

# **Возраст золотого оруденения месторождения Унгличикан (Дальний Восток России): результаты $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ геохронологических исследований**

Кадашникова А. Ю., Сорокин А. А., Пономарчук А. В., Травин А. В., Пономарчук В. А.

## **Аннотация**

В результате проведенных изотопно-геохронологических исследований установлено, что возраст рудных метасоматитов золоторудного месторождения Унгличикан может быть оценен в 140–136 млн лет. Данные о проявлении магматизма в пределах рассматриваемого региона с таким возрастом отсутствуют, что делает невозможным связать рудную минерализацию месторождения Унгличикан с магматическими процессами. Возраст термального события, наложенного на вмещающие породы златоустовской свиты вне рудной зоны, составляет  $140 \pm 2$  млн лет. Таким образом, последний этап метаморфизма и деформаций регионального характера, с одной стороны, и формирование рудных метасоматитов, с другой стороны, имеют один и тот же возраст. По мнению авторов, значимую роль в мобилизации, перераспределении рудного вещества и формировании месторождения Унгличикан сыграли процессы деформации орогена, сопровождаемые гидротермальной деятельностью.

## **Ключевые слова:**

Монголо-Охотский складчатый пояс, золоторудное месторождение Унгличикан, золото,  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  геохронология

УДК 553.41:553.065

**ВОЗРАСТ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УНГЛИЧИКАН  
(ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ): РЕЗУЛЬТАТЫ  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$   
ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

А.Ю. Кадашникова<sup>1</sup>, А.А. Сорокин<sup>1</sup>, А.В. Пономарчук<sup>2</sup>, А.В. Травин<sup>2</sup>, В.А. Пономарчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт геологии и природопользования ДВО РАН, 675000, г. Благовещенск, пер.  
Релочный, д.1, Россия*

<sup>2</sup>*Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск,  
пр. Ак. Коптюга, д. 3, Россия*

В результате проведенных изотопно-геохронологических исследований установлено, что возраст рудных метасоматитов золоторудного месторождения Унгличикан может быть оценен в 140–136 млн лет. Данные о проявлении магматизма в пределах рассматриваемого региона с таким возрастом отсутствуют, что делает невозможным связать рудную минерализацию месторождения Унгличикан с магматическими процессами. Возраст термального события, наложенного на вмещающие породы златоустовской свиты вне рудной зоны, составляет  $140 \pm 2$  млн лет. Таким образом, последний этап метаморфизма и деформаций регионального характера, с одной стороны, и формирование рудных метасоматитов, с другой стороны, имеют один и тот же возраст. По мнению авторов, значимую роль в мобилизации, перераспределении рудного вещества и формировании месторождения Унгличикан сыграли процессы деформации орогена, сопровождаемые гидротермальной деятельностью.

**Ключевые слова:** *Монголо-Охотский складчатый пояс, золоторудное месторождение Унгличикан, золото,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  геохронология.*

**Keywords:** *Mongol-Okhotsk fold belt, Unglichikan gold deposit, gold,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology.*

### ВВЕДЕНИЕ

Получение надежных геохронологических данных о возрасте гидротермальных рудных процессов представляет собой сложную и важную задачу, являющуюся составной частью проблемы взаимосвязи геодинамики, магматизма и формирования месторождений полезных ископаемых. Монголо-Охотский складчатый пояс, являющийся одной из главнейших структур Центральной и Восточной Азии, может служить весьма благоприятным объектом для исследований в этом направлении. Этот пояс протягивается в виде узкой (до 300 км) прерывистой полосы на 3000 км от Удской губы Охотского моря до Центральной Монголии (рис. 1). В современном структурном плане он представляет собой сложный коллаж палеозойских и раннемезозойских комплексов, зажатых между крупными континентальными блоками Восточной Азии – Северо-Азиатским кратоном и Амурским супертеррейном, и часто описывается как шовная зона или сутура [Натальин, 1991; Парфенов и др., 1999; Геодинамика ..., 2006].

Рис. 1

Возраст окончательного формирования Монголо-Охотского складчатого пояса и закрытия палеоокеана является предметом дискуссий. Ряд исследователей [Ларин и др., 2006, 2014; Сальникова и др., 2006; Донская и др., 2012; Donskaya et al., 2013; Котов и др., 2013, 2014; и др.] на основе анализа мезозойского магматизма и метаморфизма к югу и

северу от складчатого пояса полагает, что пик коллизионных процессов приходится на ранний мел. Раннемеловой возраст закрытия Монголо-Охотского океана поддерживается также палеомагнитными данными [Zhao et al., 1994; Kravchinsky et al., 2002; Metelkin et al., 2004, 2007, 2010; Ren et al., 2016]. Однако возраст наиболее молодых морских отложений Монголо-Охотского пояса ограничивается ранней юрой [Парфенов и др., 1999; Sorokin et al., 2020], а юрские осадочные бассейны, обрамляющие пояс с севера и юга, имеют орогенное происхождение [He et al., 2005; Смирнова и др., 2017; Заика и др., 2020] и содержат уголь [Серезников, Волкова, 2005]. Все это указывает на то, что возраст орогенеза в восточной части Монголо-Охотского пояса приходится на рубеж ранней и поздней юры [Sorokin et al., 2020]. Аналогичный вывод был сделан на основе исследований осадочных бассейнов, прилегающих к западной части пояса [Demonterova et al., 2017].

Сложная длительная история формирования Монголо-Охотского орогенного пояса сопровождалась становлением разновозрастных магматических поясов и рудных месторождений как в пределах пояса, так и его континентального обрамления. При этом исследователями уже давно подмечена пространственная сопряженность ареалов распространения рудных объектов и конфигурации Монголо-Охотского пояса. Существует несколько гипотез образования орогенных золоторудных месторождений (см. обзор в [Goldfarb, Groves, 2015; Горячев, 2019; Савчук, Волков, 2019; Groves et al., 2020]). Традиционно генезис орогенных золоторудных месторождений рассматривался с позиций магматогенно-гидротермальной модели, в которой ведущая роль отводится магме разного состава [Горячев 2014; Савчук, Волков, 2019; и др.]. Позже были предложены метеорная и осадочно-гидротермальная гипотезы. Также предложены метаморфогенная или метаморфогенно-деформационная модель [Goldfarb, Groves, 2015; Савчук, Волков 2019; Groves et al., 2020; и др.]. В тоже время протестировать ту или иную модель формирования возможно только при наличии надежных геохронологических данных. Вплоть до недавнего времени, изотопно-геохронологическая изученность большинства рудных объектов в пределах Монголо-Охотского пояса оставалась слабой, что существенно затрудняло корреляцию тектонических, магматических и рудообразующих процессов. В последние годы этот пробел был существенно восполнен. С использованием современных изотопных методов были получены датировки для ряда месторождений и рудопроявлений золота и комплексных руд, расположенных в пределах Монголо-Охотского орогенного пояса и его континентального обрамления на территории Монголии, Восточного Забайкалья и Приамурья [Булгатов, Гордиенко, 1999; Сотников и др., 2007а, 2007б; Сорокин и др., 2014а, 2014б, Бучко и др., 2012, 2014, 2017; Берзина и др., 2013; Кадашникова и др., 2019а, 2019б, 2019в; и др.]. Однако геохронологические данные для рудных объектов, расположенных непосредственно в складчатой структуре пояса, имеются в весьма ограниченном объеме.

