



УДК 553.41:(550.84+550.93)(571.1)

## ЭПИТЕРМАЛЬНОЕ ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ КАБУРЧАКСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ГОРНАЯ ШОРИЯ) – ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ, МИНЕРАЛОГИЯ И ВОЗРАСТ

А. И. Черных\*, П. А. Неволько\*\*, А. С. Борисенко\*\*

Дана характеристика Кабурчакского золотосеребряного узла – одного из наиболее перспективных в отношении золотосеребряного оруденения Алтае-Саянской складчатой области. Впервые для этого типа оруденения по золотоносным березитам получены изотопно-геохронологические  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  данные. Возраст золотосеребряного оруденения Каларского месторождения определен на уровне  $396,2 \pm 3,8$  млн лет. Приведены новые данные о минералогическом составе золотосеребряных руд, в том числе по результатам исследований на электронном микроскопе. На основе анализа имеющихся и новых геологических, геохимических и минералогических данных и сопоставления с материалами по Новофирсовскому месторождению сделан вывод о высоких перспективах в отношении золотосеребряного оруденения Кабурчакского узла.

**Ключевые слова:** золото, серебро, Алтае-Саянский регион, оруденение, возраст.

## EPITHERMAL GOLD-SILVER MINERALIZATION OF THE KABURCHAK ORE CLUSTER (MOUNTAIN SHORIA) – DISTRIBUTION FEATURES, MINERALOGY AND AGE

A. I. Chernykh, P. A. Nevolko, A. S. Borisenko

The Kaburchak gold-silver cluster, one of the most promising for gold-silver mineralization within the Altai-Sayany folded region, is characterized in the article. For the first time for this type of mineralization the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  isotope-geochronological data have been obtained from the gold-bearing beresites. The age of the Kalarskoye field gold-silver mineralization has been defined to be  $396.2 \pm 3.8$  million years. New data on mineralogical composition of the gold-silver ores are given, including those obtained by means of an electronic microscope. The gold-silver mineralization of the Kaburchak cluster was estimated as very promising based on analysis of previous and new geological, geochemical, and mineralogical data and on comparison with data on the Novofirsovskoye deposit.

**Keywords:** gold, silver, Altai-Sayany region, mineralization, age.

Кабурчакский золотосеребряный рудный узел расположен в западной части Алтае-Саянской минералогической провинции, которая относится к горнорудному региону со 185-летней историей золотодобычи. Традиционная золоторудная база, представленная кварцево-жильными, скарновыми и комплексными колчеданно-полиметаллическими месторождениями, в значительной степени истощена. Тем не менее исследования последних лет показали, что существуют предпосылки для наращивания минерально-сырьевой базы золота Алтае-Саянского региона, в первую очередь в связи с перспективами обнаружения объектов золотосеребряной, золотортутной, золотопорфировой, золотосульфидной формаций и в корах выветривания [3, 5, 6, 8, 9].

Особую актуальность приобретают исследования эпитеpмального золотосеребряного оруденения в Алтае-Саянском регионе, так как в последние годы доказана его промышленная значимость. В Алтайском крае с 2010 г. ОАО «Золото Курьи» ведет отработку Новофирсовского месторождения и поисково-оценочные геолого-разведочные работы на Курьинском участке. Поисковые признаки золотосеребряного оруденения прослеживаются на территории всей западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО) – от Рудного Алтая до Горной Шории и Кузнецкого Алатау. Геолого-разведочными работами последних лет определено сходство золотосеребряного оруденения западной части АССО с типовыми объектами Охотско-Чукотского вулканогенного пояса [9]. Вместе с тем за исключением отдельных работ (преимущественно по Новофирсовскому месторождению Горного Алтая [1, 2]) специализированного системного изучения эпитеpмального золотосеребряного оруденения западной части АССО не проводилось, поэтому многие вопросы генезиса, вещественного состава и промышленных перспектив данного типа оруденения остаются дискуссионными. В настоящей статье приводится характеристика особенностей геологического строения, минералого-геохимического состава и первые изотопно-геохронологические данные о возрасте эпитеpмального золотосеребряного оруденения Кабурчакского узла.

