

УДК 553.411(470.5)

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ВОЗРАСТ ЗОЛОТО-МЫШЬЯКОВЫХ РУД ВОРОНЦОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

© 2017 г. В. В. Мурзин¹, Е. А. Наумов^{2,3}, М. Ю. Ровнушкин¹, О. Б. Азовскова¹

¹Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Вонсовского, 15, e-mail: murzin@igg.uran.ru

²Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

³Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, e-mail: naumov@igm.nsc.ru

Поступила в редакцию 17.05.2016 г.; принята к печати 17.04 2017 г.

Предмет исследования – золото-мышьяковые руды Воронцовского золоторудного месторождения, принадлежащего к карлинскому (невадийскому) типу оруденения. Месторождение относится по запасам к классу крупных и локализуется вблизи Ауэрбаховской гранитоидной интрузии (диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, D_1), прорывающей вулканогенно-осадочные породы (S_2 – D_1). Оруденение контролируется пологим тектоническим контактом известняковой и туфогенной толщ. Основные запасы золота на месторождении связаны с золото-мышьяковыми рудами в сульфидизированных туфоалевролитах и горизонтах брекчированных известняков. Золото-мышьяковое оруденение сопровождается околорудными изменениями кварц-серицитового и аргиллизитового типов. Аргиллизитовые минеральные парагенезисы образуются на завершающей стадии кварц-серицитового метасоматоза при понижении температуры ниже 220°C. Цель исследования – синхронизация золото-мышьяковых руд со становлением пород Ауэрбаховской интрузии. Монофракции К-гидрослюда структурных модификаций $2M_1$ и $1M$ из образца сульфидизированного туфоалевролита с густой рассеянной вкрапленностью мелких кристаллов пирита и единичных частиц самородного золота. Гидрослюда рассеяна в породе или приурочена к секущим карбонатным прожилкам мощностью до 3–4 мм. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировка образца К-гидрослюда проведена по методике ступенчатого прогрева в кварцевом реакторе. При нагреве образца К-гидрослюда установлено достоверное плато из семи ступеней, которое соответствует более 98% выделенного ^{39}Ar . Ар-Ар возраст гидрослюда составил 391.1 ± 4.9 млн лет. Эта датировка фиксирует завершающую стадию формирования золото-мышьяковых руд. Анализ имеющихся в литературе данных о возрастном диапазоне становления магматических пород Ауэрбаховского комплекса (390–410 млн лет) показал, что время образования золото-мышьяковых руд Воронцовского месторождения соответствует времени внедрения гранодиоритов, завершающих интрузивный магматизм.

Ключевые слова: Урал, золото-мышьяковые руды, карлинский тип, Ар-Ар датирование

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ AGE OF GOLD-ARSENIC ORES VORONTSOVSKOE GOLD DEPOSIT (THE NORTHERN URALS)

Valery V. Murzin¹, Evgeny A. Naumov^{2,3}, Mikhail Yu. Ravnushkin¹, Oksana B. Azovskova¹

¹A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS, 620016, Akad. Vonsovsky av., 15, Ekaterinburg, Russia, e-mail: murzin@igg.uran.ru

²Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of RAS, 630090, Akad. Koptug av., 3, Novosibirsk, Russia

³Novosibirsk State University, 630090, Pirogova st., 2, Novosibirsk, Russia, e-mail: naumov@igm.nsc.ru

