

## ПЕРМОТРИАСОВЫЙ МАГМАТИЗМ И Ag-Sb ОРУДЕНЕНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

Г.Г. Павлова, А.С. Борисенко, В.А. Говердовский\*, А.В. Травин,  
И.А. Жукова, И.Г. Третьякова

*Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия  
\* Горно-рудная компания „Металлы Алтай“, 649000, Горно-Алтайск, просп. Коммунистический, 99, Россия*

В Юго-Восточном Алтае и Северо-Западной Монголии в 1980-х годах выявлен новый рудный район с Ag-Sb оруденением, локализованный в пределах Делюно-Юстыдского задугового рифтового бассейна, или прогиба. Делюно-Юстыдский прогиб выполнен мощной толщей (до 9 км) девонских осадочных вулканогенных и терригенных пород, залегающей на V–Є карбонатно-терригенном основании. Вулканогенно-осадочные породы прорываются гранитами D<sub>3</sub>–C<sub>1</sub> юстыдского комплекса, догранитными базитовыми интрузиями, постраничными дайками габбро-диабазов и диабазовых порфиров и более молодыми дайками лампрофиров (245—236 млн лет, Ar-Ar метод, биотит). Ag-Sb оруденение Юстыдского рудного узла относится к раннемезозойскому этапу — 240 ± 1.6 млн лет (граница раннего и среднего триаса), что позволяет считать Ag-Sb оруденение весьма близким по времени формирования с внедрением лампрофиров чуйского комплекса.

Возраст комплексного Cu-Ag-Sb-Hg оруденения составляет 234.4 ± 1 млн лет (Ar-Ar метод, серицит). Еще более поздней является Sb-Hg минерализация этого района (231.5 ± 1 млн лет, Ar-Ar метод, серицит). Отмеченная вдоль Курайско-Кобдинского и Теректинско-Толбонурского глубинных разломов постепенная смена Ag-Sb оруденения комплексным Cu-Ag-Sb-Hg и далее Sb-Hg (антимонит-киноварным) оруденением является отражением стадийной (этапной) зональности в распределении оруденения вдоль основных региональных рудоконтролирующих структур. На основе возрастной корреляции процессов пермотриасового магматизма, рудообразования и анализа соотношений гелиевых изотопов, показывающих высокую долю мантийной составляющей в составе рудообразующих флюидов Ag-Sb месторождений, устанавливается генетическая связь рудных месторождений с проявлениями плюмового магматизма.

*Ag-Sb месторождения, возраст оруденения, дайки лампрофиров, эндогенная зональность, Алтай, Монголия.*

## PERMIAN-TRIASSIC MAGMATISM AND Ag-Sb MINERALIZATION IN SOUTHEASTERN ALTAI AND NORTHWESTERN MONGOLIA

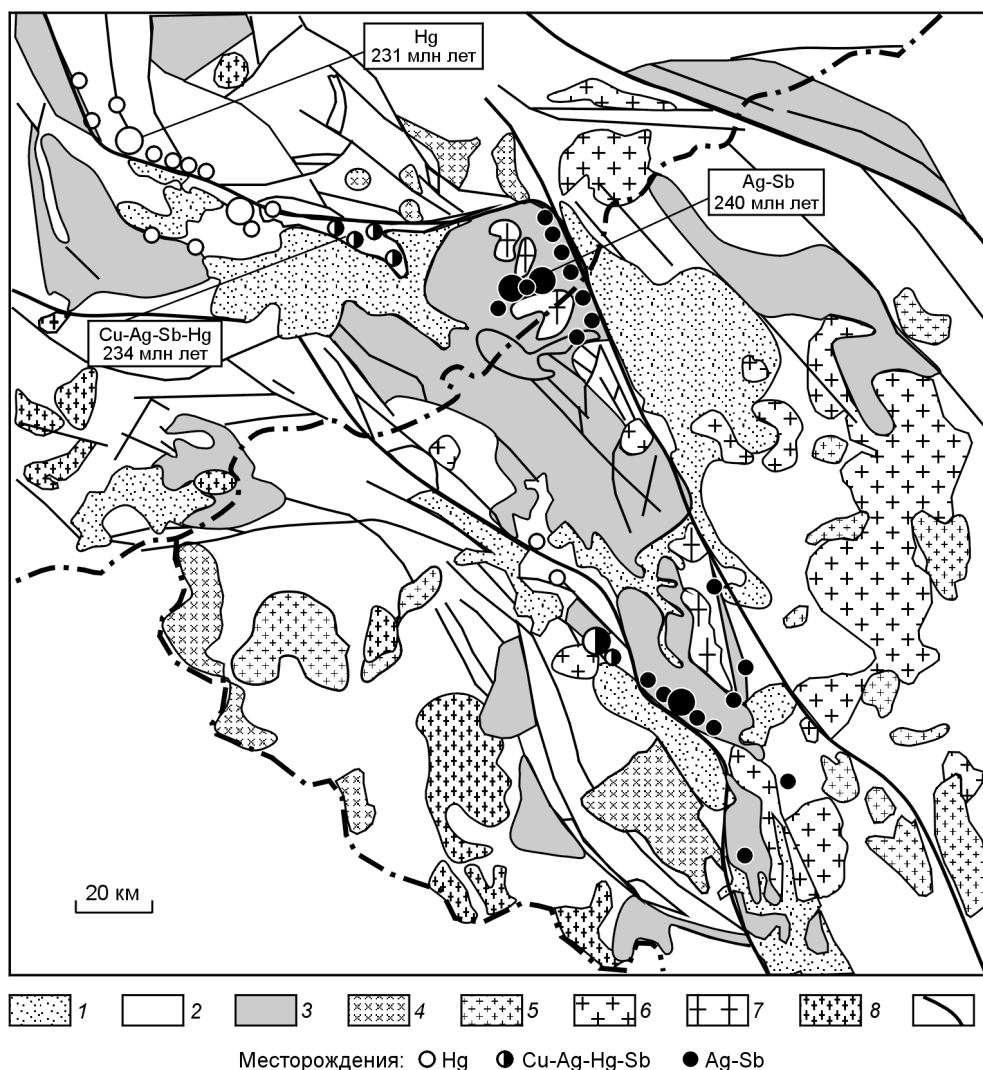
G.G. Pavlova, A.S. Borisenko, V.A. Goverdovskii, A.V. Travin, L.A. Zhukova, and I.G. Tret'yakova

In the 1980s, Ag-Sb deposits were discovered in a new ore cluster of the Delyun-Yustyd back-arc rift basin in southeastern Altai and northwestern Mongolia. The Delyun-Yustyd basin is filled with up to 9 km thick Devonian volcanosedimentary and terrigenous rocks lying over Vendian-Cambrian carbonate-terrigenous strata. Volcanosedimentary rocks are intruded by D<sub>3</sub>–C<sub>1</sub> granites of the Yustyd complex, as well as by pre-granite mafic rocks, post-granite gabbro-diorite, diorite porphyry dikes, and younger lamprophyre dikes of the Chuya complex (245–236 Ma Ar-Ar biotite age). Ag-Sb ores in the Yustyd cluster formed at the Early Mesozoic stage at 240 ± 1.6 Ma (Early-Middle Triassic boundary) and were thus nearly coeval with the Chuya lamprophyre intrusion. The age of Cu-Ag-Sb-Hg mineralization is about 234.4 ± 1.0 Ma (Ar-Ar, sericite). Sb-Hg mineralization is the latest in the province (231.5 ± 1.0 Ma, Ar-Ar, sericite). Gradual change of Ag-Sb (siderite-tetrahedrite) ores to complex Cu-Ag-Sb-Hg (Hg-Ag-tetrahedrite) and Sb-Hg (cinnabar with Sb sulfosalts and stibnite) mineralization along the Kurai-Kobdo and Terekta-Tolbonur large faults is interpreted as development of stage metallogenic zoning along major ore control faults. Genetic links of Ag–Sb mineralization with plume magmatism are confirmed by synchronicity of Permian-Triassic magmatic and metallogenic events and by <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratios indicating high percentage of mantle helium in the ore fluids of Ag-Sb deposits.

*Ag-Sb deposits, age of mineralization, lamprophyre dikes, mineralization zoning, Altai, Mongolia*

### ВВЕДЕНИЕ

Своеобразие металлогении Юго-Восточного Алтая и Северо-Западной Монголии определяет широкое развитие серебро-сурьмяного (Ag-Sb) оруденения. Здесь выделен сереборудный район с Ag-Sb оруденением [Борисенко и др., 1986, 1988а,б; Павлова, 1987а,б; Borisenko et al., 1999; Оболенский и др., 2007]. В этом рудном районе располагается целый ряд Ag-Sb месторождений и рудопроявлений (Асгат,



**Рис. 1. Схема размещения раннемезозойского Ag-Sb, Cu-Ag-Hg-Sb и Hg оруденения в рудном районе ЮВ Алтая и СЗ Монголии (по данным [Борисенко и др., 1992; Гаврилова, 1975; Шокальский и др., 2000]).**

Отложения: 1 — четвертичные, 2 — нижнепалеозойские, 3 — девонские эффузивно-осадочные и терригенные; магматические породы: 4 — нижнепалеозойские граниты PZ<sub>1</sub>, 5 — раннедевонские граниты D<sub>1</sub>, 6 — граниты D<sub>2-3</sub>, 7 — среднепалеозойские граниты юстыдского комплекса D<sub>3</sub>—C<sub>1</sub>, 8 — раннемезозойские гранитоидные комплексы T; 9 — разломы.

