УДК 553.41:553.065

⁴⁰Ar/³⁹Ar-ВОЗРАСТ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛБЫН (ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА)

А. Ю. Кадашникова^{1,*}, А. А. Сорокин¹, А. В. Пономарчук², А. В. Травин^{2,4},
В. А. Пономарчук^{2,3}, А. И. Дементенко¹, Л. В. Эйриш¹

Представлено академиком РАН В.Г. Моисеенко 09.01.2017 г.

Поступило 19.01.2017 г.

В результате проведённых исследований установлено, что возраст гидротермальных метасоматитов золоторудного месторождения Албын — одного из наиболее известных в восточной части Азии — может быть оценен в 135–131 млн лет. Предполагают, что формирование этого месторождения связано с дислокациями и метаморфизмом вулканогенно-осадочных толщ Монголо-Охотского пояса.

Ключевые слова: Монголо-Охотский складчатый пояс, золото, месторождение Албын, геохронология.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524854468-473>

Монголо-Охотский складчатый пояс — один из основных структурных элементов Центральной и Восточной Азии (рис. 1). Длительная история формирования этого пояса сопровождалась становлением разновозрастных магматических комплексов и рудных месторождений в пределах пояса и его континентального обрамления. В то же время изотопно-геохронологическая изученность большинства этих месторождений слабая, что существенно затрудняет корреляцию тектонических, магматических, рудообразующих процессов. И в первую очередь это относится к рудным объектам в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса, геохронологические данные для которых имеются в весьма ограниченном объёме [2, 3].

В нашей работе приведены результаты исследования гидротермальных рудных метасоматитов золоторудного месторождения Албын — одного из наиболее значимых месторождений на Дальнем Востоке.

Месторождение находится в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса (рис. 1) наряду с такими золоторудными месторождениями,

как Токур, Сагур, Маломыр, Унгличикан, Ворошиловское и др., входит в состав Харгинского рудного поля и расположено в пределах Селемджино-Кербинской структурной зоны или одноимённого террейна аккреционного клина [5].

Месторождение локализовано (рис. 1, 2) в поле развития образований афанасьевской и златоустовской свит. В составе афанасьевской свиты [1] резко преобладают мусковит-кварц-альбитовые, мусковит-альбит-кварцевые, альбит-хлорит-эпидот-амфиболовые сланцы. Общая мощность свиты >1200 м. Это наиболее метаморфизованные образования Селемджино-Кербинского террейна, и нередко их рассматривают в качестве “купола”. Возраст афанасьевской свиты не определён, и представления о нём менялись в широких пределах (от архея до позднего палеозоя). В настоящее время в легендах геологических карт последнего поколения [1] свита условно отнесена к нижнему палеозою. Златоустовская свита [1] сложена кварц-серицитовыми, часто углеродсодержащими сланцами, эпидот-актинолит-альбитовыми, кварц-эпидот-хлоритовыми, хлорит-актинолит-кварц-альбитовыми, мусковит-кварц-альбитовыми сланцами, метапесчаниками, филлитизированными глинистыми сланцами, метабазальтами, мраморизованными известняками. Общая мощность свиты >1600 м. Характерный признак свиты — наличие углеродсодержащих сланцев. Контакты златоустовской и афанасьевской свит — тектонические. Метатерригенные породы, включаемые в состав златоустовской свиты, содержат характерные для среднего карбона формы микроспор [1]. На этом основании в легендах геологических карт последнего поколения возраст свиты принимается среднекаменноугольным.

¹ Институт геологии и природопользования
Дальневосточного отделения Российской Академии наук,
Благовещенск

² Институт геологии и минералогии им. Н.С. Соболева
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Новосибирск

³ Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет

⁴ Национальный исследовательский
Томский государственный университет

*E-mail: igip@ascnet.ru

Рис. 1. Положение золоторудного месторождения Албын в основных геологических структурах региона ([1] с изменениями авторов). 1–3 — стратифицированные геологические комплексы Селемджино-Кербинского террейна: 1 — мусковит-кварц-альбитовые, мусковит-альбит-кварцевые, альбит-хлорит-эпидот-амфиболовые сланцы условно нижнепалеозойской афанасьевской свиты, 2 — рассланцованные песчаники, алевролиты, глинистые сланцы нижнекаменноугольной талыминской свиты, 3 — кварц-серицитовые, часто углеродсодержащие сланцы, эпидот-актинолит-альбитовые, кварц-эпидот-хлоритовые, хлорит-актинолит-кварц-альбитовые, мусковит-кварц-альбитовые сланцы, метапесчаники, глинистые сланцы, metabазальты, мраморизованные известняки среднекаменноугольной златоустовской свиты; 4 — песчаники, алевролиты, известняки, metabазальты среднедевонской аккриндинской свиты Галамского террейна; 5 — песчаники, алевролиты, metabазальты нижнеюрской соруканской свиты Ульбанского террейна; 6, 7 — интрузии позднепалеозойского златоустовского комплекса: 6 — габбро, габбро-диориты, 7 — гранодиориты, плагииграниты; 8 — субвулканические тела раннемелового андезит-риолитового унериканского комплекса; 9 — интрузии и субвулканические тела позднемелового диорит-гранодиорит-гранитового Баджало-Дуссе-Алинского комплекса; 10 — кайнозойские рыхлые отложения; 11 — разломы; 12 — Албынская рудная зона; 13 — район исследования. Врезка: звёздочка — положение золоторудного месторождения Албын. МО — Монголо-Охотский складчатый пояс.