Received 17.05.2016; accepted 17.04 2017

The subject of the study is gold-arsenic ores of the Vorontsovo gold deposit, belonging to the Carlin (Nevadian) type of mineralization. The deposit belongs to the large deposits class, it is localized near Auerbakh granitoid massif (diorites, quartz diorites, granodiorites, D_1), breaking through volcanic-sedimentary rocks (S_2 – D_1). The mineralization is controlled by the gentle tectonic contact of the limestone and tuffaceous strata. The main gold reserves in the field are associated with gold-arsenic ores in sulfidized tuff-aleurolites and horizons of brecciated limestones. Gold-arsenic mineralization is accompanied by near-ore changes quartz-sericite and argillizite types. Argillizite mineral parageneses are formed at the final stage of quartz-sericite metasomatism when the temperature is fallen below 220°C. The synchronization of gold-arsenic ores with the formation of Auerbakh's intrusion rocks. Monofractions of K-hydromica of $2M_1$ and $1M$ structural modifications from a sample of sulfidized tuff-aleurolite with a dense diffused dissemination of fine pyrite crystals and single particles of native gold was obtained. Hydromica is dispersed in the rock or occur to the secant carbonate veins with a thickness of up to 3–4 mm. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of the sample of K-hydromica was carried out by the method of stepwise heating in a quartz reactor. When a sample of K-hydromica is heated, a reliable plateau consisting of seven stages is established, which corresponds to more than 98% of the isolated ^{39}Ar . Ar-Ar age of hydromica is 391.1 ± 4.9 Ma. This dating records the final stage of the formation of gold-arsenic ores. Analysis of the literature data on the age range of magmatic rocks formation in the Auerbakhovsky complex (390–410 Ma) showed that the time formation of gold-arsenic ores of Vorontsovscoe deposit corresponds to the time of introduction of granodiorites completing intrusive magmatism.

Keywords: Urals, gold-arsenic ores, Carlin type gold deposit, Ar-Ar dating

Для цитирования: Мурзин В.В., Наумов Е.А., Ровнушкин М.Ю., Азовскова О.Б. (2017) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст золото-мышьяковых руд Воронцовского золоторудного месторождения (Северный Урал). *Литосфера*, 17(3), 127-132. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-3-127-132

For citation: Murzin V.V., Naumov E.A., Rovnushkin M.Yu., Azovskova O.B. (2017) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of gold-arsenic ores Vorontsovskoe gold deposit (the Northern Urals). *Litosfera*, 17(3), 127-132. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-3-127-132

ВВЕДЕНИЕ

Воронцовское золоторудное месторождение, открытое в 1985 г. и приближающееся по запасам к классу крупных, расположено на восточном склоне Северного Урала в 12 км южнее г. Краснотурьинск. Оно принадлежит к одному из ведущих в мире карлинскому (невадийскому) типу оруденения, характеризующемуся рассеянной золото-сульфидной вкрапленностью в терригенно-карбонатных породах. С этим типом Воронцовское месторождение сближают геологические условия залегания руд и их минералого-геохимическая **Au-As-Hg-Tl-Sb** специализация (Сазонов и др., 1991, 1998; Чекваидзе и др., 1995; Черемисин, Злотник-Хоткевич, 1997; Мурзин и др., 2010).

В региональном плане Воронцовское месторождение находится в восточной части Тагильской мегазоны в пределах Ауэрбаховского вулканоплутонического пояса и входит в состав Турьинско-Ауэрбаховского рудного района Краснотурьинской рудной зоны. Породы Ауэрбаховского вулканоплутонического пояса в районе месторождения образуют вулканотектоническую депрессию, выполненную вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами с линзами известняков, которые объединены в краснотурьинскую свиту (D_1) (рис. 1). Комогматичные вулканитам интрузивные породы составляют Ауэрбаховскую интрузию и представлены диоритами, кварцевыми диоритами и гранодиоритами. Золото-мышьяковое оруденение Воронцовского месторождения локализуется вблизи интрузии и контролируется пологим тектоническим контактом известняковой и туфогенной толщ. На площади месторождения помимо золото-мышьякового оруденения, которое составляет основные запасы руд и сопровождается околорудными изменениями кварц-серицитового типа, распространены золото-магнетит-сульфидные руды в скарнах, золото-полиметаллические – в джаспероидах и золото-сульфидно-кварцевые – в березитизированных породах.

Локализация Воронцовского месторождения на фланге зональной вулканоплутонической структуры и совмещение в пространстве нескольких типов золотого и золотосодержащего оруденения придают особую важность решению вопроса о возрасте формирования месторождения и синхронизации

