

**ВОЗРАСТ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЬГИНСКОЕ  
(МОНГОЛО-ОХОТСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ  
ОГРАНИЧЕНИЯ**

*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>ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН, пер. Релочный 1, г. Благовещенск, 675000;  
e-mail: [akadashnikova@gmail.com](mailto:akadashnikova@gmail.com)

<sup>2</sup>ФГБУН Институт геологии и минералогии СО РАН, пр-т. Ак. Коптюга 3, г. Новосибирск, 630090;  
e-mail: [ponomar@igm.nsc.ru](mailto:ponomar@igm.nsc.ru)

Поступила в редакцию 7 июня 2021 г.

В результате проведенных  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  геохронологических исследований установлен возраст золотого оруденения месторождения Эльгинское, расположенного в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса. Полученные данные свидетельствуют о том, что возраст рудных метасоматитов и гидротермально-метасоматически измененных углеродсодержащих серицит-полевошпат-кварцевых сланцев, вмещающих оруденение, может быть оценен в 139–137 млн лет. Связать рудную минерализацию месторождения Эльгинское с магматическими процессами не представляется возможным, поскольку возраст магматических комплексов, расположенных в пределах исследуемого региона, либо моложе, либо существенно древнее оруденения. Практически идентичный возраст 139 млн лет установлен для серицита из сланцев талыминской свиты вне рудной зоны. Это свидетельствует о том, что заключительный 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, определяющую роль в мобилизации, перераспределении рудного вещества и формировании месторождения Эльгинское сыграли постколлизивные дислокационные процессы, сопровождаемые гидротермально-метасоматической деятельностью.

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

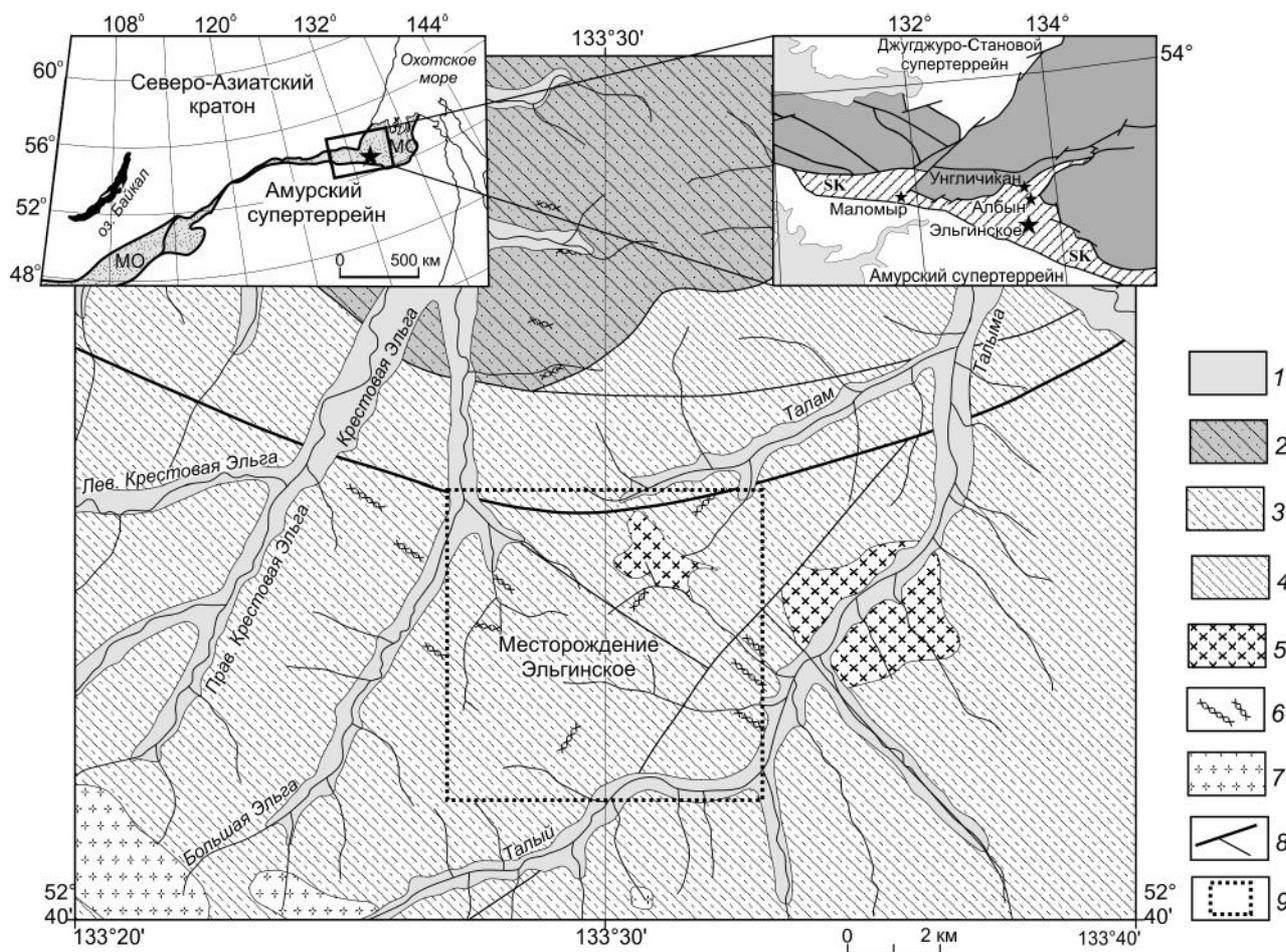
**ВВЕДЕНИЕ**

Монголо-Охотский складчатый 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 [3, 24, 25].

Возраст окончательного формирования Монголо-Охотского пояса как складчатой структуры на месте ранее существовавшего океана является предметом дискуссий. Большинство исследователей [8, 16, 17, 19, 20, 28, 41] на основе анализа мезозойского магматизма и метаморфизма к югу и северу от складчатого пояса полагают, что пик коллизивных процессов

приходится на ранний мел. На раннемеловой возраст закрытия Монголо-Охотского океана указывает также значительная часть палеомагнитных данных [47–51, 57]. В то же время ревизия последних позволила предполагать более раннее закрытие палеоокеана – между ранней и средней юрой [55]. Кроме того, возраст наиболее молодых морских отложений Монголо-Охотского пояса ограничивается ранней юрой [25, 52, 53, 56], а юрские осадочные бассейны, обрамляющие пояс с севера и юга, имеют орогенное происхождение [10, 30, 46] и содержат уголь [29]. Все это в совокупности указывает на то, что возраст орогенеза в восточной части Монголо-Охотского пояса приходится на рубеж ранней и средней юры [52]. Аналогичный вывод был сделан на основе исследований осадочных бассейнов, прилегающих к западной части пояса [40].

Интенсивные тектонические и магматические процессы, сопровождавшие формирование Монголо-



**Рис. 1.** Положение золоторудного месторождения Эльгинское в основных геологических структурах региона (по [1], с изменениями авторов).

