

**ГЕОХРОНОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ ДЖЕЛТУЛИНСКОГО ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА
(АЛДАНСКИЙ ЩИТ, ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)**

**И.Р. Прокопьев^{1,2}, А.А. Кравченко^{3,4}, А.И. Иванов³, А.С. Борисенко^{1,2}, А.В. Пономарчук¹,
А.И. Зайцев³, Е.А. Кардаш⁵, А.А. Рожков⁵**

¹ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН; пр-т Академика Коптюга 3,
г. Новосибирск, 630090; e-mail: prokop@igm.nsc.ru

²ФГБОУВПО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, ул.
Пирогова 2, г. Новосибирск, 630090

³ФГБУН Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, пр-т Ленина 39, г. Якутск, 677980

⁴ФГАОУВПО Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, ул. Белинского 58,
г. Якутск, 677000

⁵Государственное унитарное горно-геологическое предприятие Республики Саха (Якутия),
«Якутскгеология», филиал «Алданский», ул. Ленина 8, г. Алдан, 678900

Поступила в редакцию 26 января 2017 г.

Джелтулинский щелочной массив расположен в Тыркандинском рудном районе Чара-Алданской металлогенической зоны Алдано-Станового щита (Ю. Якутия). В пределах района выявлены россыпные золоторудные объекты, которые обрабатываются в настоящее время, а также установлены рудоносные мезозойские щелочные интрузии, которые слабо изучены вследствие труднодоступности. Джелтулинский массив (ДМ) является самой крупной по масштабам выхода на поверхность многофазной кольцевой интрузией в пределах Тыркандинского рудного района, поэтому рассматривается в качестве типового объекта для геологических, петрологических, геохронологических и металлогенических исследований. ДМ состоит из пяти магматических фаз сиенитового состава. Проведенные авторами ⁴⁰Ar-³⁹Ar исследования установили, что возраст кристаллизации самой ранней фазы – лейкократовых сиенит-порфиоров (пуласкитов) – составляет 121.1 ± 1.3 млн лет. Возрастные характеристики внедрения секущих фаз массива – даек сиенит-порфиоров (лаурвикитов и пуласкитов) – соответствуют интервалу: $120.1 \pm 2 - 118.3 \pm 2.1$ млн лет. Самая поздняя фаза массива – трахиты – кристаллизовалась на рубеже 115.5 ± 1.6 млн лет. Согласно минералогическим и геохимическим исследованиям в пределах ДМ установлено два типа рудной минерализации: золоторудная и уран-торий-редкоземельная (U-Th-REE). Золоторудная минерализация проявлена в кварц-хлорит-пиритизированных метасоматитах. Оруденение приурочено к линейным разломным зонам ССВ и ССЗ, простирающихся и совпадает с направлением внедрения дайкового пояса сиенит-порфиоров. Уран-торий-редкоземельная минерализация установлена в кварц-полевошпатовых метасоматитах, локализованных в экзоконтактных участках массива. В пределах Джелтулинского сиенитового массива выявлены участки совмещенной разнотипной минерализации, что на порядок повышает рудный потенциал исследуемого объекта в пределах Тыркандинского рудного района.

Ключевые слова: мезозойский щелочной магматизм, геохронология, возраст, рудоносность, Тыркандинский рудный район, Алдано-Становой щит, Якутия.

ВВЕДЕНИЕ

Алдано-Становой щит является одним из крупных регионов скопления месторождений золота, урана, молибдена и элементов платиновой группы (ЭПГ) юрско-мелового возраста (на территории юго-востока России: месторождения Куранах, Рябиновое,

Самозавское, Лебедино, Инагли и др. [1–7, 15, 18, 23–25, 30, 31 и др.]. На территории Южной Якутии выделяют Чара-Алданскую металлогеническую зону [15], где расположено несколько рудных районов, ассоциирующих с проявлением мезозойского щелочного магматизма. С запада на восток в пределах

металлогенической зоны выделяются следующие золоторудные районы (согласно [15]): Верхнеамгинский, Центрально-Алданский, Нимыро-Эвотинский, Ломамский, исследуемый Тыркандинский, Кет-Капский) и т.д. В работах [26, 27] формирование мезозойского магматизма в пределах Северо-Азиатского кратона объясняется влиянием подлитосферного «горячего поля мантии» в виде интенсивного рифтогенеза и внутриплитной плутоновулканической деятельности, сопряженных с формированием эпиконтинентальных прогибов, впадин и грабенов. Согласно публикациям последних лет [25, 30, 31], причиной проявления мезозойской тектоно-магматической активности на Алдано-Становом щите является дегидратация субдуцирующей океанической плиты и последующий апвеллинг астеносферного вещества, что привело к деформациям в литосфере и проявлению многоэтапного магматизма (плюмов), который отвечает за перенос полезных рудных компонентов и формирование крупных ЭПГ, Au, Mo и U месторождений.