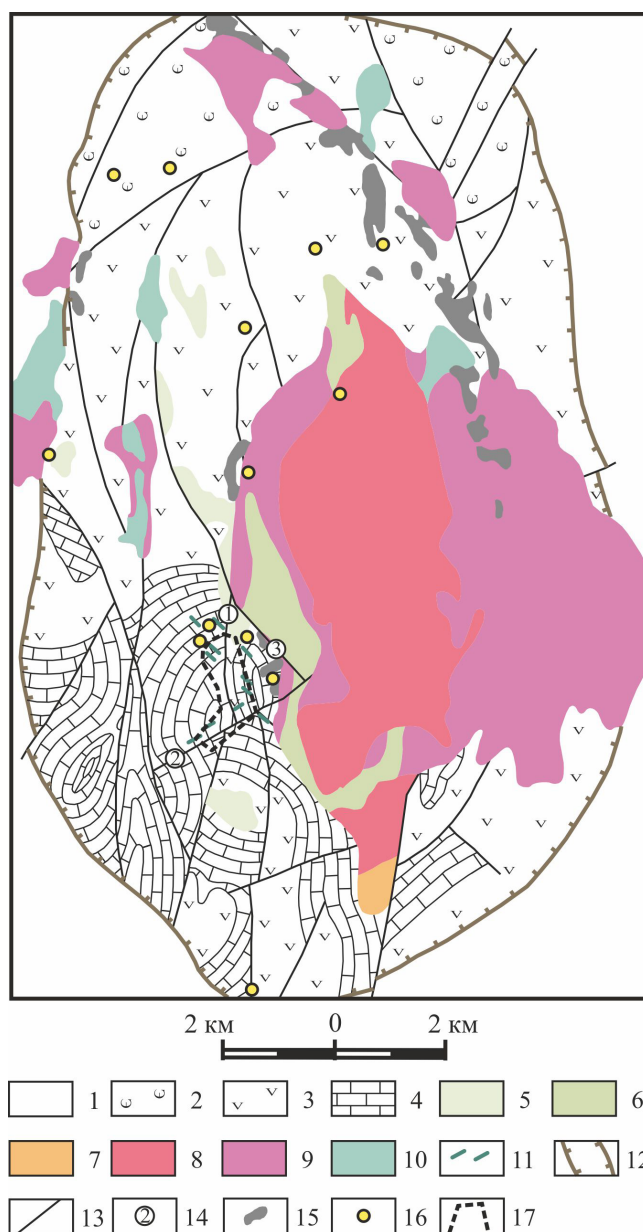


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Турьинско-Ауэрбаховского рудного района. Используются фоновые материалы Н.С. Лисова (1978), В.Н. Боброва (1991), а также опубликованная работа Н.М. Риндзюнской с соавторами (1995).

1 – вулканогенные образования трахибазальт-трахиандезитовой формации, в подчиненном количестве – туфогенно-осадочные разности и известняки, турин-

ская свита (S₂-D₁); 2–4 краснотурьинская свита (D₁): 2 – порфириды базальтовые, их туфы, вулканомиктовые гравелиты, 3 – порфириды андезитовые, их туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты, 4 – известняки; 5–6 – нижнедевонские субвулканические образования: 5 – диоритовые порфириды, 6 – андезибазальтовые и долеритовые порфириды; 7–10 – интрузивные образования габбро-диорит-гранитовой формации, ауэрбаховский комплекс (D₁): 7 – граниты, аляскитовые граниты, 8 – гранодиориты, 9 – диориты, кварцевые диориты, 10 – габбро, габбро-диориты; 11 – немасштабные дайки диоритовых порфиридов, лампрофиров, долеритов и габбро-долеритов; 12 – разломы, ограничивающие структуру; 13 – остальные тектонические нарушения; 14 – рудоконтролирующие разломы р-на Воронцовского месторождения: 1 – Воронцовский, 2 – Южноворонцовский, 3 – Североворонцовский; 15 – участки скарирования; 16 – рудопоявления золото-сульфидно-кварцевой формации; 17 – контур Воронцовского месторождения.

Fig. 1. A schematic geological map of the Turinsko-Auerbahovskiy ore district. After N.S. Lisov (1978), V.N. Bobrov (1991), and N.M. Rindzyunskaya (1995).