В данной работе приведены результаты исследования гидротермальных рудных метасоматитов золоторудного месторождения Унгличикан, относящегося к золото-кварцевой малосульфидной формации (золото-шеелитовый минеральный тип) [Васильев и др., 2000] или орогенному типу [Горячев, 2019; Groves et al., 2020].

## **ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Месторождение Унгличикан находится в восточной части Монголо-Охотского

складчатого пояса (рис. 1), наряду с такими золоторудными месторождениями как Токур, Сагур, Маломыр, Албын, Ворошиловское и др. Оно входит в состав Харгинского рудного поля и расположено в пределах Селемджино-Кербинской структурной зоны [Агафоненко и др., 2002] или одноименного террейна аккреционного клина [Сорокин и др., 2003].

Месторождение расположено в поле развития слабометаморфизованных пород верхнекаменноугольной (?) златоустовской свиты, прорванных дайками диоритовых порфиритов и андезитов ранне-позднемелового селитканского комплекса [Агафоненко и др., 2002]. Златоустовская свита (по [Агафоненко и др., 2002, 2015; Забродин и др., 2007]) 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. Характерным ее признаком является наличие углеродсодержащих сланцев. Общая мощность свиты превышает 1600 м. Представления о ее позднекаменноугольном возрасте основываются на споро-пыльцевом комплексе, характерном для визейского-московского веков [Забродин и др., 2007].

Оруденение приурочено к зоне Унгличканского разлома (рис. 1) шириной более 400 м северо-восточного простирания с падением на север под углами  $65-85^\circ$  [Агафоненко и др., 2015]. Месторождение представляет собой серию сопряженных с этим разломом субпараллельных зон брекчированных гидротермально измененных пород, несущих золотое (с шеелитом) оруденение, мощностью от 0.1 до 2 – 10 м и протяженностью около 2 км.

На месторождении всего установлено более 30 рудных зон [Агафоненко и др., 2015; Васильев и др., 2000], из которых наиболее изучены зоны Хабаровская, Северная, Южная, Шеелитовая, Милонитовая, Центральная, Брекчиевая, Леоновская (рис. 1). По морфологическому типу они относятся к минерализованным тектоническим зонам, выполненным милонитами и катаклазитами, замещенными рудно-метасоматическими образованиями. Рудные зоны имеют лентовидную форму. Протяженность их от 380 до 2700 м, мощность 0.15-7.8 м (средняя – 2.4 м). Падение на север чаще под углами  $65-75^\circ$ . По падению прослежены на 60-300 м. [Агафоненко и др., 2002; Васильев и др., 2000]. Согласно результатам минералогических исследований [Эйриш, 2002; Агафоненко и др., 2015; Васильев и др., 2000] рудные тела представляют собой золотосодержащие брекчиевидные кварц-золото-сульфидные, обогащенные углеродом кварц-карбонат-альбитовые, адуляр-кварц-серицит-сульфидные метасоматиты. Околорудные изменения выражены в окварцевании, карбонатизации, альбитизации, сульфидизации, адуляризации. Мощность зон изменений достигает 70-100 м [Агафоненко и др., 2015]. Рудные минералы представлены шеелитом, арсенопиритом, пиритом, антимонитом, сфалеритом, галенитом, золотом [Эйриш, 2002]. Среди сульфидов, содержание которых составляет 3-5%, преобладают арсенопирит, пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, антимонит [Агафоненко и др., 2015]. Текстура руд полосчатая, брекчиевая, реже отмечаются прожилковые и вкрапленные руды [Мельников, Степанов 2014]. Форма золотинок преимущественно губчатая, дендритовидная, каплевидная, пластинчатая, размер от 0.005 до 0.5 мм. Отмечаются сростки золота с арсенопиритом и галенитом, иногда в лимонитовой рубашке; проба золота – 800-850.

Распределение оруденения по простиранию рудных зон крайне неравномерное. Наиболее золотоносны рудные брекчии и кварц-альбитовые метасоматиты с адуляром

[Эйриш, 2002]. Участки промышленных концентраций золота чередуются с бедными. Протяженность первых не превышает 400 м [Агафоненко и др., 2015]. Содержания золота варьирует от 0.1 до 1094 г/т [Эйриш, 2002; Мельников, Степанов, 2014]. Все рудные тела не имеют геологических границ и определяются только по данным опробования.

Для установления возраста проявления гидротермальных процессов нами были проведены геохронологические ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод) исследования адуляр-кварц-серицит-сульфидных рудных метасоматитов Хабаровской зоны, углеродсодержащих кварц-полевошпат-слюдистых сланцев златоустовской свиты, вмещающих оруденение, а также пострудной дайки андезитов селитканского комплекса. Места отбора образцов показаны на рисунках 1 и 2, а содержания золота в анализировавшихся образцах приведены в таблице 1.

Рис. 2

Табл. 1

Хабаровская рудная зона протяженностью 1.2 км находится в северо-западной части месторождения Унгличикан. По [Эйриш, 2002] на штольневом горизонте 775 м рудная зона образована сетью сложноветвящихся прожилков друзовидного кварца, пересекающих дробленые участки милонитизированных сланцев, круто падающих в северных румбах. Кварц содержит редкую (1-5%) вкрапленность сульфидов, среди которых доминирует пирит. Шеелит встречается в виде прожилков (до 1 см), рассеянной вкрапленности и гнездообразных скоплений. Содержание вольфрама в руде 0.05-0.9%, в кварцевых прожилках – 0.1-3%. В пределах Хабаровской зоны оконтурено несколько рудных тел, с падением на север-северо-запад под углами 50-90°. Одним из самых крупных на месторождении является рудное тело Хабаровское-1 длиной 830 м, средней мощностью 3-5 м и средним содержанием 18 г/т.

### АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  изотопно-геохронологические исследования выполнены в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) методом ступенчатого прогрева по методике, опубликованной в работах [Пономарчук и др., 1998; Травин и др., 2009].