1 – кайнозойские рыхлые отложения; 2–4 – стратиграфические подразделения Селемджино-Кербинского террейна: 2 – мусковит-кварц-альбитовые, мусковит-альбит-кварцевые, альбит-хлорит-эпидот-амфиболовые сланцы условно нижнепалеозойской афанасьевской свиты, 3 – полевошпат-кварцевые, серицит-кварц-полевошпатовые, кварц-серицитовые, кварц-серицит-углеродистые, мусковит-кварц-альбитовые и актинолит-эпидот-хлорит-альбитовые сланцы с редкими прослоями кварц-полевошпат-хлоритовых сланцев и мраморизованных известняков нижнекаменноугольной талыминской [1] свиты, 4 – кварц-серицитовые, часто углерод-содержащие сланцы, эпидот-актинолит-альбитовые, кварц-эпидот-хлоритовые, хлорит-актинолит-кварц-альбитовые, мусковит-кварц-альбитовые сланцы, метапесчаники, глинистые сланцы, метабазалты, мраморизованные известняки среднекаменноугольной златоустовской свиты; 5–7 магматические образования: 5 – гранодиориты, плагиограниты позднепалеозойского златоустовского комплекса, 6 – внемасштабные интрузии и субвулканические тела раннемелового андезит-риолитового унериканского комплекса и позднемелового диорит-гранодиорит-гранитового баджало-дуссеалинского комплекса, дайки диоритовых порфиритов первой фазы ранне-позднемелового селитканского комплекса, 7 – интрузии позднемелового эзопского комплекса гранодиорит-гранитового; 8 – разломы; 9 – район исследования.

На врезке слева показано положение Монголо-Охотского пояса (МО) и золоторудного месторождения Эльгинское (звездочкой) в структурах региона; на врезке справа – положение месторождений Эльгинское, Унгличикан, Маломыр и Албын. Заштрихованная область – Селемджино-Кербинский террейн (SK).

Охотского складчатого пояса, обусловили возникновение большого количества рудных месторождений, как в самом поясе, так и на обрамляющих его окраинах. Существует несколько теорий образования подобных месторождений, традиционно относимых к орогенному типу (см. обзор в [5, 27, 43, 44]). Изначально генезис орогенных золоторудных месторождений рассматривался с позиций магматогенно-гидротермальной

модели, в которой ведущая роль отводится магматическим процессам [4, 27] на заключительных этапах формирования орогенных структур. Однако появляется все больше геохронологических данных, свидетельствующих о том, что возраст месторождений орогенного типа часто не совпадает с возрастом рядом расположенных магматических комплексов (см. обзор в [43, 44]). Кроме того, в настоящее время большое

распространение получили метаморфогенная и метаморфогенно-деформационная модели формирования месторождений орогенного типа [27, 43, 44]. В то же время протестировать ту или иную модель формирования возможно только при наличии надежных геохронологических данных.

Согласно существующим представлениям, месторождение Эльгинское относится к золото-сульфидно-кварцевой формации [2, 22] метаморфогенно-гидротермального [2] или орогенного [5, 44] типа. В данной работе приведены результаты исследования рудных метасоматитов и гидротермально-метасоматически измененных углеродсодержащих серицит-полевошпат-кварцевых сланцев, вмещающих оруденение, а также из сланцев талыминской свиты вне рудной зоны месторождения. Эта работа является логическим продолжением исследований [12–15, 32, 33], направленных на установление возраста рудных объектов восточной части Монголо-Охотского пояса и их связи с тектоническими и магматическими событиями в истории формирования этого пояса.

#### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Месторождение Эльгинское находится в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса (рис. 1) наряду с такими золоторудными месторождениями, как Маломыр, Унгличикан, Албын и др. (см. обзор в [2, 29, 36]). Оно входит в состав Харгинского рудного поля и расположено в пределах Селемджино-Кербинской структурной зоны [2, 29], или одноименного террейна аккреционного клина [31].

Сведения о геологическом строении Эльгинского месторождения содержатся в немногочисленных работах [2, 9, 23, 36]. Оно было выявлено в 90-х годах прошлого столетия в результате литохимических поисков масштаба 1:200 000 и поисковых работ масштаба 1:25 000 под руководством А.Е. Пересторонина [2]. При проведении работ в рамках ГДП-200 это месторождение было отнесено к метаморфогенно-гидротермальному типу [2]. Минералогический состав руд исследовался в рамках поисково-оценочных работ, проведенных ООО «Научно-производственная геологическая фирма «Регис»», а также Н.В. Моисеенко с соавторами [23].

Эльгинское месторождение локализовано в поле метаморфических образований, относимых к талыминской [1, 2] свите. Вмещающими породами для рудных тел Эльгинского месторождения являются полевошпат-кварцевые, серицит-кварц-полевошпатовые, кварц-серицитовые, кварц-серицит-углеродистые, мусковит-кварц-альбитовые и актинолит-эпи-

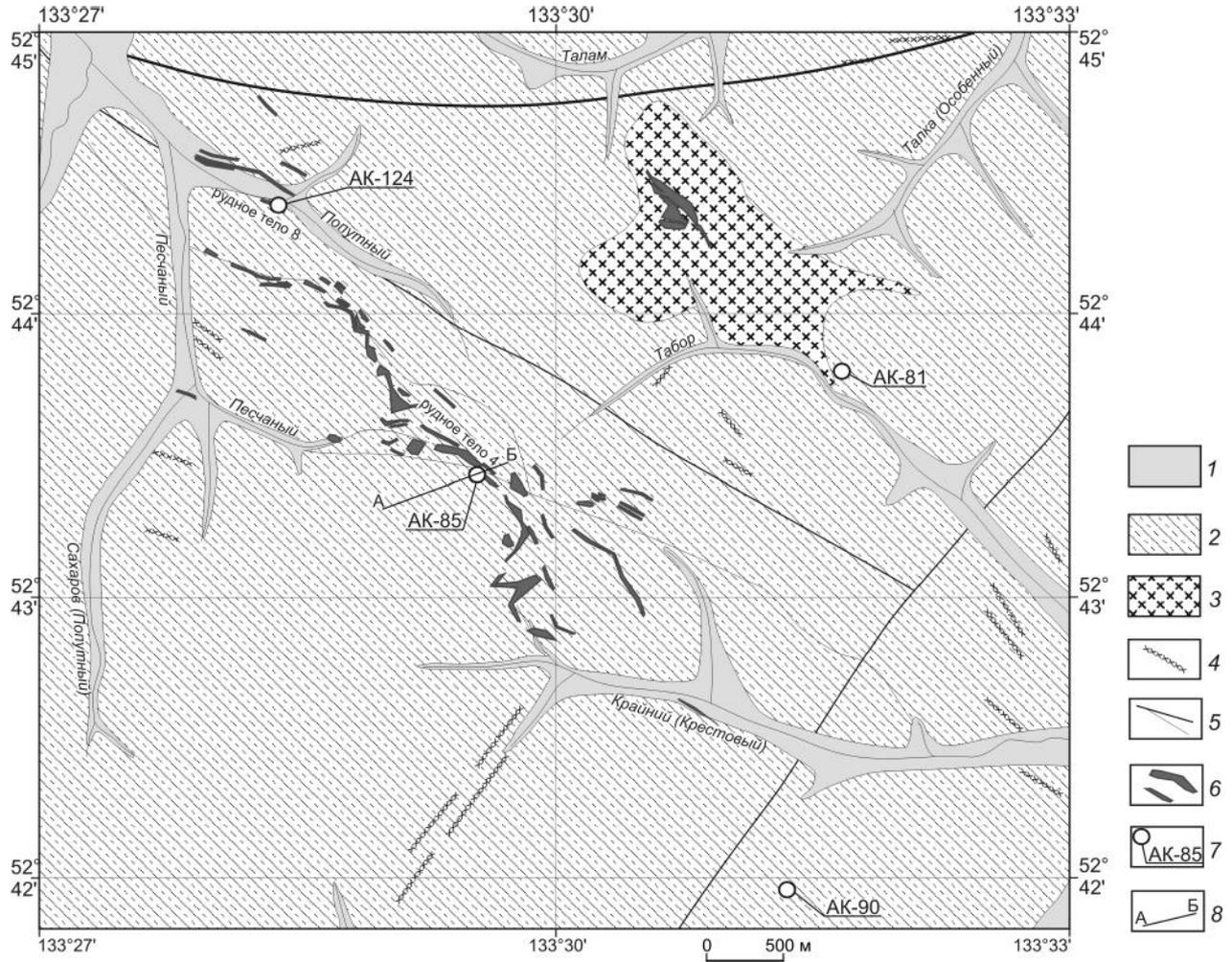
дот-хлорит-альбитовые сланцы с редкими прослоями кварц-полевошпат-хлоритовых сланцев и мраморизованных известняков. В пределах рудного поля во вмещающих сланцах практически повсеместно наблюдается незначительная примесь углеродистого вещества [2, 23]. Магматические породы в пределах рудного поля представлены плагиигранитами позднепалеозойского златоустовского комплекса, субвулканическими трахириолитами раннемелового унериканского комплекса, дайками диоритовых порфиритов ранне-поздне-мелового селитканского и поздне-мелового баджало-дуссеалинского комплексов [1].

