

Научная статья
УДК 553.411(571.61)
DOI: 10.31857/S0869769824020044
EDN: ldltvd

Геологическое и изотопное обоснование возраста оруденения Токурского золоторудного центра Приамурской провинции

В. А. Степанов[✉], А. В. Мельников

Виталий Алексеевич Степанов

доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник
Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, Россия
vitstepanov@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-7028-3662>

Антон Владимирович Мельников

кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник
Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия
melnikov_anton1972@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0001-9102-653X>

Аннотация. Проанализированы сведения о геологическом и изотопном возрасте формирования золотого оруденения Токурского золоторудного центра Приамурской золотоносной провинции. Показано, что добыча рудного золота велась главным образом из месторождений золото-сульфидной (Маломыр) и золотокварцевой формаций с альбититовыми (месторождения Албын и Эльга) и кварцево-жильными (Токур) рудами. Геологический и изотопный возраст указывает на раннемеловую эпоху формирования золотого оруденения Токурского центра. Изотопный возраст, определенный $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом, позволяет выделить три этапа становления оруденения: ранний – золотокварцевый с альбититовыми рудами (139–130 млн лет), средний – золотосульфидный (134–120,7 млн лет) и поздний – золотокварцевый с кварцево-жильными рудами (122,4–113,6 млн лет).

Ключевые слова: золоторудный центр, месторождение, изотопный возраст, золотокварцевая и золотосульфидная формации

Для цитирования: Степанов В. А., Мельников А. В. Геологическое и изотопное обоснование возраста оруденения Токурского золоторудного центра Приамурской провинции // Вестн. ДВО РАН. 2024. № 2. С. 42–53. <http://dx.doi.org/10.31857/S0869769824020044>, EDN: ldltvd

Geological and isotopic substantiation of the age of mineralization of the Tokur gold mining center of the Amur province

V. A. Stepanov, A. V. Melnikov

Vitaly A. Stepanov

Doctor of Sciences in Geology and Mineralogy, Professor, Chief Researcher
Research Geotechnological Center, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
vitstepanov@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-7028-3662>

Anton V. Melnikov

Candidate of Sciences in Geology and Mineralogy, Leading Researcher
Institute of Geology and Natural Management, FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia
melnikov_anton1972@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0001-9102-653X>

Abstract. Data on the geological and isotopic age of the formation of the gold mineralization of the Tokur gold ore center of the Amur gold-bearing province are analyzed. It is shown that the mining of ore gold was carried out mainly from deposits of gold-sulfide (Malomyr) and gold quartz formation with albitite (deposit (Albyn and Elga) and quartz-veined (Tokur) ores. The isotope age determined by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method makes it possible to distinguish three stages of the formation of mineralization: early – gold-quartz with albitite ores (139–130 million years), middle – gold-sulfide (134–120,7 million years) and late – gold-quartz with quartz-vein ores (122,4–113,6 million years).

Keywords: gold ore center, deposit, isotope age, gold-quartz and gold-sulfide formations

For citation: Stepanov V.A., Melnikov A. V. Geological and isotopic substantiation of the age of mineralization of the Tokur gold mining center of the Amur province. *Vestnik of the FEB RAS*. 2024;(2):42–53. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.31857/S0869769824020044>, EDN: Idltdv

Введение

Золоторудные месторождения Приамурской провинции сосредоточены главным образом в центральной приядерной части Приамурской провинции. Наиболее продуктивные из них, с добычей рудного золота более 0,5 т, образуют три исторически сложившиеся агломерации, названные золоторудными центрами: Соловьевский, Гонжинский и Токурский. Из месторождений этих центров, занимающих незначительную часть площади провинции, добыто 99% всего ее рудного золота. Из месторождений Токурского центра извлечено на 01.01.2021 г. 127,2 т золота, что составляет 35% всего рудного золота провинции [1, 2]. В статье проанализированы сведения о геологическом и изотопном возрасте золотого оруденения Токурского центра.

