

УДК 550.13:551.73/78:522.3;553.4

**<sup>40</sup>Ag/<sup>39</sup>Ag-ВОЗРАСТ И СВЯЗЬ С МАГМАТИЗМОМ  
ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРИНДА  
(СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ АРГУНСКОГО СУПЕРТЕРРЕЙНА)**

**И. В. Бучко<sup>1</sup>, А. А. Сорокин<sup>1</sup>, В. А. Пономарчук<sup>2,\*</sup>, А. В. Травин<sup>2,3,\*\*</sup>**

Представлено академиком РАН В.Г. Моисеенко 30.01.2017 г.

Поступило 27.12.2016 г.

В результате проведённых исследований установлено, что возраст гидротермальных рудных метасоматитов Au–Ag-месторождения Буринда — одного из наиболее известных в восточной части Азии — может быть оценен в интервале 126–128 млн лет. Показано, что формирование этого месторождения связано гидротермальными процессами на заключительных этапах становления талданского вулканического комплекса.

*Ключевые слова:* месторождение Буринда, Аргунский супертеррейн, геохронология, магматизм, мезозой.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-56524853321-325>

Северо-восточная окраина Аргунского супертеррейна, обращённая в сторону Монголо-Охотского складчатого пояса, — арена проявления широкомасштабного мезозойского магматизма. Здесь же представлены многочисленные и разнообразные по своему составу месторождения и рудопроявления цветных, редких, благородных металлов (Покровское, Пионер, Буринда, Боргуликан, Тыгдинское, Ельничное, Прогнозное и др.). Несмотря на предположение большинства исследователей [1], что главная эпоха рудообразования в пределах рассматриваемого региона — мезозойская, вопросы связи месторождений с конкретными магматическими комплексами и тектоническими событиями не решены. Эта неопределённость существенно тормозит развитие представлений об общей истории формирования Аргунского супертеррейна и месте процессов рудообразования в этой истории.

Единственный путь решения этой проблемы — комплексные геолого-структурные, геохронологические исследования типовых месторождений данного региона. К таким объектам, безусловно, относится Au–Ag-месторождение Буринда в северо-вос-

точной части Аргунского супертеррейна (восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса) в верховьях р. Буринда (левый приток р. Амур) (рис. 1, 2), являющееся одним из наиболее известных в Приамурье.

На месторождении выявлена серия кварцевых, карбонат-кварцевых и кварц-карбонатных жил мощностью 0,2–26 м с Au–Ag-оруденением, приуроченных к тектоническим зонам в раннемеловых андезитах, трахиандезитах талданского вулканического комплекса [2] (рис. 1, 2). Простираение рудных тел в основном северо-восточное и близмеридиональное, реже субширотное [2]. Падение жил преимущественно крутое (70°–80°) до вертикального, юго-восточное, восточное. В ряде случаев жилы выплаживаются с глубиной (от 60° до 33°), что может свидетельствовать о наличии пологонаклонных разрывов в вулканическом покрове. Протяжённость рудных тел — от десятков до 1160 м, по падению они прослежены до 360 м [2]. Содержание Au в рудах 0,01–92 г/т, Ag — от 1–2 до 694 г/т. Минеральный состав руд беден. Вместе с Au в рудах в незначительных количествах присутствуют галенит, сфалерит, аргентит, пираргирит, халькопирит, самородное Ag, минералы группы блёклых руд [2].