Тыркандинский рудный район является продуктивным для формирования золотых россыпей и малоизученным в плане коренной золотоносности вследствие труднодоступности. Мезозойские магматические породы в пределах Тыркандинского рудного района образуют штокообразные интрузии, а также небольшие дайки и пластовые тела. Основным объемом магматических пород сосредоточен в крупном, площадью около 120 км², Желтулинском массиве (ДМ), расположенном в северо-восточной части района. Площадь массива с прилегающей территорией выделяют в качестве Желтулинского золоторудного узла, представленного следующими россыпными рудопроявлениями: в юго-западном экзоконтакте массива – Скучная площадь, в северо-восточном эндоконтакте массива – Огневая площадь, и на удалении к северу от массива – Попутная площадь.

Желтулинский щелочной массив впервые был закартирован во второй половине XX века при геологической съемке листа О-52-XXI. В фондовых материалах на геологических картах массива имеются отметки с повышенным содержанием золота вдоль ручьев и в отдельных штучных пробах в пределах массива и его приконтактных участков. Во время экспедиционных работ в 2013 г., совместно с геологами полевых отрядов филиала «Алданский» ГУГПП РС (Я) «Якутскгеология» в ходе геологической съемки ГДП-200 был отобран каменный материал для изучения вещественного состава пород ДМ, его возраста и потенциальной рудоносности. В данной статье приведены новые изотопно-геохронологические дан-

ные ⁴⁰Ar/³⁹Ar возраста основных магматических фаз ДМ, проведено сравнение с полученными ранее Rb-Sr датировками по массиву [10], а также представлены результаты геологического, минералогического и геохимического исследований рудных метасоматитов с целью выявления особенностей металлоносности и потенциальной рудоносности ДМ.

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Желтулинский щелочной массив расположен приблизительно в 200 км восточнее пос. Чульман (Нерюнгринский район), в верховьях рр. Хангас и Унга-Дьолтулаах (притоки р. Алдан). В геологическом плане Желтулинская площадь (57°48'–57°58' с.ш. и 128°15'–128°45' в.д.) расположена в пределах Алданской докембрийской гранулитогнейсовой области. Вместе с прилегающей Тыркандинской зоной тектонического меланжа, она маркирует зону раннепротерозойской аккреции молодого кратона – Учурского террейна (EUC) – к древнему кратону, частью которого является Нимырский террейн (ANM) [19] (рис. 1).

Тыркандинская зона тектонического меланжа в плане имеет дугообразную форму и протягивается на 1650 км при ширине 50–200 км (рис. 2). В строении зоны участвуют тектонические пластины, образованные различными ассоциациями докембрийских пород. Пластины ограничены узкими зонами бластомилолитов, которые в субдолготной ветви насыщены телами докембрийских гранитоидов [19]. Внутри пластин установлено несколько этапов докембрийской складчатости: ранний (связанный с надвигообразованием) – изоклиальная складчатость с падением крыльев складок в северо-восточном направлении, и поздний (связанный со сдвиговыми движениями). Для образованных на позднем этапе бластомилолитовых зон установлены левосдвиговые перемещения. В целом на поздних этапах эволюции, вплоть до современного времени, более существенную роль в развитии зоны играли сдвиговые смещения блоков, которые контролировали ее развитие [13].

На востоке Тыркандинской зоны меланжа обнаружены породы Учурского террейна (EUC, рис. 1). Его структурный план определяется гранито-гнейсовыми куполами размером до 150 км в поперечнике. Ядра куполов образованы гранито-гнейсами, чарнокито-гнейсами и эндербито-гнейсами. Мезозойская тектоно-магматическая активизация в пределах Тыркандинской зоны меланжа унаследовала докембрийские зоны разломов и выразилась в формировании катаклазитов и псевдотахилитов. По форме будин в зонах разломов и смещениям геологических ком-