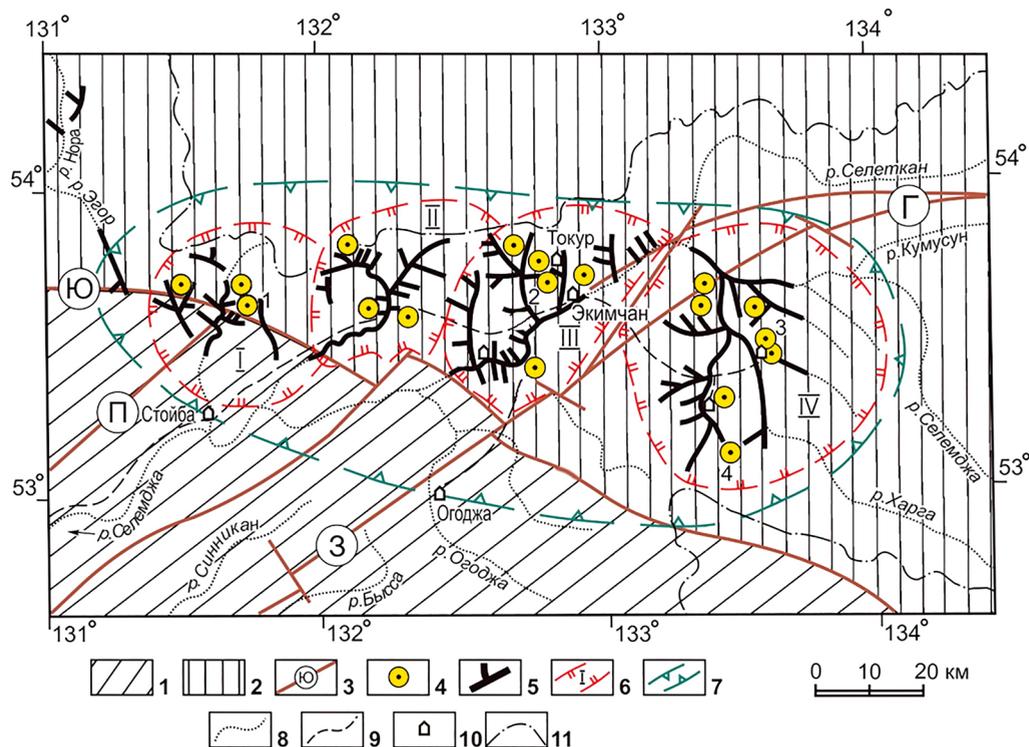
Геолого-структурные особенности Токурского центра

Токурский золоторудный центр находится на восточном фланге Приамурской провинции, на площади Монголо-Охотского геоблока, ограниченного Южно-Тукурингрским и Северо-Тукурингрским региональными разломами. В пре-

делах центра развиты в основном палеозойские образования, метаморфизованные в фации зеленых сланцев, прорванные интрузиями и дайками позднепалеозойского и мелового возраста. В металлогеническом плане центр представляет собой центральную часть Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, вмещающую четыре рудно-россыпных узла (РРУ): Маломырский, Верхнестойбинский, Токурский и Харгинский (см. рисунок).

Маломырский РРУ представляет собой структуру центрального типа, приуроченную к пересечению Южно-Токурингрского и Призейского разломов. Он сложен в основном вулканогенно-осадочными породами позднего палеозоя. Породы собраны в антиклинальную складку северо-западного простирания, в ядре которой расположены сланцы мынской свиты раннего карбона, а на крыльях златоустовской – среднего карбона. В южной части узла, вдоль Южно-Токурингрского регионального разлома, располагается впадина, сложенная терригенными осадками моринской толщи среднеюрского возраста. На периферии узла находится серия интрузий гранодиорит-порфиров, гранит-порфиров и кварцевых диорит-порфиров бурундинского комплекса нижнего–верхнего мела. Менее развиты небольшие интрузии кварцевых диорит-порфиров меунского комплекса верхнего мела [3].

Восточнее расположено интрузивно-купольное поднятие Верхнестойбинского РРУ, сложенное вулканогенно-осадочными породами среднего и позднего палеозоя.



Токурский центр добычи рудного золота.

1 – Амурский геоблок, 2 – Монголо-Охотский геоблок, 3 – региональные разломы (Ю – Южно-Токурингрский, П – Призейский, Г – Галамский, 3 – Западно-Туранский), 4 – золоторудные объекты: а – месторождения (1 – Осеннее, 2 – Кварцитовое, 3 – Маломыр, 4 – Поисковое, 5 – Ворошиловское, 6 – Сагур, 7 – Разведочное, 8 – Иннокентьевское, 9 – Токур, 10 – Тарнах, 11 – Ясное, 12 – Ингагли, 13 – Унгличкан, 14 – Албын, 15 – Харгинское, 16 – Афанасьевское, 17 – Эльгинское, 18 – Казанское), б – проявления, 5 – россыпи золота, 6 – границы рудно-россыпных узлов (I – Маломырский, II – Верхнестойбинский, III – Токурский, IV – Харгинский), 7 – контур Токурского золоторудного центра, 8 – водотоки, 9 – автодороги, 10 – населенные пункты, 11 – административная граница между Амурской областью и Хабаровским краем

Палеозойские толщи образуют куполовидную структуру, в ядре которой обнажены породы среднего девона, а на крыльях – среднего карбона и поздней перми. Залегающие выше песчаники, алевролиты, глинистые сланцы моринской толщи средней юры выполняют впадину вдоль Южно-Тукурингрского разлома. Центральная часть РРУ прорвана Ингаглинской интрузией гранитов и лейкогранитов позднепермского возраста. Из мезозойских интрузий встречаются мелкие изометричной формы штоки диоритов и диорит-порфиров селитканского комплекса позднего мела, а также единичные интрузии андезитов бурундинского комплекса того же возраста.