Вмещающие вулканические породы в пределах месторождения практически повсеместно преобразованы гидротермально-метасоматическими процессами (гематитизация, пропицитизация, окварцевание, карбонатизация). По [2] в завершающую стадию гидротермального процесса на фоне интенсивных тектонических движений проявилось дробление и брекчирование жильных образований с це-

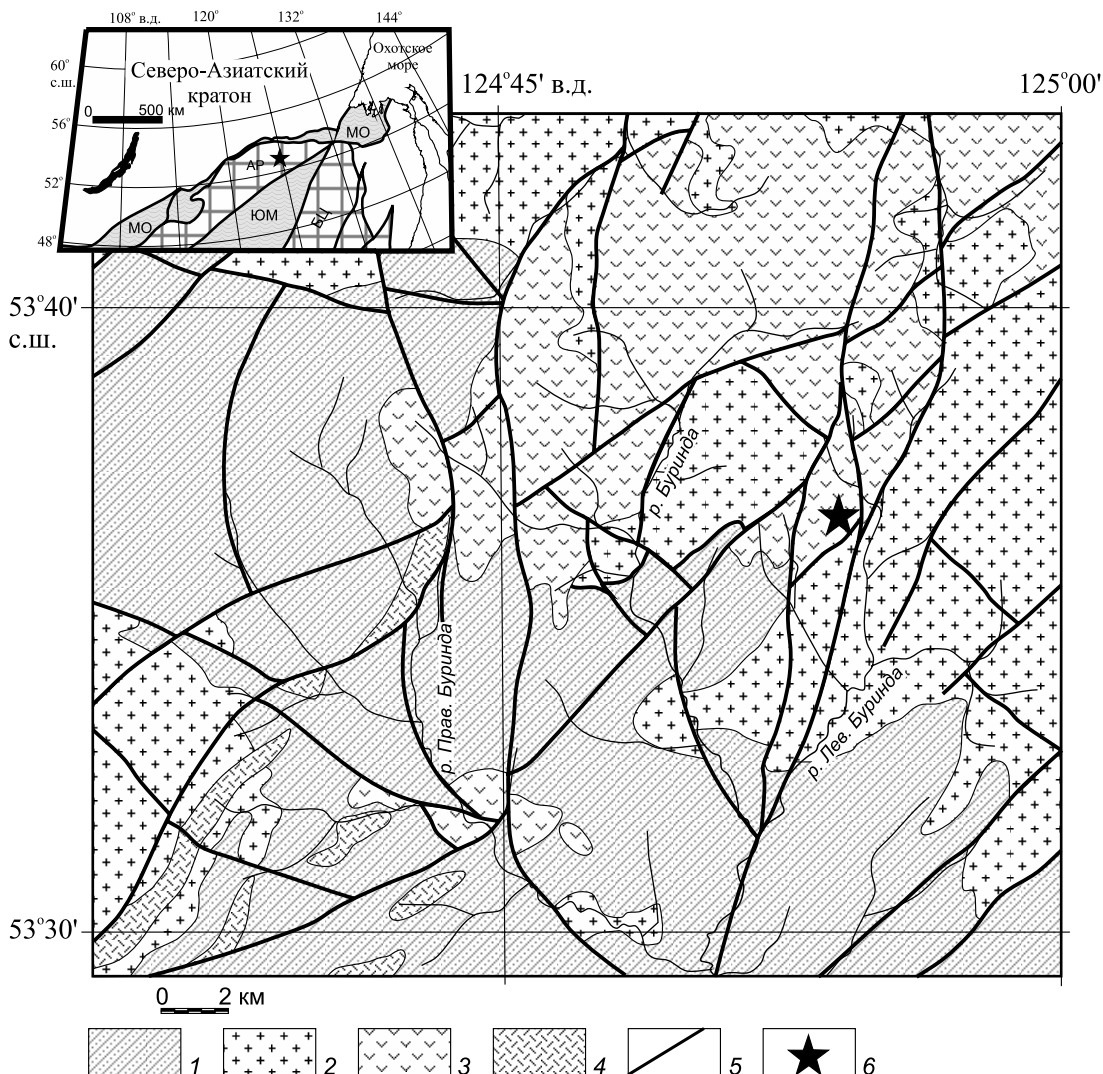
<sup>1</sup> *Институт геологии и природопользования  
Дальневосточного отделения Российской Академии наук,  
Благовещенск Амурской обл.*

<sup>2</sup> *Институт геологии и минералогии  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Новосибирск*