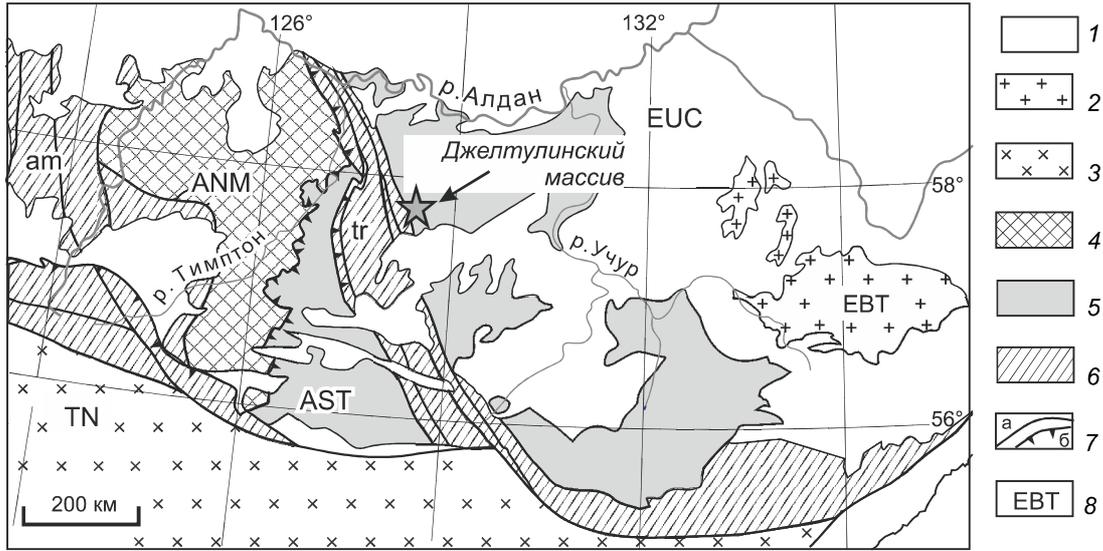


Рис. 1. Карта террейнов Алдано-Станового щита. По [19], с дополнениями.

1 – чехол Сибирской платформы; 2–5 – комплексы: 2 – гранит-зеленокаменные; 3 – тоналит-трондьемито-гнейсовые; 4 – гранулит-ортогнейсовые; 5 – гранулит-парагнейсовые; 6 – зоны тектонического меланжа: am – амгинская, tr – тыркандинская; 7 – разломы (а), в т.ч. надвиги (б); 8 – террейны: EBT – Батомгский, TN – Тындинский, ANM – Нимнырский, AST – Сутамский, EUC – Учурский.

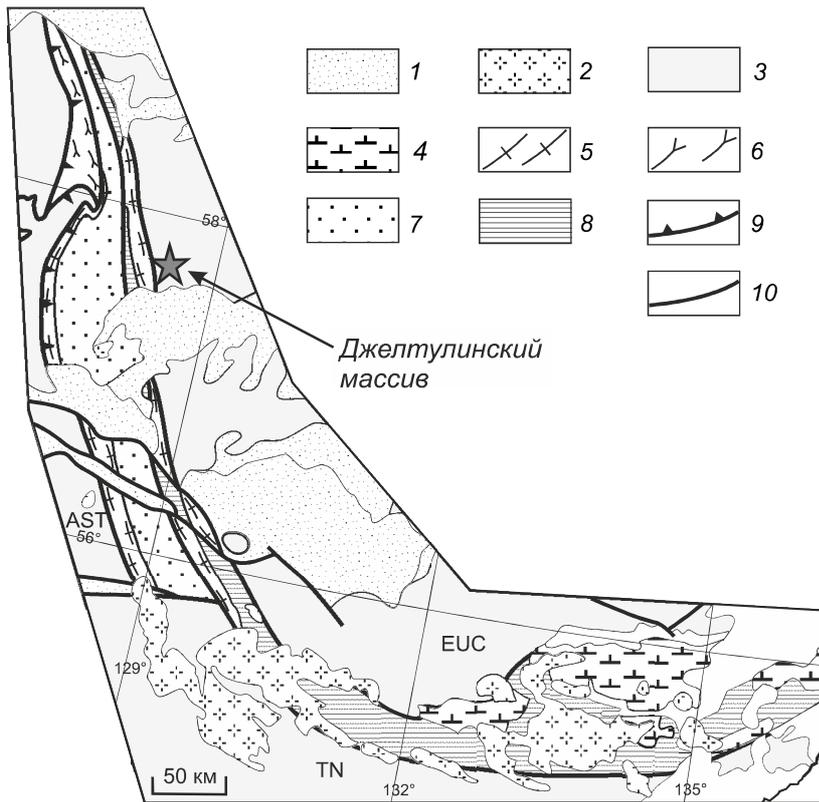


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Тыркандинской зоны тектонического меланжа. По [19], с дополнениями.

1 – чехол Сибирской платформы; 2 – мезозойские сиениты, сиенит-порфиры, граносиениты; 3 – метаморфические комплексы фундамента: TN – Тындинский, AST – Сутамский, EUC – Учурский террейны; 4 – раннепротерозойские анортозиты; 5–8 – раннепротерозойские гранулит-парагнейсовые образования: 5 – гнейсограниты; 6 – гиперстеновые, гиперстен-диопсидовые, гиперстен-диопсид-амфиболовые плагиогнейсы с прослоями и линзами двупироксен-амфиболовых кристаллических сланцев, известково-силикатных и диопсидовых пород (иджекская толща); 7 – гранат-биотитовые плагиогнейсы с прослоями известково-силикатных пород, кварцитов и высокоглиноземистых гнейсов (холболохская толща); 8 – биотитовые, гранат-биотитовые, амфибол-биотитовые гнейсы, диопсидовые известково-силикатные породы, кальцифиры (кюриканская толща); 9 – надвиги; 10 – крутопадающие разломы.

