

ВОЗРАСТ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ АСАЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА) ПО ДАННЫМ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ МЕТОДА

© 2007 г. А. С. Лапухов¹, Б. В. Гузман², В. А. Горев³, Э. П. Солотчина¹, А. В. Травин¹

¹Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, 630090

²Восточно-Сибирская горнорудная компания, Москва, 125040

³ЗАО “Тревожное Зарево”, Петропавловск-Камчатский, 683031

Поступила в редакцию 15.12.2006 г.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом ступенчатого прогрева с предварительным облучением образцов в течение 48 часов в кадмированном канале реактора потоком быстрых нейтронов получены новые данные о возрасте оруденения Асачинского эпитеpmального золото-серебряного месторождения (Южная Камчатка). Проведено сопоставление с выполненными ранее различными авторами интегральными датировками К/Аг и лазерным вариантом $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методами. По степени структурной упорядоченности с помощью высокоразрешающего рентгеноструктурного анализа и ИКС калиевые полевые шпаты жильных образований идентифицированы в виде непрерывного ряда: максимальный микроклин → промежуточный микроклин → промежуточный ортоклаз → крайний ортоклаз. Возраст кварц-ортоклазовой ассоциации жилы № 1 составил 3.2 ± 0.2 млн. лет (пьяченций). Более молодой возраст порядка 1.1 ± 0.3 млн. лет (нижний плейстоцен) выявлен для кварц-микроклиновой жилы с признаками послерудного брекчирования и перекристаллизации, связанными с базальтовым дайковым магматизмом аналогичного возраста.

ВВЕДЕНИЕ

Возрастными взаимоотношениям вулканогенных пород и эпитеpmального золото-серебряного оруденения Южной Камчатки посвящены многочисленные публикации, среди которых результаты изотопного датирования обсуждались В.С. Шеймовичем, Д.И. Головиным, М.И. Карпенко, С.В. Хацкиным и другими исследователями [2, 4, 8, 9, 10]. Согласно [5], золото-серебряная минерализация Асачинского месторождения сосредоточена, главным образом, в крутопадающих жильных телах, приуроченных к купольным частям субвулканической дацитовой интрузии. Подчиненное значение имеют штокверково-вкрапленные зоны, сопровождающие жильные тела. В центральных частях месторождения жилы и штокверки располагаются в пределах обширного поля ортоклазовых метасоматитов с примесью альбита, эпидота, пренита, серицита и хлорита. На северном и южном флангах месторождения эти образования сменяются зонами аргиллизации, ведущими минеральными ассоциациями которых являются диоктаэдрическая слюда (мусковитового типа), адуляр и альбит. Во внешних зонах появляется жильная цеолитовая минерализация (стеллерит, ломонтит).

Первые оценки возраста вмещающих субвулканических дацитов, риолитов и гидротермальных жильных образований Асачинского месторождения выполнены К/Аг методом в Централь-

ной лаборатории ПГО “Бурятгеология” в 1984 г.¹. Согласно этим данным, возраст кислых субвулканических интрузий определен в 6.7 – 8.8 млн. лет, а возраст кварц – адуляровых жил – 5.8–11.9 млн. лет (от тортона до мессиния)². Изотопными исследованиями, проведенными К/Аг методом в лаборатории геохронологии ИГЕМ АН СССР [8], возраст субвулканических дацитов установлен в 4.0 ± 1.0 млн. лет (занклий), а “адуляра” золотоносных жил (жила № 1) – 4.5 ± 1.0 млн. лет (от мессиния до пьяченция)². Позднее для датировки рудообразующих процессов ряда эпитеpmальных месторождений Центральной и Южной Камчатки привлекался лазерный вариант $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метода на аппаратуре Геофизического института Аляскинского университета [2], с помощью которого возраст Асачинского месторождения по данным анализа двух проб определен в 4.0 ± 0.1 и 4.3 ± 0.1 млн. лет (занклий). Следует отметить, что данный метод является более точным аналогом К/Аг датирования, но также отражает интегральный возраст.