**Геологическое строение и металлогеническое районирование**

подавляющая часть известных на сегодняшний день признаков эпитеpмального золотосеребряного оруденения в западной части АССО

\*ФГУП «СНИИГГиМС» (Новосибирск);

\*\* ИГМ СО РАН (Новосибирск)

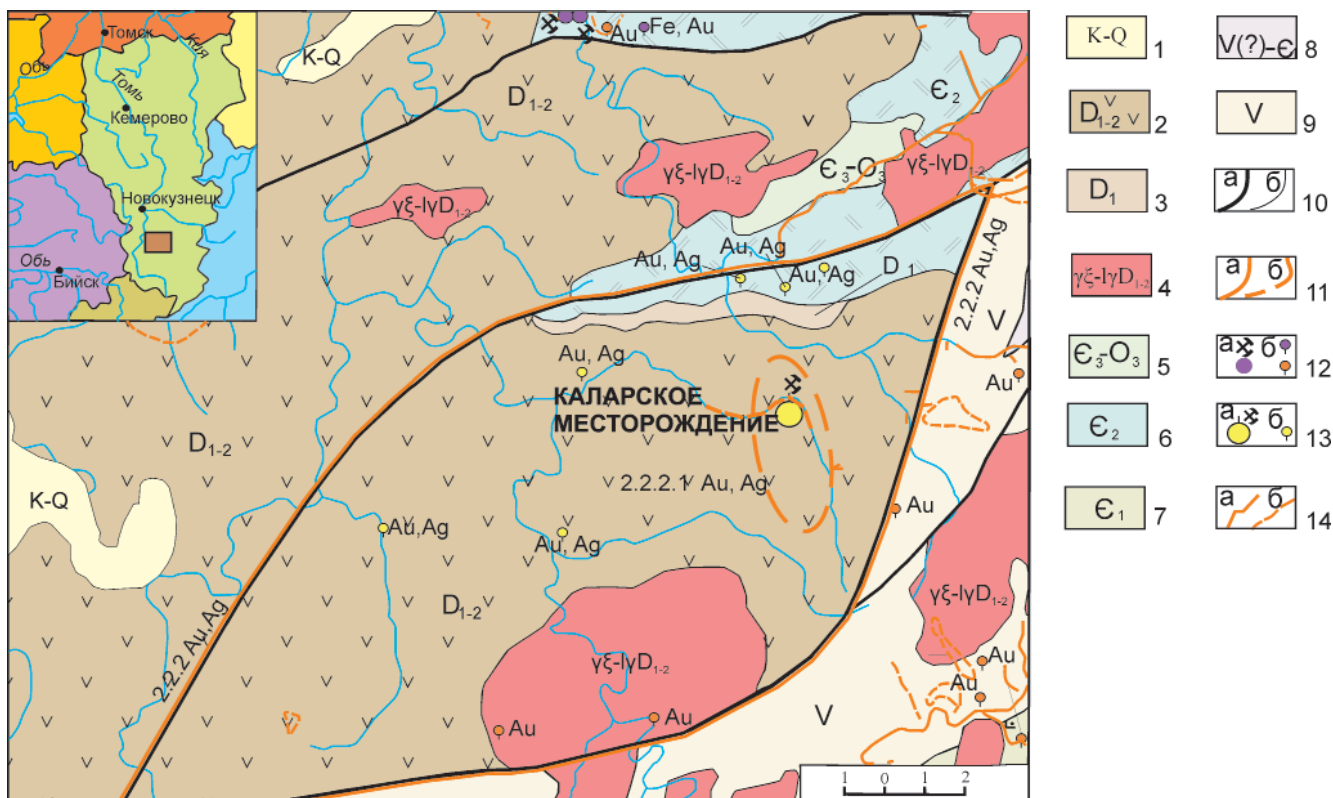


приурочена к структурам ранне-среднедевонских вулканоплутонических поясов (рис. 1). Их формирование связывается с магматизмом активной континентальной окраины [4]. Данные пояса представлены отдельными блоками (Курьинским, Кабурчакским, Усть-Тельбесским, Кочербайским), залегающими, как правило, на каледонском вулканогенно-осадочном основании. Одним из таких фрагментов является Кабурчакская вулканоплутоническая структура, в пределах которой расположено Каларское золотосеребряное рудное поле (см. рис. 1).

Кабурчакская структура представляет собой линзовидный в плане блок, ограниченный со всех сторон разломами, площадью около 700 км<sup>2</sup>, вытянутый в северо-восточном направлении. Ее «ядро» – Кистальский гранитоидный массив. Севернее, западнее и восточнее массива распространены ранне-среднедевонские вулканогенно-осадочные и субвулканические породы. Девонские вулканиды несогласно зале-

гают на кембрийских вулканогенно-осадочных отложениях у северной границы Кабурчакского блока и на вендских карбонатных отложениях у юго-восточной.