Оруденение на Эльгинском месторождении контролируется разрывными нарушениями северо-западного простирания. Рудные тела концентрируются в зонах дробления, катаклаза, брекчирования, затронутых окварцеванием, альбитизацией, серицитизацией, карбонатизацией [2].

В пределах месторождения выделено более десяти рудных тел, разбитых на несколько блоков (рис. 2, 3). Это пластообразные залежи, границы которых устанавливаются только по данным опробования. Мощность рудных тел составляет 0.5–15 м; падение на юго-запад под углами 25–35°. Рудные тела сложены углеродсодержащими серицит-полевошпат-кварцевыми, серицит-кварц-полевошпатовыми, альбит-кварцевыми метасоматитами, с неравномерным окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией, с тонкими кварцевыми и полевошпат-кварцевыми прожилками, с вкрапленностью арсенопирита, реже пирита. В межзерновом пространстве породообразующих минералов, преимущественно среди серицита, по сланцеватости пород часто наблюдается углеродистое вещество в виде волосовидных, ленточных скоплений разной плотности [22, 23, 36].

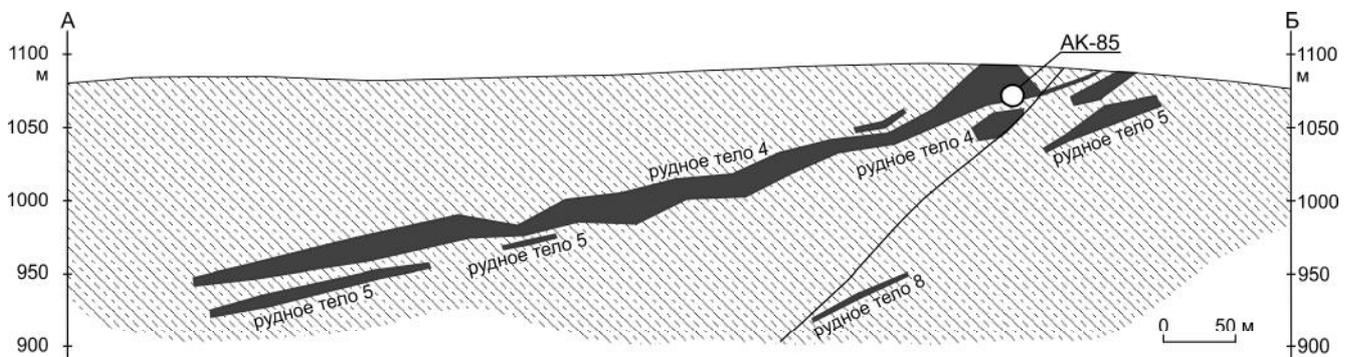
Содержание сульфидов в рудах составляет 1–5 %. Они представлены преимущественно арсенопиритом, пиритом, пирротинном, редко халькопиритом, сфалеритом, галенитом. Содержание золота в руде составляет 1–4.5 г/т. Форма золотин преимущественно неправильная, чешуйчатая, комковатая, уплощенная, реже вытянутая, пластинчатая, размер от 0.001 до 0.5 мм. Отмечаются сростки золота с кварцем, иногда с арсенопиритом. Проба золота – 780–890 [9, 23].

Выше было отмечено, что Эльгинское месторождение было отнесено С.Г. Агафоненко с соавторами к метаморфогенно-гидротермальному типу [2]. Собственно, формирование месторождения связывалось с гидротермально-метасоматической деятельностью, сопровождавшей процессы метаморфизма во время столкновения микроконтинента Амурии, по [11], (Амурским супертеррейном, по [25]) с Сибирским



**Рис. 2.** Схематическая геологическая карта золоторудного месторождения Эльгинское (по [1, 22, 36], с изменениями авторов).

1 – кайнозойские рыхлые отложения; 2 – полевошпат-кварцевые, серицит-кварц-полевошпатовые, кварц-серицитовые, кварц-серицит-углеродистые, мусковит-кварц-альбитовые и актинолит-эпидот-хлорит-альбитовые сланцы с редкими прослоями кварц-полевошпат-хлоритовых сланцев и мраморизованных известняков нижнекаменноугольной тальминской свиты [1]; 3 – гранодиориты, плагиограниты позднепалеозойского златоустовского комплекса; 4 – внемасштабные субвулканические тела раннемелового андезит-риолитового унериканского комплекса и позднемелового диорит-гранодиорит-гранитового баджало-дуссеалинского комплекса, дайки диоритовых порфиров первой фазы ранне-позднемелового селитканского комплекса; 5 – разломы; 6 – рудные тела; 7 – проекции точек отбора образцов для геохронологических исследований и их номера; 8 – линия разреза А-Б (см. рис. 3).



**Рис. 3.** Схематический геологический разрез по линии А-Б (по [1, 22, 36], с изменениями авторов).

Условные обозначения на рис. 2.