Изотопное датирование проведено по мономинеральным фракциям, отбор которых производился вручную под бинокулярной лупой из фракции 0.25-0.15 мм измельченного образца. Навески образцов, совместно с мусковитом МСА-11, используемым в качестве монитора, заворачивались в алюминиевую фольгу, помещались в кварцевую ампулу и после откачки из нее воздуха запаивались. Мусковит МСА-11, подготовленный в ВИМС в 1988 году как стандартный К/Аг-образец, был аттестован в качестве  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -монитора с помощью международных стандартных образцов мусковита Bern 4m, биотита LP-6 [Vaksı et al., 1996]. В качестве интегрального возраста мусковита МСА-11 принято среднее результатов калибровки, составившее  $311.0 \pm 1.5$  млн лет. 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  $^{40}\text{Ar}$  (10 мин при 1200°C) не превышал  $5 \times 10^{-10}$  нсм<sup>3</sup>. Очистку аргона производили с помощью Ti- и ZrAl-SAES-геттеров. Изотопный состав аргона измерялся на масс-спектрометре Noble gas 5400 фирмы "Микромасс" (Англия) в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск). Для коррекции на изотопы  $^{36}\text{Ar}$ ,  $^{37}\text{Ar}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ , 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 уделялось контролю фактора изотопной дискриминации с помощью измерения порции очищенного

атмосферного аргона. Среднее значение отношения  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  на период измерений составило  $296.5 \pm 0.5$ . Величины температур ступенчатого прогрева выбирались согласно [Berger, York, 1981]. При обработке результатов учитывались рекомендации, опубликованные в работах [Fleck et al, 1977; Gustafson et al, 2001].

Определение содержаний золота в породах выполнено атомно-абсорбционным методом с использованием стандартных методик кислотного разложения на спектрометре Solaar M6 + Zeeman Furnace (Thermo electron corporation, USA) с электротермической атомизацией в Институте геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск, аналитики Н.А. Бородина, Е.Е. Зайцева, Н.Н. Козлова).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Табл. 2

Результаты проведенных исследований приведены в таблице 2, а также на рисунке 3 и сводятся к следующему (возраст приведен с погрешностью  $\pm 2\sigma$ ):

Рис. 3

1) возраст адуляра из адуляр-кварц-серицит-сульфидного рудного метасоматита (обр. АК-70) при расчете по плато (80% выделенного  $^{39}\text{Ar}$ ) составляет  $140 \pm 3$  млн лет (табл. 2, рис. 3а);

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

3) возраст серицита из углеродсодержащих кварц-полевошпат-слюдистых сланцев златоустовской свиты (обр. АК-72-1), вмещающих оруденение, при расчете по плато (78% выделенного  $^{39}\text{Ar}$ ) составляет  $140 \pm 2$  млн лет (табл. 2, рис. 3в);

4) возраст основной массы пострудной дайки андезитов селитканского комплекса (обр. АК-73) в расчете по плато составляет  $98 \pm 4$  млн лет (97% выделенного  $^{39}\text{Ar}$ ) (табл. 2, рис. 3г).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выше было отмечено, что рудные тела месторождения Унгличикан представлены преимущественно кварц-золото-сульфидными, кварц-карбонат-альбитовыми, адуляр-кварц-серицит-сульфидными метасоматитами. Исходя из этого, пригодными для  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  геохронологических исследований К-содержащими минералами, и одновременно связанными с процессом гидротермального минералообразования [Эйриш, 2002], являются адуляр и серицит. Для установления возраста этого процесса мы использовали адуляр из адуляр-кварц-серицит-сульфидных рудных метасоматитов (обр. АК-70 и АК-71-3).

Также следует принимать во внимание, что границы рудных тел в пределах месторождения устанавливаются только опробованием и не имеют минералогических критериев, что чрезвычайно затрудняет исследование стадийности минералообразования (рудообразования). Для соблюдения максимально возможной в данном случае корректности для геохронологических исследований мы использовали образцы метасоматитов с достаточно высокими концентрациями золота, что позволяет нам отождествлять возраст гидротермальных процессов, с одной стороны, и рудоотложения, с другой. В частности, содержания золота в образце АК-70 составляет 4.51 г/т, в образце АК-71-3 – 17.65 г/т (табл. 1). Таким образом, на основании вышесказанного мы полагаем, что возраст кристаллизации адуляра из адуляр-кварц-серицит-сульфидных рудных метасоматитов отражает возраст гидротермальных рудных процессов.

Обратившись к результатам геохронологических исследований, отметим, что полученные две датировки для адуляров из рудных метасоматитов месторождения Унгличикан близки между собой в пределах погрешности и составляют  $140 \pm 3$  млн лет (обр. АК-70) и  $136 \pm 3$  млн лет (обр. АК-71-3) (табл. 2, рис. 3а,б). Таким образом, возраст гидротермального рудного процесса на месторождении Унгличикан, в первом приближении, может быть оценен интервалом 140-136 млн лет.

Эта оценка оказалась несколько более древней, чем таковые ранее полученные для месторождений Албын  $\sim 131$ – $130$  млн лет [Кадашникова и др., 2019а, 2019б] и Маломир  $\sim 134$ – $130$  млн лет [Кадашникова и др., 2019в], также расположенных в Селемджино-Кербинской структурной зоне восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса. В то же время на аргонограммах рудных метасоматитов указанных месторождений присутствуют ступени с возрастными 136-140 млн лет [Кадашникова и др., 2019а, 2019б, 2019в], что может свидетельствовать о нескольких этапах рудного процесса.

Как показывает практика, геохронологические исследования зачастую позволяют связать рудообразующий процесс с тем или иным магматическим комплексом. Однако в нашем случае это оказалось затруднительным. Так, результаты выполненных исследований и анализ опубликованных данных указывают на то, что геохронологические свидетельства проявления магматизма в пределах рассматриваемого региона с возрастом, близким к возрасту оруденения (140–136 млн лет), отсутствуют. В частности, гранитоиды златоустовского и ингаглинского комплексов имеют позднепалеозойский возраст [Агафоненко и др., 2002; Сорокин и др., 2003; Забродин и др., 2007], а мезозойские вулканические и субвулканические и дайковые породы - не древнее альба [Агафоненко и др., 2002; Забродин и др., 2007].

В этой связи необходимо искать иные геологические причины, обусловившие формирование целой серии месторождений (Албын, Унгличикан, Маломир и др.) в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса. В вводной части статьи было отмечено, что на основании результатов детальных исследований детритовых цирконов в осадочных толщах Монголо-Охотского пояса и орогенных впадин в его обрамлении установлено, что возраст орогенеза в восточной части Монголо-Охотского пояса приходится на рубеж ранней и поздней юры (см. обзор в [Sorokin et al., 2020]). В этой связи связать формирование месторождения Унгличикан, так же как и Албын и Маломир, с субдукционными или коллизионными процессами, сопровождавшими закрытие Монголо-Охотского океана, невозможно.