Озерное, Толбонур и др.), которые концентрируются в основном в двух рудных узлах — Юстыдском и Толбонурском (рис. 1). Серебро-сурьмяные месторождения представлены сидеритовыми жилами и жильными зонами с Ag-содержащим тетраэдритом и другими Cu-, Sb-, Bi-, Pb-сульфосолями, халькопиритом, арсенопиритом, пиритом и другими сульфидами. Главными промышленными компонентами руд являются Ag, Sb, Bi, Cu. Все наиболее значимые месторождения локализованы среди углистых терригенных отложений D<sub>2-3</sub> герцинского Делюно-Юстыдского прогиба, где проявлены и другие типы эндогенного оруденения: кобальтовое (Co-As, Ni-Co-As, Cu-Co-As), ртутное, Sn-W и Pb-Zn [Борисенко и др., 1992; Pavlova et al., 2006].

Серебро-сурьмяные месторождения ЮВ Алтая и СЗ Монголии являются аналогами Ag месторождений Якутии (Мангазейское, Прогноз и др.) [Гамянин и др., 1998, 2003; Павлова, Боровиков, 2008], Памира (Акджилга, Марджанай) [Павлова и др., 1990, 2004; Borisenko et al., 2000], Киргизии (Кумыштар), а также Рудных гор (Фрайберг) [Baumann, 1965; Seifert, 2004; Seifert, Sandmann, 2006], Словацкого Рудогорья [Varšek, 1965; Haber, 1980; Rudnianske..., 1985; Рудные формации..., 1978] и других рудных провинций. Как правило, Ag-Sb оруденение проявлено в оловорудных провинциях (Якутия, Памир, Корнуолл, Рудные горы в Европе, в Боливии и др.), и не установлено вне областей развития оловянной минерализации. Крупные Ag-Sb месторождения (Асгат в СЗ Монголии; Мангазейское и Прогноз в Якутии; Акджилга на Памире) расположены в рудных узлах со слабо проявленным Sn-оруденением и, наоборот,

в районах с промышленным оловянным оруденением (Депутатское в Якутии, Корнуолл в Англии) известны лишь мелкие Ag-Sb месторождения и рудопроявления.

В таких провинциях олово-серебряного геохимического профиля, как правило, проявлен сложный комплекс разнотипного и разновозрастного оруденения, включающий Sn-W грейзеновую, Sn-сульфидную серебросодержащую, Ag-Sb, ртутную, кобальтовую, флюоритовую и баритовую минерализацию, а также пестрый по составу многоэтапный магматизм. Поэтому для понимания генезиса Ag-Sb оруденения важно выяснение его возраста и пространственно-временных соотношений с другими типами эндогенной минерализации, особенно с Sn-W, а также установление связи с магматизмом. Одним из благоприятных для решения таких вопросов районов является рудный район ЮВ Алтая и СЗ Монголии, для которого в последнее время получен ряд новых геологических и изотопно-геохронологических данных, позволяющих с новых позиций подойти к пониманию многих проблем генезиса такого необычного по минерально-геохимическим особенностям оруденения, каким является серебро-сурьмяное.

### ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИИ И МЕТАЛЛОГЕНИИ РУДНОГО РАЙОНА ЮВ АЛТАЯ И СЗ МОНГОЛИИ

Рудный район ЮВ Алтая и СЗ Монголии расположен на территории трех террейнов: каледонского Алтайского, позднекаледонского Хархиринского и находящегося между ними Делюно-Юстыдского, приуроченного к одноименному герцинскому прогибу (см. рис. 1). Главными разрывными структурами региона служат Курайско-Кобдинский и Теректинско-Толбонурский глубинные разломы, являющиеся границами этих трех террейнов. Алтайский и Хархиринский террейны сложены фрагментами аккреционных призм ( $V-PZ_1$ ) и турбидитовых бассейнов, сформировавшихся на коре океанического типа [Berzin, Dobretsov, 1994; Добрецов и др., 1995; Крук и др., 2001; Шокальский и др., 2000; Буслов и др., 2003].

Алтайский террейн сложен в основном терригенными (песчано-сланцевыми) флишоидными толщами кембрийско-ордовикского возраста. В его пределах отмечается ряд мелких наложенных прогибов, выполненных в основном девонскими вулканогенно-осадочными толщами. В Хархиринском террейне преобладают раннепалеозойские терригенные флишоидные отложения и карбонатно-вулканогенно-терригенные толщи раннепалеозойского возраста, а также среднепалеозойские вулканогенно-осадочные породы, выполняющие небольшие прогибы, или грабены. Делюно-Юстыдский прогиб в основании выполнен девонскими вулканогенно-осадочными образованиями, представленными риолитовыми и реже андезитовыми порфиритами, их туфами, туфопесчаниками и конгломератами общей мощностью около 2 км. Выше они перекрыты мощной (до 4 км) песчано-алевролитовой флишоидной толщей ( $D_{2-3}-C_1$ ), отличительной чертой которой является обогащенность пород, особенно алевролитов, углистым веществом и сульфидами. В ее составе отмечаются пласты медистых песчаников, мощность которых и содержание меди достигает промышленных масштабов.

**Последовательность развития магматизма.** В ЮВ Алтае и СЗ Монголии проявлен базитовый и гранитоидный магматизм, связанный с тремя основными тектономагматическими этапами развития региона: раннепалеозойским ( $E-O$ ), среднепалеозойским ( $D-C_1$ ) и пермотриасовым ( $P-T$ ).

Особенностью магматизма раннепалеозойского этапа является проявление, наряду с широким развитием офиолитовых, коллизионных и островодужных интрузивных и вулканических комплексов [Шокальский и др., 2000; Владимиров и др., 2001; Крук и др., 2001, 2002; Vladimirov, 2002], своеобразных вулканоплутонических базит-ультрабазитовых ассоциаций с пикритами и Pt-содержащим Cu-Ni оруденением (оз. Урэгнур, Западная Монголия) [Izokh et al., 2004].

В среднем палеозое ( $D-C_1$ ) районы ЮВ Алтая и СЗ Монголии развивались в обстановке активной континентальной окраины на юго-западе Сибирского палеоконтинента [Berzin, Dobretsov, 1994; Добрецов, 1997; Буслов и др., 2003; Дистанов и др., 2006]. В связи с развитием тыловодужных рифтогенных структур и зон сдвиговых перемещений блоков трансформной континентальной окраины в пределах Алтайского, Хархиринского и Делюно-Юстыдского террейнов и разделяющих их зон крупных региональных разломов проявился разнообразный базитовый и гранитоидный магматизм (табл. 1). В его развитии выделяются два основных импульса: ранне- среднедевонский и позднедевонско-раннекаменноугольный. Для первого характерно проявление трахиандезит-дацит-риолитового и базальт-андезитового вулканизма в наложенных рифтогенных впадинах, а также гранитоидного магматизма, развитого в основном в пределах Алтайского и Хархиринского террейнов.

В позднедевонско-раннекаменноугольный период формировались базитовые комплексы: караюкский риолит-долеритовый [Говердовский, 1985, 1987], чарышский габбро-диабазовый и торгалыкский габбро-сиенитовый [Прокопцев, 1960; Кривенко, 1965], а завершился он формированием гранит-лейкогранитных интрузий юстыдского комплекса (Юстыдский, Тоштоузекский, Барбургазинский, Тургенигольский и др. массивы), близких по времени становления к основной фазе складчатости в Делюно-Юстыдском прогибе. По геологическим наблюдениям и геохронологическим данным, становление

Таблица 1.

Возраст магматических пород рудного района ЮВ Алтая и СЗ Монголии

Комплекс, массив	Порода	Возраст, млн лет	Метод	Ссылка
Цагангольский гранитный массив	Граниты	440	K-Ar	[Гаврилова, 1975]
Толбонурский гранитный массив	»	397 ± 5	U-Pb	[Демин и др., 1991, 2001]
»	Лейкограниты	386 ± 16	Rb-Sr	»
Караюкский риолит-долеритовый комплекс	Долериты	D <sub>3</sub> —C <sub>1</sub>	Геол. данные	[Говердовский, 1985]
Торгалыкский сиенит-габбровый комплекс	Габбро	D <sub>3</sub> —C <sub>1</sub>	»	[Кривенко, 1965]
Хархиринский массив	Лейкограниты	365 ± 5	U-Pb	[Демин, 1991, 2001]
»	»	345 ± 10	Rb-Sr	»
Юстыдский массив и комплекс биотитовых гранитов	Биотитовые граниты	355.7 ± 8.6	U-Pb	[Говердовский, Руднев, 2000]
Теректинский габбро-долеритовый комплекс	Габбро	280—233 (P <sub>2</sub> —T <sub>1</sub> )	K-Ar	[Михалева, 1989]; Геол. данные
Ачитнурское Sn-W месторождение	Амазонитовые граниты	265.9 ± 3.5	Ar-Ar	[Наст. статья]
Чуйский комплекс слюдяных лампрофиров	Минетты, керсантиты	244—246 243 ± 2.5 236.8 ± 0.6	Ar-Ar » »	[Врублевский и др., 2004; Борисенко и др., 2003] »
Тархатинский граносиенит-монцодиоритовый комплекс	Сиенодиориты	240	U-Pb	[Крук и др., 2001]
Кунгурджаринский массив	Граниты—лейкограниты	240 ± 1	Ar-Ar	[Владимиров и др., 1997]
»	»	235 ± 9	Rb-Sr	»
Цагангольский массив	Лейкограниты	242.3 ± 2.7	Ar-Ar	[Наст. статья]
Атуркольский массив	Граниты	237 ± 4.4	U-Pb	[Гусев, 2003]
Калгутинский гранит-лейкогранитный массив	Лейкограниты	228 ± 5.4	Rb-Sr	[Довгаль и др., 1997;
»	»	218	U-Pb	Владимиров и др., 1997]
Чигертейский гранитный массив	»	225 ± 10	U-Pb	[Демин и др., 1995, 2001]
Сагсайский гранитный массив	»	225 ± 10	»	»
Калгутинский гранит-лейкогранитный комплекс	Гранит-порфиры	218 ± 1	Ar-Ar	[Наст. статья]
Уланульский массив	»	214.9 ± 0.7	»	»
Кунгурджаринский массив	Сподуменовый аплит	213 ± 21	Rb-Sr	[Владимиров и др., 1997]
Восточно-Калгутинский дайковый комплекс	Онгониты, калгутиты	202.4—204	Ar-Ar	[Шокальский и др., 2000]
Аллахинский редкометалльный гранитный комплекс	Сподуменовые гранит-порфиры	201 ± 15	Rb-Sr	[Владимиров и др., 1997]

юстыдских гранитов происходило в раннем карбоне (355.7 ± 8.6 млн лет) [Говердовский, 1987; Говердовский, Руднев, 2000; Руднев, 2004].