плексов с псевдотахилитами установлены правосторонние сдвиги. С формированием правых сдвигов связано возникновение дуплексов растяжения, хорошо проявленных в гравитационном поле и по наличию мезозойских щелочных магматических пород. Мезозойские магматиты широко представлены полями даек, штоками и крупным ДМ центрального типа, сложенными породами монцонит-сиенитовой и щелочно-сиенитовой формаций разнообразного состава от диорит-порфиритов до нефелиновых сиенитов с преобладанием сиенитов, монцонитов, кварцевых сиенитов и граносиенитов (рис. 2).

Геологическое строение Желтулинского массива

Желтулинский щелочной массив обладает в современной эрозионном срезе овальной формой и несколько вытянут в северо-западном направлении (рис. 3). Размеры интрузива составляют примерно 12×10 км². Обнаженность массива удовлетворительна, но коренных обнажений мало: склоны гор покрыты сплошным глыбовым делювием.

Желтулинский массив имеет концентрически-зональное строение и представляет собой многофазный кольцевой плутон, сложенный щелочными сиенитами и их экструзивными аналогами. Первое детальное изучение вещественного состава и геологического строения магматических образований массива [10] позволило авторам выделить пять магматических фаз формирования массива, различающихся по морфологии тел, щелочности и вариациям в минеральном составе пород.

Первая фаза массива – лейкократовые сиениты и сиенит-порфиры. Сиенит-порфиры слагают краевые участки Желтулинской интрузии и являются, вероятно, самой ранней фазой становления массива. Сиениты имеют выходы в западном, северо-западном и юго-восточном участках массива (рис. 3). По минеральному составу в пределах фазы можно выделить следующие разновидности сиенитов (группа пород первой фазы): лаурвикиты, пуласкиты и нордмаркиты (согласно [29]). Отсутствие резких контактов между разновидностями, а также наличие переходных пород позволяет сделать вывод об их близко-одновременном образовании вследствие дифференциации в пределах фазы. Следующая фаза массива (вторая группа пород) представлена меланократовыми сиенит-порфирами и монцонитами (рис. 3). Породы закартированы в центральной части массива и являются преобладающей его фазой. Контакт между двумя основными фазами массива резкий, секущий, нередко прослежен в зонах разломов и катаклаза пород.

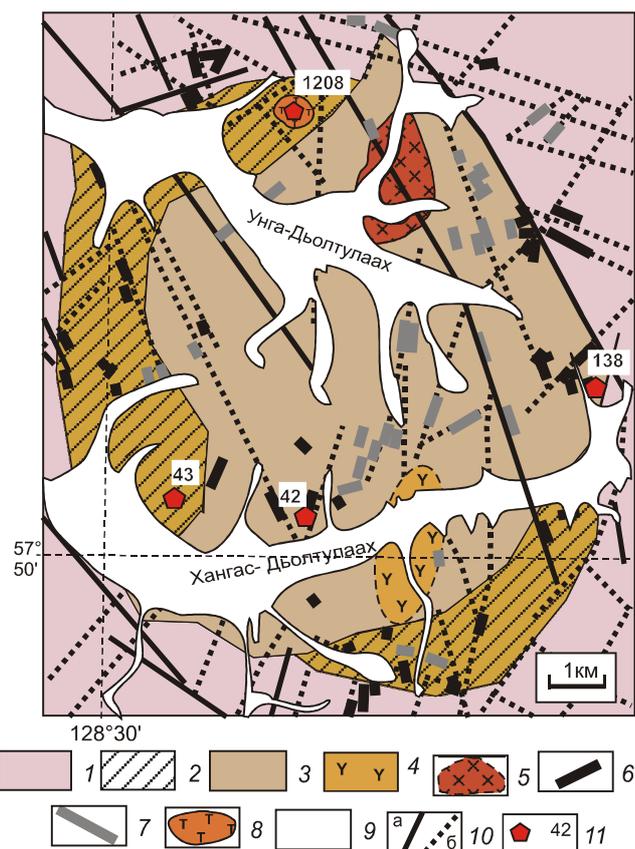


Рис. 3. Схема геологического строения Желтулинского массива. По [10, с использованием фондовых материалов ГУГГП РС (Я) «Якутскгеология»], с дополнениями.