Один из возможных вариантов решения указанной проблемы – связать формирование месторождений в восточной части Монголо-Охотского пояса с сопровождаемыми гидротермальной деятельностью процессами деформации орогена, проявившимися уже после закрытия океанического бассейна. Ранее такая идея была предложена нами для месторождений Маломир и Албын [Кадашникова и др., 2019а, 2019б, 2019в]. Результаты геохронологических исследований, представленных в настоящей статье, подтверждают возможность такой интерпретации. В частности, для серицита из углеродсодержащих кварц-полевошпат-слюдистых сланцев златоустовской свиты (обр. АК-72-1), вмещающих оруденение на месторождении Унгличикан, получен возраст  $140 \pm 3$  млн лет (табл. 2, рис. 3в). Как видим, он полностью соответствует возрасту адуляра (140–136 млн лет) из рудных метасоматитов (обр. АК-70 и АК-71-3). Подчеркнем, что образец АК-72-1 отобран вне рудной зоны для характеристики возраста собственно метаморфических процессов, и он практически не содержит золота (табл. 1). В этой связи

напрашивается тезис о том, что последний этап метаморфизма (термального прогрева) и деформаций регионального характера (серцит из безрудного сланца златоустовской свиты) и формирование руды (адуляр из рудных метасоматитов) имеют один и тот же возраст. Об определяющей роли тектонических процессов (складкообразовании, сдвигах, надвигах), а также метаморфизма в формировании месторождений восточной части Монголо-Охотского свидетельствуют и структурные исследования [Эйриш, 2002; Агафоненко и др., 2002; Забродин и др., 2007; Лазарев и др., 2012]. В тоже время эта модель требует дальнейшего подтверждения или опровержения.

Но чем могли быть обусловлены тектонические и сопряженные с ними гидротермальные процессы? По нашему мнению, одной из причин их могло стать вращение Сибирского кратона по часовой стрелке, происходившее в раннемеловое время [Баженов, Моссаковский, 1986; Парфенов и др., 2003; Natal'in, Sengor, 2005; Metelkin et al., 2010]. Это привело к деформации не только Монголо-Охотского пояса, но и Джугдзуро-Станового супертеррейна (окраины Сибирского кратона), где возраст последнего этапа регионального метаморфизма оценивается  $\sim 140$ - $135$  млн лет [Сальникова и др., 2006; Котов и др., 2014; Великославинский и др., 2017; Ларин и др., 2018; и др.]. С другой стороны, синдвиговая конфигурация разломов Монголо-Охотского пояса, специфическая морфология юрских и меловых интрузий южной окраины Сибирского кратона вполне могут указывать на трансформную природу позднеюрско-раннемелового этапа формирования Монголо-Охотского пояса [Ханчук, 2000].

В завершении обратимся к пострудной дайке андезитов селитканского комплекса на месторождении Унгличикан. Согласно полученным данным, возраст этих пород составляет  $98 \pm 4$  млн лет (табл. 2, рис. 3г). Ранее были получены датировки для даек андезибазальтов и базальтов бурундинского (?) комплекса на месторождении Маломыр:  $104 \pm 1$  млн лет и  $105 \pm 1$  млн лет [Кадашникова и др., 2019в]. Эти данные лишней раз подчеркивают, что дайки и субвулканические тела, проявленные в пределах месторождений в восточной части Монголо-Охотского пояса, существенно моложе оруденения.

## ВЫВОДЫ

Полученные в результате проведенных исследований результаты позволяют сформулировать следующие выводы:

1) Возраст гидротермальных рудных процессов, приведших к формированию месторождения Унгличикан, может быть оценен интервалом  $\sim 140$ – $136$  млн лет, а возраст пострудных даек селитканского комплекса –  $98 \pm 4$  млн лет.

2) Возраст термального события, наложенного на вмещающие породы златоустовской свиты вне рудной зоны, составляет  $140 \pm 2$  млн лет. Таким образом, последний этап метаморфизма и деформаций регионального характера, с одной стороны, и формирование рудных метасоматитов, с другой стороны, имеют один и тот же возраст.

3) Геохронологические свидетельства проявления магматизма в пределах рассматриваемого региона с возрастом  $140$ – $136$  млн лет отсутствуют, что делает невозможным связать рудную минерализацию месторождения Унгличикан с магматическими процессами.

4) Скорее всего, формирование месторождений в восточной части Монголо-Охотского пояса связано с процессами деформации орогена, сопровождаемыми гидротермальной деятельностью.



## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность руководству ЗАО ГК “Петропавловск”, ООО “НПГФ “Регис” и А.А. Басенко за помощь в организации полевых работ и сборе материалов, а также сотрудникам лабораторий Института геологии и природопользования ДВО РАН О.Н. Белозеровой, В.В. Глушенковой за подготовку препаратов для геохронологических исследований, Н.А. Бородиной, Е.Е. Зайцевой и Н.Н. Козловой за определение концентраций золота в образцах. Кроме того, авторы искренне признательны доктору геол.-мин. наук А.В. Волкову и анонимному рецензенту за внимательный анализ рукописи, дискуссию и конструктивные замечания.

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Агафоненко С.Г., Сережников А.Н., Яшнов А.Л., Ненашева С.В., Усов И.О., Асмолова Е.И., Карпеченкова Н.Ю., Милицина Н.С.** Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Тугурская. Лист N-53-XXVI / Под ред. Махинина А.В. СПб., ВСЕГЕИ, 2002.

**Агафоненко С.Г., Усов И.О., Сережников А.Н., Ненашева С.В., Асмолова Е.И., Яшнов А.Л.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Тугурская. Лист N-53-XXVI. Златоустовск. Объяснительная записка / Под ред. Махинина А.В. М: МФ ВСЕГЕИ, 2015, 98 с.

**Баженов М.Л., Моссаковский А.А.** Горизонтальные перемещения Сибирской платформы в триасе, по палеомагнитным и геологическим данным // Геотектоника, 1986, № 1, с. 59–69.

**Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О., Крымский Р.Ш., Ларионов А.Н., Николаева И.В., Серов П.А.** Шахтаминская Мо-порфировая рудно-магматическая система (Восточное Забайкалье): возраст, источники, генетические особенности // Геология и геофизика, 2013, т. 54, № 6, с. 764–786.

**Булгатов А.Н., Гордиенко И.В.** Террейны Байкальской горной области и размещение в их пределах месторождений золота // Геология рудных месторождений, 1999, т. 41, № 3, с. 230–240.

**Бучко И.В., Бучко Ир.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В.** Закономерности локализации оруденения, возраст и связь с магматизмом серебро-полиметаллического месторождения Моготинское (Северо-Становая металлогеническая зона, юго-восточное обрамление Северо-Азиатского кратона) // Геология рудных месторождений, 2014, т. 56, № 2, с. 118–130.

**Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Пономарчук В.А.**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  возраст и связь с магматизмом медно-порфирового с золотом оруденения рудопроявления Елна (северо-восточная часть Аргунского супертеррейна) // Доклады академии наук, 2017, т. 472, № 2, с. 175–179.

**Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Бучко Ир.В.** Возраст и связь с магматизмом золото-серебряного оруденения рудопроявления Десс Северо-

Становой металлогенической зоны (юго-восточное обрамление Северо-Азиатского кратона) // Тихоокеанская геология, 2012, т. 31, № 2, с. 69–74.

