**THE FIRST $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ GEOCHRONOLOGICAL DATA FOR ORE METASOMATITES
OF THE UNGLICHIKAN GOLD DEPOSIT, EASTERN PART
OF THE MONGOL-OKHOTSK FOLD BELT**

A.Yu. Kadashnikova ¹✉, **A.A. Sorokin** ¹, **A.V. Ponomarchuk** ², **A.V. Travin** ², **V.A. Ponomarchuk** ²

¹Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 1 Relochniy Ln, Blagoveshchensk 675000, Russia

²Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 3 Academician Koptyug Ave, Novosibirsk 630090, Russia

ABSTRACT. In our isotope-geochronological study, the age of ore metasomatites of the Unglichikan gold deposit is determined at 140–136 Ma. Magmatism of this age is absent in the study area, and it is thus unreasonable to relate the ore mineralization in the Unglichikan deposit to any magmatic process. We conclude that in the mobilization and redistribution of the ore material and the formation of the Unglichikan deposit, a significant role was played by dislocation processes accompanied by hydrothermal activity during the final stages of orogenesis in the Mongol-Okhotsk belt.

KEYWORDS: Mongol-Okhotsk fold belt; Unglichikan deposit; gold; geochronology

FUNDING: The isotope-geochronological study was supported by RSF (project 18-17-00002).

SHORT COMMUNICATION

Correspondence: Aleksandra Yu. Kadashnikova, akadashnikova@gmail.com

Received: March 27, 2020

Revised: September 19 2020

Accepted: October 14, 2020

FOR CITATION: Kadashnikova A.Yu., Sorokin A.A., Ponomarchuk A.V., Travin A.V., Ponomarchuk V.A., 2020. The first $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological data for ore metasomatites of the Unglichikan gold deposit, eastern part of the Mongol-Okhotsk fold belt. *Geodynamics & Tectonophysics* 11 (4), 672–677. doi:10.5800/GT-2020-11-4-0499

ПЕРВЫЕ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РУДНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УНГЛИЧИКАН (ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА)

А.Ю. Кадашникова¹, А.А. Сорокин¹, А.В. Пономарчук², А.В. Травин², В.А. Пономарчук²

¹ Институт геологии и природопользования ДВО РАН, 675000, Благовещенск, пер. Релочный, 1, Россия

² Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН, 630090, Новосибирск, пр-т Академика Коптюга, 3, Россия

АННОТАЦИЯ. В результате проведенных изотопно-геохронологических исследований установлено, что возраст рудных метасоматитов золоторудного месторождения Унгличикан может быть оценен в 140–136 млн лет. Отсутствие магматизма этого возраста в пределах рассматриваемого региона не позволяет связать рудную минерализацию месторождения Унгличикан с магматическими процессами. По мнению авторов, значимую роль в мобилизации, перераспределении рудного вещества и образовании месторождения Унгличикан сыграли дислокационные процессы, сопровождаемые гидротермальной деятельностью, связанные с заключительными этапами формирования орогенных структур Монголо-Охотского пояса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Монголо-Охотский складчатый пояс; месторождение Унгличикан; золото; геохронология

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Геохронологические исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект 18-17-00002).

1. ВВЕДЕНИЕ

Монголо-Охотский складчатый пояс, один из главных структурных элементов Центральной и Восточной Азии, представляет собой сложный коллаж палеозойских и раннемезозойских комплексов, зажатых между крупными континентальными блоками Восточной Азии – Северо-Азиатским кратоном и Амурским супертеррейном (рис. 1). Формирование Монголо-Охотского орогенного пояса сопровождалось аккреционными и коллизионными процессами, становлением разновозрастных магматических поясов и рудных месторождений как в пределах пояса, так и в его континентальном обрамлении (на прилегающих окраинах Северо-Азиатского кратона и Амурского супертеррейна). Для определения связи между тектоническими, магматическими и рудообразующими процессами необходимы надежные геохронологические данные. И в первую очередь это относится к рудным объектам в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса, геохронологические данные для которых имеются в ограниченном объеме [Sorokin et al., 2011; Kadashnikova et al., 2019a, 2019b].