**Таблица 1. Содержание золота в рудных метасоматитах, гидротермально-метасоматически измененных сланцах и кварц-серицит-углеродистых сланцах талыминской свиты, использованных для геохронологических исследований.**

№ образца	Порода	Au, г/т
АК-85	Серицит-полевошпат-кварцевый рудный метасоматит	0.356
АК-124	Гидротермально-метасоматически измененные углеродсодержащие серицит-полевошпат-кварцевые сланцы талыминской свиты	0.152
АК-81	Кварц-серицит-углеродистые сланцы талыминской свиты	0.037
АК-90	Кварц-серицит-углеродистые сланцы талыминской свиты	0.041

континентом (Северо-Азиатским кратоном, по [25]), при максимальной степени сжатия в ранней–средней юре. В этой связи интерпретация С.Г. Агафоненко с соавторами генезиса Эльгинского месторождения вполне соответствует таковому для месторождений орогенного типа, по [5, 44].

Для установления возраста гидротермально-метасоматических процессов нами были проведены гео-хронологические ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод) исследования рудных метасоматитов и гидротермально-метасоматически измененных углеродсодержащих серицит-полевошпат-кварцевых сланцев талыминской свиты с повышенным содержанием золота рудных тел 4 и 8 (АК-85, координаты:  $133^{\circ}29'36.6''$  в.д.,  $52^{\circ}43'26.8''$  с.ш.; АК-124, координаты:  $133^{\circ}28'23.4''$  в.д.,  $52^{\circ}44'23.5''$  с.ш.), а также вмещающих оруденение кварц-серицит-углеродистых сланцев (АК-81, координаты:  $133^{\circ}31'37.4''$  в.д.,  $52^{\circ}43'49.1''$  с.ш. и АК-90, координаты:  $133^{\circ}31'21.6''$  в.д.,  $52^{\circ}41'58.7''$  с.ш.), относимых [1, 2] к талыминской свите.

Рудное тело 4 является самым крупным из выявленных на Эльгинском месторождении, в нем сосредоточено более 70 % запасов месторождения. Оно простирается с юго-востока на северо-запад и представляет собой пластообразную залежь, фрагментарно выходящую на дневную поверхность, с редкими безрудными окнами. Протяженность рудного тела по падению 70–1350 м. Падение в юго-западном направлении под углом  $\sim 11^{\circ}$ . По падению рудное тело прослежено до глубины 300 м, по простиранию оно прослежено на  $\sim 4460$  м с небольшими разрывами на юго-восточном фланге месторождения. Средняя вертикальная мощность составляет 9.5 м, среднее содержанием

золота 1.29 г/т. Рудное тело 8 представлено в виде 6 отдельных блоков протяженностью 70–290 м. Средний угол падения  $14^{\circ}$ , средняя вертикальная мощность составляет 5 м, глубина залегания колеблется от 26 м до 190 м, среднее содержание золота 1.45 г/т [22, 36].

Места отбора образцов показаны на рисунках 2 и 3, а содержания золота в проанализированных образцах приведены в таблице 1.

#### 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 [26, 34].

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 откочки 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 Vern 4m, биотита LP-6 [38]. 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  $1200^{\circ}\text{C}$ ) 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  $^{36}, ^{37}, ^{40}\text{Ar}$ , 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 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 [39]. При обработке результатов учитывались рекомендации, опубликованные в работах [42, 45].

Определение содержаний золота в породах выполнено атомно-абсорбционным методом с использованием стандартных методик кислотного разложения на спектрометре Solaar M6 (Thermo electron corporation, USA) с электротермической атомизацией в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований Института геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск, аналитики Н.А. Бородина, Е.Е. Зайцева, Н.Н. Козлова, О.В. Мороко).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты проведенных исследований приведены в таблице 2, а также на рисунке 4, и сводятся к следующему (возраст приведен с погрешностью  $\pm 2\sigma$ ):

1) возраст серицита с примесью углеродистого вещества (углисто-слюдистый агрегат) из серицит-полевошпат-кварцевого рудного метасоматита (обр. АК-85) при расчете по плато (76 % выделенного  $^{39}\text{Ar}$ ) составляет  $139 \pm 4$  млн лет (табл. 2, рис. 4, а);

2) возраст серицита с примесью углеродистого вещества (углисто-слюдистый агрегат) из гидротермально-метасоматически измененных углеродсодержащих серицит-полевошпат-кварцевых сланцев с повышенным содержанием золота (обр. АК-124) при расчете по плато (89 % выделенного  $^{39}\text{Ar}$ ) составляет  $137 \pm 3$  млн лет (табл. 2, рис. 4, б);

3) возраст серицита с примесью углеродистого вещества (углисто-слюдистый агрегат) из кварц-серицит-углеродистых сланцев (обр. АК-81) тальминской свиты, при расчете по плато (88 % выделенного  $^{39}\text{Ar}$ ) составляет  $139 \pm 3$  млн лет (табл. 2, рис. 4, в);

4) возраст серицита с примесью углеродистого вещества (углисто-слюдистый агрегат) из кварц-серицит-углеродистых сланцев (обр. АК-90) тальминской свиты, при расчете по плато (82 % выделенного  $^{39}\text{Ar}$ ) составляет  $139 \pm 4$  млн лет (табл. 2, рис. 4, г).

Значения возрастов, полученные для образцов АК-81, АК-85, АК-90, АК-124 при расчете в изохронном варианте (табл. 2), близки к таковым при расчете по плато, но отличаются несколько большей погрешностью.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Как было отмечено выше, рудные зоны месторождения Эльгинское представлены метасоматически измененными углеродсодержащими серицит-полевошпат-кварцевыми, серицит-кварц-полевошпатовыми сланцами, альбит-кварцевыми метасоматитами. Исходя из этого, пригодным для  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  геохронологических исследований К-содержащим минералом и одновременно связанным с процессом гидротермально-

метасоматического минералообразования, является серицит. Кроме этого, на месторождении Эльгинском как во вмещающих породах, так и в гидротермально-метасоматически измененных сланцах повсеместно присутствует углеродистое вещество. В этой связи мы не смогли выделить собственно серицит, и в материал для  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  геохронологических исследований попало некоторое количество углеродистого вещества. Поскольку в последнем нет калийсодержащих минералов, мы полагаем, что его присутствие не исказило результаты изотопных исследований.

Также следует принимать во внимание, что границы рудных тел в пределах месторождения устанавливаются только по результатам опробования и не имеют минералогических критериев, что чрезвычайно затрудняет исследование стадийности минералообразования (рудообразования). Для соблюдения максимально возможной в данном случае корректности установления возраста процесса гидротермально-метасоматического минералообразования мы использовали образцы метасоматитов и гидротермально-метасоматически измененных углеродсодержащих серицит-полевошпат-кварцевых сланцев с достаточно высокими концентрациями золота (табл. 1), что позволяет нам отождествлять возраст гидротермально-метасоматических процессов, с одной стороны, и рудоотложения, с другой. Таким образом, на основании вышесказанного мы полагаем, что возраст кристаллизации серицита из серицит-полевошпат-кварцевых метасоматитов и гидротермально-метасоматически измененных углеродсодержащих серицит-полевошпат-кварцевых сланцев принимается нами за возраст гидротермально-метасоматических рудных процессов.