1 – volcanic rocks of Turin Formation (S₂-D₁), trachybasalt-trachyandesite, tuffaceous-sedimentary rocks and limestones; 2–4 – Krasnoturyinsk Formation (D₁): 2 – basalt porphyrites, their tuffs, volcanoclastic gritstones, 3 – andesitic porphyrites, tuffs, tuffaceous sandstones, tuffaceous siltstones, 4 – limestones; 5–6 – Lower Devonian subvolcanic rocks: 5 – diorite porphyrites, 6 – andesite basaltic and dolerite porphyrites; 7–10 – Auerbahovskiy gabbro-diorite-granite complex (D₁): 7 – granites, alaskite granites, 8 – granodiorites, 9 – diorites, quartz diorites, 10 – gabbro, gabbro-diorites; 11 – dikes of diorite porphyrities, lamprophyres, dolerites and gabbro-dolerites; 12 – faults bordering the structure; 13 – other faults; 14 – ore-controlling faults of the Vorontsovskoe district: 1 – Vorontsovskiy, 2 – Yuzhnovorontsovskiy, 3 – Severovorontsovskiy; 15 – skarns; 16 – gold-sulphide-quartz occurrences; 17 – outline of Vorontsovskoye deposit.

процессов рудообразования и магматизма в изученном рудном поле. По данному вопросу нет единого мнения. Ряд исследователей связывает оруденение с магматогенно-гидротермальной деятельностью (Угрюмов, 1993; Наумов и др., 2002), в том числе относя его к фланговой части зональной медно-порфировой гидротермальной системы на ее эпимезотермальном уровне (Минина, 1994; Замятина, Мурзин, 2016). В этих представлениях магматические массы являются источником тепла, флюида и вещества. Нами предлагается также модель, в которой магматические массы являются лишь источником тепла, а флюид и основная масса вещества заимствуются из вмещающих вулканогенно-осадочных толщ (Мурзин и др., 2010). Развиваются также представления, отрицающие генетическую связь магматизма и золотого оруденения Воронцовского месторождения и относящие его к более молодым образованиям, связанным с тектоно-магматической активизацией позднепалеозойского (Сазонов и др., 1991, 1998) или мезозойского (Савельева, Костромин, 1991; Баранников, Угрюмов, 2003) возраста.

В настоящее время известна лишь одна К-Аг датировка слюдистой фракции пробы рудоносной известняковой брекчии 299 ± 8 млн лет (Сазонов и др., 1991), которая трактуется как проявление каменноугольно-пермской тектоно-магматической активизации при поступлении флюида из мантии. В данном исследовании получена новая **Ar-Ag** датировка монофракции слюды, извлеченной из сульфидизированного туфоалевролита.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Достаточно крупные агрегаты зеленого слюдистого минерала размерами до первых миллиметров обнаружены нами в образце известковистого туфоалевролита с густой рассеянной вкрапленностью мелких кристаллов пирита и единичных частиц самородного золота. Такие агрегаты образуют редкие выделения в породе, однако наибольшее их количество приурочено к секущим породе карбонатным прожилкам мощностью до 3–4 мм. Сульфиды в прожилках не зафиксированы.

Слюдистый минерал по результатам рентгеноструктурного (ДРОН-3с, аналитик Т.Я. Гуляева) и полуколичественного рентгенофлуоресцентного (EDX-900НХ, аналитик Н.П. Горбунова) анализов представлен калиевой гидрослюдой структурных модификаций 2M₁ и 1M. По результатам термического анализа (дериватограф Diamond TG/DTA, Perkin Elmer, аналитик В.Г. Петрищева) на кривой ДТА фиксируются эндотермические пики с максимумами 51, 295, 700°C, отвечающими, соответственно, потере адсорбированной (1 мас. %), межслоевой (6.4) и гидроксильной (5.9 мас. %) воды.

⁴⁰Ar/³⁹Ar датировка образца К-гидрослюды проведена в АЦ ИГМ СО РАН на масс-спектрометре Micromass Noble gas 5400 (аналитик А.В. Травин) по методике ступенчатого прогрева в кварцевом реакторе. Ошибки измерений соответствуют интервалу $\pm 1\sigma$. Плато возрастов на возрастном спектре вычислялось по методике (Fleck et al., 1977). Для образца установлено весьма достоверное плато из семи ступеней, которое соответствует более 98% выделенного ³⁹Ar (рис. 2). Ar-Ag возраст гидрослюды составил 391.1 ± 4.9 млн лет.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрослюдистые изменения пород на Воронцовском месторождении являются конвергентными образованиями. Они типоморфны для метасоматитов аргиллизитовой формации или выделяются в составе рудоносной кварц-серицитовая формации (Сазонов и др., 1998). Аргиллизиты выявлены в породах зон разломов, где они не золотоносны (Черкваидзе и др., 1995). К аргиллизитам отнесены также участки