<sup>3</sup> *Томский государственный университет*

\*E-mail: [ponomar@igm.nsc.ru](mailto:ponomar@igm.nsc.ru)

\*\*E-mail: [travin@uigm.nsc.ru](mailto:travin@uigm.nsc.ru)



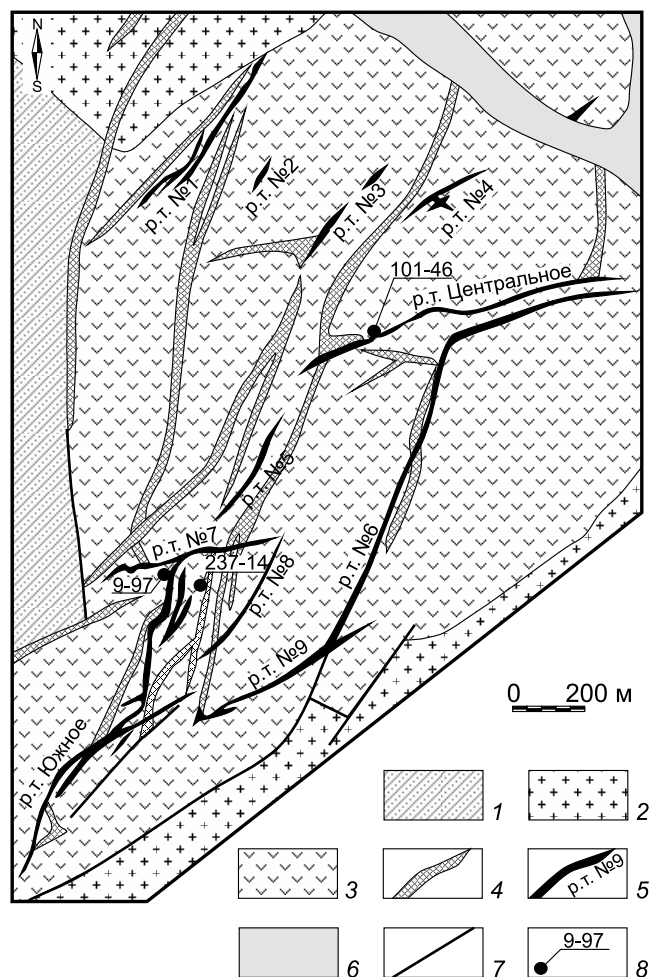
**Рис. 1.** Положение Au–Ag-месторождения Буринда среди основных тектонических структур восточной Азии. Составлено по [2] с изменениями авторов. 1 — верхнеюрские терригенные комплексы Верхнеамурского прогиба; 2 — раннемеловые гранитоиды верхнеамурского, буриндинского комплексов; 3 — раннемеловые андезиты, трахиандезиты, дациандезиты, дациты, риодациты, их туфы, игнимбриты талданского вулканического комплекса; 4 — раннемеловые базальты, риолиты бимодального галькинского вулканического комплекса; 5 — разломы; 6 — месторождение Буринда. Врезка: основные тектонические структуры восточной Азии. Составлена по [3] с изменениями авторов. МО — Монголо-Охотский, ЮМ — Южно-Монгольский орогенные пояса; АР — Аргунский, БЦ — Буряя-Цямусинский супертеррейны. Звездочка — положение месторождения Буринда.

ментацией их кварц-анкеритовым (часто с биотитом) материалом. При этом данные брекчии — безрудные.