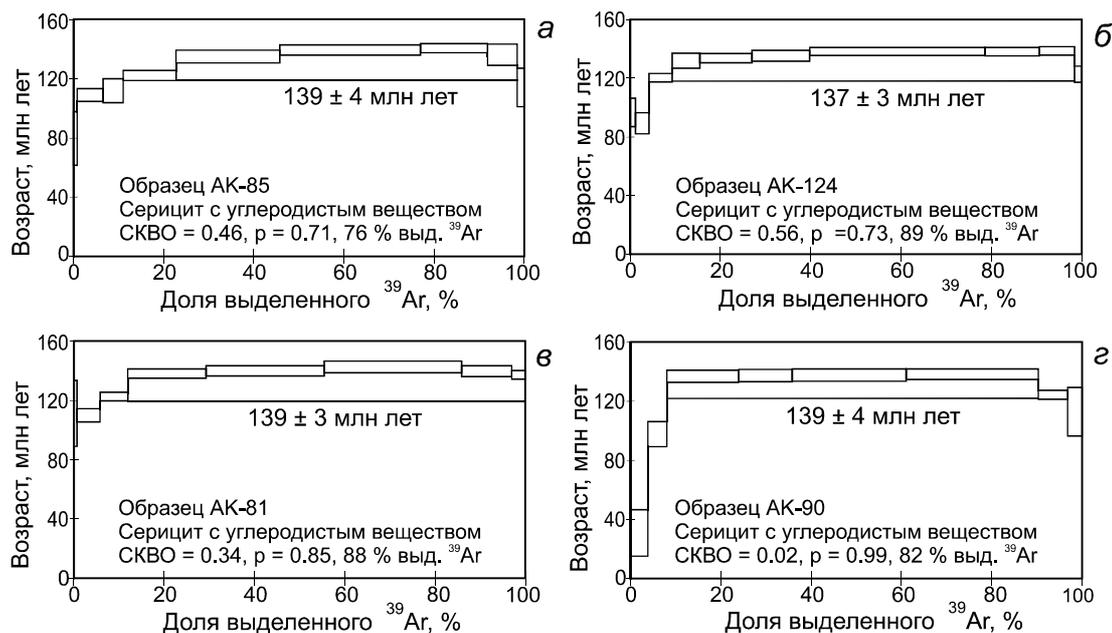
Полученные результаты исследования свидетельствуют о том, что возраст гидротермально-метасоматических рудных процессов, приведших к формированию месторождения Эльгинское, в первом приближении, может быть оценен интервалом 139–137 млн лет. Близкая оценка возраста ранее получена для рудных метасоматитов месторождения Унгличикан  $\sim 140$ –136 млн лет ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод по адуляру, [15]). Несколько более молодой возраст получен для рудных метасоматитов месторождения Маломыр  $\sim 134$ –130 млн лет ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод по серициту, адуляру, [12]), Албын  $\sim 131$ –130 млн лет ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод по мусковиту, [13, 14]). Все упомянутые выше месторождения расположены в Селемджино-Кербинской структурной зоне восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса.

Во вводной части статьи мы отметили, что формирование орогенных золоторудных месторождений зачастую связано с магматическими процессами [4,

**Таблица 2. Результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования серицита из рудных метасоматитов, гидротермально-метасоматически измененных сланцев и кварц-серицит-углеродистых сланцев талыминской свиты методом ступенчатого прогрева.**