Основание Кабурчакской вулканоплутонической структуры сложено раннедевонскими красноцветными терригенными образованиями усть-кундусуюльской свиты. Выше залегают рудовмещающие ранне-среднедевонские вулканогенно-осадочные породы риолит-андезит-лейкобазальтовой формации. Наиболее распространены лейкобазальты, андезиты и туфы основного состава, меньше – дациты и риолиты, а также туфы среднего и смешанного состава. В виде отдельных прослоев и линз встречаются туффиты, алевролиты, известняки. Среди вулканогенно-осадочных пород установлены комагматичные дайки, реже силлы и небольшие штоки, кабурчакского субвулканического комплекса, породы которого представлены дацитовыми и риолитовыми порфирами. В Кабурчакском блоке выделя-



**Рис. 1.** Структурно-формационная схема и металлогеническое районирование Кабурчакского золотосеребряного узла

Формации платформенного чехла: 1 – комплекс аллювиальных, пролювиально-делювиальных, озерных глинисто-алеврит-песчано-галечных формаций (K–Q); ранне-среднедевонских вулканоплутонических поясов: 2 – вулканогенная риолит-андезит-лейкобазальтовая (D<sub>1-2</sub>), 3 – молассовая терригенная красноцветная (D<sub>1</sub>), 4 – граносиенит-гранит-лейкогранитовая (γξ-lyD<sub>1-2</sub>); межгорных впадин и остаточных морей: 5 – молассовая терригенная (E<sub>3</sub>–O<sub>3</sub>); островных дуг и склонов: 6 – вулканогенная трахит-трахибазальтовая с фациями терригенных и карбонатных пород (E<sub>2</sub>); задуговых и междуговых морей: 7 – вулканогенно-осадочная базальтоидная с фациями туфогенных и терригенно-карбонатных пород (E<sub>1</sub>), 8 – базальтоидная с фацией подушечных лав MORB и OIB-типов, углеродистых сланцев, известняков, терригенных пород (V(?)–E<sub>1</sub>); пассивных окраин континента: 9 – углеродистая сланцево-известняковая (V); 10 – главные разломы (а), геологические границы (б); 11 – границы Кабурчакского золотосеребряного узла 2.2.2 (а) и Каларского золотосеребряного поля 2.2.2.1 (б); 12 – законсервированные золотосодержащие железорудные месторождения (а), проявления золота золотосульфидно-кварцевой и золотосульфидной формаций (б); 13 – законсервированное Каларское золотосеребряное месторождение (а) и проявления золота золотосеребряной формации (б); 14 – россыпные месторождения золота (а) и шлиховые ореолы и потоки золота (б)

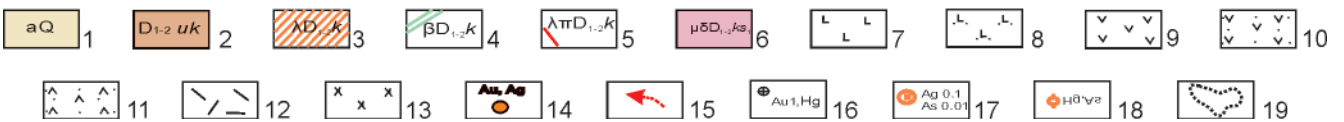
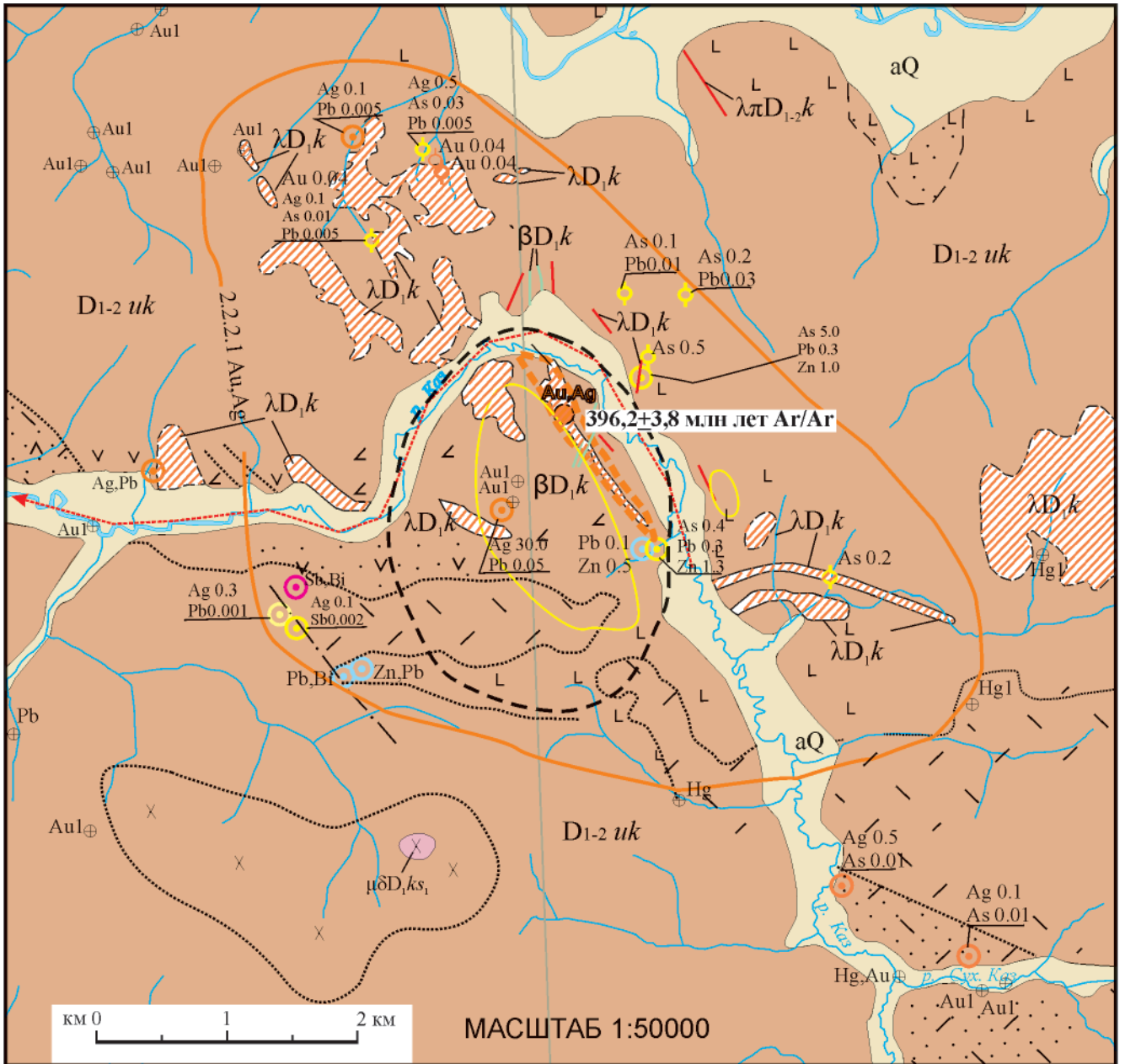