В работе приведены результаты изотопно-геохронологических исследований гидротермальных рудных метасоматитов месторождения Унгличикан, расположенного в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ УНГЛИЧИКАН

Месторождение Унгличикан входит в состав Харгинского рудного поля и расположено в пределах Селемджино-Кербинской структурной зоны [State Geological Map ..., 2002] или одноименного террейна аккреционного клина [Sorokin et al., 2003].

Оруденение приурочено к зоне Унгличиканского разлома, являющегося структурной границей между Селемджино-Кербинским и Галамским террейнами (рис. 1). Месторождение Унгличикан расположено в поле развития слабометаморфизованных пород верхнекаменноугольной (?) златоустовской свиты, прорванных дайками диоритовых порфиритов и андезитов первой фазы ранне- и позднемелового селитканского комплекса. Околорудные изменения выражены в окварцевании, карбонатизации, альбитизации, сульфидизации. Рудные тела представляют собой золотосодержащие брекчиевидные кварц-золото-сульфидные, обогащенные углеродом кварц-карбонат-альбитовые, адуляр-кварц-серицит-сульфидные метасоматиты. Минеральный состав руд: золото, шеелит, арсенопирит, пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, антимонит. Месторождение относится к золотокварцевой малосульфидной формации [State Geological Map ..., 2002; Vasiliev et al., 2000].

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ

Для установления возраста проявления гидротермальных процессов нами были проведены $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ геохронологические исследования рудных метасоматитов месторождения в Институте геологии и минералогии СО РАН методом ступенчатого прогрева по методике, опубликованной в работах [Travin et al., 2009; Ponomarchuk et al., 1998]. Места отбора образцов показаны на рис. 1.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1, а также на рис. 2 и сводятся к следующему:

1. Возраст адуляра из адуляр-кварц-серицит-сульфидного рудного метасоматита (обр. АК-70) при расчете

Рис. 1. Положение месторождения Унгличикан в основных геологических структурах региона (по [State Geological Map ..., 2002] с изменениями авторов).

1–2 – стратифицированные геологические комплексы Селемджино-Кербинского террейна: 1 – слюисто-альбит-кварцевые сланцы условно нижнепалеозойской афанасьевской свиты, 2 – часто углеродсодержащие слюисто-кварцевые, кварц-эпидот-хлоритовые сланцы, метапесчаники, metabазальты среднекаменноугольной златоустовской свиты; 3 – песчаники, алевролиты, metabазальты среднедевонской акриндинской свиты Галамского террейна; 4–5 – интрузии позднепалеозойского златоустовского комплекса: 4 – габбро, габбро-диориты, 5 – гранодиориты, плагиограниты; 6 – субвулканические тела ранне-мелового андезит-риолитового унериканского комплекса; 7 – интрузии и субвулканические тела позднемелового диорит-гранодиорит-гранитового баджал-дуссе-алинского комплекса; 8 – дайки диоритовых порфиров и андезитов первой фазы ранне- и позднемелового селитканского комплекса; 9 – кайнозойские рыхлые отложения; 10 – разломы; 11 – контур врезки с геологической картой месторождения Унгличикан; 12 – основные рудные зоны; 13 – проекции точек отбора образцов для геохронологических исследований и их номера.

На врезке слева звездочкой показано положение месторождения Унгличикан. Заштрихованная область – Монголо-Охотский складчатый пояс (МО). На врезке справа – схематическая геологическая карта центральной части месторождения Унгличикан (по [Vasiliev et al., 2000] с изменениями авторов).

Fig. 1. Location of the Unglichikan deposit in the main regional geological structures (modified after [State Geological Map ..., 2002]).