Рис. 2. Схематическая геологическая карта золоторудного месторождения Албын ([6] с изменениями авторов). 1 — мусковит-кварц-альбитовые, мусковит-альбит-кварцевые, альбит-хлорит-эпидот-амфиболовые сланцы афанасьевской свиты; 2 — кварц-серицитовые, часто углеродсодержащие сланцы, эпидот-актинолит-альбитовые, кварц-эпидот-хлоритовые, хлорит-актинолит-кварц-альбитовые, мусковит-кварц-альбитовые сланцы, метапесчаники, глинистые сланцы, metabазальты, мраморизованные известняки златоустовской свиты; 3 — габбро, габбро-диориты златоустовского комплекса; 4, 5 — немасштабные позднемиоценовые субвулканические тела и дайки: 4 — гранит-порфиры, риолиты Баджало-Дуссе-Алиньского комплекса, 5 — андезитов, диоритовых порфиров Селитканского комплекса; 6 — кайнозойские рыхлые отложения; 7 — разломы; 8 — контур Албынской рудной зоны; 9 — рудные тела (р.т.) и их номера; 10 — места отбора образцов для геохронологических исследований и их номера.

Интрузивные породы в пределах рудного поля [1] представлены условно позднекаменноугольными габбро, габбродиоритами, гранодиоритами, плагиогранитами златоустовского комплекса, субвулканическими трахириолитами раннемиоценового унериканского комплекса, дайками диоритовых порфиров позднемиоценовых селитканского и баджало-дуссеалинского комплексов.

Рудное поле (рис. 2) образовано многочисленными золотоносными кварцевыми жилами, зонами слюисто-кварц-альбитовых метасоматитов и зонами дробления. Наибольший промышленный интерес представляет широтная Албынская рудная зона (рис. 2), которая прослеживается в виде мощной полосы метасоматически изменённых пород, контролируемой пологопадающей в северном направлении тектонической зоной интенсивного кливажа, милонитизации, микроскладчатости [1].

В пределах этой рудной зоны в метасоматитах альбитового, кварц-альбитового, слюисто-альбит-кварцевого, хлорит-кварц-серицитового составов опробованием выявлена серия рудных тел (рис. 2) мощностью 3,8–6,5 м. Они прослежены по горизонтали на 500–1800 м и на глубину 110–320 м [6]. Сульфиды, доля которых в рудах не превышает первых процентов, представлены арсенипиритом, реже пиритом, редко халькопиритом, галенитом, сфалеритом, шеелитом, антимонитом [1, 6].

Для установления возраста проявления гидротермальных процессов нами были проведены геохронологические ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -метод) исследования мусковит-кварц-альбитовых метасоматитов рудных тел 1 и 2. Места отбора образцов на рис. 2.

Изотопное датирование проведено по мономинеральным фракциям, отбор которых производили вручную под бинокулярной лупой из фракции 0,25–

0,15 мм измельчённого образца. Облучение проб было проведено в кадмированном канале научного реактора ВВР-К-типа в Научно-исследовательском институте ядерной физики (Томск). Градиент нейтронного потока за период облучения не превышал 0,5% в размере образца. Холостой опыт по определению ^{40}Ar (10 мин при 1200 °С) не превышал $5 \cdot 10^{-10}$ нсм³. Очистку Ar производили с помощью Ti- и ZrAl-SAES-геттеров. Изотопный состав Ar измеряли на масс-спектрометре Noble gas 5400 фирмы "Микромасс" (Англия) в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск). Для коррекции на изотопы $^{36}, ^{37}, ^{40}\text{Ar}$, полученные при облучении Ca, Cl, K, использованы следующие коэффициенты: $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0,00073 \pm 0,000026$, $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0,00032 \pm 0,000021$, $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 0,0641 \pm 0,0001$. Особое внимание уделяли контролю фактора изотопной дискриминации с помощью измерения порции очищенного атмосферного Ar. Среднее значение $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ на период измерений составило $296,5 \pm 0,5$.