Рис. 2. Обзорная геолого-поисковая схема Каларского золотосеребряного рудного поля (2.2.2.1)

1 – четвертичные аллювиальные долинные и террасовые песчано-глинисто-галечниковые отложения; 2 – ранне-среднедевонские вулканогенно-осадочные породы училенско-казанкольской последовательности свит; 3–5 – ранне-среднедевонские породы субвулканического кабурчакского комплекса: 3 – крупные субвулканические тела риолит-порфиров и микрогранитов, 4 – дайки диабазов и базальтовых порфиров, 5 – дайки риолит-порфиров и микрогранитов; 6 – монцодиориты первой фазы кистальского граносиенит-гранит-лейкогранитового комплекса; 7 – эффузивы основного состава; 8 – туфы основного состава; 9 – эффузивы среднего состава; 10 – туфы среднего состава; 11 – туфы смешанного состава; 12 – эффузивы кислого состава; 13 – диориты и монцодиориты; 14 – Каларское месторождение; 15 – шлиховые потоки золота в аллювиальных отложениях; 16 – шлиховые пробы с золотом и кинovarью; 17 – первичные аномалии и ореолы элементов с содержанием Au, Ag (г/т), As, Pb, Sb (%); 18 – вторичные аномалии и ореолы элементов с содержанием Au, Ag (г/т), As, Pb, Zn (%); 19 – Каларская кольцевая вулканогенно-тектоническая структура

ются палеовулканические постройки, выраженные кольцевыми структурами, осложненными линейными зонами разломов. К одной из таких построек приурочено Каларское золотосеребря-

ное рудное поле с одноименным месторождением (рис. 2).

Границы Кабурчакского золотосеребряного узла оконтуривают поле распространения





ранне-среднедевонских пород одноименной вулканоплутонической структуры и ее основания (в северной части). Внутри узла выявлены и прогнозируются прямые и косвенные поисковые признаки золотосеребряной минерализации. Кроме Каларского месторождения здесь известны рудопроявления (Алгаинское, Рудный Лог, Нижнеказское, Патыринское), пункты минерализации золота с высоким содержанием серебра, геохимические аномалии Au, Ag, Pb, Zn, Cu, As, Sb, геофизические аномалии. Зоны кварцевых жил и прожилков с золотосеребряной минерализацией установлены в северной части узла на Алгаинско-Березовском участке. Они представляют собой корневые части золотосеребряных рудообразующих систем и приурочены к кембрийским островодужным вулканогенно-осадочным отложениям, подстилающим ранне-среднедевонские породы.