Калиевые полевые шпаты жильных образований Асачинского месторождения, которые традиционно относились к адулярам [5], по данным высокоразрешающего рентгеноструктурного метода и ИКС с определением коэффициентов

¹ Неопубликованные данные.

² Здесь и далее использована международная стратиграфическая шкала [11].

Томпсона [1, 11, 14] по степени структурной упорядоченности идентифицированы в виде непрерывного ряда от максимального микроклина до крайнего ортоклаза [3]. В данной статье приведены первые результаты датирования кварц-ортоклазовой и кварц-микроклиновой ассоциаций жилы № 1 нейтронно-активационным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом со ступенчатым прогревом, выполненные в лаборатории геохронологии Института геологии и минералогии Сибирского отделения РАН.

ХАРАКТЕР ПРОБ И МЕТОДЫ ИХ АНАЛИЗА

В качестве материала для исследования использованы кварц-полевошпатовые разности жилы №1 Асачинского месторождения с повышенными содержаниями золота и серебра. Поскольку калиевые полевые шпаты жильных образований находятся в тонких сростаниях с кварцем, выделение мономинеральных фракций практически невозможно и материалом для изотопных исследований послужили 3 валовые пробы. Фракции $-0.25...+0.1$ мм были получены после дробления исходных проб и отмучивания тонкодисперсного материала для исключения потерь ^{39}Ar во время облучения образцов в реакторе потоком быстрых нейтронов.

1) Образец № 228 (скв. 74111, глубина 146.0 м) – кварц-ортоклазовый агрегат с незначительной примесью эпидота и серицита. Структура агрегата меняется от гребенчатой до микрогранобластовой радиально-лучистой и концентрически зональной. Во всех случаях водянопрозрачные кристаллики ортоклаза (от 0.1 до 0.4 мм) с характерными простыми двойниками находятся в тесном сростании с ксеноморфными зернами кварца.

2) Образец № 240 (скв. 7436, глубина 90.0 м) представлен ортоклаз-кварцевым агрегатом полоччатой текстуры, обусловленной неравномерным распределением пылевидных скоплений рудных минералов и чередованием участков существенно кварцевого, ортоклаз-кварцевого и ортоклазового состава с характерными водянопрозрачными ромбовидными выделениями ортоклаза размером от 0.01 до 0.1 мм. В подчиненном количестве участками отмечаются тонкие чешуйки хлорита и серицита.

3) Образец № 476 (скв. 7437, глубина 108.0 м) на 80–85% состоит из микроклинового агрегата, сложенного достаточно крупными, беспорядочно ориентированными, слабо пелитизированными зернами нерешетчатого микроклина таблитчатой формы размером от 0.1–0.3 до 0.5–1.5 мм. Интерстиции между фенокристаллами микроклина заполнены ксеноморфными зернами кварца.

Общее описание $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метода и его метрологические особенности приведены в [6, 7, 13].

Навески минеральных фракций заворачивались в алюминиевую фольгу, после откачки запаивались в кварцевую ампулу совместно с навесками биотитов МСА–11 и LP–6 в качестве мониторов. Для определения возраста анализируемые и стандартные образцы совместно облучались в калмированном канале научного реактора типа ВВР–К Томского политехнического института в течение 48 ч потоком 5×10^{13} нейтрон/сек. Градиент нейтронного потока не превышал 0.5 % на размере образца. В настоящей работе использован вариант ступенчатого прогрева в кварцевом реакторе с внешней печью и контролем температуры термомпарой. Суть метода состоит в выделении аргона из образца с помощью серии изотермических прогревов и измерений его изотопного состава. Температура прогрева последовательно увеличивается, вплоть до окончательного выделения аргона. Для каждой температурной ступени рассчитан возраст. Холостой опыт по ^{40}Ar (10 мин при 1200°C) не превышал 5×10^{10} нсм^{–3}. Очистка выделенного аргона производилась с помощью Ti- и ZrAl SAES – геттеров. Изотопный состав аргона измерялся на масс-спектрометре “Noble gas 5400” фирмы Микромасс (Англия). Ошибки измерений, приведенные в тексте и на рисунках, соответствуют интервалу $\pm 1\sigma$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Калиевые полевые шпаты жильных ассоциаций изменчивы по простиранию, падению и мощности рудных тел и представлены непрерывным рядом: ортоклаз > промежуточный ортоклаз > промежуточный микроклин > максимальный микроклин, что соответствует повышению триклинности и, соответственно, их кристаллохимической упорядоченности [3]. Среди эталонных образцов положение изученных калиевых полевых шпатов из жильных тел, представляющих собой крайние члены этого ряда, приведено в таблице.