Токурский узел представляет собой крупную синклинальную структуру, сложенную палеозойскими терригенными и вулканогенно-осадочными образованиями. Ядро ее представлено породами позднепермского, а крылья – средне-, верхнедевонского и среднекарбонного возраста. Палеозойский этап интрузивной деятельности начинается с внедрения мелких трещинных интрузий метагаббро и метагаббродиоритов златоустовского комплекса верхнего карбона. Затем в восточной части площади внедрился крупный интрузив, сложенный гранитами и лейкогранитами ингаглинского комплекса верхней перми. В ранне-поздне меловое время происходило образование мелких интрузий андезитов и дацитов бурундинского комплекса. В позднем мелу были сформированы небольшие интрузии риолитов и риодацитов баранчжинского комплекса, а затем гранодиоритов и диоритов селитканского комплекса.

Харгинский узел, расположенный на восточном фланге Токурского центра, представляет собой грабен-синклинальную структуру северо-восточного простирания, сложенную палеозойскими терригенными и вулканогенно-осадочными породами. Ядро структуры выполнено породами златоустовской свиты среднекарбонного возраста. Южное крыло представляют осадки талыминской свиты раннего карбона, а северное – среднедевонские породы акриндинской свиты. Синклиналь осложнена тремя выступами, или куполовидными поднятиями, раннепалеозойского фундамента, сложенного породами афанасьевской свиты. Палеозойский этап интрузивной деятельности начинается с внедрения в позднем карбоне трещинных и послойных интрузий метагаббро и метагаббродиоритов златоустовского комплекса. Затем появились плагиограниты и гранодиориты второй фазы того же комплекса, образующие небольшие интрузивы в южной части узла. Заканчивается палеозойский этап формированием в позднепермское время крупной Ингаглинской интрузии гранитов и лейкогранитов на западной окраине узла. Среди интрузий мезозойского возраста, ограниченно развитых в южной части узла, выделяются неправильной формы интрузия дацитов и риодацитов бурундинского комплекса нижнего–верхнего мела, шток гранодиоритов и диоритов селитканского комплекса верхнего мела и серия интрузий гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров баджалло-дуссеалинского комплекса верхнего мела.

Геологический и изотопный возраст продуктивных золоторудных месторождений Токурского центра

В Токурском центре наиболее продуктивными являются месторождения Албын, Токур и Маломыр с добычей в пределах 30–40 т золота, менее продуктивны Кварцитовое, Харга, Сагур, Ворошиловское и Эльга, из руд которых извлечены первые тонны золота. Ниже рассмотрен изотопный возраст месторождений Албын, Токур, Маломыр, а также разрабатываемого в настоящее время перспективного Эльга (см. таблицу). Они располагаются в западной (Маломыр), центральной (Токур) и восточной (Албын, Эльга) частях Токурского центра. Албын, Эльга и Токур отнесены к золотокварцевой формации, Маломыр – к золотосульфидной. Рудные

тела представлены золотоносными залежами альбититовых метасоматитов (Албын, Эльга), зонами сульфидной вкрапленности (Маломыр) и кварцевыми жилами (Токур).

Золоторудные месторождения Токурского центра

	Добыча золота, т	Вмещающие породы	Изотопный ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) возраст золотого оруденения, млн лет	Источник
Золотокварцевая формация, зоны альбититов				
Албын	41,1	Сланцы афанасьевской свиты условно раннего карбона и метабазиты златоустовского комплекса условно позднего карбона	135 ± 2 – 131 ± 2	[4]
Эльга	2,3	Сланцы талыминской свиты нижнего–среднего карбона	139 ± 4 – 137 ± 3	[5]
Золотокварцевая формация, кварцево-жильный тип				
Токур	34,1	Породы токурской и экимчанской свит условно позднепермского возраста	113,6	[6]
			$122,4 \pm 2,0$	[7]
Золотосульфидная формация				
Маломыр	32,2	Терригенные породы мынской и златоустовской свит карбона	$120,7 \pm 1,3$	[8]
			133 ± 2 – 132 ± 2	[9]
			134 ± 3 – 130 ± 2	[10]

Золотокварцевая формация

Месторождение Албын расположено на восточном фланге Токурского золоторудного центра в пределах Харгинского РРУ. Вмещающими породами служат мусковит-кварц-альбитовые и мусковит-альбит-кварцевые сланцы афанасьевской свиты условно раннекаменноугольного возраста, а также метабазиты златоустовского комплекса, условно отнесенные к позднему карбону. Широко развиты дайки и малые тела риолитов, риодацитов и дацитов унериканского комплекса раннего мела, а также диоритовых порфиритов, гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров позднемелового селитканского комплекса.

Рудные тела представлены пологонаклонными пласто-, ленто-, линзообразными этажно расположенными штокверковыми залежами, сложенными кварц-полевошпатовыми, карбонат-слюдисто-кварц-альбитовыми, карбонат-хлорит-слюдисто-кварц-альбитовыми, слюдисто-кварц-альбитовыми метасоматитами (альбититами). Содержание золота в рудных телах преимущественно низкое: в среднем в рудных телах центральной и западной частей рудной зоны – 2,2 г/т, восточной – 3,1 г/т.