На площади Кабурчакского золотосеребряного узла наблюдается рудная минералого-геохимическая зональность, выраженная сменой высокотемпературных минеральных ассоциаций низкотемпературными по мере удаления от контактов Кистальского массива. В приконтактной части массива известны аномалии Mo, Sn, Cu, скарны, грейзены, в шлихах встречаются золото и касситерит. На периферии вулканотектонической структуры распространена золотосеребряная, баритовая, полиметаллическая минерализация, геохимические аномалии Pb, Zn, As, Sb, Hg, березиты, аргиллизиты, в шлихах отмечаются золото, киноварь, барит.

Каларское месторождение приурочено к кольцевой структуре, расположенной на северо-восточном фланге Кабурчакской вулканотектонической структуры (см. рис. 2). Месторождение выявлено А. И. Перепелицыным (Шерегешевская партия) в 1971–1976 гг. при оценке вторичного геохимического ореола свинца. К тектоническим зонам, осложняющим кольцевую Каларскую структуру, приурочены дайки кабурчакского комплекса. При геолого-разведочных работах на месторождении выделено 28 рудных тел в восьми рудных зонах. Наиболее крупная Центральная рудная зона северо-западного простирания длиной до 1,5 км и шириной 30–100 м контролируется дайками дацитовых порфиров и сопровождается метасоматитами различного минерального состава.

### Минералогический состав руд Каларского месторождения

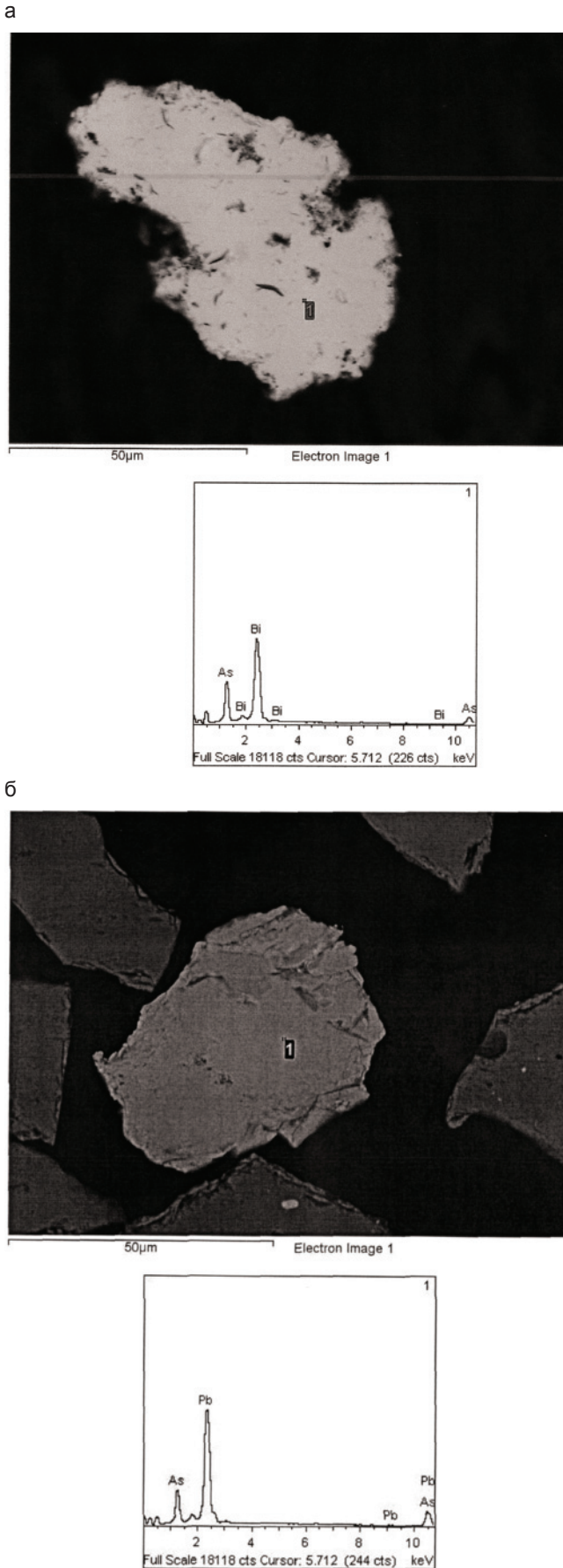
По минералогическому составу среди метасоматитов Каларского рудного поля выделяются следующие разности: хлорит-серицитовые с гнездами и вкрапленностью кальцита, кварца, пирита; серицит-эпидот-хлоритовые с кварцем и альбитом; пирит-карбонат-кварцевые (5, 35 и 65 % соответственно); кварц-серицит-пиритовые (березиты); пирит-хлорит-карбонатные с плагиоклазом,

серицитом, кальцитом, доломитом, кварцем, арсенопиритом; вторичные кварциты, содержащие, кроме тонкозернистого кварца, серицитизированный плагиоклаз.