По данным изотопных исследований, для образца № 228 получен возрастной спектр, в котором после ступени с относительно высоким значением возраста выделяется плато с возрастом 5.9 ± 1.3 млн. лет (рис. 1). Значение интегрального возраста существенно выше – 9.0 ± 0.7 млн. лет. На изохронной диаграмме все точки, за исключением двух низкотемпературных (рис. 2), формируют линейный тренд с повышенным, относительно атмосферного, начальным отношением – $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 360 \pm 14$, что свидетельствует в пользу присутствия в минерале захваченного $^{40}\text{Ar}^*$. Изохронный возраст данного образца оценивается в 3.4 ± 1.3 млн. лет.

В возрастном спектре образца № 240 после двух низкотемпературных ступеней выделяется четкое плато с возрастом 3.2 ± 0.2 млн. лет.

Распределение Al по тетраэдрическим положениям калиевого полевого шпата, коэффициентов Томпсона (X, Y, Z), 2Θ рефлексов 204, 060 и $\Delta\rho$ в полевых шпатах кварцевых жил

Полевой шпат	Al $T_{1(0)}$	Al $T_{1(m)}$	Al $T_{2(0)}$	Al $T_{2(m)}$	Al $T_{1(0)} +$ $+ Al$ $T_{1(m)}$	X	Y	Z	$2\Theta_{204-060}$	ρ
Санидин (отожженный Spencer C)	0.26	0.26	0.22	0.22	0.52	0	0	0.08	9.35	0
Ортоклаз (Spencer C)	0.345	0.345	0.125	0.125	0.69	0	0	0.44	9.07	0
Ортоклаз (обр. № 228, 240)	0.335	0.335	0.148	0.148	0.67	0	0	0.38	9.15	0
Адуляр (Spencer B)	0.405	0.405	0.08	0.08	0.81	0	0	0.65	8.90	0
Микроклин промежуточный (Spencer U)	0.63	0.235	0.045	0.03	0.865	0.015	0.395	0.79	8.83	0.35
Микроклин максимальный (Pellotsalo)	0.97	0.015	-0.1	0	0.985	-0.01	0.955	0.975	8.78	0.97
Микроклин максимальный из кварцкпш жилы (обр. № 476)	0.97	0.03	0	0	1.0	0	0.94	1.0	8.70	0.94

Примечание. Жирным шрифтом выделены эталонные полевые шпаты из [14], обычным шрифтом – калиевые полевые шпаты жильных образований.

Значение интегрального возраста – 3.2 ± 0.1 млн. лет (рис. 1). На диаграмме $^{38}\text{Ar}^*(\text{Cl})/^{39}\text{Ar}(\text{K})$ – точки плато формируют компактную группу с относительно низким

Cl/K отношением. На изохронной диаграмме (рис. 2) точки плато формируют линейный тренд. Рассчитанное для него начальное отношение совпадает с атмосферным значением –