Постгранитные дайки долеритов выделяются Л.А. Михалевой [1989] в самостоятельный комплекс возрастом 280—260 млн лет (K-Ar метод), В.А. Говердовский [1987] рассматривает их как базитовые дайки второго этапа, проявленные после караюкского комплекса и юстыдских гранитов. Они располагаются преимущественно в Юстыдском гранитном массиве и во вмещающих их контактово-метасоматических породах — в роговиках и скарнах.

С пермотриасовым этапом связано формирование двух дайковых комплексов: теректинский диабазовый и чуйский щелочно-базитовый [Оболенская, 1971; Михалева, 1989]. Основной ареал развития даек теректинского комплекса располагается в северной части Алтайского террейна, а в Юстыдском прогибе отмечаются лишь единичные дайки диабазов и долеритов. Возраст дайкового теректинского комплекса охарактеризован лишь по геологическим данным (после D<sub>3</sub>—C<sub>1</sub>) и результатам K-Ar датирования (280—233 млн лет).

Более широко в ЮВ Алтае и СЗ Монголии распространен чуйский щелочно-базитовый комплекс, представленный дайками керсантитов, минетт, эпилейцитовых минетт и бостонитов [Оболенская, 1971]. Они образуют обширный ареал, вытянутый в СЗ—ЮВ направлении почти на 400 км шириной около 200 км. Дайковый чуйский комплекс проявлен в основном в Южно- и Северо-Чуйском, Курайском хребтах (Горный Алтай) и в хр. Чихачева в Монголии. По семи пробам из разных даек Ar-Ar возраст определен

как  $243 \pm 2.5$  (хр. Чихачева) и  $244 \pm 0.8$ — $245.7 \pm 0.7$  млн лет (Южно-Чуйский хребет) (см. табл. 1). Кроме того, имеются две датировки  $236 \pm 3.8$  и  $236.8 \pm 0.6$  млн лет [Борисенко и др., 2003; Говердовский, 2004; Врублевский и др., 2004]. Более молодыми, хотя и близкими по возрасту, являются гранит-граносиенит-монцодиоритовые интрузии в Южно-Чуйском и Курайском хребтах. Возраст сиенодиоритов Тархатинского массива составляет 235—240 млн лет [Крук и др., 2001]. К наиболее молодым образованиям относятся редкометалльные граниты калгутинского и восточно-калгутинского комплексов, возраст которых считается среднетриасовым—раннеюрским [Владимиров и др., 2001; Борисенко и др., 2004; Анникова и др., 2006].

**Металлогения рудного района ЮВ Алтая и СЗ Монголии.** С разновозрастным базитовым и гранитоидным магматизмом в ЮВ Алтае и СЗ Монголии связан широкий спектр эндогенного оруденения, представленный Sn, W, Mo, Co, Ag, Hg, флюоритовыми и баритовыми месторождениями [Борисенко и др., 1988а,б, 1992]. В Алтайском террейне развита в основном Mo-W минерализация, которая представлена редкометалльными Mo-W месторождениями (Калгута, Нурингольское, Сагсайское), самостоятельными проявлениями грейзеново-молибденитового типа. Наряду с Mo-W месторождениями здесь известны Au-Hg-Sb-W (антимонит-ферберитовое м-ние Кобдо-гол) и кварц-шеелитовые штокверковые (Урзарсай и Борбургас) проявления.

В Хархиринском террейне развито преимущественно Sn-W редкометалльное (Булыктинское и группа месторождений в районе оз. Ачитнур) и сульфидно-касситеритовое оруденение, определяющие Sn-W специализацию металлогении этого террейна. Олово постоянно встречается и на многих проявлениях медной (Отор-Ула) и Pb-Zn минерализации; в пределах Хархиринского террейна отмечаются обширные шлиховые ореолы и небольшие россыпи касситерита. Кроме того, отмечаются Au-Cu-скарновые месторождения и проявления Cu-Ni-Pt оруденения, с которыми связаны россыпи золота и платины. В структуре Цаганшибетинской зоны, ограничивающей Хархиринский террейн с востока, установлено Ag-Sb оруденение (Шивеин-гол, Барун-сала).

Оруденение Делюно-Юстыдского террейна отличается значительно большим разнообразием и комплексным составом. В его пределах пространственно совмещена Mo-W редкометалльная минерализация, характерная для Алтайского террейна, и Sn-W, свойственная Хархиринскому террейну. Здесь выявлены молибден-вольфрамовые Уланульское и Мунгунтайгинское месторождения, вольфрамовое Богутинское и ряд Sn-W проявлений (Юстыдское и др.) в экзоконтактных зонах гранитоидных интрузий юстыдского комплекса ( $D_3$ — $C_1$ ).

Оруденение герцинского этапа ( $D$ — $C_1$ ) включает промышленное Cu-Co-W (пирротин, пирит, халькопирит, кобальтин, шеелит) (месторождения Каракульское и Тоштоузекское), олово-вольфрамовое (Юстыдское и Булыктинское) оруденение, месторождение спекулярита (Рудный лог), медистые песчаники (Хотугин-гол) и мелкие Au-Cu-кварцево-жильные проявления. Однако наиболее продуктивным в металлогеническом отношении для Делюно-Юстыдского террейна является мезозойский этап, с которым связано формирование Ni-Co-арсенидного (Асхатиин-гол), Cu-Co-сульфосольно-сульфоарсенидного (Моген-Бурень), серебро-сурьмяного (месторождения Асгат, Озерное, Толбонур), Cu-Ag-Sb-Hg (Джылкыдал, Отсалар) и сурьмяно-ртутного (м-ния Акташ, Чаган-Узун, Курайское) оруденения, а также редкометалльными Mo-W (Уланульское, Цинкук) и Sn-W (ачитнурская группа) месторождениями.

Для разных типов эндогенного оруденения установлены свои закономерности размещения в пределах рассматриваемого рудного района.

Редкометалльное Mo-W, Sn-W и Cu-Co-W оруденение локализовано в виде рудоносных зон субширотного или восток-северо-восточного простирания, как было отмечено В.И. Коваленко с соавторами [1986]. В районе выделяются три такие зоны: Юстыдско-Калгутинская, Уланульская и Сагсайская [Борисенко и др., 1992]. Они пространственно совпадают с зонами сквозных секущих разрывных нарушений, соответствующих зонам ступенчатого изменения гравитационного поля [Volchanskaya et al., 1983]. Таким образом, несмотря на генеральную субмеридиональную (СЗ) ориентировку основных структурных элементов этого региона, разновозрастное редкометалльное оруденение приурочено к субширотным рудоносным зонам, образуя наиболее значимые скопления в виде рудных узлов в участках пересечения этих зон с крупными разломами субмеридионального или СЗ простирания. В таких участках расположены Юстыдский, Уланульский Mo-W, Булыктинский Sn-W и другие рудные узлы.

При субширотном простирании основных региональных рудоносных зон, рудовмещающими структурами в пределах рудных узлов и конкретных месторождений являются в большинстве случаев зоны дробления субмеридионального простирания. Такой характер локализации оруденения отчетливо проявлен на Каракульском, Калгутинском, Бугузунском, Нурингольском и других редкометалльных месторождениях. В пределах выделенных субширотных региональных рудоносных зон отмечается латеральная зональность распределения оруденения, которая выражается в смене с запада на восток Mo-W редкометалльного оруденения (Алтайский террейн) медно-кобальт-вольфрамовым и олово-вольфрамовым (Делюно-Юстыдский) и далее существенно оловянным (Хархиринский террейн). Проявление такой зональ-

ности, по-видимому, связано со своеобразной металлогенической специализацией различных структурно-формационных зон района, и поэтому в пределах секущих их региональных рудных зон отмечается латеральная изменчивость оруденения.

Пространственное распределение эпitherмального Ni-Co-арсенидного, Ag-Sb и Sb-Hg оруденения ЮВ Алтая и СЗ Монголии контролируется структурами крупных региональных разломов [Кузнецов и др., 1978; Оболенский, 1985; Борисенко и др., 1988б, 1992]. Главными рудоконтролирующими структурами для мезозойского оруденения этого района являются зоны Курайско-Кобдинского и Теректинско-Толбонурского разломов, выступающие и как структуры обрамления Делюно-Юстыдского прогиба. К ним приурочены два одноименных линейных металлогенических пояса, в которых пространственно совмещено ртутное, кобальтовое и серебряное оруденение (см. рис. 1).

В пределах выделенных металлогенических поясов эпitherмальное оруденение локализовано в различных системах разрывных нарушений, структурно связанных с главными рудоконтролирующими разломами. Ni-Co-арсенидное и Cu-Co-As оруденение (наиболее раннее в последовательном ряду рудных формаций), приурочено в основном к зонам субмеридиональных разрывных нарушений, так же как и дайки постгранитных долеритов; более поздняя Ag-Sb минерализация — к субширотным разломам и зонам расщепления и дробления, часто вмещающим и дайки щелочных базальтоидов чуйского комплекса; Sb-Hg минерализация — к зонам глубинных разломов, с которыми пространственно совмещены основные ртутно-рудные зоны (Курайская и Сагсайская). Все это свидетельствует о постоянной смене тектонического режима в период формирования оруденения мезозойского этапа.