1–2 – stratified geological complexes of the Selemdzha-Kerbi terrain: 1 – mica-albite-quartz schists of the conditionally Lower Paleozoic Afanasievsk Formation, 2 – mica-quartz and quartz-epidote-chlorite schists (often carbonaceous), metabasalts of the Middle Carboniferous Zlatoustovsk Formation; 3 – sandstone, siltstone, and metabasalts of the Middle Devonian Akrinda Formation of the Galam terrain; 4–5 – intrusions of the Late Paleozoic Zlatoustovsk complex: 4 – gabbro, gabbro-diorite, 5 – granodiorite, plagiogranite; 6 – subvolcanic bodies of the Early Cretaceous andesite-rhyolite Unerikan complex; 7 – intrusions and subvolcanic bodies of the Late Cretaceous diorite-granodiorite-granite Badzhal-Dusse-Alin complex; 8 – diorite porphyry and andesite dikes of the first phase of the Early - Late Cretaceous Selitkan complex; 9 – loose Cenozoic sediments; 10 – faults; 11 – contours of the Unglichikan deposit geological map; 12 – main ore zones; 13 – numbered sites of sampling for the geochronological studies.

Insert map (left): star – location of the Unglichikan deposit; crosshatched area – Mongol-Okhotsk fold belt (MO). The central part of the Unglichikan deposit is shown in the insert map on the right; this schematic geological map is modified after [Vasiliev et al., 2000].

Таблица 1. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования минеральных фракций из гидротермальных рудных образований месторождения Унгличкан методом ступенчатого прогрева**Table 1.** The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ step-heating ages of mineral fractions from hydrothermal ore formations of the Unglichikan deposit

№ 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 ($\pm 1\sigma$)
АК-70 Адуляр. $J=0.004004\pm 0.000042$						
1	500	0.8	260.24 ± 41.83	0.6 ± 7.7	0.9 ± 0.2	200.0 ± 200.0
2	650	6.7	47.92 ± 0.34	4.3 ± 1.0	0.067 ± 0.007	192.2 ± 12.8
3	750	20.2	29.23 ± 0.11	3.2 ± 0.6	0.051 ± 0.002	99.4 ± 4.3
4	850	41.1	34.63 ± 0.08	14.4 ± 0.8	0.049 ± 0.002	139.4 ± 4.8
5	950	59.4	26.78 ± 0.07	7.8 ± 0.4	0.018 ± 0.002	149.7 ± 5.1
6	1050	75.8	24.99 ± 0.07	0.0 ± 0.1	0.016 ± 0.002	141.5 ± 5.0
7	1130	100.0	23.10 ± 0.06	0.5 ± 0.2	0.012 ± 0.001	136.9 ± 2.8
АК-71-3 Адуляр. $J=0.004011\pm 0.000042$						
1	600	6.6	173.2 ± 1.9	3.2 ± 2.2	0.16 ± 0.01	739.1 ± 17.5
2	750	23.4	66.77 ± 0.67	13.0 ± 0.7	0.096 ± 0.010	258.6 ± 18.7
3	825	36.0	75.76 ± 0.61	43.8 ± 1.3	0.193 ± 0.007	131.2 ± 14.0
4	900	56.2	30.34 ± 0.18	0.5 ± 0.4	0.035 ± 0.006	139.6 ± 11.0
5	1025	100.0	24.19 ± 0.03	0.6 ± 0.2	0.0156 ± 0.0007	136.4 ± 2.0

Примечание. T – температура, погрешность $\pm 1^\circ\text{C}$. J – «джерей-фактор» – параметр, характеризующий нейтронный поток.Note. T – temperature (error $\pm 1^\circ\text{C}$); J – j-factor (neutron flux). **Рис. 2.** Аргонотермограммы (ступенчатый прогрев) для минеральных фракций из рудных метасоматитов месторождения Унгличкан. Возраст приведен с погрешностью $\pm 2\sigma$.**Fig. 2.** The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ step-heating age diagrams for mineral fractions from ore metasomatites of the Unglichikan deposit. Ages are given with ± 2 error.