1 – гнейсы и кристаллические сланцы фундамента; 2–6 – породы Желтулинского массива: 2 – лейкократовые сиениты и сиенит-порфиры: лаурвикиты, пуласкиты, нордмаркиты; 3 – меланократовые сиенит-порфиры и монцониты; 4 – шток сиенит-порфиров – лаурвикитов; 5 – шток граносиенитов; 6 – дайки лаурвикитов, пуласкитов (мощность даек вне масштаба); 7 – дайки граносиенитов и гранит-порфиров; 8 – шток трахитов; 9 – четвертичные отложения; 10 – разломы: а – с локально проявленными катаклазитами и милонитами; б – без катаклазитов и милонитов; 11 – точки отбора и номера проб для изотопно-геохронологических исследований.

Следующие фазы Желтулинского плутона представляют собой интрузирующие массивы штоков и дайковых тел. На южном участке массива присутствует шток сиенит-порфиров – лаурвикитов, а на противоположном северном – шток граносиенитов (рис. 3). Размеры выхода штоковых тел в плане составляют приблизительно 1×3 км². Дайковые фазы массива представлены следующими разновидностями сиенит-порфиров. В краевых участках интрузии локализованы дайки пуласкитов и лаурвикитов, имеющие преимущественно северо-западное простирание. В центральной части и экзоконтактовых участ-

ках массива закартированы дайки граносиенитов северного и северо-восточного простираний. Длина дайковых тел может достигать нескольких сотен метров, в то время как мощность чаще всего варьирует от 0.5 до 1–2 м. Самой поздней фазой массива может являться штокообразное тело трахитов (размеры приблизительно 600×700 м²), обнаруженное в северной части Джелтулинской интрузии. Однако характер границ выхода фазы, особенности минерального состава, а также механизмы формирования требуют дальнейших исследований.

Становление интрузии сопровождалось контактово-метасоматическими и гидротермально-метасоматическими процессами в виде ороговикования, хлоритизации, эпидотизации, серицитизации и окварцевания. В сиенитах Джелтулинского массива проявлены процессы щелочного метасоматоза: альбитизации, эгиринизации, выщелачивания и цеолитизации.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Возрастные характеристики кристаллизации отдельных магматических фаз Тыркандинского щелочного массива определялись методом ⁴⁰Ar-³⁹Ar датирования мономинеральных фракций биотита и калишпата путем ступенчатого прогрева в кварцевом реакторе (описание методики [21]). Изотопно-геохронологические исследования проводились в аналитическом центре Института геологии и минералогии (АЦ ИГМ) СО РАН на масс-спектрометре Micromass Noble gas 5400 (г. Новосибирск, аналитик Пономарчук А.В.). Количественное определение содержания золота и серебра в магматических породах Джелтулинского массива, вмещающих породах и рудных метасоматитах проводилось атомно-абсорбционным анализом на приборе ICE 3000 Series AAS в АЦ ИГАБМ СО РАН (аналитики: Нарышкина Е.Л., Санникова А.Е., Михайлов Е.И.). ICP-MS анализ на Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, REE, Th и U в породах массива, вмещающих толщах и метасоматитах проводился на спектрометре ELEMENT с ультразвуковым распылителем U-5000AT + в АЦ ИГМ СО РАН (аналитик: к.х.н. Николаева И.В.). Методика исследования описана в работе [14]. Для определения минеральных фаз и их химического состава, а также содержания элементов-примесей шлихового золота использовался сканирующий электронный микроскоп TESCAN MIRA 3 LMU JSM-6510LV с энергодисперсионной приставкой X-Max «Oxford Instruments» (аналитик Хлестов М.В., АЦ ИГМ СО РАН) и сканирующий электронный микроскоп JSM-6480 LV с энергодисперсионной приставкой INCA Energy-350 «Oxford Instruments» (аналитики: Попова С.К., Вялов Ю.П., АЦ ИГАБМ СО РАН).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Возраст формирования Джелтулинского массива

Для определения возрастного диапазона становления массива был проведен ⁴⁰Ar/³⁹Ar анализ мономинеральных фракций биотита и калишпата наиболее ранних и поздних, а также дайковых магматических фаз. Ar-Ar геохронологические исследования пород ДМ показали, что возраст кристаллизации самой ранней магматической фазы – лейкократового пуласкита (обр. 43, рис. 4) – составляет 121.1 ± 1.3 млн лет. Ar-Ag возрастное плато, полученные при анализе калишпата и биотита дайковых тел ДМ – пуласкита (обр. 42) и лаурвикита (обр. 138), показали возраст пород, соответственно: 118.3 ± 2.1 и 120.1 ± 2 млн лет. Самая поздняя фаза массива – трахиты (обр. 1208) – по результатам Ar-Ag датирования имеет возраст кристаллизации 115.5 ± 1.6 млн лет, что подтверждает геологические данные картирования. Все полученные Ar-Ag спектры пород на рисунке 4 имеют надежные плато из 4–6 ступеней, которым соответствуют порядка 95–98 % выделенного ³⁹Ar.