### СООТНОШЕНИЕ Ag-Sb ОРУДЕНЕНИЯ С ДРУГИМИ ТИПАМИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Серебро-сурьмяное оруденение ЮВ Алтая и СЗ Монголии наиболее тесно ассоциирует с сурьмяно-ртутной и Ni-Co арсенидной, и они объединяются в рудный комплекс эпitherмального оруденения мезозойского возраста [Оболенский, 1985; Борисенко и др., 1988б, 1992]. Все месторождения и рудопроявления этих типов пространственно связаны с зонами Курайско-Кобдинского и Толбонурского разломов, вдоль которых отчетливо проявлена латеральная зональность оруденения.

Вдоль Курайско-Кобдинского разлома в северо-западном направлении прослеживается последовательная смена Ag-Sb оруденения (месторождения Асгат, Озерное) комплексной Cu-Ag-Sb-Hg минерализацией с сидеритом, баритом, Hg-тетраэдритом (уч. Джылкыдал, Отсалар) и далее сурьмяно-ртутной (м-ния Красная горка, Чаган-Узун, Акташ) (табл. 2). Такая же зональность в размещении оруденения прослежена в северо-западном направлении и вдоль Теректинско-Толбонурского глубинного разлома в пределах Толбонурского пояса: месторождения Толбонур, Шарабурег (Ag-Sb) → (Сагсай (Cu, Ag, Sb, Hg) → Чияш-Нур (Hg). Элементы такой зональности отмечаются и в других рудных провинциях мира [Борисенко и др., 1992].

Все это свидетельствует о сближенности по времени процессов формирования руд этих месторождений. Вместе с тем в рассматриваемом районе на ряде месторождений достаточно определенно установлена последовательность формирования этих типов оруденения. Наиболее ранней является Ni-Co арсенидная минерализация. Так, на Cu-Ag-Sb-Hg месторождении Сагсай в Монголии установлены три разновозрастные последовательно проявленные минеральные ассоциации: 1) ранняя доломит-никелин-

Таблица 2. Изменение минерального состава руд Ag-Sb, Cu-Ag-Sb-Hg и Sb-Hg месторождений вдоль Курайско-Кобдинского и Толбонурского разломов

Металлогенический пояс	Ag-Sb	Cu -Ag-Sb-Hg	Sb-Hg
Курайско-Кобдинский	<b>Асгат, Озерное, Пограничное</b> <u>Ag-тетраэдрит, халькостибит,</u> халькопирит, цинкениит, бурнонит, пирит, пирротин, арсенипирит, сфалерит, галенит, антимонит, висмутин, Вi, фрейбергит, герсдорфит и др.	<b>Джылкыдал, Отсалар, Кокури</b> Hg-Ag-тетраэдрит, халькопирит, пирит, бравоит, галенит, сфалерит, киноварь гипергенная	<b>Акташ, Чаган-Узун, Курайское</b> <u>Киноварь, метациннабарит, пирит,</u> Hg-сфалерит, Hg-блеклые руды, герсдорфит, антимонит, халькостибит, халькопирит, реальгар, аурипигмент
Толбонурский	<u>Сидерит, кварц, кальцит, анкерит,</u> серицит, хлорит <b>Толбонур, Шарабурег</b> <u>Ag-тетраэдрит, халькопирит,</u> бурнонит, галенит, сфалерит арсенипирит, леллингит, пирит <u>Сидерит, кварц, кальцит, анкерит,</u> серицит, хлорит	<u>Сидерит, кварц, барит, кальцит,</u> серицит, диккит <b>Сагсайское</b> <u>Hg-Ag-тетраэдрит, пирит, бравоит,</u> халькопирит, золото, сульфиды и арсениды Ni и Co <u>Кварц, барит, сидерит, анкерит,</u> серицит, каолинит	<u>Кварц, кальцит, доломит, каолинит,</u> диккит, гидрослюды <b>Чияш-Нур</b> <u>Киноварь, пирит, антимонит,</u> метациннабарит, халькопирит, марказит <u>Кварц, кальцит, серицит, каолинит</u>

Примечание. Подчеркнуты преобладающие минералы.

раммельсбергитовая (Ni-Co арсенидная минерализация) в виде жил и прожилков доломита с вкрапленностью и концентрически-зональными почковидными агрегатами никелина и раммельсбергита; 2) барит-тетраэдритовая (Cu-Ag-Sb-Hg минерализация), включающая Ag, Hg-содержащий тетраэдрит, халькостибит, халькопирит, пирит, минералы Ni и Co, барит, сидерит, кварц; 3) поздняя карбонатно-киноварная. Эти минеральные ассоциации отвечают трем типам оруденения (Ni-Co-As, Cu-Ag-Sb-Hg, Hg), пространственно совмещенным в рудном поле месторождения Сагсай. На Толбонурском месторождении установлено наложение Ag-Sb минерализации (сидерит + Ag-содержащий тетраэдрит) на сидерит-арсенидную жилу с леллингитом, арсенопиритом и герсдорфитом [Борисенко и др., 1992]. На Ni-Co арсенидном месторождении Асхатиин-гол в Юстыдском рудном узле субширотные зоны с Ag-Sb минерализацией пересекают субмеридиональную зону с пологими сидерит-арсенидными жилами. Такие же пространственно-временные соотношения Ni-Co-As и Ag-Sb оруденения установлены и на ряде других проявлений в рассматриваемом регионе (Могенбурень, Кок-Узек, Чаган-гол и др.).

Установлено, что Ag-Sb и Sb-Hg минерализация наложена на раннемезозойские дайки щелочных базитов чуйского комплекса (участки Кок-Узек, Турген, Пограничное, Ирбисту и др.). В то же время щелочные базиты пересекают зоны с Cu-Co-As и Ni-Co-As минерализацией [Оболенская, 1971; Митропольский, Кулик, 1975].

Проявлению комплекса мезозойского эпитегрмального оруденения в Делюно-Юстыдском прогибе предшествуют среднепалеозойское Mo-W, Ni-Co-арсенидное и Cu-Co-W оруденения. Эти типы редкометалльного и кобальтового оруденения пространственно и генетически связаны с гранитами юстыдского комплекса, возраст которых составляет  $355.7 \pm 8.6$  млн лет (U-Pb метод) [Говердовский, Руднев, 2000]. Серебро-сурьмяное оруденение наложено на рудные зоны пирротин-халькопирит-кобальтинового состава на Cu-Co-W месторождении Каракуль и на зоны халькопирит-пирит-пирротиновой минерализации на участках Кара-Оюк и Турген. Пересечение зон контактово-метаморфизованных пород с пирротином, халькопиритом, кобальтином и шеелитом пологими сидерит-арсенидными жилами с леллингитом, скуттерудитом, сафлоритом, самородным Bi и As установлено на Ni-Co-арсенидном месторождении Асхатиин-гол [Тюлькин, 1980; Борисенко и др., 1984].

Наиболее молодой ( $T_2-J_1$ ) в рассматриваемом регионе является Mo-W грейзеновая минерализация Калгутинского и Уланульского месторождений. Она связана с интрузиями молодых редкометалльных гранитов и дайковым комплексом ультраредкометалльных онгонитов, эльванов и гранит-порфиров (см. табл. 1).

Таким образом, наиболее тесно Ag-Sb оруденение связано с Ni-Co-арсенидной и ртутной минерализацией, с которыми серебро-сурьмяное оруденение образует единый рудный комплекс раннемезозойского ( $T_1$ ) возраста [Оболенский и др., 1979; Оболенский, 1985; Борисенко и др., 1992].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗОТОПНО-ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выяснения возраста серебро-сурьмяного оруденения и выявления его пространственно-временных и генетических соотношений с другими типами рудной минерализации и магматизмом были проведены изотопно-геохронологические исследования пород и руд Ag-Ag методом, результаты которых приведены в табл. 3. Основными минералами для анализа явились слюды — биотит (лампрофиры), мусковит, серицит (рудно-метасоматические образования) и калиевый полевой шпат (амазонитовые граниты). Навески мономинеральных фракций совместно с навесками монитора (биотит МСА-11 ОСО № 129-88) помещались в кварцевую ампулу и после откачки из нее воздуха запаивались. Биотит МСА-11 (ВИМС) был аттестован в качестве Ag/Ag монитора с помощью международных стандартных образцов мусковита Vern 4m, биотита LP-6 [Baksi et al., 1996]. Кварцевые ампулы с пробами облучались в кадмированном канале научного реактора ВВР-К типа при НИИ ядерной физики (г. Томск). Градиент нейтронного потока не превышал 0.5 % в размере образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву проводились в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Для коррекции на мешающие изотопы аргона, образовавшиеся во время облучения на Ca, K, использовались следующие коэффициенты:  $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0.00073 \pm 0.000026$ ,  $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0.00032 \pm 0.000021$ ,  $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 0.0641 \pm 0.0001$ , определенные по облученным навескам чистых солей. Очистка 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, в таблицах и на рисунках, соответствуют интервалу  $\pm 1\sigma$ .