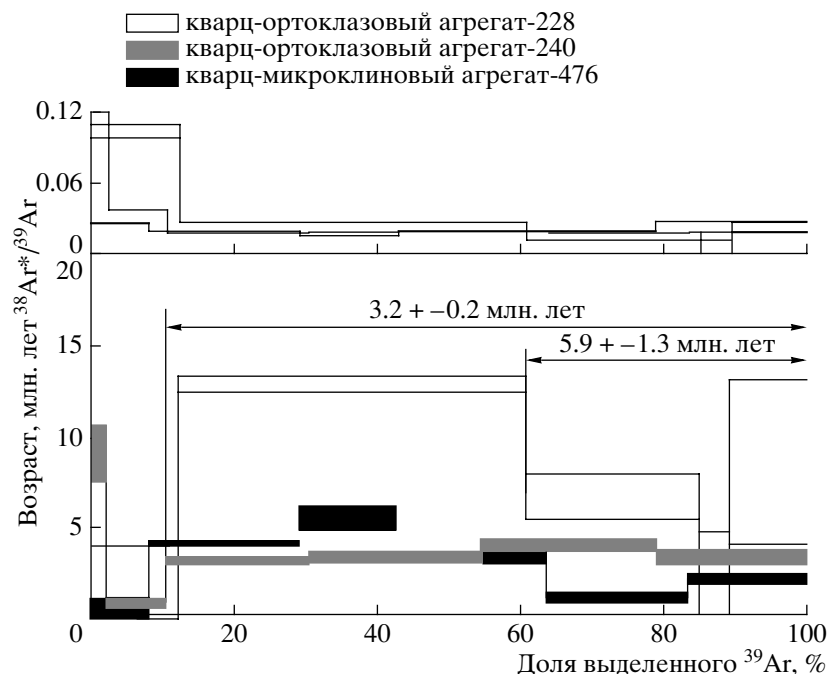


Рис. 1. Возрастные и $^{38}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$ (Cl/K) спектры для кварц-ортоклазовых и кварц-микроклинового агрегатов из кварц-полевошпатовых жил Асачинского месторождения.