Руды на 95–98% состоят из кварца и полевых шпатов с примесью слюдистых минералов, главным образом мусковита и серицита. Среди рудных минералов преобладают пирит и арсенопирит. Золото в основном свободное, иногда в сростках с кварцем и сульфидами, мелких, средних и крупных размеров. Проба золота месторождения Албын меняется в широких пределах от 760 до 912‰.

Нижняя возрастная граница золотого оруденения расплывчатая. Ее определяют сланцы афанасьевской свиты условно раннекаменноугольного возраста и метабазиты златоустовского комплекса условно позднекаменноугольного возраста, вмещающие основную массу рудных тел. Возраст пород афанасьевской свиты определен тем, что они согласно перекрываются терригенными породами талыминской свиты, охарактеризованными раннекаменноугольным спорово-пыльцевым комплексом. Метабазиты златоустовского комплекса прорывают отложения афанасьевской и та-

лыминской свит раннекаменноугольного возраста и метаморфизованы совместно с ними в условиях зеленосланцевой фации [11].

Верхняя граница определена по поздне меловому возрасту пострудных даек диорит-порфиристов, гранодиорит-порфириров и гранит-порфириров селитканского комплекса. Они секут рудные тела и не несут признаков золотой минерализации. Кроме того, установлена парагенетическая связь золотого оруденения с дайками унериканского комплекса раннего мела. Золотоносные минерализованные зоны месторождения развиты преимущественно по контактам даек, подверженных метасоматическим изменениям [12].

Изотопный возраст мусковита из золотоносных метасоматитов оценен $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) [4] и составляет: для мусковита из мусковит-кварц-альбитового метасоматита рудного тела 1–131 ± 2 млн лет, для мусковита из мусковит-кварц-альбитового метасоматита рудного тела 2–135 ± 2 млн лет. Полученные данные свидетельствуют о том, что возраст гидротермального рудного процесса, приведшего к формированию месторождения Албын, 135–131 млн лет.

Месторождение Эльга располагается на юго-восточном фланге Токурского золоторудного центра в Харгинском РРУ. Вмещающими породами являются кварц-серицитовые, кварц-серицит-углеродистые, мусковит-кварц-альбитовые и актинолит-эпидот-хлорит-альбитовые сланцы талыминской свиты нижнего–среднего карбона. В районе месторождения развиты интрузии и субвулканические тела раннемелового андезит-риолитового унериканского комплекса и поздне мелового диорит-гранодиорит-гранитового баджало-дуссеалинского комплекса, а также дайки диоритовых порфиристов ранне-поздне мелового селитканского комплекса [5]. Характер взаимоотношения их с рудными телами не установлен.

Рудные тела мощностью 0,5–15 м сложены альбит-кварцевыми метасоматитами (альбититами) с прожилками кварца и вкрапленностью сульфидов. К основным нерудным минералам относятся кварц и альбит, встречаются серицит, адуляр, биотит, эпидот и актинолит. Содержание сульфидов в руде не превышает 5%. Среди них преобладают пирит и арсенопирит, реже встречаются галенит, сфалерит и халькопирит. Самородное золото образует вкрапленность в кварце и алюмосиликатной матрице, а также в сульфидах, преимущественно в арсенопирите.

Нижняя возрастная граница оруденения определяется вмещающими его сланцами талыминской свиты на основании находок спор и пыльцы, характерных для среднего карбона западнее района месторождения в бассейне р. Большой Наэрген [11]. Верхняя возрастная граница открыта, так как взаимоотношение известных в районе месторождения небольших интрузий и даек мелового возраста с оруденением не изучено.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ геохронологические исследования проведены в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) методом ступенчатого прогрева [5]. В качестве анализируемого минерала использовался серицит из образцов метасоматитов и гидротермально-метасоматически измененных углеродсодержащих серицит-полевошпат-кварцевых сланцев с высокими концентрациями золота. Предполагается, что момент кристаллизации серицита из этих пород отвечает возрасту гидротермально-метасоматических золоторудных процессов, приведших к формированию Эльгинского месторождения, и находится в интервале 139 ± 4–137 ± 3 млн лет.

Месторождение Токур расположено в центральной части золоторудного центра, в пределах одноименного РРУ. Оно находится в поле развития песчано-глинистых отложений токурской и экимчанской свит предположительно позднепермского возраста, слагающих сводовую часть Челогорской антиклинали субширотного простирания [11]. Важным рудоконтролирующим элементом является субширот-

ная зона Главного разлома, к узлу пересечения которого с поперечными сбросами приурочена центральная часть месторождения. Отмечаются многочисленные пострудные дайки диабазовых и диоритовых порфиров, а также штоков кварцевых диоритов и кварцевых сиенит-порфиров [13].

Рудными телами являются золотоносные кварцевые жилы, имеющие брекчиевую, полосчатую и сетчатую структуру. Они сложены в основном кварцем, в меньшем количестве там находятся адуляр, кальцит, анкерит, серицит и хлорит. Из рудных минералов, количество которых не превышает 1–3%, присутствуют арсенопирит, пирит, галенит, сфалерит и самородное золото. Реже встречаются шеелит, рутил, халькопирит, марказит, блеклые руды, антимонит, кюстелит, станнин и касситерит. Золото свободное. Размеры его – от микронных выделений до мелких самородков, преобладают частицы от 0,02 до 0,2 мм. Проба золота колеблется в пределах от 600 до 800‰.