Для установления возраста гидротермальных процессов мы провели геохронологические (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar-метод) исследования минералов, выделенных из рудных метасоматитов (рудные тела Южное, Центральное) и кварц-анкеритового материала, цементирующего брекчии. Места отбора образцов — на рис 2. Выделение монофазий выполнено вручную под бинокулярной лупой из фракции 0,25–0,15 мм измельчённого образца в ИГиП ДВО РАН (г. Благовещенск). Облучение проб было проведено

в кадмированном канале научного реактора ВВР–К-типа в Научно-исследовательском институте ядерной физики (г. Томск). Градиент нейтронного потока за период облучения не превышал 0,5% в размере образца. Холостой опыт по определению <sup>40</sup>Ar (10 мин при 1200 °C) не превышал 5 · 10<sup>-10</sup> нсм<sup>3</sup>. Очистку Ag производили с помощью Ti- и ZrAl–SAES-геттеров. Изотопный состав Ag измерен на масс-спектрометре Noble gas 5400 фирмы “Микромасс” (Англия) в ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) по методике в [5].

Результаты исследований, приведённые в табл. 1 и на рис. 3, сводятся к следующему. 1. Возраст по-



**Рис. 2.** Геологическая схема Au–Ag-месторождения Буринда. Составлена по [4] с изменениями авторов. 1 — верхнеюрские терригенные комплексы Верхнеамурского прогиба; 2 — раннемеловые гранитоиды верхнеамурского, буриндинского комплексов; 3 — раннемеловые андезиты, трахиандезиты, дациандезиты, дациты, риодациты, их туфы, игнимбриты талданского вулканического комплекса; 4 — дайки диоритовых порфиров, кварцевых диоритовых порфиров, гранодиорит-порфиров; 5 — рудные тела, их номера или названия; 6 — кайнозойские рыхлые отложения; 7 — разломы; 8 — места отбора образцов для геохронологических исследований и их номера.

левого шпата из ожелезнённых пропилитов (рудное тело Южное) по андезитам (обр. 9-97) талданского вулканического комплекса —  $128 \pm 2$  млн лет (плато 66% выделенного Ar). 2. Возраст полевого шпата из ожелезнённых пропилитов (рудное тело Центральное) по андезитам (обр. 101-46) талданского вулканического комплекса —  $126 \pm 2$  млн лет (4–9 ступеней, 28% выделенного Ar). 3. Возраст биотита из кварц-анкеритового материала, цементирующего брекчии (обр. 237-47 — скв. 237, образец с глубины 47 м) —  $119 \pm 2$  млн лет (плато 87% выделенного Ar).

Эти данные свидетельствуют о том, что возраст гидротермальных рудных метасоматитов месторождения Буринда может быть оценен в интервале 126–128 млн лет, а возраст цемента брекчий ~119 млн лет.

Полученные результаты позволяют обсудить вопросы корреляции магматических и рудообразующих процессов в северо-восточной части Аргунского супертеррейна. Так, согласно [6, 7] в пределах этой структуры выделена следующая последовательность формирования раннемеловых магматических комплексов: верхнеамурский и буриндинский гранитоидные комплексы — 140–127; талданский андезит-дацитовый комплекс — 127–123; галькинский бимодальный комплекс (с участием гранитоидов) — 119–115; трахиандезитовый комплекс — 105–94 млн лет. Эти комплексы обычно рассматривают в составе Умлеканского (западного) фрагмента Умлекано-Огоджинского вулканоплутонического пояса [2].

Как отмечено выше, возраст гидротермальных рудных метасоматитов месторождения Буринда может быть оценён в 126–128 млн лет. Он соответствует возрасту вулканических пород талданского вулканического комплекса (127–123 млн лет [6]), по которым и развиты метасоматиты. В этой связи мы полагаем, что формирование Au–Ag-месторождения Буринда связано гидротермальными процессами на заключительных этапах становления указанного комплекса.

Возраст биотита из кварц-анкеритового материала, цементирующего брекчии по рудным телам месторождения Буринда, ~119 млн лет. Учитывая, что эти брекчии безрудные, полученное значение отражает возраст наложенного (пострудного) процесса. И здесь нельзя не отметить, что на этот период в северо-восточной части Аргунского супертеррейна приходится интенсивный этап тектонической и магматической активности, выраженной в вулканической [6, 8] и интрузивной [7] формах.