Золотосеребряные руды представляют собой серию сульфидно-кварцевых жил и прожилков среди метасоматически измененных брахчирированных вулканитов и субвулканических дацитовых порфиров. По данным поисковых работ выделены три стадии рудной минерализации: ранняя (золотоарсенопирит-пиритовая); поздняя (сереброгаленитовая) и пострудная (в рудных минералах в небольших количествах содержатся борнит, киноварь, марказит, реальгар, золото). Около 75 % золота связано с золотоарсенопирит-пиритовой ассоциацией. Кроме широко распространенных пирита, арсенопирита, галенита, сфалерита, халькопирита, встречаются золото, электрум, серебро, марказит, мельникерит, пирротин, леллингит, молибденит, реальгар, киноварь, аргентит, акантит, висмутин, борнит, калаверит, гессит, алтаит, тетрадимит, тетраэдрит, теннантит, буланжерит, барит, алуниг, маухерит, магнетит, гематит. Содержание золота в рудах меняется от 0,7 до 5,6 г/т, серебра – от 0,2 до 570 г/т.

В окисленных рудах, помимо реликтов пирита, арсенопирита и гипергенных гематита, малахита, гидроксидов железа и марганца, определены арсенаты висмута (рузвельтит  $\text{Bi}(\text{AsO}_4)$ ) и свинца (полмурит  $\text{Pb}_2(\text{As}_2\text{O}_5)$ ). Точная диагностика проводилась на электронном сканирующем микроскопе LEO-1430 в Аналитическом центре ИГМ СО РАН (рис. 3, а, б).

Самородное золото Каларского месторождения представлено зернами неправильной, пластинчатой, проволочковидной и изометричной форм с неровной губчатой поверхностью. Оно в основном мелкое (менее 0,07 мм). По результатам технологических исследований трех проб установлено, что золото встречается в сростках с кварцем от 1,8 до 48,3 % и в сульфидах (от 1,8 до 16,1 %). Тонкодисперсное золото (менее 0,001 мм) отмечается в пирите, лимоните, арсенопирите, скородите, сфалерите. Содержание такого золота, судя по его количеству в самом мелком классе крупности руды (менее 0,004 мм), достигает 30 %. Его пробность по данным рентгеноспектрального микроанализа составляет 916–880 ‰. Практическое значение имеет самородное золото, парагенетически связанное с пиритом, арсенопиритом, кварцем. Золото, ассоциирующее с другими минералами, в связи с их невысоким содержанием существенной роли не играет. Самородное серебро наблюдается в виде изометричных пластинчатых и дендритовидных зерен, соразмерных с самородным золотом. Отношение золота к серебру в слабо окисленных рудах достигает 0,1. Золотосеребряное оруденение сопровождается геохимическими аномалиями мышьяка, сурьмы, висмута, свинца.



**Рис. 3.** Зерна рузвельтита  $\text{Bi}(\text{AsO}_4)$  (а) и полмурита  $\text{Pb}_2(\text{As}_2\text{O}_5)$  (б) в окисленных рудах. Фотографии сделаны на электронном сканирующем микроскопе (цифрой обозначено место точечного определения состава)

### Возраст золотосеребряного оруденения

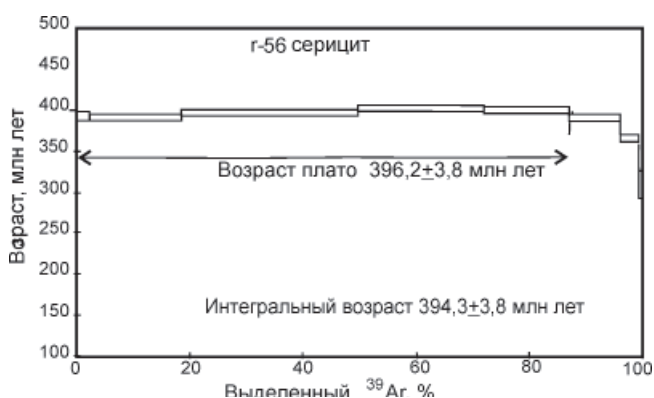
Возраст золотосеребряного оруденения Кабурчакского узла определяется геологическими и изотопно-геохронологическими данными. Все известные признаки эпитермальной золотосеребряной минерализации в западной части АССО приурочены к ранне-среднедевонским вулканогенно-осадочным и субвулканическим комплексам. Локализуется золотосеребряная минерализация в золотосульфидно-кварцевых жильно-прожилковых зонах в пределах палеовулканических аппаратов среди вулканитов и даек основного и кислого состава ранне-среднедевонского возраста. По геологическим данным возраст красноцветных терригенных отложений усть-кундусульской свиты, подстилающей рудовмещающие вулканиты в основании Кабурчакского вулканотектонического блока, определен как раннедевонский. Формирование золотосеребряного оруденения связывается с поствулканической деятельностью на границе раннего и среднего девона.