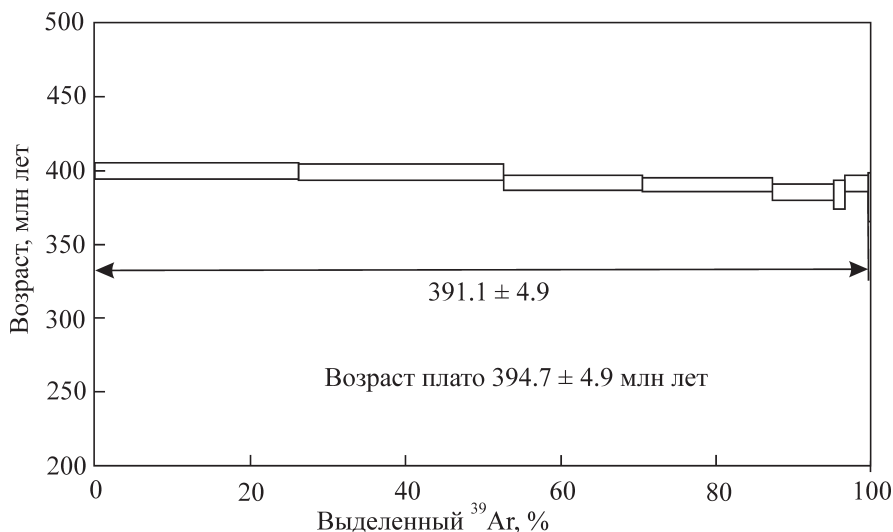


Рис. 2. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ плато для серицита.

Fig. 2. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau for sericite.

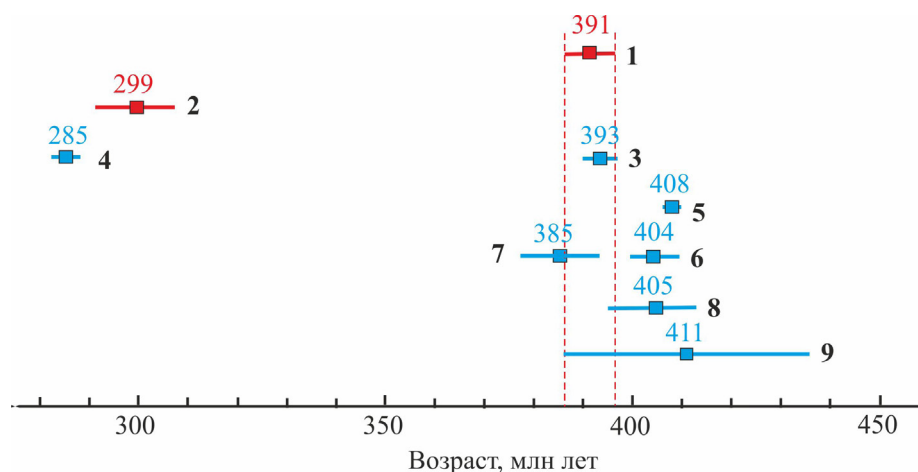


Рис. 3. Датировки руд Воронцовского месторождения (1, 2) и интрузивных пород Ауэрбаховского массива (3–9).

1 – Ar-Ar, гидрослюда, туфоалевролит (данное исследование); 2 – K-Ar, слюдяная фракция, цемент известняковой брекчии (Сазонов и др., 1991); 3, 4 – U-Pb, циркон, гранодиорит: 3 – время образования, 4 – время преобразования (Краснобаев и др., 2007; Ферштатер, 2015); 5 – U-Pb, циркон, кварцевый диорит (Грабежев и др., 2014); 6, 7 – U-Pb, циркон, кварцевый диорит: 6 – время образования, 7 – время преобразования (Краснобаев и др., 2007; Ферштатер, 2015); 8 – Rb-Sr, различные породы (Краснобаев и др., 2007; Ферштатер, 2015); 9 – Sm-Nd, биотит-пироксен-амфиболовые диориты (Ронкин и др., 2009).