В заключение важно обратить внимание на то, что оруденение Au–Ag-месторождения Буринда имеет несколько более древний (~126–128 млн лет) возраст, чем другие рудные объекты северо-восточной части Аргунского супертеррейна. Так, возраст Mo–Cu-порфирового с Au месторождения Боргуликан оценено в ~123–122 [9], а Cu-порфирового с Au рудопроявления Елна ~122–117 млн лет [10]. С другой стороны, возраст Au–Ag-месторождения Буринда практически совпадает с возрастом пространственно близких к нему рудных объектов, но расположенных в другой структурной зоне (в пределах юго-восточного обрамления Северо-Азиат-

**Таблица 1.** Результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирования минеральных фракций из изменённых андезитов талданского вулканического комплекса и кварц-анкеритового материала, цементирующего брекчии Au–Ag-месторождения Буринда методом ступенчатого прогрева

Ступень	$T, ^\circ\text{C}$	Выделенный $^{39}\text{Ar}, \%$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ( $\pm 1\sigma$ )	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ( $\pm 1\sigma$ )	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ( $\pm 1\sigma$ )	Возраст, млн лет ( $\pm 1\sigma$ )
Полевой шпат из ожелезнённых пропилитов по андезитам талданского вулканического комплекса (обр. 9-97), $J = 0,002896 \pm 0,000022$						
1	500	3,4	36,228 $\pm$ 0,042	0,0220 $\pm$ 0,0006	0,0183 $\pm$ 0,0011	154,5 $\pm$ 1,8
2	600	18,4	28,042 $\pm$ 0,013	0,0148 $\pm$ 0,0002	0,0028 $\pm$ 0,0002	136,8 $\pm$ 1,0
3	675	34,2	26,295 $\pm$ 0,010	0,0146 $\pm$ 0,0002	0,0011 $\pm$ 0,0002	130,8 $\pm$ 1,0
4	775	46,9	25,935 $\pm$ 0,014	0,0151 $\pm$ 0,0002	0,0010 $\pm$ 0,0002	129,2 $\pm$ 1,0
5	875	61,1	25,935 $\pm$ 0,015	0,0142 $\pm$ 0,0002	0,0011 $\pm$ 0,0002	129,1 $\pm$ 1,0
6	1000	82,8	25,817 $\pm$ 0,014	0,0142 $\pm$ 0,0002	0,0011 $\pm$ 0,0001	128,5 $\pm$ 1,0
7	1130	100,0	26,030 $\pm$ 0,014	0,0146 $\pm$ 0,0002	0,0027 $\pm$ 0,0002	127,3 $\pm$ 1,0
Полевой шпат из ожелезнённых пропилитов по андезитам талданского вулканического комплекса (обр. 101-46), $J = 0,002917 \pm 0,000022$						
1	500	13,6	30,863 $\pm$ 0,008	0,0158 $\pm$ 0,0001	0,0067 $\pm$ 0,0001	146,0 $\pm$ 1,1
2	600	52,0	28,740 $\pm$ 0,007	0,0148 $\pm$ 0,0001	0,0022 $\pm$ 0,0001	142,1 $\pm$ 1,0
3	650	72,2	26,513 $\pm$ 0,008	0,0144 $\pm$ 0,0001	0,0010 $\pm$ 0,0001	133,0 $\pm$ 1,0
4	700	81,0	25,687 $\pm$ 0,009	0,0146 $\pm$ 0,0002	0,0010 $\pm$ 0,0002	128,9 $\pm$ 1,0
5	775	83,1	26,101 $\pm$ 0,021	0,0154 $\pm$ 0,0004	0,0042 $\pm$ 0,0004	126,4 $\pm$ 1,1
6	875	90,7	25,630 $\pm$ 0,012	0,0149 $\pm$ 0,0001	0,0022 $\pm$ 0,0001	126,9 $\pm$ 0,9
7	975	95,4	25,853 $\pm$ 0,020	0,0156 $\pm$ 0,0003	0,0038 $\pm$ 0,0004	125,7 $\pm$ 1,1
8	1050	97,8	25,642 $\pm$ 0,013	0,0152 $\pm$ 0,0004	0,0035 $\pm$ 0,0004	125,0 $\pm$ 1,1
9	1130	100,0	25,501 $\pm$ 0,011	0,0163 $\pm$ 0,0004	0,0025 $\pm$ 0,0004	125,8 $\pm$ 1,1
Биотит из кварц-анкеритового материала, цементирующего брекчии (обр. 237-47), $J = 0,003414 \pm 0,000031$						
1	500	0,9	119,766 $\pm$ 0,705	0,0781 $\pm$ 0,0073	0,3818 $\pm$ 0,0063	42,3 $\pm$ 10,5
2	600	4,1	51,614 $\pm$ 0,100	0,0397 $\pm$ 0,0016	0,1297 $\pm$ 0,0019	79,9 $\pm$ 3,4
3	700	12,7	30,140 $\pm$ 0,035	0,0222 $\pm$ 0,0010	0,0443 $\pm$ 0,0012	102,0 $\pm$ 2,2
4	800	32,3	24,635 $\pm$ 0,014	0,0193 $\pm$ 0,0003	0,0169 $\pm$ 0,0005	117,0 $\pm$ 1,4
5	900	53,7	25,165 $\pm$ 0,011	0,0180 $\pm$ 0,0002	0,0175 $\pm$ 0,0003	119,1 $\pm$ 1,2
6	1000	70,1	24,864 $\pm$ 0,011	0,0197 $\pm$ 0,0003	0,0168 $\pm$ 0,0004	118,5 $\pm$ 1,2
7	1065	86,0	24,894 $\pm$ 0,034	0,0173 $\pm$ 0,0005	0,0156 $\pm$ 0,0014	120,8 $\pm$ 2,6
8	1130	100,0	24,138 $\pm$ 0,012	0,0183 $\pm$ 0,0006	0,0137 $\pm$ 0,0004	119,7 $\pm$ 1,3