Полученные результаты показали, что Ag-Sb оруденение Юстыдского рудного узла относится к раннемезозойскому этапу —  $240 \pm 1.6$  млн лет (граница раннего и среднего триаса). Эти данные получены по серициту из сидеритовой жилы с тетраэдритом и халькопиритом среди березитизированных слюдяных лампрофиров чуйского комплекса (участок Турген месторождения Асгат). Проба серицита по данным рентгеноструктурного анализа представлена мелкозернистым мусковитом (M-1) с незначительной примесью карбоната и кварца. Возраст неизмененных лампрофиров, вмещающих сидеритовую жилу, опре-

Таблица 3. Возраст пород и руд месторождений ЮВ Алтая и СЗ Монголии (Ar-Ar метод)

№ пробы	Место отбора проб	Минерал	Возраст		Ссылка
			Плато	Изохрона	
Т-23	Hg м-ние Тютге, Северо-Чуйский хребет	Серицит из киноварной руды	231.5 ± 1	—	[Наст. статья]
215	Cu-Ag-Hg-Sb м-ние Кок-Узек, Южно-Чуйский хребет	Серицит из березитизированного керсантиста в зальбанде рудной жилы	234.4 ± 1.3	237.1 ± 2.1	»
»	Ag-Sb м-ние Асгат, уч. Турген (Монголия)	Серицит из березитизированного керсантиста в сидеритовой жиле	240 ± 3.5	—	»
214	Керсантист, чуйский комплекс, Южно-Чуйский хребет	Биотит	236.8 ± 0.6	236.2 ± 1	»
»	Керсантист, м-ние Асгат, уч. Турген (Монголия)	»	243 ± 3.7	—	»
Тг-4	»	»	234.6 ± 3.1	—	»
АК-4	Керсантист, Южно-Чуйский хребет	»	244 ± 0.8	—	»
»	»	»	245.7 ± 0.7	—	[Врублевский и др., 2004]
»	»	»	236 ± 3.8	—	[Наст. статья]
»	Ni-Co-арсенидное м-ние, Южно-Чуйский хребет	Настуран, U-Pb метод	252—242	—	[Митропольский, Кулик, 1975]
ГБ-6	Sn-W Ачитнурское м-ние (МНР)	КПШ из дайки амазонитовых гранитов с касситеритом	265.9 ± 3.5	—	[Наст. статья]
»	Sn-W проявление Юстыд, хр. Чихачева (ЮВ Алтай)	Мусковит из кварц-касситерит-вольфрамитовых жил в грейзенах	359 ± 3.4	352 ± 6.0	»
»	Граниты юстыдского комплекса, хр. Чихачева (ЮВ Алтай)	Циркон, U-Pb метод	355.7 ± 8.6	—	[Говердовский, Руднев, 2000]

Таблица 4. Изотопный состав He и Ar в рудообразующих растворах Ag-Sb, Sb-Hg и Cu-Ag-Hg-Sb месторождений

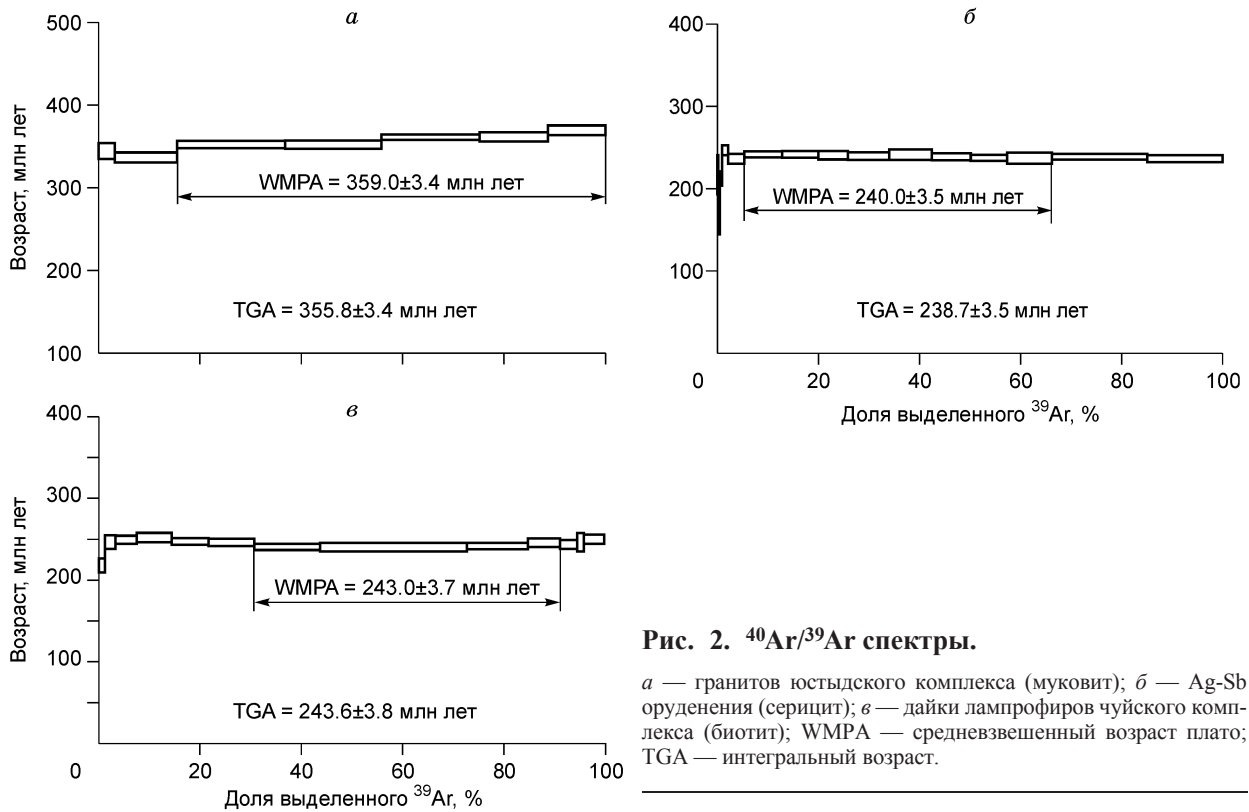
№ п/п	Месторождение	Минерал	Гелий		Аргон		Доля мант. He, %
			<sup>3</sup> He, (нсм <sup>3</sup> /г)·10 <sup>-8</sup>	( <sup>3</sup> He/ <sup>4</sup> He)·10 <sup>-6</sup>	<sup>40</sup> Ar, (нсм <sup>3</sup> /г)·10 <sup>-8</sup>	<sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	
1	Асгат (Ag-Sb)	Кварц	0.9	3.4	432	462.3	28
2	»	»	4.3	4.7	193	319	39
3	Пограничное (Ag-Sb)	»	0.8	2.6	634	362.3	21
4	Джылкыдал (Cu-Ag-Hg-Sb)	»	1.5	1.6	51	335	13.3
5	Акташ (Sb-Hg)	Кальцит	9	0.28	—	—	<2.3
6	Акджилга (Ag-Sb) подрудный уровень	Кварц	1.4	22.9	102	341	100
7	»	»	4.5	13.1	200	>300	100
8	Акджилга (Ag-Sb) надрудный уровень	»	1.9	0.07	—	—	—

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории геохронологии и геохимии изотопов ГН КНЦ РАН (г. Апатиты) И.Л. Каменским и Д.Д. Новиковым.

деленный Ar-Ar методом, составляет 243 ± 2.5 млн лет. В целом же время формирования слюдяных лампрофиров чуйского комплекса, по данным [Борисенко и др., 2003; Говердовский, 2004; Врублевский и др., 2004; Наумов, 2007], охватывает интервал 243—236 млн лет (см. табл. 1, рис. 2). Это позволяет считать Ag-Sb оруденение весьма близким по времени формирования с внедрением лампрофиров чуйского комплекса.

Возраст комплексного Cu-Ag-Sb-Hg оруденения рудопроявления Кок-Узек в Южно-Чуйском хребте более молодой [Борисенко и др., 2003, 2006а,б]. Такое оруденение является переходной разновидностью между Ag-Sb и Sb-Hg минерализацией. На этом участке сидерит-анкеритовые жилы с Ag- и Hg-содержащей блеклой рудой (Ag — 1.2 %, Hg — 5.6 %), фрейбергитом (Ag — 14.2 %), арсенопиритом, леллингитом пересекают дайку керсантистов чуйского комплекса, превращенных в зальбандах жилы в березиты. Возраст серицита из березитов, по результатам Ar-Ag датирования, составляет 234.4 ± 1 млн лет. Еще более поздней является Sb-Hg минерализация этого региона. Возраст серицита из руд ртутного месторождения Тютге составляет 231.5 ± 1 млн лет (Ar-Ag метод) [Борисенко и др., 2003, 2006а,б].





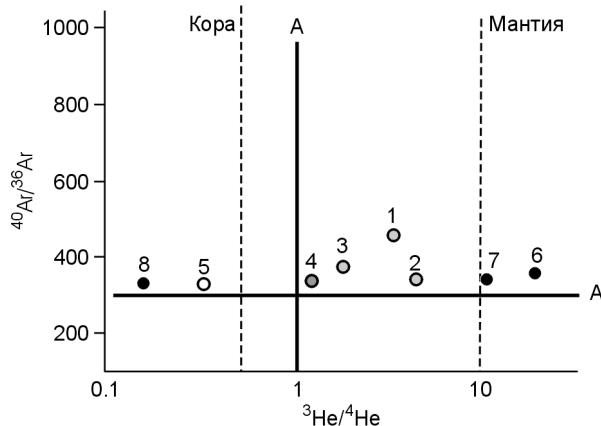
**Рис. 2.**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  спектры.

*а* — гранитов юстыдского комплекса (муковит); *б* — Ag-Sb оруденения (серицит); *в* — дайки лампрофиров чуйского комплекса (биотит); WMPA — средневзвешенный возраст плато; TGA — интегральный возраст.