Fig. 3. Age of mineralization of Vorontsovskoe deposit (1, 2) and intrusive rocks Auerbahovsky massif (3–9).

1 – Ar-Ar, hydromica, tuffaceous aleurolite, (this study); 2 – K-Ar, mica from cement of limestone breccia (Sazonov et al., 1991); 3, 4 – U-Pb, zircon, granodiorite: 3 – age of formation, 4 – age of alteration (Krasnobaev, 2007; Fershtater, 2015); 5 – U-Pb, zircon, quartz diorite (Grabezhev et al., 2014); 6, 7 – U-Pb, zircon, quartz diorite: 6 – age of formation, 7 – age of alteration (Krasnobaev, 2007; Fershtater, 2015); 8 – Rb-Sr, different rocks (Krasnobaev, 2007; Fershtater, 2015); 9 – Sm-Nd, biotite-amphibole-pyroxene diorite (Ronkin et al., 2009).

золотоносных пород в нижних частях контактово-карстовых кор выветривания, трактуемые как продукты гипогенно-гипергенного происхождения мезозойского возраста (Баранников, Угрюмов, 2003; Azovskova et al., 2013). В составе метасоматитов ру-

доносной кварц-серицитово-формации свойственные аргиллизитам минеральные парагенезисы появляются на завершающей стадии при понижении температуры ниже 220°C. К этой стадии принадлежит исследованная нами гидрослюда, а получен-

ная по ней датировка 391.1 ± 4.9 млн лет характеризует завершающую стадию формирования золото-мышьяковых руд.

Имеющиеся датировки магматических пород Ауэрбаховского вулканоплутонического комплекса (рис. 3) свидетельствуют о том, что возраст формирования золото-мышьяковых руд в наибольшей степени соответствует времени внедрения гранодиоритов, завершающих интрузивный магматизм. Тем не менее генетическая связь интрузивного магматизма и золото-мышьякового оруденения не представляется очевидной. Реставрация изотопного состава С, О, Н, Sr и S источников вещества и флюидов при формировании оруденения на Воронцовском месторождении (Мурзин и др., 2010; Грабежев и др., 2014) показала, что основными резервуарами воды и углекислоты являются, по-видимому, флюид магматического очага и метаморфическая вода, уравновешенная с карбонатными осадочными породами. Магматогенный флюид доминировал при формировании скарнов, джаспероидов и кварцевых жил в Ауэрбаховском рудном поле, а метаморфическая вода – при метасоматозе кварц-серицитового типа, сопровождающего золото-мышьяковые руды в вулканогенно-осадочных породах и известняковых брекчиях.

Магматогенно-гидротермальные золотоносные магнетит-сульфидные скарны, кварцевые жилы и джаспероиды вносят незначительный вклад в масштаб оруденения Воронцовского месторождения. Они развиты преимущественно на флангах месторождения, генетически связываются со становлением гранодиоритов [Сазонов и др., 1991; Грабежев и др., 2014] и, следовательно, близки по времени формирования к золото-мышьяковым рудам. При формировании золото-мышьяковых руд внедряющиеся магматические массы являлись, по-видимому, лишь источником тепла.