Результаты проведённых исследований приведены в табл. 1, на рис. 3 и сводятся к следующему (возрасты приведены с погрешностью $\pm 2\sigma$).

- 1) возраст мусковита из мусковит-кварц-альбитового метасоматита (обр. DA-30) рудного тела 1 131 ± 2 млн лет (плато, 73% выделенного Ar), рис. 3;
- 2) возраст мусковита из мусковит-кварц-альбитового метасоматита (обр. DA-34) рудного тела 2

Рис. 3. Аргонотермические спектры для мусковита из мусковит-кварц-альбитовых метасоматитов рудного тела 1 (обр. DA-30) и рудного тела 2 (обр. DA-34) месторождения Албын. Номера образцов соответствуют номерам в тексте (табл. 1). Возрасты приведены с погрешностью $\pm 2\sigma$.

135 ± 2 млн лет (плато, 79% выделенного Ar), рис. 3.

Полученные данные свидетельствуют о том, что возраст гидротермального рудного процесса, приведшего к формированию месторождения Албын, 135–131 млн лет. Тожественная оценка возраста ранее получена для рудных метасоматитов месторождения Маломыр (~133–132 млн лет) [3], также расположенного в Селемджино-Кербинской струк-

Таблица 1. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирования минеральных фракций из гидротермальных рудных образований и вмещающих пород месторождения Албын методом ступенчатого прогрева

№ ступени	T, °C	$\Sigma^{39}\text{Ar}$, %	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} (\pm 1\sigma)$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} (\pm 1\sigma)$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} (\pm 1\sigma)$	Возраст, млн лет ($\pm 1\sigma$)
Образец DA-30 (мусковит). $J = 0,003936 \pm 0,000041$						
1	500	0,4	$50,6 \pm 3,1$	$8,1 \pm 7,3$	$0,13 \pm 0,06$	$85,7 \pm 121,9$
2	650	3,5	$23,3 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,4$	$0,023 \pm 0,008$	$114,4 \pm 15,2$
3	760	9,2	$21,75 \pm 0,06$	$0,8 \pm 0,3$	$0,012 \pm 0,003$	$124,5 \pm 5,3$
4	870	23,2	$20,59 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,1$	$0,0042 \pm 0,0009$	$132,4 \pm 2,3$
5	960	76,5	$19,68 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,03$	$0,0019 \pm 0,0010$	$130,8 \pm 2,4$
6	1040	92,9	$20,27 \pm 0,05$	$0,08 \pm 0,05$	$0,013 \pm 0,002$	$112,9 \pm 4,9$
7	1130	100,0	$21,2 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,4$	$0,028 \pm 0,007$	$89,9 \pm 13,4$
Образец DA-34 (мусковит). $J = 0,00393 \pm 0,00004$						
1	500	1,6	$35,0 \pm 0,4$	$12,3 \pm 6,3$	$0,05 \pm 0,01$	$128,7 \pm 21,1$
2	620	7,4	$22,8 \pm 0,1$	$3,4 \pm 1,4$	$0,020 \pm 0,006$	$116,7 \pm 12,7$
3	730	13,4	$23,37 \pm 0,09$	$3,8 \pm 1,4$	$0,018 \pm 0,004$	$124,7 \pm 7,6$
4	830	36,8	$20,68 \pm 0,02$	$0,8 \pm 0,3$	$0,003 \pm 0,001$	$134,3 \pm 2,4$
5	900	66,6	$20,50 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,07$	$0,002 \pm 0,000$	$135,7 \pm 1,6$
6	950	80,6	$21,16 \pm 0,04$	$0,1 \pm 0,1$	$0,006 \pm 0,002$	$132,6 \pm 4,2$
7	1025	92,4	$21,51 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,2$	$0,007 \pm 0,001$	$133,3 \pm 2,5$
8	1130	100,0	$22,58 \pm 0,06$	$0,9 \pm 0,8$	$0,003 \pm 0,003$	$148,3 \pm 5,6$

Примечание. T — температура, погрешность ± 1 °C. J — параметр, характеризующий нейтронный поток. Навеска образца 40,37 мг.

турной зоне восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса.