Нижнюю границу геологического возраста золотого оруденения определяют вмещающие терригенные породы токурской и согласно залегающей на ней экимчанской свит условно позднепермского возраста. Он определен по находкам растительного детрита, позволяющим считать эти отложения не древнее среднего палеозоя. Кроме того, в алеволитах экимчанской свиты обнаружены споры и пыльца не моложе средней юры, а в аллювии руч. Семертак, размывающего породы свиты, найдены обломки известняков с остатками криноидей, ругоз и мшанок, характеризующих возрастную интервал ордовик–пермь [11].

Верхнюю границу определяют пострудные дайки диабазовых и диоритовых порфиров и штоки кварцевых диоритов и кварцевых сиенит-порфиров, отнесенные к карауракскому комплексу пород раннемелового возраста [14]. Диоритовые порфириды и диориты комплекса прорывают золоторудные кварцевые жилы месторождения. О близком возрасте пород комплекса и золоторудных тел свидетельствует наличие в интрузивных породах пострудных кварц-кальцитовых прожилков с пиритом. Раннемеловой возраст пород карауракского комплекса определяется тем, что они интродуцируют раннемеловые субвулканические породы унериканского комплекса и в свою очередь прорваны интрузиями позднемелового селитканского возраста. Изотопный возраст пострудных даек диоритовых и диабазовых порфиров вначале был определен К-Аг методом в интервале 108–100 млн лет, что отвечает альбскому ярусу [6]. Более поздние исследования показали более широкий интервал (135–104 млн лет) изотопного возраста тех же даек, определенного К-Аг методом [14]. Кроме того, коллектив авторов предполагает парагенетическую связь формирования месторождения Токур с телом субвулканических трахириодацитов Карауракского массива, для которого ранее U-Pb методом по цирконам был получен возраст 120 ± 5 млн лет [7].

Изотопный возраст золотого оруденения, определенный разными авторами, подтверждает его раннемеловой геологический возраст. Наиболее раннее определение возраста адуляр-кварцевого прожилка месторождения Токур произведено Аг-Аг методом в Аляскинском университете г. Фербенкс, США [6]. Оно составляет $113,6 \pm 0,5$ млн лет, что отвечает аптскому ярусу раннего мела. В той же работе изотопный возраст околорудных метасоматитов оценен К-Аг методом в интервале 133–112 млн лет. Более поздние геохронологические исследования адуляра из жилы Голубая месторождения Токур были выполнены $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом в Институте геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск). Полученное значение возраста адуляра по плато составило $122,4 \pm 2,0$ млн лет (аптский ярус раннего мела). На основании сближенности во времени кристаллизации алудяра и самородного золота эта датировка рассматривается как возраст продуктивной стадии гидротермального рудного процесса на месторождении Токур [7].

Золотосульфидная формация

Месторождение Маломыр приурочено к западному флангу Токурского золоторудного центра. Площадь месторождения сложена терригенными образованиями мынской и златоустовской свит каменноугольного возраста. Широко развиты дайки диоритовых порфириров и кварцевых диоритовых порфириров карауракского комплекса раннемелового возраста [15]. По мнению детально изучавшего месторождение А. Е. Пересторонина, в его пределах широко развиты дайки и мелкие субвулканические тела андезитов, диоритовых порфириров, гранодиорит-порфириров и андезибазальтов. Они содержат иногда убогую золотосеребряную минерализацию и являются пост- или синрудными [16]. А. Б. Лазарев отмечает, что пострудные дайки на месторождении Маломыр представлены в основном раннемеловыми андезитами и дацитами [17].

Основная часть золотого оруденения (около 94% запасов) локализована в пределах Диагональной тектонической зоны северо-восточного простириания. Рудные тела представлены зонами прожилково-вкрапленных руд. Руды сложены сульфидизированными брекчиями и катаклазитами кварц-альбитовых, серицит-кварцевых, кварц-адуляровых метасоматитов с наложенным прожилковым окварцеванием и вкрапленностью сульфидов. Из рудных минералов преобладают пирит и арсенопирит. В небольшом количестве отмечаются галенит, сфалерит, вольфрамит, шеелит, блеклые руды, гематит, магнетит, халькопирит, ильменит, рутил, марказит, станнин, касситерит, акантит, золото, молибденит и хромит. Основная масса руды содержит менее 2 г/т золота и относится к классу бедных. В ней преобладает «упорное», «невидимое» золото, которое заключено в тонковкрапленных сульфидах – пирите и игольчатом арсенопирите [18]. Небольшая часть золотин имеет размер десятые доли миллиметра. Проба золота составляет 781–880‰.