№ ступени	T°C	$^{39}\text{Ar}$ , %	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ( $\pm 1\sigma$ )	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ( $\pm 1\sigma$ )	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ( $\pm 1\sigma$ )	Ca/K, ( $\pm 1\sigma$ )	Возраст, млн. лет. ( $\pm 1\sigma$ )
Обр. АК-85 (серицит с примесью углеродистого вещества), $J = 0.007393 \pm 0.000142$ ; возраст плато (920–1080°C) $T = 139 \pm 4$ млн лет, (СКВО = 0.46, $p = 0.71$ ; 76 % выд. $^{39}\text{Ar}$ ); изохронный возраст $T = 141 \pm 6$ млн лет, ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ) <sub>0</sub> = 224 $\pm$ 76 млн лет, СКВО = 1.5							
1	500	0.8	15.05 $\pm$ 0.08	0.7 $\pm$ 0.7	0.030 $\pm$ 0.005	2.6 $\pm$ 2.4	79.7 $\pm$ 18.1
2	650	6.6	9.94 $\pm$ 0.01	0.3 $\pm$ 0.1	0.005 $\pm$ 0.001	0.9 $\pm$ 0.4	109.1 $\pm$ 4.2
3	750	11.1	10.89 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.03	0.008 $\pm$ 0.002	0.10 $\pm$ 0.1	111.9 $\pm$ 8.0
4	850	22.7	10.46 $\pm$ 0.03	0.08 $\pm$ 0.03	0.0033 $\pm$ 0.0007	0.27 $\pm$ 0.1	122.2 $\pm$ 3.4
5	920	45.8	10.97 $\pm$ 0.01	0.005 $\pm$ 0.005	0.0016 $\pm$ 0.0010	0.02 $\pm$ 0.02	134.9 $\pm$ 4.3
6	970	77.0	11.30 $\pm$ 0.01	0.00 $\pm$ 0.03	0.0015 $\pm$ 0.0006	0.10 $\pm$ 0.10	139.5 $\pm$ 3.4
7	1020	91.8	11.45 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.04	0.0016 $\pm$ 0.0005	0.2 $\pm$ 0.2	140.7 $\pm$ 3.1
8	1080	98.5	11.85 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 0.07	0.004 $\pm$ 0.002	0.3 $\pm$ 0.2	136.2 $\pm$ 7.2
9	1150	100.0	15.50 $\pm$ 0.05	0.6 $\pm$ 0.3	0.023 $\pm$ 0.003	2.3 $\pm$ 1.2	114.1 $\pm$ 13.0
Обр. АК-124 (серицит с примесью углеродистого вещества), $J = 0.007431 \pm 0.000144$ ; возраст плато (750–1100°C) $T = 137 \pm 3$ млн лет, (СКВО = 0.56, $p = 0.73$ ; 89 % выд. $^{39}\text{Ar}$ ); изохронный возраст $T = 136 \pm 6$ млн лет, ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ) <sub>0</sub> = 350 $\pm$ 88 млн лет, СКВО = 1.5							
1	500	1.2	13.67 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.06	0.021 $\pm$ 0.003	0.2 $\pm$ 0.2	96.6 $\pm$ 9.6
2	600	4.2	9.79 $\pm$ 0.02	0.15 $\pm$ 0.07	0.010 $\pm$ 0.002	0.6 $\pm$ 0.2	89.3 $\pm$ 7.2
3	675	9.3	10.76 $\pm$ 0.01	0.01 $\pm$ 0.01	0.0050 $\pm$ 0.0005	0.05 $\pm$ 0.05	120.3 $\pm$ 2.9
4	750	15.5	11.18 $\pm$ 0.01	0.01 $\pm$ 0.01	0.003 $\pm$ 0.001	0.04 $\pm$ 0.04	132.0 $\pm$ 5.0
5	825	26.9	11.088 $\pm$ 0.008	0.006 $\pm$ 0.006	0.0026 $\pm$ 0.0005	0.02 $\pm$ 0.02	133.6 $\pm$ 3.2
6	900	39.7	11.14 $\pm$ 0.01	0.006 $\pm$ 0.006	0.0023 $\pm$ 0.0008	0.02 $\pm$ 0.02	135.2 $\pm$ 3.8
7	975	78.5	11.042 $\pm$ 0.006	0.002 $\pm$ 0.002	0.0012 $\pm$ 0.0003	0.01 $\pm$ 0.01	138.1 $\pm$ 2.8
8	1025	90.6	11.349 $\pm$ 0.008	0.006 $\pm$ 0.006	0.0023 $\pm$ 0.0003	0.02 $\pm$ 0.02	137.9 $\pm$ 2.9
9	1100	98.4	11.880 $\pm$ 0.007	0.009 $\pm$ 0.009	0.0039 $\pm$ 0.0002	0.03 $\pm$ 0.03	138.4 $\pm$ 2.7
10	1175	100.0	14.79 $\pm$ 0.02	0.23 $\pm$ 0.06	0.018 $\pm$ 0.001	0.8 $\pm$ 0.2	122.7 $\pm$ 5.4
Обр. АК-81 (серицит с примесью углеродистого вещества), $J = 0.007375 \pm 0.000144$ ; возраст плато (800–1150°C) $T = 139 \pm 3$ млн лет, (СКВО = 0.34, $p = 0.85$ ; 88 % выд. $^{39}\text{Ar}$ ); изохронный возраст $T = 140 \pm 6$ млн лет, ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ) <sub>0</sub> = 267 $\pm$ 35 млн лет, СКВО = 0.73							
1	500	0.7	17.1 $\pm$ 0.1	0.06 $\pm$ 0.06	0.029 $\pm$ 0.006	0.2 $\pm$ 0.2	111.2 $\pm$ 22.2
2	600	5.9	10.96 $\pm$ 0.01	0.009 $\pm$ 0.009	0.008 $\pm$ 0.001	0.03 $\pm$ 0.03	110.0 $\pm$ 4.3
3	700	11.9	11.37 $\pm$ 0.01	0.008 $\pm$ 0.008	0.0062 $\pm$ 0.0004	0.03 $\pm$ 0.03	122.5 $\pm$ 2.8
4	800	29.3	11.18 $\pm$ 0.01	0.003 $\pm$ 0.003	0.0014 $\pm$ 0.0005	0.01 $\pm$ 0.01	138.0 $\pm$ 3.3
5	900	55.5	11.22 $\pm$ 0.01	0.009 $\pm$ 0.004	0.0010 $\pm$ 0.0006	0.03 $\pm$ 0.02	139.9 $\pm$ 3.4
6	975	86.0	11.40 $\pm$ 0.01	0.006 $\pm$ 0.005	0.0009 $\pm$ 0.0008	0.02 $\pm$ 0.02	142.5 $\pm$ 3.9
7	1050	97.0	11.65 $\pm$ 0.01	0.004 $\pm$ 0.004	0.0025 $\pm$ 0.0007	0.01 $\pm$ 0.01	139.7 $\pm$ 3.7
8	1150	100.0	13.314 $\pm$ 0.007	0.02 $\pm$ 0.02	0.0088 $\pm$ 0.0004		137.2 $\pm$ 3.0
Обр. АК-90 (серицит с примесью углеродистого вещества), $J = 0.007333 \pm 0.00014$ ; возраст плато (700–950°C) $T = 139 \pm 4$ млн лет, (СКВО = 0.02, $p = 0.99$ ; 82 % выд. $^{39}\text{Ar}$ ); изохронный возраст $T = 142 \pm 6$ млн лет, ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ) <sub>0</sub> = 122 $\pm$ 29 млн лет, СКВО = 1.9							
1	500	3.8	9.66 $\pm$ 0.04	0.4 $\pm$ 0.4	0.025 $\pm$ 0.004	1.6 $\pm$ 1.5	30.8 $\pm$ 15.8
2	600	8.0	12.34 $\pm$ 0.03	0.4 $\pm$ 0.2	0.016 $\pm$ 0.002	1.6 $\pm$ 0.9	97.6 $\pm$ 8.5
3	700	24.0	11.71 $\pm$ 0.01	0.05 $\pm$ 0.04	0.0033 $\pm$ 0.0009	0.2 $\pm$ 0.1	136.7 $\pm$ 4.1
4	775	35.9	11.79 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.04	0.0034 $\pm$ 0.0009	0.9 $\pm$ 0.1	137.3 $\pm$ 4.1
5	875	61.1	11.31 $\pm$ 0.01	0.008 $\pm$ 0.008	0.0017 $\pm$ 0.0010	0.03 $\pm$ 0.03	137.7 $\pm$ 4.3
6	950	90.3	11.35 $\pm$ 0.01	0.007 $\pm$ 0.007	0.0017 $\pm$ 0.0007	0.02 $\pm$ 0.02	138.1 $\pm$ 3.6
7	1025	96.8	12.05 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.03	0.0079 $\pm$ 0.0005	0.1 $\pm$ 0.1	124.3 $\pm$ 3.0
8	1100	100.0	13.55 $\pm$ 0.06	0.6 $\pm$ 0.2	0.016 $\pm$ 0.004		112.9 $\pm$ 16.4

Примечание. T – температура, погрешность  $\pm 1^\circ\text{C}$ . J – «джей-фактор»; параметр, характеризующий нейтронный поток, p – вероятность.



**Рис. 4.** Аргонogramмы (ступенчатый прогрев) для серицитов (с примесью углеродистого вещества) из рудных метасоматитов, гидротермально-метасоматически измененных сланцев и кварц-серицит-углеродистых сланцев талыминской свиты.

Номера образцов соответствуют номерам в тексте и таблицах 1, 2. Возраст приведен с погрешностью  $\pm 2\sigma$ .

27], а на практике – с конкретными магматическими комплексами. Однако в нашем случае это оказалось затруднительным. Анализ опубликованных данных для рассматриваемого региона [1, 2, 6, 7, 9, 12–15, 29, 31–33, 37, 53] указывает на то, что геохронологические свидетельства проявления магматизма в пределах рассматриваемого региона с возрастом, близким к возрасту оруденения (139–137 млн лет), отсутствуют. Так, наиболее ранние интрузивные породы в пределах исследуемого района представлены плагиогранитами золотоустовского комплекса, для которых получены определения возраста в интервале 393–250 млн лет [1, 2, 31, 53], что в любом случае существенно древнее оруденения. Субвулканические тела унериканского комплекса, а также дайки селитканского и баджалодуссеалинского комплексов, которые встречаются в пределах рудного поля, имеют, наоборот, более молодой возраст (моложе 105 млн лет [2, 6, 7, 9]).