Примечание.  $T$  — температура, погрешность  $\pm 1^\circ\text{C}$ ;  $J$  — “джи-фактор” — параметр, характеризующий нейтронный поток. Навеска образца 40,37 мг.

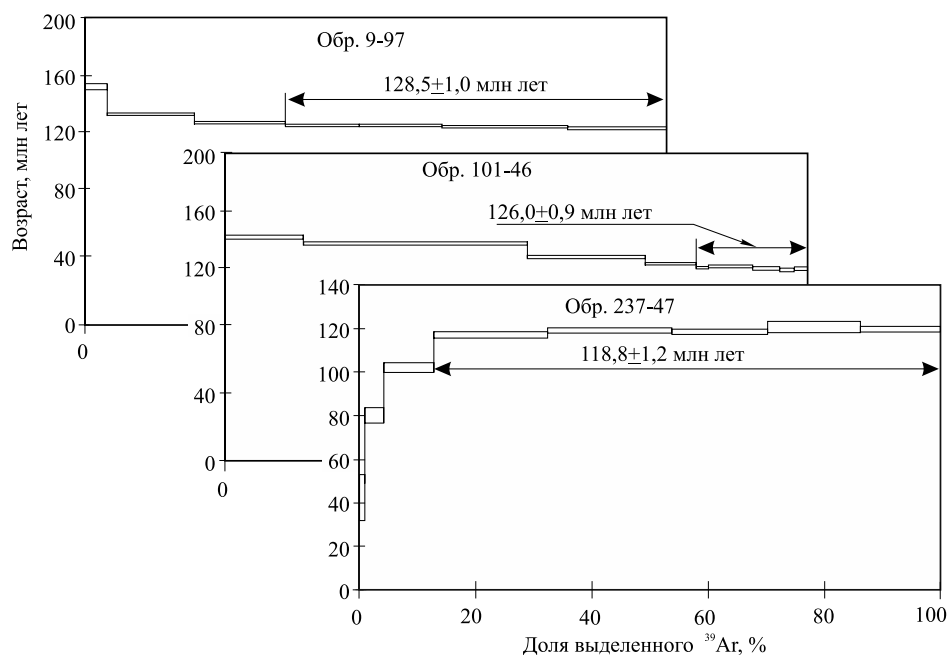
ского кратона). К последним относятся Au-полиметаллическое месторождение Березитовое (~132–125 [11]), Ag-полиметаллическое месторождение Моготинское (~127–125 [12]), Au–Ag-рудопоявление Дёсс (~129 [13, 14]), Mo–Cu-порфировое рудопоявление Выходное (~125–122 млн лет [15]).