Нижнюю возрастную границу золотого оруденения определяют вмещающие терригенные отложения мынской и златоустовской свит каменноугольного возраста. Мынская свита условно раннекаменноугольного возраста сложена песчаниками, глинистыми и зелеными сланцами с прослоями известняков. В истоках р. Угохан мынская свита содержит обрывки стеблей каламитов и кордаитов, в том числе *Rufloria* sp. и *Cortex* sp., что свидетельствует о позднепалеозойском ее возрасте. Залегающая выше златоустовская свита состоит из глинистых сланцев, песчаников, зеленых сланцев и линз известняков. Среднекаменноугольный возраст ее принят условно [15].

Верхнюю возрастную границу определяют пострудные дайки раннего мела. По мнению А. Е. Пересторонина, некоторые из них могут быть синрудными ввиду наложения золотосеребряной минерализации [16].

Геохронологическими $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ исследованиями установлено, что время формирования калиевого полевого шпата в рудах месторождения Маломыр составляет $131,8 \pm 1,7$ млн лет, а плагиоклаза – $120,7 \pm 1,3$ млн лет. Более древняя датировка характеризует дорудную стадию минерализации, а более молодая – рудную. Дорудная стадия отвечает готеривскому ярусу раннего мела, а рудная – аптскому ярусу [8].

Ближние определения изотопного возраста месторождения, проведенные $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом в Институте геологии и минералогии СО РАН, опубликованы в работе [9]. Анализировались серицит и адуляр из кварц-серицитовых и кварц-серицит-адуляровых рудных метасоматитов месторождения. Возраст серицита из кварц-серицитового рудного метасоматита участка Кварцитовый составил 133 ± 2 млн лет. Возраст серицита из кварц-серицитового рудного метасоматита участка Маломыр – 132 ± 2 млн лет. Аналогичный возраст имеет адуляр из кварц-серицит-адулярового метасоматита. Полученные данные свидетельствуют о том, что возраст гидротермального рудного процесса, приведшего к формированию месторождения Маломыр может быть оценен в 133–132 млн лет.

В статье другого коллектива авторов изотопный возраст гидротермального рудного процесса, приведшего к формированию месторождения Маломир, определен по серициту и адуляру из рудных метасоматитов $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом в Институте геологии и минералогии СО РАН [10]. Он оценен в 134 ± 3 – 130 ± 2 млн лет, что также соответствует готеривскому ярусу раннего мела. В той же статье определен изотопный возраст пострудных даек андезибазальтов и базальтов бурундинского комплекса на участке Кварцитовый $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом в Институте геологии и минералогии СО РАН. Он равен 110–104 млн лет (альбский ярус).

Обсуждение

Наблюдается определенная зональность в размещении типов продуктивного золотого оруденения в пределах Токурского золоторудного центра. На западном фланге основная добыча золота производилась в Маломирском РПУ из золотосульфидных руд месторождения Маломир, в центральной зоне – из золотокварцевых жил месторождения Токур одноименного РПУ и на восточном – из зон альбититов месторождений Албын и Эльга Харгинского РПУ. О характерных отличиях типов золотого оруденения в пределах отдельных узлов свидетельствуют и особенности россыпного золота. На площади Маломирского узла, кроме одноименного месторождения, имеются золотосульфидные проявления. В связи с тем, что золотосульфидная формация не входит в число россыпных, то добыча из россыпей узла наименьшая среди РПУ центра (около 5 т). Золото в россыпях в основном тонких и мелких классов, проба 800–894‰. В отличие от Маломирского, в Токурском РПУ развиты в основном кварцево-жильные месторождения золотокварцевой формации (Токур, Иннокентьевское, Сагур, Тарнах и ряд проявлений). Из россыпей узла добыто около 60 т золота. Золото мелких и средних классов, встречаются самородки. Проба золота в россыпях ниже, колеблется в широких пределах: 715–870‰. Харгинский узел отличается преобладанием золотокварцевого оруденения в зонах альбититов (месторождения Албын, Эльга и ряд проявлений). Из россыпей узла добыто больше всего золота (около 83 т). Золото средних и мелких классов крупности, проба его колеблется в широких пределах: 705–950‰.

Геологический возраст дает представление о возрасте формирования золоторудных рудных тел рассматриваемых месторождений в широком возрастном диапазоне от позднего палеозоя вмещающих оруденение пород до раннемелового возраста пострудных или сопровождающих оруденение даек пестрого состава. Для месторождения Токур установлено наличие в дайках карауракского комплекса раннего мела пострудных кварц-кальцитовых прожилков с пиритом, что свидетельствует о близости времени формирования даек и золотого оруденения. Кроме того, К-Аг методом установлен раннемеловой возраст пострудных даек на месторождениях Токур и Маломир. Это позволяет с достаточной долей уверенности определить раннемеловой возраст золотого оруденения Токурского центра.

Изотопный возраст золотого оруденения, в отличие от геологических данных, гораздо более точная характеристика, но относится ко времени кристаллизации рудосопровождающих минералов – серицита, калиевого полевого шпата и других, богатых калием минералов в основном из зон золотоносных метасоматитов. Лишь в случае Токурского месторождения адуляр и серицит отобраны из конкретных рудных тел, представленных золотокварцевыми жилами.