**Васильев И.А., Капанин В.П., Ковтонюк Г.П., Мельников В.Д., Лужнов А.П., Данилов А.П., Сорокин А.П.** Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. Благовещенск, 2000, 168 с.

**Великославинский С.Д., Котов А.Б., Ковач В.П., Толмачева Е.В., Сорокин А.А., Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Загорная Н.Ю., Wang K.L., Chung S.L., Ярмлюк В.В., Хераскова Т.Н.** Возраст и тектоническое положение метаморфического Станового комплекса (восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса) // Геотектоника, 2017, № 4, с. 3–16.

**Геодинамика**, магматизм и металлогения востока России. Кн. 1 / Ред. Ханчук А.И. Владивосток: Дальнаука, 2006, 572 с.

**Горячев Н.А.** Благороднометалльный рудогенез и мантийно-короевое взаимодействие // Геология и геофизика, 2014, т. 55, № 2, с. 323–332.

**Горячев Н.А.** Месторождения золота в истории Земли // Геология рудных месторождений, 2019, т. 61, № 6, с. 3–18.

**Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., де Ваэле Б., Пресняков С.Л.** Позднетриасовая Катаевская вулканоплутоническая ассоциация Западного Забайкалья - фрагмент активной континентальной окраины Монголо-Охотского океана // Геология и геофизика, 2012, т. 53, № 1, с. 30–49.

**Забродин В.Ю., Гурьянов В.А., Кисляков С.Г., Кременецкая Н.А., Махинин А.В., Опалихина Е.С.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1000000. Серия Дальневосточная. Лист N-53. Третье поколение. С-Пб., ВСЕГЕИ, 2007.

**Заика В.А., Сорокин А.А., Ковач В.П., Котов А.Б.** Геохимия метаосадочных пород, источники кластического материала и тектоническая природа мезозойских впадин северного обрамления восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса // Геология и геофизика, 2020, т. 61, № 3, с. 357–377.

**Кадашникова А.Ю., Сорокин А.А., Пономарчук А.В., Травин А.В., Пономарчук В.А., Дементьенко А.И., Эйриш Л.В.**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  возраст золотого оруденения месторождения Албын (восточная часть Монголо-Охотского складчатого пояса) // Доклады Академии наук, 2019а, т. 485, № 4, с. 468–473.

**Кадашникова А.Ю., Сорокин А.А., Пономарчук А.В., Травин А.В., Пономарчук В.А., Дементьенко А.И., Эйриш Л.В.**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  возраст золоторудных метасоматитов месторождения Албын, Монголо-Охотский складчатый пояс // Тихоокеанская геология, 2019б, т. 38, № 6, с. 89–98.

**Кадашникова А.Ю., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Пономарчук А.В., Эйриш Л.В.** Закономерности локализации оруденения, возраст и источники вещества золоторудного месторождения Маломыр (восточная часть Монголо-Охотского складчатого пояса) // Геология рудных месторождений, 2019в, т. 61, № 1, с. 3–17.

**Котов А.Б., Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Великославинский С.Д., Глебовицкий В.А., Сорокин А.А., Яковлева С.З., Анисимова И.В.** Раннемеловые коллизионные гранитоиды древнестанового комплекса Селенгино-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского подвижного пояса // Доклады Академии наук, 2014, т. 456, № 4, с. 451–456.

**Котов А.Б., Мазукабзов А.М., Сквитина Т.М., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Сорокин А.П.** Структурная эволюция и геодинамическая позиция Гонжинского блока (верхнее Приамурье) // Геотектоника, 2013, № 5, с. 351–361.

**Лазарев А.Б., Волков А.В., Сидоров А.А.** Рудовмещающие дуплексы золоторудного орогенного месторождения Маломыр (Приамурье) // Геология рудных месторождений, 2012, т. 54, № 6, с. 513–522.

**Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Яковлева С.З., Анисимова И.В.** Гранитоиды тукурингрского комплекса Селенгино-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского подвижного пояса: возраст и геодинамическая обстановка формирования // Доклады академии наук, 2014, т. 457, № 6, с. 692–697.

**Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Овчинникова Г.В., Саватенков В.М., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Васильева И.М., Сергеева Н.А., Мельников Н.Н., Ван К.Л., Чун С.Л.** Гранитоиды позднестанового комплекса Джугджуро-Станового супертеррейна (Центрально-Азиатский складчатый пояс): возраст, тектоническое положение и источники // Петрология, 2018, т. 26, № 5, с. 463–485.

**Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Глебовицкий В.А., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Яковлева С.З., Федосеенко А.М., Анисимова И.В.** Раннемеловой возраст регионального метаморфизма становой серии Джугджуро-Становой складчатой области: геодинамические следствия // Доклады Академии наук, 2006, т. 409, № 2, с. 222–226.

**Мельников А.В., Степанов В.А.** Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. Часть 2. Центральная часть провинции. Благовещенск, АмГУ, 2014, 300 с.

**Натальин Б.А.** Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока СССР // Тихоокеанская геология, 1991, № 5, с. 3–23.

**Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртогоо О., Янь Х.** Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология, 2003, т. 22, № 6, с. 7–41.

**Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртогоо О.** Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология, 1999, т. 18, № 5, с. 24–43.

**Пономарчук В.А., Лебедев Ю.Н., Травин А.В., Морозова И.П., Киселева В.Ю., Титов А.Т.** Применение тонкой магнитно-сепарационной технологии в K–Ar,  $^{40}\text{Ar}$ – $^{39}\text{Ar}$ , Rb–Sr методах датирования пород и минералов // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (1), с. 55–64.

**Савчук Ю.С., Волков А.В.** Крупные и суперкрупные орогенные золотые месторождения: геодинамика, структура, генетические следствия // Литосфера, 2019, т. 19, № 6, с. 813–833.

**Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Котов А.Б., Сорокин А.П., Сорокин А.А., Великославинский С.Д., Яковлева С.З., Федосеенко А.М., Плоткина Ю.В.** Токско-Алгоминский магматический комплекс Джугджуро-Становой складчатой области: возраст и геодинамическая обстановка формирования // Доклады академии наук, 2006, т. 409, № 5, с. 652–657.

**Сережников А.Н., Волкова Ю.Р.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Третье поколение. Дальневосточная серия. Масштаб 1: 000 000. Лист N-52, Зeya / Под ред. Вольского А.С. Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2005.

**Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Попеко Л.И., Котов А.Б., Ковач В.П.** Геохимия, источники и области сноса юрских терригенных отложений Верхнеамурского и Зeya-Депского прогибов восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // Геохимия, 2017, № 2, с. 127–148.

**Сорокин А.А., Кудряшов Н.М., Сорокин А.П., Рублев А.Г., Левченков О.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П.** Геохронология, геохимия и геодинамическая позиция палеозойских гранитоидов восточного сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса // Доклады Академии наук, 2003, т. 392, № 6, с. 807–812.