Отсутствие магматизма, синхронного оруденению, побуждает искать иные геологические события регионального характера, которые могли бы сопровождаться гидротермальной деятельностью и привести к формированию золоторудных месторождений в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса. Одними из таких событий, на первый взгляд, могли быть коллизионные процессы, сопровождавшие закрытие Монголо-Охотского океана. Однако это невоз-

можно, поскольку на основании изотопных данных [40, 52, 56], а также переинтерпретации палеомагнитных данных [55] формирование на месте Монголо-Охотского океана орогенного сооружения приходится на рубеж ранней и средней юры (~174 млн лет).

Таким образом, возраст формирования месторождения Эльгинское (139–137 млн лет), также как и других месторождений восточной части Монголо-Охотского пояса: Унгличикан (~140–136 млн лет [15]), Маломыр (~134–130 млн лет [12]), Албын (~131–130 млн лет [14]), существенно оторван от возраста орогенеза в этом поясе. В этой связи нам остается связать формирование этих месторождений с процессами деформации орогена, проявившимися уже после закрытия океанического бассейна. Результаты геохронологических исследований, представленных в настоящей статье, подтверждают возможность такой интерпретации. В частности, для серицитов из кварц-серицит-углеродистых сланцев (обр. АК-81 и АК-90) талыминской свиты получен возраст 139 млн лет (табл. 2, рис. 3, в, г). Как видим, он полностью соответствует возрасту серицита из рудных метасоматитов (обр. АК-124 и АК-85). Стоит обратить внимание, что образцы АК-81 и АК-90 отобраны вне рудной зоны месторождения Эльгинское для характеристики возраста собственно метаморфических процессов, и они практически не содержат золота (табл. 1). В этой

связи напрашивается тезис о том, что последний этап метаморфизма (термального прогрева) и деформаций регионального характера, с одной стороны, и рудоотложения, с другой, имеют один и тот же возраст.

Мы не располагаем собственными результатами структурных исследований, которые могли бы подтвердить сделанный нами вывод. В то же время предшественниками накоплен значительный объем фактов, прямо или косвенно свидетельствующих об определяющей роли тектонических процессов (складкообразования, сдвигов, надвигов), а также метаморфизма в формировании месторождений восточной части Монголо-Охотского пояса. Так, С.Г. Агафоненко с соавторами [2] связывал образование рудоносных метасоматитов на Эльгинском месторождении и других золоторудных месторождениях Харгинского рудного поля с процессами метаморфизма и складкообразования, сопровождавшимися сдвиго-надвиговыми (преимущественно субширотными) перемещениями. Близкая точка зрения высказывалась В.Г. Хомичем с соавторами [35] и А.С. Якубчуком [54] в отношении рудообразования в пределах всей восточной части Монголо-Охотского пояса. А.И. Малышев и А.Б. Лазарев [21] при исследовании Албынского месторождения отмечали, что наиболее продуктивные участки согласных рудных тел приурочены к местам максимальных тектонических дислокаций. А.Б. Лазарев с соавторами [18] в результате структурных исследований месторождения Маломыр пришел к выводу, что формирование рудных тел связано с системой дуплексов – наиболее благоприятных для рудоотложения тектонических структурных ловушек, возникших в один надвиговый этап.

### ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований позволяют сформулировать следующие выводы:

1) возраст гидротермально-метасоматического рудного процесса, приведшего к формированию месторождения Эльгинское, может быть оценен в интервале 139–137 млн лет;

2) возраст термального события, наложенного на породы талыминской свиты вне рудного поля, составляет 139 млн лет, что, вероятно, является свидетельством регионального характера этого события;

3) геохронологические свидетельства проявления магматизма в пределах рассматриваемого региона с возрастом 139–137 млн лет отсутствуют, что делает невозможным связать рудную минерализацию месторождения Эльгинское с магматическими процессами;

4) по мнению авторов, определяющую роль в мобилизации, перераспределении рудного вещества

и формировании месторождения Эльгинское сыграли региональные дислокационные процессы, сопровождаемые гидротермально-метасоматической деятельностью и проявившиеся после формирования орогенных структур Монголо-Охотского пояса.

Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам 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. Глушенковой, Н.А. Бородиной, Е.Е. Зайцевой, Н.Н. Козловой, О.В. Мороко) за подготовку препаратов для геохронологических исследований. Авторы признательны чл.-корр. РАН В.В. Акинину, а также рецензенту, пожелавшему остаться анонимным, за критические замечания и конструктивные пожелания.

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

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафоненко С.Г., Серезников 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. 1:200 000. Изд-е второе. Серия Тугурская. Лист N-53-XXVI. Златоустовск / Под ред. А.В. Махинина. СПб.: ВСЕГЕИ, 2002.
2. Агафоненко С.Г., Усов И.О., Серезников А.Н., Ненашева С.В., Асмолова Е.И., Яшнов А.Л. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. Изд-е второе. Серия Тугурская. Лист N-53-XXVI. Златоустовск: Объясн. зап. / Под ред. А.В. Махинина. М: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 98 с.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения востока России / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
4. Горячев Н.А. Благороднометалльный рудогенез и мантийно-коровое взаимодействие // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 2. С. 323–332.
5. Горячев Н.А. Месторождения золота в истории Земли // Геология руд. месторождений. 2019. Т. 61, № 6. С. 3–18.
6. Дербек И.М., Сорокин А.А., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Сорокин А.П., Яковлева С.З., Федосеев А.М., Плоткина Ю.В. Возраст кислого вулканизма Селитканской зоны Хингано-Охотского вулканоплутонического пояса (Дальний Восток России) // Докл. АН. 2008. Т. 418, № 2. С. 221–225.
7. Дербек И.М., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В. Первые геохронологические данные лав кислого состава Эзоп-Ямалинской вулканоплутонической зоны Хингано-Охотского вулканогенного пояса // Докл. АН. 2008. Т. 419, № 1. С. 95–99.
8. 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.