Таким образом, полученная датировка гидрослюды Воронцовского месторождения – 391.1 ± 4.9 млн лет – синхронизируется в целом с возрастным диапазоном становления магматических пород Ауэрбаховского комплекса. Она фиксирует завершающую стадию формирования золото-мышьяковых руд. Более ранняя K-Ar датировка руд – 299 ± 8 млн лет (Сазонов и др., 1991) – совпадает со временем преобразования циркона из гранодиорита 285 ± 3 млн лет (Краснобаев и др., 2007) и является, по-видимому, омоложенной в результате коллизионных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранников А.Г., Угрюмов А.Н. (2003) Проблемы эндогенного золотого рудогенеза мезозоя Урала. *Литосфера*, (1), 13-26.
- Грабежев А.И., Ронкин Ю.Л., Пучков В.Н., Гердес А., Ровнушкин М.Ю. (2014) Краснотурьинское медно-скарновое рудное поле (Северный Урал): U-Pb возраст рудоконтролирующих диоритов и их место в схеме металлогении региона. *Докл. АН*, **456**(4), 443-447.
- Замятина Д.А., Мурзин В.В. (2016) Источники вещества и флюида при формировании золото-сульфидного оруденения Ауэрбаховского вулканоплутонического пояса на Северном Урале. *Литосфера*, (1), 169-177.
- Краснобаев А.А., Ферштатер Г.Б., Богомолов Е.С., Ларионов А.Н., Бережная Н.Г. (2007) Ауэрбаховский гранитоидный массив: цирконы, возраст, полихронность. *Ежегодник-2006*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 191-196.
- Минина О.В. (1994). Ауэрбаховская комплексная рудно-магматическая система на Среднем Урале. *Отчетственная геология*, (7), 17-23.
- Мурзин В.В., Сазонов В.Н., Ронкин Ю.Л. (2010) Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (карлинский тип): новые данные и проблемы. *Литосфера*, (6), 66-73.
- Наумов Е.А., Боровиков А.А., Борисенко А.С., Задорожный М.В., Мурзин В.В. (2002). Физико-химические условия формирования эпitherмальных золоторудных месторождений. *Геология и геофизика*, **43** (12), 1055-1064.
- Риндзюнская Н.М., Полякова Т.П., Бобров В.Н. (1995) Геолого-минералогическая характеристика зоны гипергенеза Воронцовского золоторудного месторождения. *Руды и металлы*, (4), 42-52.
- Ронкин Ю.Л., Петров Г.А., Лепихина О.П. (2009). Прецизионное Sm-Nd изотопное датирование Ауэрбаховского габбро-гранитового комплекса (Северный Урал). *Изотопные системы и время геологических процессов: Мат-лы IV Российской конференции по изотопной геохронологии. Т. II*. Санкт-Петербург: ИП Каталкина, 122-124.
- Савельева К.П., Костромин Д.А. (1991). Полигенный и полихронный метасоматоз одного из золоторудных месторождений Северного Урала. *Геол. метаморфических комплексов*. Екатеринбург: Урал. горн. ин-т, 75-80.
- Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Григорьев Н.А. (1998) Воронцовское золоторудное месторождение – пример минерализации карлинского типа на Урале. *Геология рудных месторождений*, **40**(2), 157-170.
- Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Григорьев Н.А., Гладковский Б.А. (1991) Эндогенное оруденение девонского андезитовидного вулканоплутонического комплекса (Урал). Свердловск: УрО АН СССР, 184 с.
- Угрюмов А.Н. (1993). Джаспероидные месторождения золота (геология, условия размещения и формирования). Автореф. ... докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 37 с.
- Ферштатер Г.Б. (2015) Раннедевонский интрузивный магматизм Урала – индикатор переломного этапа в палеозойской истории подвижного пояса. *Литосфера*, (5), 5-29.
- Чекваидзе В.Б., Исаакович И.З., Миляева С.А. (1995) Минералого-геохимические критерии поисков золотоносных кор выветривания на Северном Урале. *Руды и металлы*, (5), 25-35.
- Черемисин А.А., Злотник-Хоткевич А.Г. (1997) Воронцовское золоторудное месторождение. *Руды и металлы*, (1), 59-70.
- Azovskova O.B., Malyugin A.A., Nekrasova A.A., Yan-