по плато (80 % выделенного ^{39}Ar) составляет 140 ± 3 млн лет (рис. 2, а).

2. Возраст адуляра из адуляр-кварц-серицит-сульфидного рудного метасоматита (обр. АК-71-3) при расчете по плато (77 % выделенного ^{39}Ar) составляет 136 ± 2 млн лет (рис. 2, б).

5. ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным данным, возраст гидротермальных рудных процессов, приведших к формированию месторождения Унгличкан, в первом приближении может быть оценен интервалом ~ 140 – 136 млн лет.

Эта оценка оказалась несколько древнее, чем ранее полученные для месторождений Албын ~ 131 – 130 млн лет [Kadashnikova et al., 2019a] и Маломир ~ 134 – 130 млн лет [Kadashnikova et al., 2019b], также расположенных в пределах Селемджинско-Кербинского террейна. В то же время на аргониграмах рудных метасоматитов указанных месторождений присутствуют ступени с возрастом 136 – 140 млн лет, что может свидетельствовать о нескольких этапах рудного процесса.

Данные о проявлении магматизма с аналогичным возрастом в пределах рассматриваемого региона отсутствуют. Находящиеся в пределах месторождения дайки диоритовых порфиритов и андезитов селитканского комплекса имеют возраст менее 105 млн лет [State Geological Map ..., 2002] и явно моложе рудных метасоматитов. Таким образом, связать рудообразующий процесс с тем или иным магматическим комплексом не удастся.

Полученная оценка возраста (140 – 136 млн лет) близка к возрасту проявления последнего этапа (~ 140 – 135 млн лет) регионального метаморфизма в пределах северного континентального обрамления восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса, связываемого [Sal'nikova et al., 2006; Kotov et al., 2014; Velikoslavinskii et al., 2017; Larin et al., 2018] с заключительными этапами формирования орогенных структур Монголо-Охотского пояса. В связи с этим мы полагаем, что в мобилизации, перераспределении рудного вещества и образовании месторождений Унгличкан, Албын и Маломир ведущую роль сыграли дислокационные процессы, сопровождаемые гидротермальной деятельностью и связанные с заключительными этапами формирования орогенных структур Монголо-Охотского пояса.

6. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность руководству ЗАО ГК «Петропавловск», ООО НПГФ «Регис» за помощь в организации полевых работ и сборе материалов, а также сотрудникам лабораторий Института геологии и природопользования ДВО РАН О.Н. Белозеровой, В.В. Глушковой за подготовку препаратов для геохронологических исследований.

7. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Kadashnikova A.Yu., Sorokin A.A., Ponomarchuk A.V., Travin A.V., Ponomarchuk V.A., Dementienko A.I., Eirish L.V.,

2019a. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Age of Gold Mineralization of the Albyn Deposit (Eastern Part of the Mongol-Okhotsk Fold Belt). *Doklady Earth Sciences* 485, 358–362. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19040056>.

Kadashnikova A.Yu., Sorokin A.A., Ponomarchuk V.A., Travin A.V., Ponomarchuk A.V., Eirish L.V., 2019b. Distribution of Mineralization, Ages, and Sources of the Malomyr Gold Deposit, Eastern Part of the Mongol-Okhotsk Fold Belt. *Geology of Ore Deposits* 61 (1), 1–13. <https://doi.org/10.1134/S1075701519010045>.

Kotov A.B., Larin A.M., Sal'nikova E.B., Velikoslavinskii S.D., Glebovitskii V.A., Sorokin A.A., Yakovleva S.Z., Anisimova I.V., 2014. Early Cretaceous Collisional Granitoids of the Drevnestanovoi Complex from the Selenga-Stanovoi Superterrane of the Central Asian Mobile Belt. *Doklady Earth Sciences* 456, 649–654. <https://doi.org/10.1134/S1028334X14060154>.