Изотопный возраст золотого оруденения определялся для всех месторождений одним и тем же $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом, главным образом в Институте геологии и минералогии СО РАН, что важно для сравнения результатов анализов. Согласно определениям, изотопный возраст золотого оруденения Токурского центра растя-

нут во времени от 139 до 113,6 млн лет, т. е. от валанжинского до аптского веков раннемеловой эпохи.

Различия изотопного возраста золотого оруденения разных формаций и типов рудных тел позволяют выделить три этапа золотого оруденения Токурского центра. Сначала формируется золотое оруденение, представленное кварц-альбит-серицитовыми альбититами (месторождение Эльга, 139–137 млн лет; Албын, 131–130 млн лет), затем образуются золотосульфидные руды месторождения Маломыр (134–120,7 млн лет), завершается этот процесс формированием кварцево-жильного месторождения Токур (122,4–113,6 млн лет). То есть наблюдается смена во времени формирования следующих типов золотого оруденения (от древних к молодым): золотоносные альбититы → золотосульфидные руды → золотокварцевые жилы.

Выводы

В результате анализа геологического и изотопного возраста золотого оруденения Токурского золоторудного центра установлено следующее:

геологические данные указывают на широкий возрастной диапазон формирования золоторудных месторождений от позднего палеозоя вмещающих оруденение пород до раннемелового возраста пострудных даек пестрого состава. Признаки парагенетической связи оруденения месторождений Токур и Албын с раннемеловыми дайками свидетельствуют о вероятном раннемеловом возрасте оруденения;

согласно геохронологическим исследованиям, возраст золотого оруденения Токурского центра является раннемеловым и растянут во времени от 139 до 113,6 млн лет, т. е. от валанжинского до аптского веков. Наблюдается смена во времени формирования разных типов золотого оруденения (от древних к молодым): золотоносные альбититы (139–130 млн лет) → золотосульфидные руды (134–120,7 млн лет) → золотокварцевые жилы (122,4–113,6 млн лет).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Степанов В. А., Мельников А. В. Исторические центры добычи рудного золота в Приамурской провинции // Разведка и охрана недр. 2021. № 12. С. 15–23.
2. Степанов В. А., Мельников А. В. Токурский золоторудный центр Приамурской золотоносной провинции // Региональная геология и металлогения. 2022. № 90. С. 107–116.
3. Мельников А. В., Степанов В. А. Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. Ч. 2. Центральная часть провинции. Благовещенск: АмГУ, 2014. 300 с.
4. Кадашникова А. Ю., Сорокин А. А., Пономарчук А. В. и др. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст золотого оруденения месторождения Албын (восточная часть Монголо-Охотского складчатого пояса) // Докл. РАН. 2019. Т. 485, № 4. С. 468–473.
5. Кадашникова А. Ю., Сорокин А. А., Пономарчук А. В. и др. Возраст золотого оруденения месторождения Эльгинское (Монголо-Охотский складчатый пояс): $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ геохронологические ограничения // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41, № 2. С. 89–100.
6. Фатьянов И. И., Лэйер П. О времени формирования золоторудного месторождения Токур // Геология и минеральные ресурсы Амурской области. Благовещенск: АмурКНИИ, 1995. С. 217–219.
7. Сорокин А. А., Остапенко Н. С., Пономарчук В. А. и др. 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.
8. Бучко И. В., Пономарчук А. В., Травин А. В. Возраст метасоматитов золоторудного месторождения Маломыр // Золото северного обрамления Пацифики. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2011. С. 66–68.
9. Сорокин А. А., Пономарчук А. В., Бучко И. В. и др. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст золотого оруденения месторождения Маломыр (восточная часть Монголо-Охотского складчатого пояса) // Докл. РАН. 2016. Т. 466, № 2. С. 207–212.

10. Кадашникова А.Ю., Сорокин А.А., Пономарчук В.А. и др. 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.
11. Забродин В.Ю., Бородин А.М., Гурьянов В.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-53 – Шантарские острова. Объяснительная записка. СПб: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2007. 450 с.
12. Пересторонин А.Е., Степанов В.А. Золоторудное месторождение Албын Приамурской провинции // Известия вузов. Геология и разведка. 2015. № 4. С. 22–29.
13. Эйриш Л.В. Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток: Дальнаука. 2002. 194 с.
14. Агафоненко С.Г., Сержников А.Н., Усов И.О. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Лист N-53-XXV. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. 143 с.
15. Сержников А.Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Лист N-52. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. 330 с.
16. Пересторонин А.Е. Золотосульфидные месторождения Приамурья: Геологическое строение, закономерности размещения и состав руд: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Благовещенск, 2005. 26 с.
17. Лазарев А.Б., Волков А.В., Сидоров А.А. Рудовмещающие дуплексы золоторудного орогенно-месторождения Маломыр (Приамурье) // Геология руд. месторождений. 2012. Т. 54, № 6. С. 513–522.
18. Золоторудные месторождения России / под ред. М.М. Константинова. М.: Акварель, 2010. 358 с.