Геологические данные о возрасте золотосеребряного оруденения хорошо подтверждаются изотопно-геохронологическим датированием. Нами впервые получены  $\text{Ag-Ag}$  данные, подтверждающие ранне-среднедевонский возраст золотосеребряного оруденения западной части АССО. Для изотопных исследований была выбрана проба серицита из золотоносных интенсивно березитизированных дацитовых порфиров кабурчакского комплекса Центральной рудной зоны Каларского месторождения. В березитах присутствует сульфидная минерализация: пирит (преобладает), удлиненно призматический арсенипирит и галенит.

Геохронологические исследования  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  выполнены в ИГМ СО РАН (Новосибирск). Выделение аргона из образцов проводилось методом ступенчатого прогрева по методике, опубликованной в [7]. Навески образцов совместно с мусковитом МСА-11 (K-Ar возраст 313 млн лет) и биотитом LP-6 (128,1 млн лет), которые использовались в качестве мониторов, заворачивали в алюминиевую фольгу, помещали в кварцевую ампулу и после откачки из нее воздуха запаивали. Затем пробы облучали в кадмированном канале реактора ВВР-К типа в Научно-исследовательском институте ядерной физики (Томск). Градиент нейтронного потока не превышал 0,5 % от размера образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву проводились в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Холостой опыт по определению  $^{40}\text{Ar}$  (10 мин при 1200 °C) не превышал  $5 \cdot 10^{-10}$  нсм<sup>3</sup>. Очистка аргона выполнялась с помощью Ti-SAES-геттеров и ZrAl-SAES-геттеров. Изотопный состав аргона измерялся на масс-спектрометре МИ-1201В. Ошибки измерений соответствуют интервалу  $\pm 2\sigma$ . Для коррекции на изотопы  $^{36}\text{Ar}$ ,  $^{37}\text{Ar}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ , полученные при облучении Ca, Cl, K, использовались следующие коэффици-



енты:  $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0,00073 \pm 0,000026$ ,  $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0,00032 \pm 0,000021$ ,  $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 0,0641 \pm 0,0001$ . Особое внимание уделялось контролю фактора изотопной дискриминации с помощью измерения порции очищенного атмосферного аргона.



**Рис. 4.** Возраст серицита (Ar-Ar метод) из аподацитовых березитов с золотосульфидно-кварцевой минерализацией Каларского месторождения

На рис. 4 представлен спектр ступенчатого прогрева серицита. Интерпретация спектра позволяет отчетливо выделить возрастное плато на уровне  $396,2 \pm 3,8$  млн лет, что отвечает возрасту золотоносных березитов (граница раннего и среднего девона). Интегральный возраст спектра серицита составляет  $394,3 \pm 3,8$  млн лет, что отвечает усредненному K-Ar возрасту породы и отражает время формирования породы и ее более поздних преобразований.

### Обсуждение результатов

Анализ имеющихся данных позволяет утверждать, что в пределах Кабурчакского рудного узла широко распространено типичное для ранне-среднедевонского вулканоплутонического пояса западной части АССО эпитегрмальное золотосеребряное оруденение. По многим геологическим, минералогическим и геохимическим критериям оно подобно таковому на объектах Охотско-Чукотского вулканического пояса Дальнего Востока России [9].

На основании минералого-геохимических данных можно предположить, что оруденение Каларского рудного поля близко к высокосульфидному типу (High Sulphidation) [10]. Об этом свидетельствуют типичные для данного типа признаки: повышенное содержание сульфидов в рудах, наличие барит-кварцевых прожилков, кавернозных вторичных кварцитов с алунитом, теллуридов золота и серебра. По данным Г. Ю. Акимова [2], в пределах Новофирсовского золотосеребряного поля, кроме оруденения низкосульфидного типа (Low Sulphidation), также отмечены признаки золотосеребряной минерализации высокосульфидного типа.