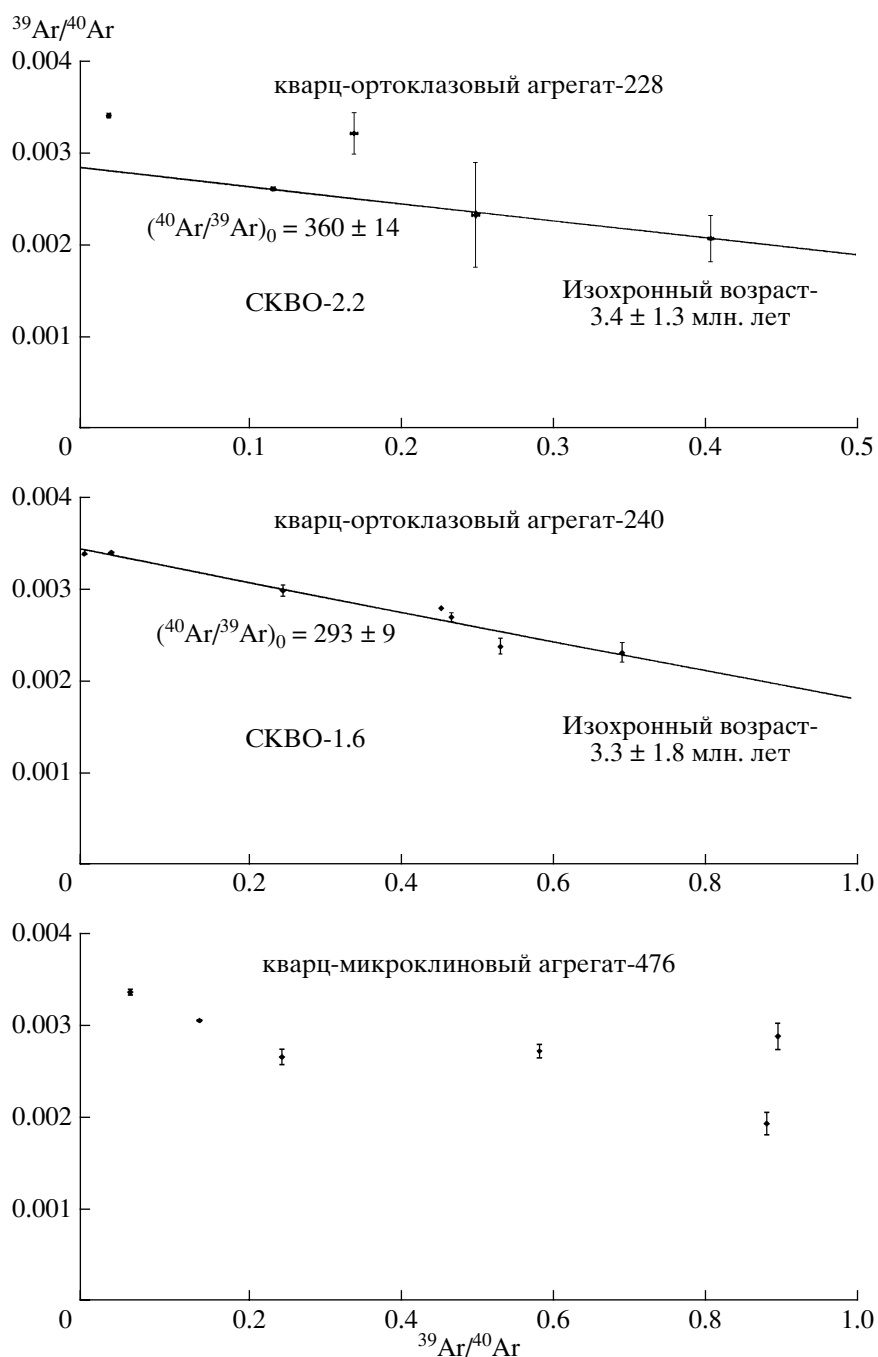


Рис. 2. Изохронные диаграммы для кварц-ортоклазовых и кварц-микроклинового агрегатов из кварц-полевошпатовых жил Асачинского месторождения.

$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 293 \pm 9$. Изохронный возраст, равный 3.3 ± 1.8 млн. лет, согласуется с возрастом плато и интегральным. С учетом сказанного, можно считать возраст формирования минерала равным 3.2 ± 0.2 млн. лет. Поскольку для двух однотипных образцов получены конкордантные датировки, последняя является более точной и её можно рассматривать в качестве верхней оценки возраста гидротермального оруденения.

Для образца № 476 получен дискордантный возрастной спектр, имеющий при низких температурах, после лестницы вверх, седлообразную форму (рис. 1). Значение интегрального возраста – 2.9 ± 0.2 млн. лет. Седлообразная форма спектра часто рассматривается как свидетельство в пользу присутствия в минерале захваченного $^{40}\text{Ar}^*$. В пользу этой концепции свидетельствует также тот факт, что на диаграмме зависимости изме-

ренного возраста от $^{38}\text{Ar}^*(\text{Cl})/^{39}\text{Ar}(\text{K})$ отношения для точек рассматриваемой части спектра наблюдается положительная корреляция. В этом случае возраст формирования минерала, либо наложенного воздействия должен быть не больше 1.1 ± 0.3 млн. лет (соответствует нижней точке тренда).

Температурный диапазон закрытия K/Ar изотопной системы калиевых полевых шпатов составляет $200\text{--}250^\circ\text{C}$ [12], что согласуется с результатами выполненных авторами термобарогеохимических исследований методом гомогенизации индивидуальных газовой-жидких включений.

Резюмируя данные определения возраста кварц-ортоклазовых и кварц-микроклиновых ассоциаций жилы №1 Асачинского месторождения, можно отметить следующее.

1) Возраст изученной кварц-ортоклазовой ассоциации оценивается в 3.2 ± 0.2 млн. лет (пьянченций).

2) Для кварц-микроклиновой ассоциации обнаружены явные признаки омоложения с возрастом, не древнее 1.1 ± 0.3 млн. лет (нижний плейстоцен). Более молодой возраст кварц-микроклиновых участков жилы №1, по-видимому, связан с послерудным брекчированием, перекристаллизацией кварц-ортоклазовых агрегатов и коррелируется с базальтовым дайковым магматизмом аналогичного возраста.