REFERENCES

1. Stepanov V.A., Mel'nikov A.V. Istoricheskie centry dobychi rudnogo zolota v Priamurskoi provincii. *Razvedka i ohrana nedr.* 2021;(12):15–23. (In Russ.).
2. Stepanov V.A., Mel'nikov A.V. Tokurskii zolotorudnyi centr Priamurskoi zolotonosnoi provintsii. *Regional'naya geologiya i metallogeniya.* 2022;(90):107–116. (In Russ.).
3. Mel'nikov A.V., Stepanov V.A. Rudno-rossypnye uzly Priamurskoi zolotonosnoi provintsii. Chast' 2. Central'naya chast' provintsii. Blagoveshhensk: AmGU; 2014. 300 s.
4. Kadashnikova A. Yu., Sorokin A.A., Ponomarchuk A.V. i dr. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ vozrast zolotogo orudneniya mestorozhdeniya Albyn (vostochnaya chast' Mongolo-Oxotskogo skladchatogo poyasa). *Doklady RAN.* 2019;485(4):468–473. (In Russ.).
5. Kadashnikova A. Yu., Sorokin A.A., Ponomarchuk A.V. i dr. Vozrast zolotogo orudneniya mestorozhdeniya El'ginskoe (Mongolo-Oxotskii skladchatyi poyas): $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geoxronologicheskie ogranicheniya. *Tihookeanskaya geologiya.* 2022;41(2):89–100. (In Russ.).
6. Fat'yanov I.I., Leier P. O vremeni formirovaniya zolotorudnogo mestorozhdeniya Tokur. In: *Geologiya i mineral'nye resursy Amurskoi oblasti.* Blagoveshhensk: AmurKNII; 1995. S. 217–219. (In Russ.).
7. Sorokin A.A., Ostapenko N.S., Ponomarchuk V.A. i dr. Vozrast adulyara iz zhil zolotorudnogo mestorozhdeniya Tokur (Mongolo-Ohotskii orogennyi poyas, Rossiya): rezul'taty datirovaniya $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ metodom. *Geologiya rudnyh mestorozhdenii.* 2011;53(3):297–304. (In Russ.).
8. Buchko I.V., Ponomarchuk A.V., Travin A.V. Vozrast metasomatitov zolotorudnogo mestorozhdeniya Malomyr. In: *Zoloto severnogo obramleniya Patsifiki.* Magadan: SVKNII DVO RAN; 2011. S. 66–68. (In Russ.).
9. Sorokin A.A., Ponomarchuk A.V., Buchko I.V. i dr. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ vozrast zolotogo orudneniya mestorozhdeniya Malomyr (vostochnaya chast' Mongolo-Ohotskogo skladchatogo poyasa). *Doklady RAN.* 2016;466(2):207–212. (In Russ.).
10. Kadashnikova A. Yu., Sorokin A.A., Ponomarchuk V.A. i dr. Zakonomernosti lokalizatsii orudneniya, vozrast i istochniki veschestva zolotorudnogo mestorozhdeniya Malomyr (vostochnaya chast' Mongolo-Ohotskogo skladchatogo poyasa). *Geologiya rudnyh mestorozhdenii.* 2019;61(1):3–17. (In Russ.).
11. Zabrodin V. Yu., Borodin A. M., Gur'yanov V.A. i dr. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1: 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Dal'nevostochnaya. List N-53 – Shantar'skie ostrova. Ob'yasnitel'naya zapiska. SPb: Kartfabrika VSEGEI; 2007. 450 s. (In Russ.).
12. Perestoronin A.E., Stepanov V.A. Zolotorudnoe mestorozhdenie Albyn Priamurskoi provintsii. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka.* 2015;(4):22–29. (In Russ.).
13. Eirish L.V. Metallogeniya zolota Priamur'ya (Amurskaya oblast', Rossiya). Vladivostok: Dal'nauka; 2002. 194 s. (In Russ.).
14. Agafonenko S.G., Serezhnikov A.N., Usov I.O. i dr. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoi Federatsii masshtaba 1: 200 000. List N-53-XXV. Ob'yasnitel'naya zapiska. SPb.: VSEGEI; 2019. 143 s. (In Russ.).

15. Serezhnikov A.N. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoi Federatsii masshtaba 1: 1000000. List N-52. Ob'yasnitel'naya zapiska. SPb.: VSEGEI; 2007. 330 s. (In Russ.).
16. Perestoronin A.E. Zolotosul'fidny'e mestorozhdeniya Priamur'ya: Geologicheskoe stroenie, zakonmernosti razmeshheniya i sostav rud: Avtoref. dis. ... kand. geol.-miner. nauk. Blagoveshhensk, 2005. 26 s. (In Russ.).
17. Lazarev A.B., Volkov A.V., Sidorov A.A. Rudovmeshchayushhie dupleksy zolotorudnogo orogennogo mestorozhdeniya Malomyr (Priamur'e). *Geologiya rudnih mestorozhdenii*. 2012;54(6):513–522. (In Russ.).
18. Konstantinova M.M. Zolotorudnye mestorozhdeniya Rossii. M.: Akvarel'; 2010. 358 s. (In Russ.).