- chenko M.Yu. (2013) **Pyrite from zones of Mz-Kz reactivation of large faults on the eastern slope of the Ural Mountains, Russia.** *WASET. Engineering and Technology*, **79**, London, 463-467.
- Fleck R.J., Sutter J.F., Elliot D.H. (1977) Interpretation of discordant $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectra of Mesozoic tholeiites from Antarctica. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **41**, 15-32.
- ### REFERENCES
- Azovskova O.B., Malyugin A.A., Nekrasova A.A., Yanchenko M.Yu. (2013) **Pyrite from zones of Mz-Kz reactivation of large faults on the eastern slope of the Ural Mountains, Russia.** *WASET. Engineering and Technology*, **79**, London, 463-467.
- Barannikov A.G., Ugrumov A.N. (2003) Problems of Mesozoic endogenous gold mineralisation of the Urals. *Litosfera*, (1), 13-26. (In Russian)
- Chekvaizhe V.B., Isaakovich I.Z., Milyaeva S.A. (1995) Mineralogical and geochemical criteria for prospecting gold-bearing regolith of Northern Urals. *Rudy i metally*, (5), 25-35. (In Russian)
- Cheremisin A.A., Zlotnik-Khotkevich A.G. (1997) Vorontsovskoe gold deposit. *Rudy i metally*, (1), 59-70. (In Russian)
- Fershtater G.B. (2015) Early-Devonian intrusive magmatism of the Urals as indicator of critical stage Paleozoic history mobile belt]. *Litosfera*, (5), 5-29. (In Russian)
- Fleck R.J., Sutter J.F., Elliot D.H. (1977) Interpretation of discordant $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectra of Mesozoic tholeiites from Antarctica. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **41**, 15-32.
- Grabezhev A.I., Ronkin Ju.L., Puchkov V.N., Gerdes A., Rovnushkin M.Ju. (2014). Krasnotur'insk skarn copper ore field, Northern Urals: The U-Pb Age of ore-controlling diorites and their place in the regional metallogeny. *Dokl. Akad. Nauk*, **456** (4), 443-447. (In Russian)
- Krasnobaev A.A., Fershtater G.B., Bogomolov E.S., Larionov A.N., Berezhnaja N.G. (2007) Auerbah granitoid massif: zircons, age, polychrony. *Ezhegodnik-2006*. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 191-196. (In Russian)
- Minina O.V. (1994) Auerbah complex ore-magmatic system in the Middle Urals. *Otechestvennaya Geologiya*, (7), 17-23. (In Russian)
- Murzin V.V., Sazonov V.N., Ronkin Yu.L. (2010) Model for formation of Vorontsovskoe gold deposit in the Urals (Carlin type): new data and problems. *Litosfera*, (6), 66-73. (In Russian)
- Rindzyunskaja N.M., Poljakova T.P., Bobrov V.N. (1995) Geological and mineralogical characteristic of hypergene zone of Vorontsovskoe gold deposit. *Rudy i metally*, (4), 42-52. (In Russian)
- Ronkin Yu.L., Petrov G.A., Lepikhina O.P. (2009) Precision Sm-Nd isotope dating of Auerbah gabbro-granite complex (Northern Urals). "Izotopnye sistemy i vremja geologicheskikh protsessov". *Materialy IV Rossiyskoy konferentsii po izotopnoy geokhronologii. T. II*. ["Isotope systems and age of geological processes". Proc. IV Russian Conf. V. II]. St-Petersburg, IP Katalina Publ., 122-124. (In Russian)
- Savel'eva K.P., Kostromin D.A. (1991). Polygenic and polyhronical metasomatism of one of the gold deposits in the Northern Urals. *Geologija metamorficheskikh kompleksov* [Geology of metamorphic complexes]. Ekaterinburg, Ural'skiy Gornyi Institut, 75-80. (In Russian)
- Sazonov V.N., Murzin V.V., Grigor'ev N.A. (1998). Vorontsovskoe gold deposit: An example of Carlin-type mineralization in the Urals, Russia. *Geol. Rudn. Mestorozhd.* **40**(2), 157-170. (In Russian)
- Sazonov V.N., Murzin V.V., Grigor'ev N.A., Gladkovskiy B.A. (1991) *Endogennoe orudenenie devonskogo andezitoidnogo vulkano-plutonicheskogo kompleksa (Ural)* [Endogenous mineralization of Devonian andesite volcano-plutonic complex (Urals)]. Sverdlovsk, UrO AN SSSR, 184 c. (In Russian)
- Ugrumov A.N. (1993) *Dzhasperoidnye mestorozhdeniya zolota (geologiya, usloviya razmeshcheniya i formirovaniya)*. Avtoref. dis. dokt. geol.-min. nauk [Jasperoid gold deposits (geology, regularities of localization and formation conditions). Dr. geol. and min. sci. diss.]. Ekaterinburg, 37 p. (In Russian)
- Zamyatina D.A., Murzin V.V. (2016) Substance and fluid sources in gold sulfide mineralization of the Auerbach volcanic-plutonic belt in the Northern Urals. *Litosfera*, (1), 169-177. (In Russian)