Полученные значения Ar-Ag возраста золотосеребряного оруденения хорошо сопоставляются с геологическими данными по возрасту

рудогенерирующих магматических комплексов Кабурчакской вулканоплутонической структуры. Таким образом, изотопные данные доказывают связь золотосеребряного оруденения Кабурчакского узла с разновозрастными вулканогенными комплексами. Геохронологические материалы служат примером хорошей корреляции геологических и изотопно-геохронологических данных, что свидетельствует об эффективности использования Ar-Ag датирования по серициту для определения возраста оруденения.

Новые данные хорошо коррелируются с изотопно-геохронологическими датировками по Новофирсовскому рудному полю. Здесь определен возраст рудогенерирующего куяганского дайкового комплекса на уровне 373–382 млн лет. Небольшие различия в возрасте золотосеребряного оруденения (13–22 млн лет), вероятно, отражают либо возрастную интервал формирования эпитегрмального золотосеребряного оруденения в западной части АССО, либо неточности, связанные с еще явно недостаточным количеством изотопных датировок.

### Выводы

Широкое распространение в западной части АССО ранне-среднедевонских вулканоплутонических комплексов, с которыми связаны промышленные и потенциально промышленные золотосеребряные объекты (золотоносные россыпи и шлиховые ореолы золота с неустановленными коренными источниками), по-новому раскрывает перспективы золотоносности этого региона. Начатая промышленная отработка руд Новофирсовского месторождения и технологические испытания золотосеребряных руд Каларского месторождения показали высокое качество руд. Учитывая наличие других потенциально промышленных объектов (Каларское, Чуринское, Майско-Семеновское, Ложковое и др.), можно говорить о высоком ресурсном потенциале эпитегрмального золотого оруденения.

Полученные изотопно-геохронологические и минералогические данные позволяют существенно дополнить представления о металлогении герцинского этапа эволюции региона. Необходимо дальнейшее проведение исследований минерального состава и изотопных характеристик золотосеребряных руд прецизионными методами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гусев, Н. И.** Возраст магматизма (U-Pb, SHRIMP II), контролирующего эпитегрмальное оруденение Новофирсовского золоторудного узла [Текст] / Н. И. Гусев, С. П. Шокальский, А. И. Гусев // Региональная геология и металлогения. – 2011. – № 45. – С. 98–105.
2. **Гусев, А. И.** Эпитегрмальное оруденение благородных металлов Горного Алтая и Горной





Шории [Текст] / А. И. Гусев // Изв. ТПУ. – 2005. – Т. 308, № 3. – С. 32–35.

3. **Калинин, Ю. А.** Золотоносные коры выветривания юга Сибири [Текст] / Ю. А. Калинин, Н. А. Росляков, С. Г. Прудников. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2006. – 339 с.

4. **Корреляция** магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области [Текст] / С. П. Шокальский, Г. А. Бабин, А. Г. Владимиров [и др.]. – Новосибирск, 2001. – 187 с.

5. **Наумов, Е. А.** Типы золотортутной минерализации Алтае-Саянской складчатой области и физико-химические условия их формирования : Автореф. дис. ... к. г.-м. н. [Текст] / Е. А. Наумов. – Новосибирск, 2007. – 16 с.

6. **Пермо-триасовое** оруденение Азии и его связь с проявлениями плюмового магматизма [Текст] / А. С. Борисенко, В. И. Сотников, А. Э. Изох [и др.] // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 1. – С. 166–182.

7. **Применение** тонкой магнитно-сепарационной технологии в К-Аг,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ , Rb-Sr методах датирования пород и минералов [Текст] / В. А. Пономарчук, Ю. Н. Лебедев, А. В. Травин [и др.] // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39, № 1. – С. 55–64.

8. **Черных, А. И.** Геолого-минерогеническое картирование на золото м-ба 1:500 000 северо-западной части Алтае-Саянской складчатой области (задачи, методика, результаты) [Текст] / А. И. Черных // Изв. ТПУ. – 2008. – Т. 314, № 1. – С. 16–22.

9. **Chernykh, A. I.** Prediction of epithermal gold-silver mineralization in the Altai-Sayany folded region based on correlation with reference objects of north-western Pacific [Text] / A. I. Chernykh // Gold of the North Pacific Rim : II International Geology and mining forum. – Magadan, 2011. – P. 233–234.

10. **Epithermal** gold deposits: styles, characteristics, and exploration [Text] / J. W. Hedenquist, E. Izawa, A. Arribas, N. C. White // Resource Geol. Spec. Publ. – 1996. – Vol. 1. – 70 p.

© А. И. Черных, П. А. Неволько, А. С. Борисенко, 2013