**Сорокин А.А., Пономарчук А.В., Травин А.В., Пономарчук В.А., Вахтомин К.Д.**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  возраст гранитоидов и связанного с ними золотого оруденения месторождения Кировское (юго-восточное обрамление Северо-Азиатского кратона) // Доклады академии наук, 2014а, т. 458, № 4, с. 452–458.

**Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Рогулина Л.И., Пономарчук А.В.** Корреляция процессов рудообразования на золото–полиметаллическом месторождении Березитовое западной части Селенгино-Станового супертеррейна и региональных тектоно-магматических событий // Геология и геофизика, 2014б, т. 55, № 3, с. 432–448.

**Сотников В.И., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Гимон В.О., Сорокин А.П.** Возраст Мо-Сu-(Au)-порфирирового оруденения и магматических комплексов Боргуликанского рудного поля (Верхнее Приамурье) // Геология и геофизика, 2007а, т. 48, № 2, с. 229–237.

**Сотников В.И., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Сорокин А.П., Гимон В.О.** Геохронология мезозойских гранитоидов и связанного с ними молибденового оруденения западной части Джугджуро-Станового супертеррейна // Доклады академии наук, 2007б, т. 416, № 6, с. 794–798.

**Травин А.В., Юдин Д.С., Хромых С.В., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., Владимиров А.Г., Колотилина Т.Б.** Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) // Геохимия, 2009, т. 11, с. 1181–1199.

**Ханчук А.И.** Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000, С. 5–34.

**Эйриш Л.В.** Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток, Дальнаука, 2002, 194 с.

**Baksi A.K., Archibald D.A., Farrar E.** Intercalibration of  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating standards // Chemical Geology, 1996, v. 129, p. 307–324.

**Berger B.W., York D.** Geothermometry from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating experiments // Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, v. 45, p. 795–811.

**Demonterova E.I., Ivanov A.V., Mikheeva E.A., Arzhannikova A.V., Frolov A.O., Arzannikov S.G., Bryanskiy N.V., Pavlova L.A.** Early to Middle Jurassic history of the southern Siberian continent (Transbaikalia) recorded in sediments of the Siberian Craton: Sm-Nd and U-Pb provenance study // Bulletin de la Société Géologique de France, 2017, v. 188 (1–2), p. 1–29.

**Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Mazukabzov A.M., Ivanov A.V.** Late Paleozoic–Mesozoic subduction related magmatism at the southern margin of the Siberian continent and the

150-million-year history of the Mongolia-Okhotsk ocean // *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013, v. 62, p. 79–97.

**Fleck R.J., Sutter J.F., Elliot D.H.** Interpretation of discordant  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age spectra of Mesozoic tholeiites from Antarctica // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1977, v. 41, p. 15–32.

**Goldfarb R.J., Groves D.I.** Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time // *Lithos*, 2015, v. 233, p. 2–26.

**Groves D.I., Santosh M., Deng J., Wang Q., Yang L. Zhang L.** A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration // *Mineralium Deposita*, 2020, v. 55, p. 275–292.

**Gustafson L.B., Orquera W., McWilliams M., Castro M., Olivares O., Rojas G., Maluenda J., Mendez M.** Multiple centers of mineralization in the Indio Muerto District, El Salvador, Chile // *Economic Geology*, 2001, v. 96, p. 325–350.

**He Z.J., Li J.Y., Mo S.G., Sorokin A.A.** Geochemical discriminations of sandstones from the Mohe Foreland basin, northeastern China: tectonic setting and provenance // *Science in China Series D Earth Sciences*, 2005, v. 48 (5), p. 613–621.

**Kravchinsky V.A., Sorokin A.A., Courtillot V.** Paleomagnetism of Paleozoic and Mesozoic sediments from the southern margin of Mongol-Okhotsk ocean, far eastern Russia // *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 2002, v. 107, p. 1–22.

**Metelkin D.V., Gordienko I.V., Klimuk V.S.** Paleomagnetism of Upper Jurassic basalts from Transbaikalia: new data on the time of closure of the Mongol-Okhotsk Ocean and Mesozoic intraplate tectonics of Central Asia // *Russian Geology and Geophysics*, 2007, v. 48 (10), p. 825–834.

**Metelkin D.V., Gordienko I.V., Zhao Xixi.** Paleomagnetism of Early Cretaceous volcanic rocks from Transbaikalia: argument for Mesozoic strike-slip motions in Central Asian structure // *Russian Geology and Geophysics*, 2004, v. 45 (12), p. 1349–1363.

**Metelkin D.V., Vernikovskiy V.A., Kazansky A.Yu., Wingate M.T.D.** Late Mesozoic tectonics of Central Asia based on paleomagnetic evidence // *Gondwana Research*, 2010, v. 18, № 2–3, p. 400–419.

**Natal'in B.A., Sengor A.M.C.** Late Palaeozoic to Triassic evolution of the Turan and Scythian platforms: the pre-history of the palaeo-Tethyan closure // *Tectonophysics*, 2005, v. 404, p. 175–202.

**Ren Q., Zhang S.H., Wu H.C., Liang Z.K., Miao X.J., Zhao H.Q., Li H.Y., Yang T.S., Pei J.L., Davis A.G.** Further paleomagnetic results from the ~155 Ma Tiaojishan Formation, Yanshan Belt, North China, and their implications for the tectonic evolution of the Mongol-Okhotsk suture // *Gondwana Research*, 2016, v. 35, p. 180–191.

**Sorokin A.A., Zaika V.A., Kovach V.P., Kotov A.B., Xu W.** Timing of closure of the eastern Mongol–Okhotsk Ocean: constraints from U–Pb and Hf isotopic data of detrital zircons from metasediments along the Dzhagdy Transect // *Gondwana Research*, 2020, v. 81, p. 58–78.

**Zhao X., Coe R.S., Zhou Y., Wu H., Kuang G., Dong Z., Wang J.** Tertiary paleomagnetism of North and South China: a reappraisal of Late Mesozoic paleomagnetic data from Eurasia: Implications for the Cenozoic tectonic history of Asia // *Tectonophysics*, 1994, v. 235, p. 181–203.

## ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

**Рис. 1.** Положение золоторудного месторождения Унгличикан в основных геологических структурах региона (по [Агафоненко и др., 2002] с изменениями авторов).