3) Установленный более узкий возрастной интервал золото-серебряного оруденения Асачинского месторождения не противоречит ранее опубликованным интегральным хронологическим оценкам [2, 8]. Вместе с тем, полихронный характер оруденения заслуживает проведения дополнительных, более детальных, изотопно-геохронологических исследований для проверки намечающейся тенденции к омоложению структурно упорядоченных разностей калиевых полевых шпатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонина Г.Г., Шмакин Б.М., Макагон В.М. Экспрессный метод определения упорядоченности моноклиновых и триклиновых калиевых полевых шпатов // Докл. АН СССР. 1976. Т. 231. № 2. С. 449–452.
2. Иванов В.В., Лейер П. Новые данные по аргон-аргоновому датированию возраста золото-серебряного оруденения Корякии, Камчатки и Курил/Геология и полезные ископаемые Камчатской области и Корякского АО. Петропавловск-Камчатский: Камчат, 1999. С. 77–78.
3. Лапухов А.С., Гузман Б.В., Горев В.А., Солотчина Э.П. Калиевые метасоматиты на эпитеpmальном золото-серебряном Асачинском месторождении (Южная Камчатка)/Благородные и редкие металлы

Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд. Материалы научной конференции. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2005. С. 8–11.

4. Лезин В.И., Степанов И.И. Геохронологическая оценка золоторудных месторождений Агинское и Золотое (Центральная Камчатка) // Прикладная геохимия. Вып. 4. Аналитические исследования. М.: Изд-во ИМГРЭ, 2003. С. 140–153.
5. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
6. Пономарчук В.А., Сотников В.И., Лебедев Ю.Н., Киселева В.Ю. Лимитирующие прецизионность факторы в $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ геохронологическом анализе рудных месторождений (на примере Шахтаминского Cu-Mo месторождения, Восточное Забайкалье) // Прикладная геохимия. Вып. 4. Аналитические исследования. М.: Изд-во ИМГРЭ, 2003. С. 113–127.
7. Пономарчук В.А., Лебедев Ю.Н., Травин А.В. Применение тонкой магнитно-сепарационной технологии в K/Ar, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Rb/Sr методах датирования пород и минералов // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 1. С. 55–64.
8. Шеймович В.С., Патока М.Г. Геологическое строение зон активного кайнозойского вулканизма. М.: Недра, 1989. 207 с.
9. Шеймович В.С., Карпенко М.И. К-Аг возраст вулканизма на Южной Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1996. № 2. С. 86–90.
10. Шеймович В.С., Головин Д.И. Возраст кислых вулканитов района Больше-Банных источников // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 21–25.
11. Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., Bleeker W., Lourens L.J. A new geologic time scale, with special reference to Precambrian and neogene // Episodes. 2004. V. 27. № 2. P. 83–100.
12. Hodges K.V. Geochronology and thermochronology in Orogenic Systems // Treatise in Geochemistry. Holland H.D. and Turekian K.K. Oxford, UK: Elsevier. 2003. P. 263–292.
13. Merihue C., Turner G. Potassium-argon dating by activation with fast neutrons // J. Geophys. Res. 1966. V. 71(11). P. 2852–2857.
14. Thompson J.B. Chemical reactions in crystals // Amer. Mineral. 1969. V. 54. № 34. P. 341–375.

The Age of Epithermal Gold-and-Silver Metallization in the Asachinskii Deposit, Southern Kamchatka Derived by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Method

A. S. Lapukhov¹, B. V. Guzman², V. A. Gorev³, E. P. Solotchina¹, A. V. Travin¹

¹*Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Division, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russia*

²*East Siberian Mining Company, Moscow, 125040, Russia*

³*Trevozhnoe Zarevo close company, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683031, Russia*

New data were obtained on the metallization age for the Asachinskii epithermal gold-silver deposit, southern Kamchatka using the stepwise heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method with a preliminary irradiation of the sample by fast neutrons during 48 hours in a cadmium-plated reactor channel. Previous datings by the integral K/Ar method and the laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method due to several workers were compared with the present results. High resolution X-ray analysis was used to classify common potash feldspars in ore formations by the degree of structural ordering, the result being the following continuous series: maximum microcline $\rightarrow$ intermediate microcline $\rightarrow$ intermediate orthoclase $\rightarrow$ ultimate orthoclase. The age of the quartz-orthoclase association in vein 1 was 3.2 ± 0.2 Myr (the Piacenzian). A younger age about 1.1–0.3 Myr (Lower Pleistocene) was found for a quartz-microcline vein involving signs of post-metallization brecciation and recrystallization associated with basaltic dike magmatism of a similar age.