Как показывает практика, в большинстве случаев геохронологические исследования позволяют связать рудообразующий процесс с тем или иным магматическим комплексом. Однако в нашем случае это оказалось затруднительным. Выше отмечено, что наиболее ранние интрузивные породы в пределах Албынского рудного поля представлены условно позднекаменноугольными габбро, габбродиоритами, гранодиоритами, плагиогранитами златоустовского комплекса [1]. По нашим данным, возраст гранитоидов этого комплекса не позднекаменноугольный, а пермский (~268 млн лет, по [5]), но в любом случае этот комплекс существенно более древний по отношению к оруденению. Субвулканические тела унериканского комплекса, а также дайки селетканского и баджало-дуссеалинского комплексов, которые встречаются в пределах рудного поля, имеют, наоборот, более молодой возраст (моложе 105 млн лет [1, 7–9]).

О термофлюидном влиянии пострудных даек на изотопную K–Ar-систему свидетельствует понижение датировки последней высокотемпературной ступени на Ar–Ar-диаграмме мусковита (рис. 3). Температура закрытия изотопной K–Ar-системы для этого минерала 300–400 °C. Более существенное влияние пострудные дайки оказали на полевой шпат (температура закрытия от 125 до 250 °C), сосуществующий с рассматриваемым выше мусковитом: расчёт по всем ступеням дискордантного спектра показал возраст ~97 млн лет.

Приведённые выше материалы указывают на то, что связать проявления гидротермальных рудных процессов месторождения Албын со становлением какого-то магматического комплекса не представляется возможным. Отметим, что ранее такой же вывод был сделан и на основании результатов проведения геохронологических исследований рудных метасоматитов и даек месторождения Маломир [3]. В то же время следует обратить внимание на то, что на аргонограммах метасоматитов обоих месторождений присутствуют ступени с возрастными ~150 млн лет. Этот возраст достаточно близок к возрасту проявления последнего этапа регионального метаморфизма в пределах северного континентального об-

рамления восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса, связываемого с заключительными этапами коллизионных процессов и формированием орогенных структур Монголо-Охотского пояса [10, 11]. В этой связи нельзя исключать того, что дислокации, сопровождаемые гидротермальной деятельностью, и сыграли значимую роль в мобилизации, перераспределении рудного вещества и формировании месторождений Албын, Маломир.

Благодарности. Авторы выражают благодарность руководству ЗАО ГК “Петропавловск”, ООО “Албынский рудник”, ООО “РЕГИС” за помощь в организации полевых работ и сборе материалов.

Источник финансирования. Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 18–17–00002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафоненко С.Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:200 000. Гос. изд. Сер. Тугурская. Лист N-53-XXVI. СПб.: ВСЕГЕИ, 2002.
2. Сорокин А.А., Остапенко Н.С., Пономарчук В.А., Травин А.В. // Геология руд. месторождений. 2011. Т. 53. № 3. С. 297–304.
3. Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Бучко И.В. и др. // ДАН. 2016. Т. 466. № 2. С. 207–212.
4. Эйриш Л.В. Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток: Дальнаука, 2002. 194 с.
5. Сорокин А.А., Кудряшов Н.М., Сорокин А.П. и др. // ДАН. 2003. Т. 392. № 6. С. 807–812.
6. Мельников А.В., Степанов В.А. Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. Ч. 2. Центральная часть провинции. Благовещенск: АмГУ, 2014. 300 с.
7. Сорокин А.А., Сорокин А.П., Пономарчук В.А., Травин А.В. // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 4. С. 473–485.
8. Дербек И.М., Сорокин А.А., Сальникова Е.Б. и др. // ДАН. 2008. Т. 418. № 2. С. 221–225.
9. Дербек И.М., Сорокин А.А., Пономарчук В.А. и др. // ДАН. 2008. Т. 419. № 1. С. 95–99.
10. Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Котов А.Б. и др. // ДАН. 2006. Т. 409. № 2. С. 222–226.
11. Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Котов А.Б. и др. // ДАН. 2006. Т. 409. № 5. С. 652–657.

**$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ AGE OF THE ALBYN GOLD ORE DEPOSIT
(EASTERN PART OF THE MONGOL-OKHOTSK FOLD BELT)**

**A. Yu. Kadashnikova¹, A. A. Sorokin¹, A. V. Ponomarchuk²,
A. V. Travin³, V. A. Ponomarchuk^{2,3}, A. I. Dementienko¹, L. V. Eirish¹**

¹ *Institute of Geology and Nature Management of the Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russian Federation*

² *Institute of Geology and Mineralogy of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation*

³ *Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation*

Presented by Academician of the RAS V.G. Moiseenko January 9, 2017

Received January 19, 2017

It was established that the age of hydrothermal metasomatites of the Albyn gold deposit, one of the most famous in eastern Asia, can be estimated at 135–131 Ma. It is assumed that the formation of this deposit is associated with dislocations and metamorphism of volcanogenic-sedimentary strata of the Mongol-Okhotsk belt.

Keywords: Mongol-Okhotsk belt, gold, Albyn deposit, geochronology.