Ранее проведенные изотопно-геохронологические исследования возраста ДМ, используя Rb-Sr изотопную систему, обозначили интервал формирования пород ~ 138–109 млн лет [10]. При этом монофракции слюды и калишпата для Ar-Ag определений были отобраны из тех же образцов пород, что и для Rb-Sr анализа. Результаты сравнения датировок, полученных разными методами, показаны в табл. 1.

Учитывая сложную историю формирования массива, температурно-химическое воздействие последовательно кристаллизующихся магматических фаз может влиять на степень сохранности Rb-Sr изотопной системы. Например, для образцов 138 (дайка лаурвикитов) и 1208 (трахит) Rb-Sr система могла приобрести некоторую часть радиогенного стронция. Приняв, что значение первичного изотопного состава стронция (I_0) в этих образцах было 0.7064, как отмечается для образца щелочного сиенита ранней фазы (обр. 43, табл. 1), пересчитанные возрасты для обр. 138 и 1208 составляют 122 и 113 млн лет, что близко к Ar-Ag датировкам этих образцов.

Рудоносность Джелтулинской площади

Рудоносность Джелтулинского массива изучена на основе данных ICP-MS исследований содержания широкого спектра редкоземельных элементов, Th и U (табл. 2), результатов РФА анализа, атомно-абсорбционного анализа концентраций Au и Ag в породах массива, вмещающих докембрийских породах и метасоматитах. Кроме того, в работе использованы гео-

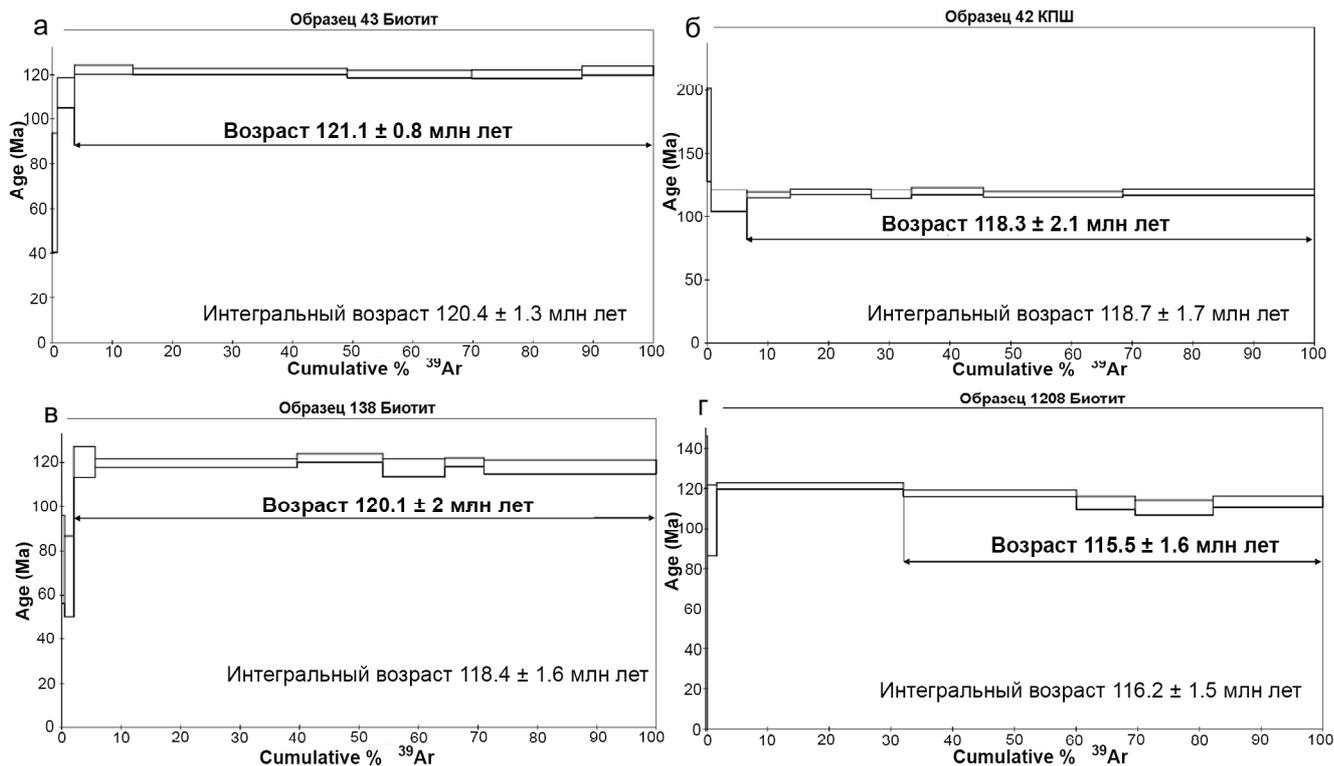


Рис. 4. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ спектры магматических фаз Джелтулинского массива: а – ранняя фаза – пуласкит (обр. 43); б, в – дайковые фазы – пуласкит (обр. 42) и лаурвикит (обр. 138); г – поздняя фаза – трахит (обр. 1208).