9. Забродин В.Ю., Гурьянов В.А., Кисляков С.Г., Кременецкая Н.А., Махинин А.В., Опалихина Е.С. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000. Серия Дальневосточная. Лист N-53. Третье поколение. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.
10. Заика В.А., Сорокин А.А., Ковач В.П., Котов А.Б. Геохимия метасадочных 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.
11. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. Т.2. М.: Недра, 1990. 328 с.
12. 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 руд. месторождений. 2019. Т. 61, № 1. С. 3–17.
13. Кадашникова А.Ю., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Пономарчук В.А., Дементенко А.И., Эйриш Л.В.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  возраст золотого оруденения месторождения Албын (восточная часть Монголо-Охотского складчатого пояса) // Докл. АН. 2019. Т. 485, № 4. С. 468–473.
14. Кадашникова А.Ю., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Пономарчук В.А., Дементенко А.И., Эйриш Л.В.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  возраст золоторудных метасоматитов месторождения Албын, Монголо-Охотский складчатый пояс // Тихоокеан. геология. 2019. Т. 38, № 6. С. 89–98.
15. Кадашникова А.Ю., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Пономарчук В.А. Первые  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  геохронологические данные для рудных метасоматитов золоторудного месторождения Унгличкан (восточная часть Монголо-Охотского складчатого пояса) // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11, № 4. С. 672–677.
16. 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.
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 // Докл. АН. 2014. Т. 456, № 4. С. 451–456.
18. Лазарев А.Б., Волков А.В., Сидоров А.А. Рудовмещающие дуплексы золоторудного орогенного месторождения Маломыр (Приамурье) // Геология руд. месторождений. 2012. Т. 54, № 6. С. 513–522.
19. 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 // Докл. АН. 2006. Т. 409, № 2. С. 222–226.
20. 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 // Докл. АН. 2014. Т. 457, № 6. С. 692–697.
21. Мальшев А.И., Лазарев А.Б. Роль тектонических дислокаций в формировании Албынского рудного поля // Разведка и охрана недр. 2013. № 11. С. 41–45.
22. Мельников А.В., Степанов В.А. Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. Ч. 2. Центральная часть провинции. Благовещенск: АмГУ, 2014. 300 с.
23. Моисеенко Н.В., Харитонов В.И., Сафронов П.П. Особенности самородного золота Эльгинского и Албынского рудопроявлений Харгинского рудного узла // Вестн. АмГУ. Сер. Естественные и экономические науки. Благовещенск: АмГУ, 2013. Вып. 63, С. 129–133.
24. Натальин Б.А. Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока СССР // Тихоокеан. геология. 1991. № 5. С. 3–23.
25. Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 5. С. 24–43.
26. 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.
27. Савчук Ю.С., Волков А.В. Крупные и суперкрупные орогенные золотые месторождения: геодинамика, структура, генетические следствия // Литосфера. 2019. Т. 19, № 6. С. 813–833.
28. 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 // Докл. АН. 2006. Т. 409, № 5. С. 652–657.
29. Сerezников А.Н., Волкова Ю.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1: 000 000. Третье поколение. Дальневосточная серия. Лист N-52, Зезя / Под ред. А.С. Вольского. СПб.: ВСЕГЕИ, 2005.
30. 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 Зезя-Депского прогибов восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // Геохимия. 2017. № 2. С. 127–148.
31. 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 // Докл. АН. 2003. Т. 392, № 6. С. 807–812.
32. Сорокин А.А., Остапенко Н.С., Пономарчук В.А., Травин А.В. Возраст адуляра из жил золоторудного месторождения Токур (Монголо-Охотский орогенный пояс, Россия): результаты датирования  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методом // Геология руд. месторождений. 2011. Т. 53, № 3. С. 297–304.
33. Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Бучко И.В., Травин А.В.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возраст золотого оруденения месторождения Маломыр (восточная часть Монголо-Охотского складчатого пояса) // Докл. АН. 2016. Т. 466, № 2. С. 207–212.
34. Травин А.В., Юдин Д.С., Хромых С.В., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., Владимиров А.Г., Колотилина Т.Б. Тер-

- мохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) // Геохимия. 2009. Т. 11. С. 1181–1199.
35. Хомич В.Г., Фатъянов И.И., Борискина Н.Г. Металлогенический анализ типовых золотоносных районов южного и восточного обрамления Северо-Азиатского кратона (геотектоническая позиция, геологическое строение, особенности формирования) // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 6. С. 52–63.
  36. Эйриш Л.В. Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток: Дальнаука, 2002. 194 с.
  37. Эйриш Л.В. Эволюция золоторудных систем Дальнего Востока России // Руды и металлы. 2013. № 1. С. 6–13.
  38. Baksi A.K., Archibald D.A., Farrar E. Intercalibration of  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating standards // Chem. Geol. 1996. V. 129. P. 307–324.
  39. Berger B.W., York D. Geothermometry from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating experiments // Geochim. Cosmochim. Acta. 1981. V. 45. P. 795–811.
  40. 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 // Bull. Soc. Géol. France. 2017. V. 188 (1–2). P. 1–29.
  41. 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 // J. Asian Earth Sci. 2013. V. 62. P. 79–97.
  42. 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 // Geochim. Cosmochim. Acta. 1977. V. 41. P. 15–32.
  43. Goldfarb R.J., Groves D.I. Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time // Lithos. 2015. V. 233. P. 2–26.
  44. 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.
  45. 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 // Econ. Geol. 2001. V. 96. P. 325–350.
  46. He Z.J., Li J.Y., Mo S.G., Sorokin A.A. Geochemical discriminations of sandstones from the Mohe Foreland basin, north-eastern China: tectonic setting and provenance // Sci. in China. Series D Earth Sci. 2005. V. 48 (5). P. 613–621.
  47. 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 // J. Geophys. Res. Atmospheres. 2002. V. 107. P. 1–22.
  48. 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 Geol. Geophys. 2004. V. 45, N 12. P. 1349–1363.
  49. 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 Geol. Geophys. 2007. V. 48, N 10. P. 825–834.
  50. 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, N 2–3. P. 400–419.
  51. 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.
  52. 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.
  53. Sorokin A.A., Zaika V.A., Kudryashov N.M. Timing of formation and tectonic setting of Paleozoic granitoids in the eastern Mongol–Okhotsk Belt: Constraints from geochemical, U–Pb, and Hf isotope data // Lithos. 2021. V. 388–389. 106086.
  54. Yakubchuk A.S. Revised Mesozoic–Cenozoic orogenic architecture and gold metallogeny in the northern Circum-Pacific // Ore Geol. Rev. 2009. V. 35. P. 447–454.
  55. Yi Z., Meert J.G. A Closure of the Mongol-Okhotsk Ocean by the Middle Jurassic: Reconciliation of Paleomagnetic and Geological Evidence // Geophys. Research Lett. 2020. V. 47, Is. 15. e2020GL088235.
  56. Zaika V.A., Sorokin A.A. Two types of accretionary complexes in the eastern Mongol-Okhotsk Belt: constraints from U-Pb and Hf isotopic data of detrital zircons from metasedimentary rocks of the Selemdzha and Tokur terranes // J. Asian Earth Sci. 2020. V. 201. 104508.
  57. 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.

Рекомендована к печати В.В. Акининым

после доработки 12.09.2021 г.

принята к печати 11.11.2021 г.

*A. Yu. Kadashnikova, A. A. Sorokin, A. V. Ponomarchuk, A. V. Travin, V. A. Ponomarchuk*

**The age of gold mineralization at the Elga deposit (Mongol-Okhotsk fold belt):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronological constraints**

In our  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronological study, the age of gold mineralization of the Elga deposit is determined. The Elga deposit is located in the eastern part of the Mongol-Okhotsk fold belt. The data obtained indicate that the age of ore metasomatites and hydrothermally and metasomatically altered carbon-bearing sericite-feldspar-quartz shales can be estimated at 139–137 Ma. It is impossible to link the ore mineralization of the Elga deposit with magmatic processes since the igneous complexes located within the study area are either younger or significantly older than mineralization. The sericite from the Talyma Formation shales outside the ore zone is found to be almost of the identical age, that is, 139 Ma. Thus, the final stage of regional metamorphism and deformation is coeval with the formation of ore metasomatites. We suggest that the main factors in the mobilization, redistribution of the ore matter and the formation of the Elga deposit were post-collisional dislocation processes accompanied by hydrothermal activity and metasomatism.

**Key words:** orogenic gold deposits,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology, gold, Elga gold deposit, Mongol-Okhotsk fold belt.