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность руководству и геологам ООО НПГФ “Регис” за содействие в проведении исследований и предоставленные материалы.

**Источник финансирования.** Исследования выполнены при поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований ДВО РАН “Дальний Восток” (проект 18–02–015).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Эйриш Л.В.* Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток: Дальнаука, 2002. 194 с.
2. *Козырев С.К.* Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:200 000. 2-е изд. Зейская сер. Лист N-51-XXIII (Невер), N-51-XXIX (Осежино). СПб.: ВСЕГЕИ, 2002.
3. *Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И. и др.* // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41.
4. *Мельников А.В., Степанов В.А.* // Вестн. Амур. гос. ун-та. Сер. Естеств. и экон. науки. 2013. В. 61. С. 61–69.
5. *Травин А.В., Юдин Д.С., Хромых С.В. и др.* // Геохимия. 2009. № 11. С. 1181–1199.



**Рис. 3.** График ступенчатого отжига для минеральных фракций из изменённых андезитов талданского вулканического комплекса и кварц-анкеритового материала, цементирующего брекчии Au–Ag-месторождения Буринда методом ступенчатого прогрева. Погрешность  $\pm 2\sigma$ .

6. Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Сорокин А.П., Козырев С.К. // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12. № 6. С. 38–54.
7. Сорокин А.А., Котов А.Б., Пономарчук В.А. и др. // Петрология. 2013. Т. 21. № 1. С. 74–93.
8. Сорокин А.А., Котов А.Б., Ковач В.П. и др. // Петрология. 2014. Т. 22. № 1. С. 72–84.
9. Сотников В.И., Сорокин А.А., Пономарчук В.А. и др. // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 2. С. 229–237.
10. Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А. и др. // ДАН. 2017. Т. 472. № 2. С. 175–179.
11. Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В. и др. // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 3. С. 432–448.
12. Бучко И.В., Бучко Ир.В., Сорокин А.А. и др. // Геология руд. месторождений. 2014. Т. 56. № 2. С. 118–130.
13. Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А. и др. // ДАН. 2010. Т. 435. № 4. С. 506–509.
14. Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А. и др. // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31. № 2. С. 69–74.
15. Сотников В.И., Сорокин А.А., Пономарчук В.А. и др. // ДАН. 2007. Т. 416. № 6. С. 794–798.

## $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ AGE OF THE GOLD-SILVER BURINDA DEPOSIT AND ITS RELATIONSHIP TO MAGMATISM (NORTH-EASTERN PART OF THE ARGUN SUPERTERRANE)

I. V. Buchko<sup>1</sup>, A. A. Sorokin<sup>1</sup>, V. A. Ponomarchuk<sup>2</sup>, A. V. Travin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geology and Natural Management of Far Eastern Branch  
of Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>3</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

Presented by Academician of the RAS V.G. Moiseenko January 30, 2017

Received December 27, 2016

It was established that the age of hydrothermal ore metasomatites of the Burinda gold-silver deposit, one of the most famous in eastern Asia, can be estimated in the interval 126–128 Ma. It is shown that the formation of this deposit is due to hydrothermal processes in the final stages of the formation of the Taldan volcanic complex.

*Keywords:* Burinda gold-silver deposit, Argun superterrane, geochronology, magmatism, mesozoic.