Для выяснения временных соотношений Ag-Sb оруденения с оловянной минерализацией этого региона был установлен возраст мусковита и серицита из оловянных руд Булыктинского и Юстыдского месторождений. Кроме того, определен возраст калиевого полевого шпата из дайки амазонитовых гранитов Ачитнурского проявления, на которые наложена Sn-W минерализация. Сами амазонитовые граниты содержат акцессорный касситерит. Ag-Ar возраст мусковита из кварц-касситерит-вольфрамовых жил Юстыдского месторождения составляет  $359 \pm 3.4$  и  $352 \pm 6$  млн лет (плато и изохрона соответственно, см. табл. 3). Возраст серицита из Булыктинского оловорудного месторождения также оказался близким — около  $360 \pm 22$  млн лет, правда при большом разбросе значений. Более молодыми — раннепермскими, являются оловянные руды Ачитнурского месторождения, Ag-Ar возраст калишпата из амазонитовых гранитов, на которые они наложены  $265.9 \pm 3.5$  млн лет (см. табл. 3).

Уточнение времени формирования дайки щелочных базитов чуйского комплекса было проведено Ag-Ar методом по биотиту из порфировых вкрапленников в мелкозернистом керсантите участков Турген и Пограничный (Асгат-Озерная серебрянорудная зона), а также крупнокристаллического биотита из района месторождения Акташ (см. табл. 3). Полученные значения возраста этих пород весьма близки к ранее установленным [Борисенко и др., 2003; Врублевский и др., 2004].

Было проведено определение изотопного состава гелия из флюидных включений в кварце Ag-Sb руд месторождения Асгат и уч. Пограничный (табл. 4, рис. 3). Определения изотопов гелия и аргона проводились на масс-спектрометре МИ-1201 № 22-78 в лаборатории изотопных исследований Геологического института КНЦ РАН (г. Апатиты). Методы экстракции газа из образца — дробление в вакууме и плавление. Ошибки измерений концентраций  $^4\text{He}$  и



**Рис. 3.** Значения изотопных соотношений гелия и аргона.

А — атмосферные значения отношений гелия и азота; 1—3 — Ag-Sb месторождения Асгат и Пограничное; 4 — Cu-Ag-Hg-Sb месторождение Джылкыдал; 5 — ртутное месторождение Акташ; 6—8 — Ag-Sb месторождение Акджилга (Памир); 6, 7 — рудные жилы подрудного уровня, 8 — жилы надрудного уровня (см. табл. 4).

$^{40}\text{Ar}$  составляют 3—5 %. Методика изотопно-газовых измерений опубликована в работах [Marty et al., 1998; Tolstikhin et al., 1999].

Полученные результаты позволили установить высокую долю мантийного He, что свидетельствует об участии мантийных флюидов в формировании Ag-Sb оруденения рудного района ЮВ Алтая—СЗ Монголии. Более низкие значения соотношений гелиевых изотопов получены для комплексных Cu-Ag-Hg-Sb руд месторождения Джылкыдал и для Hg месторождения Акташ (Горный Алтай). Они отвечают коровым значениям состава гелия, что указывает на высокую долю экзогенных вод в рудообразующих растворах и согласуется с данными по изотопному составу углерода, кислорода и серы [Оболенский и др., 1979; Borisenko et al., 1999]. На основе возрастной корреляции процессов пермотриасового магматизма и рудообразования и анализа соотношений гелиевых изотопов, показывающих высокую долю мантийной составляющей в составе рудообразующих флюидов Ag-Sb месторождений, устанавливается генетическая связь рудных месторождений с проявлениями плюмового магматизма.

### ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенное изучение возраста серебро-сурьмяного оруденения рудного района ЮВ Алтая и СЗ Монголии, его соотношения с другими типами эндогенного оруденения и магматизмом этого региона позволили по новому подойти к решению многих вопросов генезиса Ag-Sb месторождений.

На примере рассмотренного региона показано, что наблюдаемая во многих рудных районах (Монголия, Таласский район в Киргизии, ЮВ Памир, Рудные горы Европы, Верхоянский пояс в Якутии, Корнуолл в Англии и др.) пространственная связь Ag-Sb и Sn-W оруденения не всегда является генетической. По крайней мере, для рудного района ЮВ Алтая и СЗ Монголии установлено, что триасовое Ag-Sb эпitherмальное оруденение значительно оторвано во времени от Sn-W минерализации, связанной со среднепалеозойскими гранитами, к которым пространственно приурочены Ag-Sb месторождения. Этот вывод обосновывается не только данными изотопно-геохронологических исследований, однозначно показавших существенный разрыв во времени формирования этих типов эндогенной минерализации, но и структурно-геологическими данными, наличием межминерализационных даек лампрофиров и долеритов.

С другой стороны, для рудного района ЮВ Алтая и СЗ Монголии установлено несколько этапов проявления оловянной минерализации: 1) среднепалеозойский ( $D_3-C_1$ ), к которому относятся кварц-касситеритовые жилы в гранитах юстыдского комплекса; 2) позднепермский (Ачитнурское месторождение ~266 млн лет); 3) раннемезозойский (оловорудные месторождения Калбо-Нарымской зоны в Восточном Казахстане — 260—250 млн лет) и Ta-Nb-Sn оруденение, связанное с гранитами монастырского комплекса в Рудном Алтае — 235—225 млн лет; 4) раннеюрское Li-Ta-Nb оруденение с касситеритом на Аллахинском месторождении — 198.6 млн лет [Владимиров и др., 1997; Анникова и др., 2006]. Все это свидетельствует о неоднократности проявления на Алтае и прилегающих районах оловянного оруденения, в том числе близкого по возрасту с серебро-сурьмяным. Пространственно Ag-Sb оруденение обособлено от раннемезозойской оловянной минерализации, но наложено на более древнюю оловянную минерализацию среднепалеозойского возраста.

Проведенные исследования выявили сближенность во времени формирования Ag-Sb, Cu-Ag-Sb-Hg и Hg оруденения, что согласуется с особенностями их локализации и проявлением эндогенной зональности размещения в тектонических структурах рудного района (см. рис. 1). В то же время установлена возрастная последовательность формирования типов оруденения (млн лет): Ag-Sb (240)→ Cu-Ag-Hg-Sb (234)→ Sb-Hg (231).

Таким образом, отмеченная в пределах Курайской и Толбонурской рудных зон постепенная смена Ag-Sb оруденения комплексным Cu-Ag-Sb-Hg и далее Sb-Hg (антимонит-киноварным) является отражением стадийной (этапной) зональности в распределении оруденения вдоль основных региональных рудоконтролирующих структур — Курайско-Кобдинского и Теректинско-Толбонурского глубинных разломов.

Важным результатом проведенных исследований явилось также выявление синхронности проявления процессов формирования Ag-Sb оруденения с проявлением щелочно-базитового магматизма, представленного чуйским дайковым комплексом керсантитов, минетт и бостонитов. Это наряду с пространственной приуроченностью оруденения к ареалу развития даек щелочных базальтоидов может свидетельствовать о наличии генетических связей между этими рудными и магматическими образованиями. В пользу этого свидетельствуют данные изотопного состава гелия Ag-Sb месторождений (см. табл. 4) о присутствии значительной доли мантийного He в рудообразующих флюидах. Следует отметить, что лампрофиры чуйского комплекса отличаются повышенными содержаниями Sb, Hg и Ag — профилирующих элементов Ag-Sb руд [Оболенская, 1982]. Изучение изотопного состава свинца минералов Ag-Sb руд и породного свинца лампрофиров и вмещающих оруденение сланцев Делюно-Юстыдского прогиба показало, что тренд значений изотопного состава свинца соответствует области смешения мантийных (лампрофиры) и коровых (сланцы) свинцов [Борисенко и др., 1991]. Это свидетельствует о заимствовании,

по крайней мере, части рудных компонентов из вмещающих пород. Дайки щелочных базитов и долеритов чуйского и курайского комплексов, а также граносиенитов и монцодиоритов теранжинского и тархатинского комплексов очерчивают протяженный ареал (500 × 300 км), вытянутый в СЗ направлении. Время формирования этих комплексов охватывает интервал 250—235 млн лет [Шокальский и др., 2000; Борисенко и др., 2003; Врублевский и др., 2004; Добрецов и др., 2005], что отвечает времени проявления мантийного и мантийно-корового магматизма, связанного с Сибирским суперплюмом [Добрецов и др., 2005; Борисенко и др., 2006а,б]. Таким образом, комплекс раннемезозойского эпитептермального Ni-Co-As, Ag и Hg оруденения, в который входит и Ag-Sb минерализация, рассматривается нами как продукт деятельности мантийно-коровых рудно-магматических систем и металлогенический индикатор эндогенных процессов, связанных с мантийными плюмами.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для рудного района ЮВ Алтая и СЗ Монголии обоснован раннемезозойский возраст Ag-Sb оруденения, составляющий около 240 млн лет.

По времени формирования Ag-Sb оруденение коррелируется с чуйским дайковым комплексом щелочных базальтоидов, с которым оно пространственно и, вероятно, генетически связано.

Генетическая связь Ag-Sb оруденения с пермотриасовым плюмовым магматизмом подтверждается высокой долей мантийного гелия в рудообразующих флюидах этих месторождений, что свидетельствует об участии в рудообразовании флюидов, которые генерировались щелочно-базитовыми расплавами мантийного происхождения.

Установленная эндогенная зональность в размещении эпитептермального оруденения в пределах основных разрывных структур ЮВ Алтая и СЗ Монголии относится к роду стадийной (или этапной, по В.И. Смирнову [1969]) зональности и связана с последовательным формированием разновозрастного Ag-Sb, Cu-Ag-Hg-Sb и Sb-Hg оруденения в зонах Курайско-Кобдинского и Толбонурского разломов.