1-2 – стратифицированные геологические комплексы Селемджино-Кербинского террейна: 1 – мусковит-кварц-альбитовые, мусковит-альбит-кварцевые, альбит-хлорит-эпидот-амфиболовые сланцы условно нижнепалеозойской 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, метабазалты, мраморизованные известняки среднекаменноугольной златоустовской свиты; 3 – песчаники, алевролиты, известняки, метабазалты среднедевонской акриндинской свиты Галамского террейна; 4-5 – интрузии позднепалеозойского златоустовского комплекса: 4 – габбро, габбро-диориты, 5 – гранодиориты, плагиограниты; 6 – субвулканические тела раннемелового андезит-риолитового унериканского комплекса; 7 – интрузии и субвулканические тела позднемелового диорит-гранодиорит-гранитового Баджало-Дуссе-Алинского комплекса; 8 – дайки диоритовых порфириров и андезитов первой фазы ранне-позднемелового селитканского комплекса, 9 – кайнозойские рыхлые отложения; 10 – разломы; 11 – контур врезки со схематической геологической картой центральной части золоторудного месторождения Унгличикан (по [Васильев и др., 2000] с изменениями авторов); 12 – основные рудные зоны: Хабаровская (1), Шеелитовая (2), Милонитовая (3), Центральная (4), Брекчиевая (5), Дайковая (6), Дайковая-2 (7), Дальняя (8), Северная (9), Леоновская (10), Южная (11); 13 – проекции точек отбора образцов для геохронологических исследований и их номера; 14 – линия разреза А-Б (см. рис. 2). На врезке слева звездочкой показано положение золоторудного месторождения Унгличикан. Заштрихованная область – Монголо-Охотский складчатый пояс (МО). На врезке справа показана детальная карта центральной части золоторудного месторождения Унгличикан (по [Васильев и др., 2000] с изменениями авторов).

**Рис. 2.** Схематический геологический разрез месторождения Унгличикан по линии разреза А-Б, показанной на рисунке 1. Составлен по [Васильев и др., 2000] с упрощениями авторов.

Условные обозначения на рис. 1. Пунктиром показан контур карьера в 2015 г.

**Рис. 3.** Аргонограммы (ступенчатый прогрев) для минеральных фракций из гидротермальных рудных образований, вмещающих пород и дайки месторождения Унгличикан.

Номера образцов соответствуют номерам в тексте и таблицах.

Возраст приведен с погрешностью  $\pm 2\sigma$ .

**Табл. 1.** Содержание золота в образцах гидротермальных рудных образований, вмещающих пород и дайки месторождения Унгличикан.

№ образца	Порода	Au, г/т
АК-70	адуляр-кварц-серицит-сульфидный метасоматит	4.51
АК-71-3	адуляр-кварц-серицит-сульфидный метасоматит	17.65
АК-72-1	углеродсодержащие кварц-полевошпат-слюдистые сланцы	0.032
АК-73	андезит	0.029

Определения выполнены в Институте геологии и природопользования ДВО РАН атомно-абсорбционным методом на спектрометре Solaar M6 + Zeeman Furnace (Thermo electron corporation, USA) с электротермической атомизацией (аналитики Н.А. Бородина, Е.Е. Зайцева, Н.Н. Козлова)

**Табл. 2.** Результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования минеральных фракций из гидротермальных рудных образований, вмещающих пород и дайки месторождения Унгличкан 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 АК-70, адуляр, J=0.004004±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
Образец АК-71-3, адуляр, J=0.004011±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
Образец АК-72-1, серицит, J=0.005468±0.000076						
1	500	1.0	47.7±0.3	0.17±0.09	0.141±0.007	59.6±19.2
2	625	6.5	28.18±0.07	0.37±0.03	0.060±0.002	100.4±5.9
3	700	16.8	19.87±0.01	0.24±0.02	0.0181±0.0004	137.8±2.2
4	775	28.8	18.42±0.03	0.031±0.008	0.0116±0.0008	142.1±2.9
5	850	57.5	16.86±0.02	0.016±0.005	0.0068±0.0009	140.9±3.1
6	900	68.8	17.44±0.03	0.012±0.009	0.010±0.002	137.2±4.9
7	975	85.0	16.77±0.01	0.02±0.01	0.0064±0.0005	141.1±2.3
8	1025	95.6	17.59±0.02	0.01±0.01	0.014±0.001	128.5±3.5
9	1080	100.0	24.36±0.03	0.15±0.01	0.034±0.001	137.1±3.8
Образец АК-73, основная масса, J=0.005401±0.000076						
1	500	3.2	5.9±0.8	2.2±0.2	0.28±0.07	-948.6±344.5
2	850	31.1	13.75±0.02	0.18±0.01	0.012±0.001	97.4±3.8
3	925	57.6	13.11±0.02	0.14±0.01	0.010±0.002	95.4±4.6
4	1030	71.9	15.64±0.04	0.05±0.02	0.016±0.002	103.8±6.7
5	1130	100.0	13.34±0.03	0.07±0.01	0.011±0.001	96.8±4.1

Примечание. T – температура, погрешность  $\pm 1$  °C. J – «джей-фактор» - параметр, характеризующий нейтронный поток.