Таблица 1. Результаты изотопного датирования (Rb-Sr и Ar-Ar методы) щелочных пород Джелтулинского массива.

№ образца	Порода, фаза массива	Возраст, млн лет	
		Rb-Sr*	Ar-Ar (минерал)
43	Лейкократовый щелочной сиенит-порфир – пуласкит (ранняя фаза)	138 ± 1.1	121.1 ± 1.3
		$I_0=0.7064 \pm 0.0005$	(биотит)
42	Пуласкит (дайка)	125 ± 0.8	118.3 ± 2.1 (калишпат)
		$I_0=0.7092 \pm 0.0003$	
138	Лаурвикит (дайка)	110	120.1 ± 2
		$I_0=0.7078$	(биотит)
1208	Щелочные трахиты	109	115.5 ± 1.6
		$I_0=0.7078$	(биотит)

Примечание: * – (данные [10]).

химические данные содержания рудных компонентов в породах массива и метасоматитах, согласно фондовым материалам ГУГПП РС (Я) «Якутскгеология».

По результатам минералого-геохимических исследований в пределах ДМ установлено два типа рудной минерализации: золоторудная (Au) и уран-торий-редкоземельная (U-Th-REE) (рис. 5).

Первый тип минерализации – золоторудный (Au) – установлен в метасоматически преобразованных сиенитах из центральных и приконтактных участков Джелтулинского массива. По результатам

геохимических исследований повышенные содержания золота до 7.74–9.5 г/г определены в штучных пробах кварц-хлорит-пиритизированных метасоматитов, локализованных в разломных зонах ССВ и ССЗ простираний. Необходимо отметить пространственную приуроченность дайковых тел массива к данным разломным зонам. Минеральная фаза золота не была диагностирована в минераграфических аншлифах и на сканирующем электронном микроскопе, однако шлиховое опробование притоков р. Хангах-Дьолтулах, с истоками в центре массива (рис. 3), установило

