущими выше него в зонах более низких температур процессами гидротермально-метасоматического рудообразования.

Результаты проведенных нами исследований носят пока эмпирический характер, посвящены позднему этапу формирования пегматитов. Они не позволяют принять или опровергнуть ту или иную точку зрения. Очевидно, однако, что исследованные кварцы формировались во вторую фазу [13] метасоматического преобразования ранее образованных пегматитов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам термометрии первичных включений установлены начальная температура кристаллизации дымчатого кварца (интервал 450–465 °С), давление (355–360 бар), состав растворов (хлоридный при участии уголекислоты), их концентрация (36,7 % экв. NaCl). Среди кристаллов-спутников во флюидных многофазовых включениях установлен альбит.

Дальнейшие исследования образцов пегматитов, грейзенов, скарнов Верхнешибановского месторождения, с привлечением методов термобарогеохимии, позволят нам приблизиться к моделированию процессов минералообразования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 06-05-96138.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гордиенко В.В. Гранитные пегматиты. СПб.: Изд-во ун-та, 1996. 271 с.
2. Гинзбург А.И. Минералогия и генезис пегматитов / Минералогия и генезис пегматитов. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 5–16.

3. Заварицкий А.Н. О пегматитах как образованиях, промежуточных между изверженными горными породами и рудными жилами // Зап. Всесоюз. минер. о-ва. 1947. № 1. С. 36–50.
4. Загорский В.Е., Перетяжко И.С. Пегматиты с самоцветами Центрального Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1992. 222 с.
5. Ермаков Н.П. Исследования минералообразующих растворов. Харьков, 1950. 459 с.
6. Ермаков Н.П., Долгов Ю.А. Термобарогеохимия. М.: Недра, 1979. 271 с.
7. Косухин О.Н., Бакуменко И.Т., Чупин В.П. Магматический этап формирования гранитных пегматитов. Новосибирск: Наука, 1984. 125 с.
8. Минералы. Справочник Т. 2. Вып. 2. Простые окислы. М.: Наука, 1965. 341 с.
9. Петров В.П. Магма и генезис магматических горных пород. М.: Недра, 1972. 135 с.
10. Реддер Э. Флюидные включения в минералах: В 2-х т. М.: Мир, 1987. Т.1. 560 с.; Т. 2. 632 с.
11. Рейф Ф.Г., Бажеев Е.Д. Магматический процесс и вольфрамное оруденение. Новосибирск: Наука, 1982. 158 с.
12. Ферсман А.Е. Пегматиты. М.: Изд-во АН СССР, 1940. Т. 1. 640 с.
13. Шабалин Л.И. Основы молекулярно-кинетической концепции рудо- и магмообразования. Новосибирск, 2002. С. 152–161.
14. Шабанова Ю.А., Пахомова В.А., Соляник В.А. Типоморфизм кварца Верхне-Шибановского месторождения // VII Международная конференция “Новые идеи в науках о земле” S-V-S-XI Москва, 2005. С. 72.
15. Bondar, R.J., Vityk, M.O. Interpretation of microthermometric data for NaCl-H<sub>2</sub>O fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: Methods and applications. Short course of the working group (IMA) “Inclusions in minerals” / Eds. B. De Vivo and M.L. Frezzotti. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. 1994. P. 117–131.
16. Shabanova Yu.A., Kemkina R.A. Conditions of smoky quartz formation in the Verkhne-Shibanovsky deposit according to thermometric data // Sixth International Young Scholars’ Forum of the Asia-Pacific Regional Countries, Vladivostok, Russia, 2005. P. 212–214.
17. Фондовые материалы. Отчет о результатах поисковых (геологоразведочных) работ на горный хрусталь на площадях развития хрусталеносных формаций Дальнего Востока СССР (в 7 книгах). Кн. VII. Кадастры месторождений, проявлений и точек минерализации цветных камней Приморского края. Хабаровский край, с. Красное, 1988.

Поступила в редакцию 22 февраля 2006 г.

Рекомендована к печати В.Г. Гонеvчуком

*Yu.A. Shabanova, B.L. Zalishchak, M.A. Ushkova, N.S. Karmanov*

### **Smoky quartz in pegmatites of the Verkhne-Shibanovsky tin-tungsten deposit (Primorye)**

The paper reviews problems of crystal-bearing pegmatite formation and its present-day state. The geology of chamber pegmatite with morion and smoky quartz is considered. The results of inclusion study for quartz crystals from the Verkhne-Shibanovsky tin-tungsten deposit with the associated morion and smoky quartz are cited. We have carried out a quartz crystallographic features study, sorting of inclusions by type, determination of medium character and physical-chemical parameters of quartz formation: a temperature range of 450°–465°C, pressure 355–360 bar, solution concentration 36.7%. NaCl<sub>eq</sub>.

**Key words:** crystal-bearing, pegmatites, quartz, fluid inclusions, Primorye.