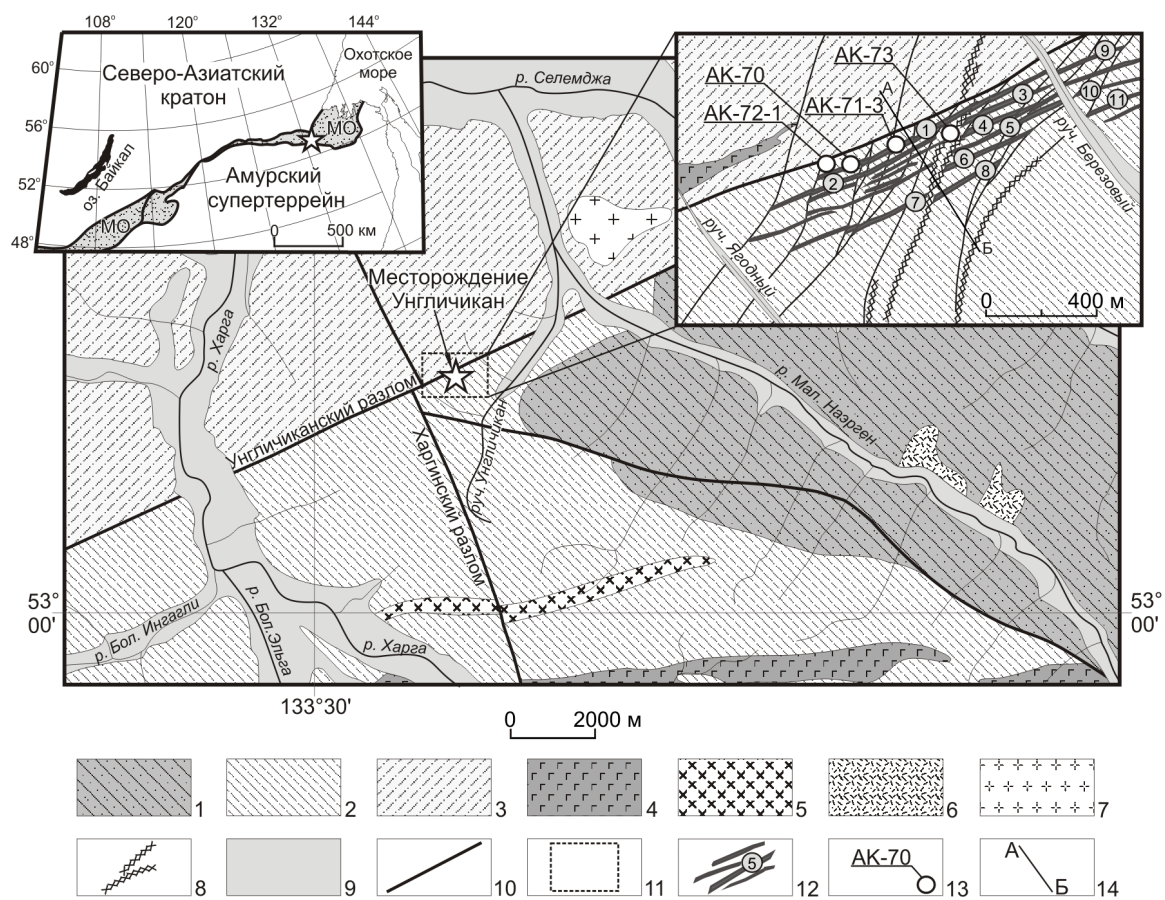


Рис. 1 к статье А.Ю. Кадашниковой и др. “Возраст золотого оруденения месторождения Унгличикан...”

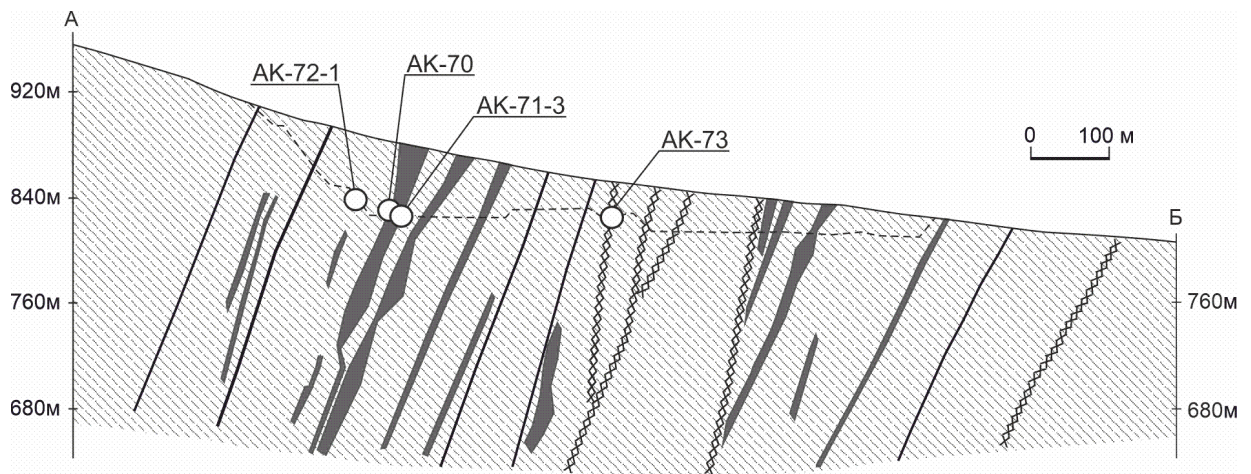


Рис. 2 к статье А.Ю. Кадашниковой и др. "Возраст золотого оруденения месторождения Унгличкан..."

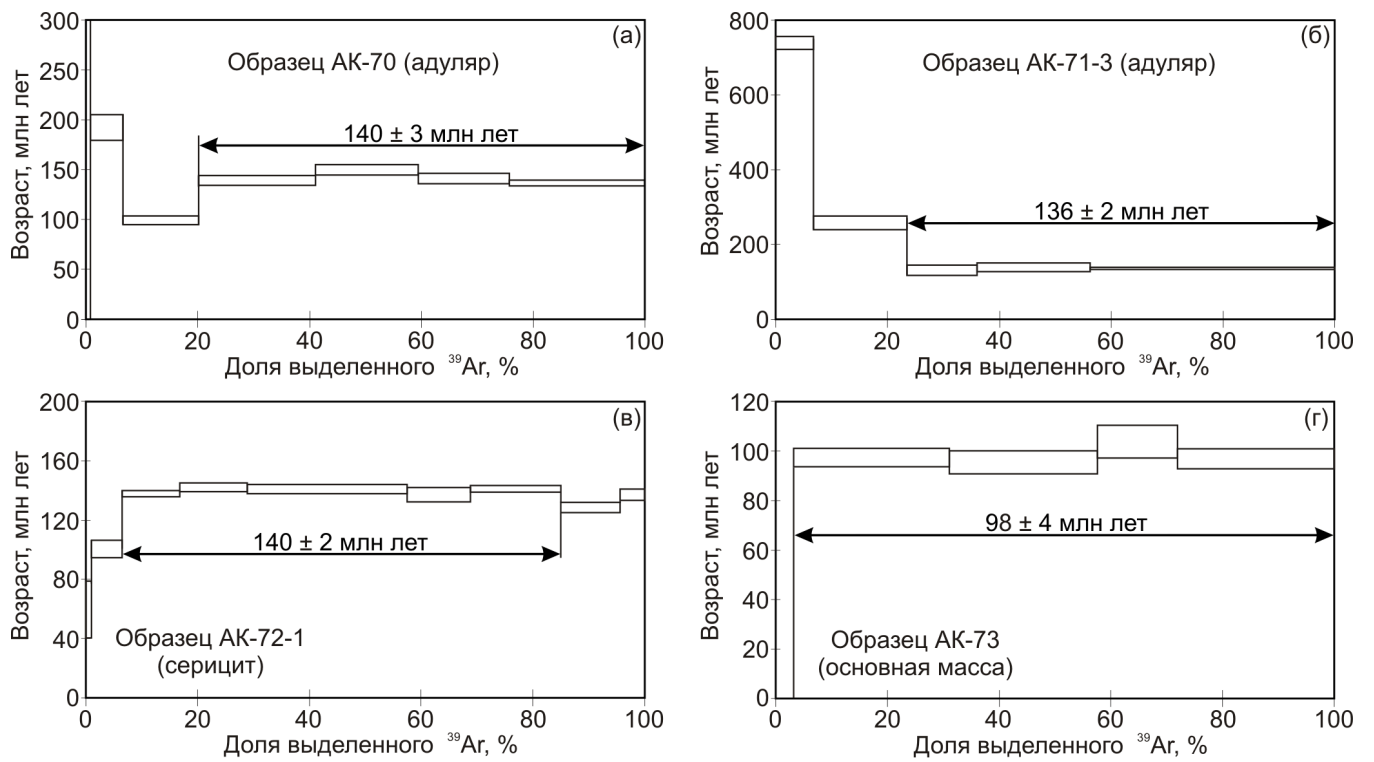


Рис. 3 к статье А.Ю. Кадашниковой и др. "Возраст золотого оруденения месторождения Унгличкан..."