Рудный комплекс, включающий Ni-Co-As, Ag-Sb, Cu-Ag-Hg-Sb и Hg оруденение, как и проявление щелочно-базитового магматизма, коррелируется по времени формирования с проявлением раннетриасового Сибирского суперплюма и является металлогеническим индикатором плюмового магматизма.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 06-05-64789, 07-05-00803) и гранта РНП.2.1.1.702 Министерства образования и науки России.

#### ЛИТЕРАТУРА

**Аникова И.Ю., Владимиров А.Г., Выставной С.А., Журавлев Д.З., Крук Н.Н., Лепехина Е.Н., Матуков Д.И., Мороз Е.Н., Палесский С.В., Пономарчук В.А., Руднев С.Н., Сергеев С.А.** U-Pb, <sup>39</sup>Ar/<sup>40</sup>Ar данные and Sm-Nd, Pb-Pb изотопные исследования Калгутинской Mo-W рудно-магматической системы (Южный Алтай, Россия) // Петрология, 2006, т. 14, № 1, с. 90—108.

**Борисенко А.С., Лебедев В.И., Тюлькин В.Г.** Условия образования гидротермальных кобальтовых месторождений. Новосибирск, Наука, 1984, 160 с.

**Борисенко А.С., Бортников Н.С., Павлова Г.Г., Цепин А.И., Пospelова Л.Н.** Висмутсодержащие минералы в сидерит-сульфосольных жилах Юстыдского прогиба // Геология и геофизика, 1986 (10), с. 70—77.

**Борисенко А.С., Павлов И.А., Павлова Г.Г., Боровиков А.А.** Источники серы сидерит-сульфосольных жил Юстыдского прогиба // Геология и геофизика, 1988а (7), с. 125—129.

**Борисенко А.С., Скуридин В.А., Лебедев В.И., Оболенская Р.В., Березиков Ю.К., Говердовский В.А.** Металлогения рудного района юго-востока Алтая и северо-запада Монголии // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. XV: Металлогения Сибири. М., Наука, 1988б, с. 131—139.

**Борисенко А.С., Скуридин В.А., Оболенский А.А., Троицкий В.А., Чернышев И.В., Пономарчук В.А., Говердовский В.А.** Проблема связи эндогенного оруденения с магматизмом в рудном районе ЮВ Алтая и СЗ Монголии // Изотопные исследования процессов рудообразования. Новосибирск, Наука, 1991, с. 151—170.

**Борисенко А.С., Павлова Г.Г., Оболенский А.А.** Серебро-сурьмяная рудная формация. Новосибирск, Наука, 1992, 188 с.

**Борисенко А.С., Говердовский В.А., Пономарчук В.А.** Возраст Au-Hg оруденения Алтае-Саянской орогенной области // Вестн. Том. ун-та, 2003, № 3 (III), с. 216—217.

**Борисенко А.С., Оболенский А.А., Говердовский В.А., Пономарчук В.А.** Возрастные рубежи формирования редкометалльного оруденения Западной Монголии и ЮВ Алтая // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Иркутск, Изд-во СО РАН, 2004, с. 43—47.

**Борисенко А.С., Сотников В.И., Изох А.Э., Поляков Г.В., Оболенский А.А.** Пермотриасовое оруденение Азии и его связь с проявлением плюмового магматизма // Геология и геофизика, 2006а, т. 47 (1), с. 166—182.

**Борисенко А.С., Наумов Е.А., Оболенский А.А.** Типы золото-ртутных месторождений и условия их образования // Геология и геофизика, 2006б, т. 47 (3), с. 342—354.

**Буслов М.М., Ватанабе Т., Смирнова Л.В., Фудживара И., Ивата К., де Граве И., Семаков Н.Н., Травин А.В., Кирьянова А.П., Кох Д.А.** Роль сдвигов в позднепалеозойско-раннемезозойской тектонике и геодинамике Алтае-Саянской и Восточно-Казахстанской складчатых областей // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1—2), с. 49—75.

**Владимиров А.Г., Пономарева А.П., Шокальский С.П., Халилов В.А., Костицын Ю.А., Пономарчук В.А., Руднев С.Н., Выставной С.А., Крук Н.Н., Титов А.В.** Позднепалеозойский — раннемезозойский гранитоидный магматизм Алтая // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (4), с. 715—729.

**Владимиров А.Г., Козлов М.С., Шокальский С.П., Халилов В.А., Руднев С.Н., Крук Н.Н., Выставной С.А., Борисов С.М., Березиков Ю.К., Мещнер А.Н., Бабин Г.А., Мамлин А.Н., Мурзин О.М., Назаров Г.В., Макаров В.А.** Основные возрастные рубежи интрузивного магматизма Кузнецкого Алатау, Алтая и Калбы (по данным U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (8), с. 1157—1178.

**Врублевский В.В., Гертнер И.Ф., Поляков Г.В., Изох А.Э., Крупчатников В.И., Травин А.В., Войтенко В.В.** Ag-Ag изотопный возраст лампроитовых даек чуйского комплекса, Горный Алтай // Докл. РАН, 2004, т. 399, № 4, с. 516—519.

**Гаврилова С.П.** Гранитоидные формации Западной Монголии // Гранитоидные и щелочные формации в структурах Западной и Северной Монголии (Материалы Объединенной советско-монгольской научной экспедиции, вып. 14). М., Наука, 1975, с. 50—164.

**Гамянин Г.Н., Аникина Е.Ю., Бортников Н.С., Алпатов В.В., Борисенко А.С., Носик Л.П.** Серебро-полиметаллическое месторождение Прогноз, Саха (Якутия): минерало-геохимические особенности и генезис // ГРМ, 1998, т. 40, № 5, с. 440—458.

**Гамянин Г.Н., Аникина Е.Ю., Бортников Н.С., Алпатов В.В.** Серебро-полиметаллическое месторождение Прогноз, Саха (Якутия): химизм и зональность рудных жил // ГРМ, 2003, т. 45, № 6, с. 531—546.

**Геология** и генезис ртутных месторождений Алтае-Саянской области / Ред. В.А. Кузнецов. Новосибирск, Наука, 1978, 293 с.

**Говердовский В.А.** Дайки Юстыдского рудного узла // Геологическое строение и полезные ископаемые Алтайского края. Бийск, Изд-во АГУ, 1985, с. 65—68.

**Говердовский В.А.** О времени формирования магматических образований Юстыдского прогиба (Юго-Восточный Алтай) // Геология и геофизика, 1987 (5), с. 116—119.

**Говердовский В.А.** Геодинамическая позиция среднепалеозойских базитовых серий Алтая (на примере караюкского и теректинского комплексов) // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (2), с. 212—221.

**Говердовский В.А., Руднев С.Н.** Распределение редкоземельных элементов в гранитах юстыдского комплекса (Горный Алтай) // 300 лет горно-геологической службе России: история горно-рудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые Алтая (Материалы региональной научно-практической конференции). Барнаул, Изд-во АГУ, 2000, с. 335—339.

**Гусев А.И.** Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. Томск, СТТ, 2003, 50 с.

**Демин А.Н., Демин П.А., Стороженко А.А.** Геодинамика и эволюция вендских и палеозойских структур Западной Монголии // Вопросы геологии и металлогении Монголии и смежных территорий (Тез. VII Междунар. конф. Керуленской геол. экспедиции). Улан-Батор, МТУ, 1991, с. 92—94.

**Демин А.Н., Демин П.А., Андреев В.В.** Раннемезозойские рудоносные гранитоиды и геодинамическая обстановка их формирования в Монгольском Алтае // Тезисы Междунар. конф. „Постколлизонная эволюция подвижных поясов“ (VII чтения А.Н. Заварицкого). Екатеринбург, Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2001, с. 23.

**Демин П.А., Демин А.Н., Лепин В.С., Колосницына Т.И., Краснощекова Т.С., Солодянкина В.Н.** Оценка возраста вольфрамовых месторождений. Проблемы геологии Монгольского Алтая: Материалы конференции „Природные условия и ресурсы Западной Монголии“. Улан-Батор, 1995, с. 5—16.

**Дистанов Э.Г., Борисенко А.С., Оболенский А.А., Сотников В.И., Лебедев В.И.** Особенности металлогении полиаккреционной Алтае-Саянской орогенной области // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (12), с. 1257—1276.

**Добрецов Н.Л.** Пермотриасовый магматизм и седиментация в Евразии как отражение суперплюма // Докл. АН СССР, 1997, т. 354, № 2, с. 220—223.

**Добрецов Н.Л., Берзин Н.А., Буслов М.М., Ермиков В.Д.** Общие проблемы эволюции Алтайского региона и взаимоотношения между строением фундамента и развитием неотектонической структуры // Геология и геофизика, 1995, т. 36 (10), с. 5—19.

**Добрецов Н.Л., Владимиров А.Г., Крук Н.Н.** Пермотриасовый магматизм Алтае-Саянской складчатой области как отражение Сибирского суперплума // Докл. РАН, 2005, т. 400, № 4, с. 305—309.

**Довгаль В.Н., Трибунский Е.Н., Саботович С.А., Дистанова А.Н.** Геологические и вещественные особенности редкометалльных литий-фтористых гранитоидов Алтая // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (11), с. 1807—1814.

**Коваленко В.И., Коваль П.В., Якимов В.М., Шерхан О.** Металлогения Монгольской Народной Республики (вольфрам, олово, редкие и редкоземельные элементы). Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1986, 52 с.

**Кривенко А.П.** Вопросы происхождения пород Торгалыкского интрузивного комплекса Тувы // Магматические формации Алтае-Саянской складчатой области. М., Наука, 1965, с. 65—83.