Larin A.M., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Kovach V.P., Ovchinnikova G.V., Savatenkov V.M., Velikoslavinskii S.D., Sorokin A.A., Vasil'eva I.M., Sergeeva N.A., Mel'nikov N.N., Wang K.-L., Chun S.-L., 2018. Granitoids of the Pozdnestanovoy Complex of the Dzhugdzhur–Stanovoy Superterrane, Central Asia Fold Belt: Age, Tectonic Setting, and Sources. *Petrology* 26, 447–468. <https://doi.org/10.1134/S0869591118050041>.

Ponomarchuk V.A., Lebedev Y.N., Travin A.V., Morozova I.P., Kiseleva V.Yu., 1998. Application of Fine Magnetic Separation Technology in K-Ar, ^{40}Ar – ^{39}Ar , and Rb-Sr Methods of Rock and Mineral Dating. *Russian Geology and Geophysics* 39 (1), 55–64.

Sal'nikova E.B., Larin A.M., Kotov A.B., Sorokin A.P., Sorokin A.A., Velikoslavinsky S.D., Yakovleva S.Z., Fedoseenko A.M., Plotkina Yu.V., 2006. The Toksko-Algomyn Igneous Complex of the Dzhugdzhur–Stanovoi Folded Region: Age and Geodynamic Setting. *Doklady Earth Sciences* 409, 888–892. <https://doi.org/10.1134/S1028334X06060110>.

Sorokin A.A., Ostapenko N.S., Ponomarchuk V.A., Travin A.V., 2011. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Age of Adularia from Veins of the Tokur Gold Deposit, the Mongolian-Okhotsk Orogenic Belt, Russia. *Geology of Ore Deposits* 53, 264–271. <https://doi.org/10.1134/S1075701511030081>.

Sorokin A.A., Sorokin A.P., Kudryashov N.M., Rublev A.G., Levchenkov O.A., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Kovach V.P., 2003. Geochronology, Geochemistry, and Geodynamic Setting of Paleozoic Granitoids in the Eastern Segment of Mongol-Okhotsk Belt. *Doklady Earth Sciences* 393 (8), 1136–1140.

State Geological Map of the Russian Federation, 2002. Tugurskaya Series. Scale 1:200000. Sheet N-53-XXVI (Zlatoustovsk). VSEGEI, Saint Petersburg (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Тугурская. Масштаб 1:200000. Лист N-53-XXVI (Златоустовск). СПб.: ВСЕГЕИ, 2002].

Travin A.V., Yudin D.S., Vladimirov A.G., Khromykh S.V., Volkova N.I., Mekhonoshin A.S., Kolotilina T.B., 2009. Thermochronology of the Chernorud Granulite Zone, Ol'khon Region, Western Baikal Area. *Geochemistry International* 47, 1107–1124. <https://doi.org/10.1134/S0016702909110068>.

Vasiliev I.A., Kapanin V.P., Kovtonyuk G.P., Melnikov V.D., Luzhnov V.L., Danilov A.P., Sorokin A.P., 2000. The Mineral

Resource Base of the Amur Region at the Turn of the Century. Blagoveshchensk, 168 p. (in Russian) [Васильев И.А., Капанин В.П., Ковтонюк Г.П., Мельников В.Д., Лужнов В.Л., Данилов А.П., Сорокин А.П. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. Благовещенск, 2000. 168 с.].

Velikoslavinskii S.D., Kotov A.B., Kovach V.P., Tolmacheva E.V., Sorokin A.A., Sal'nikova E.B., Larin A.M., Zagornaya N.Y., Wang K.L., Chung S.L., 2017. Age and Tectonic Position of the Stanovoi Metamorphic Complex in the Eastern Part of the Central Asian Foldbelt. *Geotectonics* 51, 341–352. <https://doi.org/10.1134/S0016852117040070>.