**Крук Н.Н., Руднев С.Н., Журавлев Д.З., Плотников А.В., Бабин Г.А., Выставной С.А., Палеский С.В.** Этапы формирования и источники континентальной коры западной части Алтае-Саянской складчатой области (по данным изотопно-геохимических исследований) // Актуальные вопросы геологии и минерагении юга Сибири: Материалы научной конференции. Новосибирск, Изд-во ИГиГ СО РАН, 2001, с. 1—11.

**Крук Н.Н., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Руднев С.Н., Гибшер А.С., Советов Ю.К., Сергеев С.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Левченко О.А., Махлаев М.Л., Дербан А.Г.** Девонский тип магматизма Восточного Саяна (по U-Pb изотопным данным) // Петрология магматических и метаморфических комплексов (Материалы научной конференции). Томск, Изд-во Том. ун-та, 2002, т. 1, с. 189—193.

**Митропольский А.С., Кулик Н.А.** Висмут-никель-кобальтовая минерализация в зонах мезозойской активизации Горного Алтая и Западной Тувы // Закономерности размещения полезных ископаемых, Т. XI. М., Наука, 1975, с. 306—313.

**Михалева Л.А.** Мезозойская лампрофир-диабазовая формация юга Сибири. Новосибирск, Наука, 1989, 165 с.

**Наумов Е.А.** Типы золото-ртутной минерализации Алтае-Саянской складчатой области и физико-химические условия их формирования: Автореф. дис. ... к. г.-м. н. Новосибирск, ИГиМ СО РАН, 2007, 17 с.

**Оболенская Р.В.** Чуйский комплекс щелочных базальтоидов Горного Алтая. Новосибирск, Наука, 1971, 147 с.

**Оболенская Р.В., Борисенко А.С., Шипицын Ю.Г., Макуха Т.Н.** Микроэлементы в мезозойских щелочных базальтоидах Горного Алтая // Микроэлементы как индикаторы геологических процессов. Новосибирск, Изд-во ИГиГ СО АН СССР, 1982, с. 10—18.

**Оболенский А.А., Гущина Л.В., Борисенко А.С., Боровиков А.А., Павлова Г.Г.** Сурьма в гидротермальных процессах: растворимость, условия переноса, металлоносность растворов // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (12), с. 1276—1288.

**Оболенский А.А.** Генезис месторождений ртутной рудной формации Новосибирск, Наука, 1985, 193 с.

**Оболенский А.А., Борисенко А.С., Оболенская Р.В.** Природа гидротермальных растворов и источники рудного вещества эпитермальных месторождений ртути, сурьмы и мышьяка // Природа растворов и источники рудообразующих веществ эндогенных месторождений. Новосибирск, Наука, 1979, с. 42—71.

**Павлова Г.Г.** Минералого-геохимические особенности сидерит-сульфосольной минерализации юга Сибири // Geol. Zb. Geologica Carpathica, 1987a, v. 38, № 1, p. 35—42.

**Павлова Г.Г.** Минеральный состав руд и некоторые вопросы генезиса серебро-сульфосольного оруденения Юстыдского прогиба (Горный Алтай): Автореф. дис. ... к. г.-м. н. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1987b, 263 с.

**Павлова Г.Г., Боровиков А.А.** Физико-химические факторы формирования Au—As, Au—Sb и Ag—Sb месторождений // ГРМ, 2008, т. 50.

**Павлова Г.Г., Морцев Н.К., Борисенко А.С., Дыщук М.Ю., Боровиков А.А.** Минеральный состав и стадийность формирования серебро-сурьмяного оруденения Акджилгинского рудного поля (ЮВ Памир) // Гранитоидный магматизм и оруденение Базардаринского горно-рудного района (ЮВ Памир). Новосибирск, Изд-во ИГиГ СО АН СССР, 1990, с. 124—159.

**Павлова Г.Г., Гущина Л.В., Боровиков А.А., Борисенко А.С., Оболенский А.А.** Серебро и сурьма в гидротермальных растворах Ag-Sb месторождений // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (10), с. 1186—1197.

**Прокопцев Н.Г.** О малых интрузиях в междуречье Кумира и Коргона и связанной минерализации // ГРМ, 1960, № 6, с. 80—87.

**Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А.** Раннепалеозойские гранитоидные батолиты Алтае-Саянской складчатой области // Докл. РАН, 2004, т. 396, № 3, с. 369—373.

**Рудные формации** Карпато-Балканской области / Ред. Л. Эгель. М., Недра, 1978, 238 с.

**Смирнов В.И.** Геология полезных ископаемых. М., Недра, 1969, 687 с.

**Тюлькин В.Г.** Висмут-кобальтовое оруденение в структурах активизации ЮЗ Тувы и некоторые вопросы генезиса: Автореф. дис. ... к. г.-м. н. Новосибирск, 1980, 24 с.

**Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Борисов С.М., Гусев Н.И., Токарев В.Н., Зыбин В.А., Дубский В.С., Мурзин О.В., Кривчиков В.А., Крук Н.Н., Руднев С.Н., Федосеев Г.С., Титов А.В., Сергеев В.П., Лихачев Н.Н., Мамлин А.Н., Котельников Е.И., Кузнецов С.А., Зейферт Л.Л., Яшин В.Д., Носков Ю.С., Уваров А.Н., Федак С.И., Гусев А.И., Выставной С.А.** Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2000, 187 с.

**Baksi A.K., Archibald D.A., Farrar E.** Intercalibration of  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating standards // Chem. Geol., 1996, v. 129, p. 307—324.

**Baumann L.** On the zonal distribution of mineralization in the ore veins of the Freiberg ore district // Symposium „Problems of postmagmatic ore deposition“. Prague, Publishing House of Czechoslovak Academy of Sciences, 1965, v. 2, p. 56—66.

**Berzin N.A., Dobretsov N.L.** Geodynamic evolution of Southern Siberia in Late Precambrian-Early Paleozoic time // Proc. 29th Int. Geol. Cong., part B., VSP Publ., Utrecht-Tokyo, 1994, p. 53—70.

**Borisenko A.S., Pavlova G.G., Borovikov A.A., Obolenskiy A.A.** Ag-Sb deposits of the Yustid depression, Eastern Russia and Northwest Mongolia // Intern. Geol. Rev., 1999, v. 41, № 7, p. 639—664.

**Borisenko A.S., Pavlova G.G., Borovikov A.A., Vladimirov A.G., Mortsev N.K.** Silver deposits of the Pamir region, Tajikistan: metallogeny, mineralogy and genesis // Intern. Geol. Rev., 2000, v. 42, № 8, p. 702—723.

**Haber M.** Mineralogische-geochemische und paragenetische Erforschung hydrotermaler Gänge im Gebiet zwischen Pracovce und Kojsov (Spissko-Gemerske rudohorie) // Zapadne Karpaty. Ser. Petrog., geochem., metallogeneza, 1980, № 7, p. 7—132.

**Izokh A.E., Agafonov L.V., Borisenko A.S., Tolstykh N.D., Slutzker E.M., Babich V.V., Lobanov K.V., Goverdovskiy V.A.** Kuznetsk Alatau-Altai platinum-bearing belt in west Altai-Sayan fold region (Russia-West Mongolia) // Proceedings of International conference „Metallogeny of the Pacific northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins“. Vladivostok, Dalnauka, 2004, p. 350—354.

**Marty B., Tolstikhin I., Kamensky I., Nivin V., Balaganskaya E., Zimmerman J.-L.** Plume-derived rare gases in 380 Ma carbonatites from the Kola region (Russia) and the argon isotopic composition in the deep mantle // Earth Planet. Sci. Lett., 1998, v. 164, № 1—2, p. 179—192.

**Pavlova G., Gushchina L., Borovikov A., Borisenko A., Polyanova G.** Forming conditions for Au-Sb and Ag-Sb ore according to thermodynamic modeling data // J. Mater. Sci., 2006, v. 41, p. 1557—1562.

**Rudnianske rudne pole** / Eds. B. Cambel, J. Jarcovsky. Bratislava, Veda Press, 1985, 363 p.

**Seifert Th.** Post-collisional bimodal magmatism and related Sn-W-Mo and Ag-rich base metal deposits at the northern border of the Bohemian massif, Central Europe // Proceedings of International conference „Metallogeny of the Pacific northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins“. Vladivostok, Dalnauka, 2004, p. 373—375.

**Seifert Th., Sandmann D.** Mineralogy and geochemistry of indium-bearing polymetallic vein-type deposits: implications for host minerals from the Freiberg district, Eastern Erzgebirge, Germany // Ore Geology Reviews, 2006, v. 28, p. 1—31.

**Tolstikhin I.N., Kamensky I.L., Marty B., Nivin V.A., Vetrin V.R., Balaganskaya E.G., Ikorsky S.V., Gannibal M.A., Kirnarsky Yu.M., Weiss D., Verhulst A., Demaiffe D.** Low mantle plume component in Devonian Kola ultrabasic—alkaline—carbonatite complexes: evidence from rare gas isotopes and related parent elements. Reprint. Apatity; Nancy; Bruxelles, 1999, 97 p.

**Vareček C.** Specialities of regional zoning of hydrothermal mineralization in the Spissko-Gemerske rudohorie // Symposium „Problems of postmagmatic ore deposition“. Prague, Publishing House of Czechoslovak Academy of Sciences, 1965, v. 1, p. 137—143.

**Vladimirov A.G.** Petrological indicators of collisional systems in Central Asia // IGCP 420 Fourth Workshop Continental Growth in the Phanerozoic: Evidence from Central Asia (August 5—14, 2002). Changchun, China, 2002, p. 101—103.

**Volchanskaya I.K., Sapozhnikova E.N., Baskina V.A.** Morphostructural regularities in the distribution of endogenous mineralization in Mongolia // Global Tectonics and Metallogeny, 1983, v. 2, № 1/2, p. 95—110.

Поступила в редакцию  
26 декабря 2007 г.