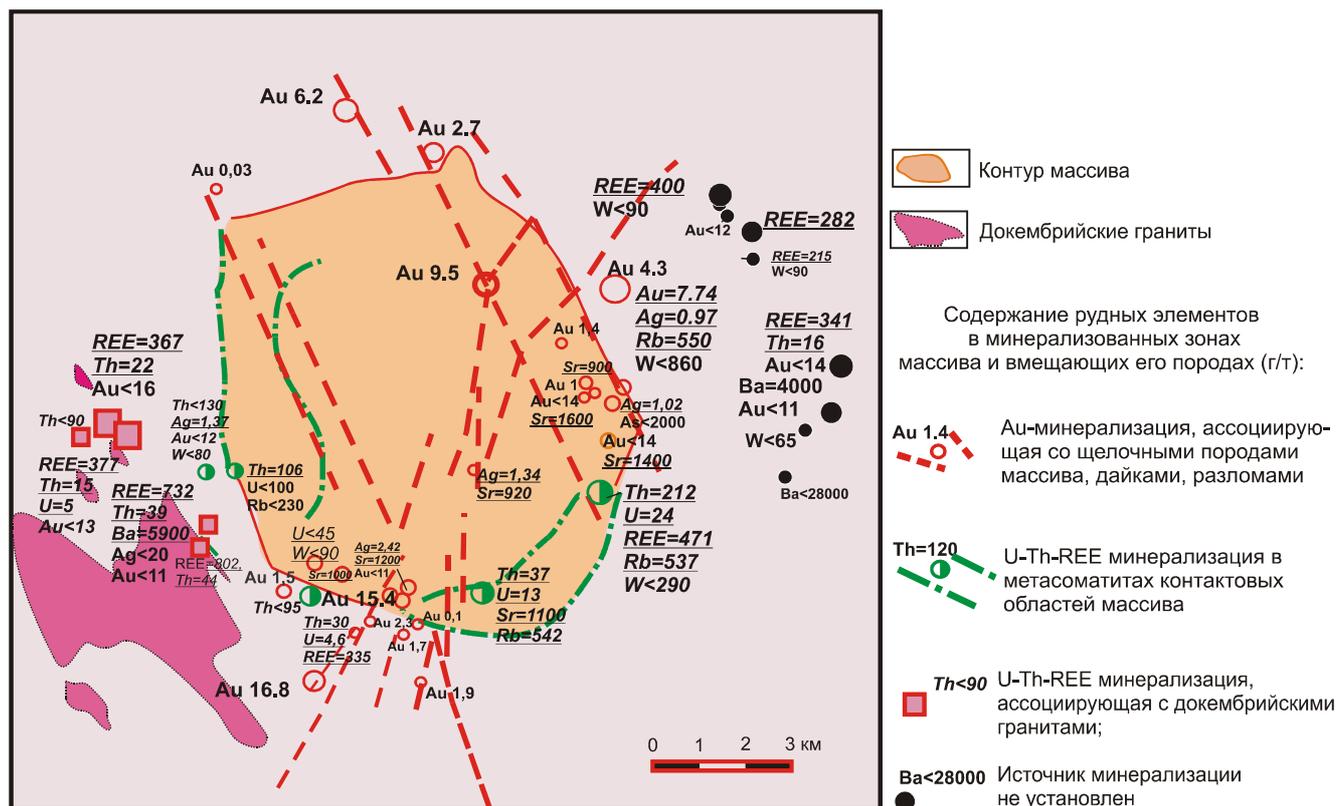


Рис. 5. Схема размещения точек отбора проб с проявлениями рудной минерализации на площади Джелтулинского массива и его обрамления (по данным атомно-абсорбционного, ICP-MS и РФА анализов с использованием фондовых материалов ГУГПП РС (Я) «Якутскгеология»).

присутствие редких знаков уплощенного, проволочкообразного самородного золота (рис. 6 а). Пробность золотин составляет 630–660 ‰ (примесь Ag), золото по составу однородно.

Шлиховое опробование р. Хангас-Дьолтулаах, пересекающей массив с востока на запад, установило присутствие редких знаков видимого самородного золота, окатанной и шаровидной формы (рис. 6 б). Пробность таких золотин составляет 650–680 ‰ (примесь Ag). В знаках также присутствует тонкая кайма высокопробного золота (рис. 6 в), что указывает на его гипергенное преобразование [16].

Второй тип рудной минерализации – уран-торий-редкоземельный (U-Th-REE) – установлен в пирит-кварц-полевошпатовых метасоматитах, локализованных в экзоконтактовых участках массива (рис. 6). Содержания рудных компонентов в метасоматитах, по данным ICP-MS анализа, составляют: ΣREE – 400– 800 г/т, Th – 21–212 г/т, U – 1.1–24 г/т (табл. 2). На схеме рудоносности Джелтулинского массива (рис. 5) повышенные концентрации рудных полезных компонентов по данным РФА ана-

лиза вынесены со значками «<<» перед содержанием элемента. Микрорентгеноспектральный анализ позволил установить Th и REE-содержащие минеральные фазы в рудном парагенезисе пирит-кварц-полевошпатовых метасоматитов: торит, ториеносный монацит и ториеносный ксенотим (рис. 7). Рудные минералы представляют собой микропрожилки и рассеянную вкрапленность в метасоматитах. Трудно оценить масштаб и морфологию рудных тел золотоносных и редкоземельных метасоматитов в зонах дробления и экзоконтактовых участках массива. Оруденение представляет собой отдельные точки минерализации в пределах рудных зон и локальных участков, которые требуют детальных исследований.

По результатам изучения металлоносности Джелтулинской рудной площади авторами также установлена уран-торий-редкоземельная минерализация в скиалитах кристаллических сланцев в гранитоидах докембрийского возраста, а также Ba-W-REE минерализация в докембрийских гранитах вдали от контакта с массивом, для выявления источника которой необходимы дополнительные исследования

Таблица 2. Содержание РЗЭ в породах Джегтулинского массива и вмещающих породах по данным ICP-MS анализа (г/г).

Порода	Образец	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U	Sum REE
Лейкокраговые сиенит- порфиры: лаурвикиты, пуласкиты	7	28	50	6.2	22	3.8	1.10	3.2	0.46	2.7	0.56	1.67	1.83	0.27	5.4	0.6	7.4	2.3	139.9
	10	26	49	6.6	24	4.3	1.26	3.4	0.51	3.0	0.59	1.83	1.83	0.27	5.0	0.5	6.4	2.1	139.8
	43	19	32	4.1	14.3	2.3	0.79	1.8	0.30	1.64	0.35	0.99	0.99	0.15	3.5	0.5	3.8	1.1	88.75
	67	24	48	6.3	22	3.8	0.72	2.8	0.46	2.7	0.57	1.59	1.64	0.24	5.5	1.1	5.8	1.8	130.6
	137	27	40	4.4	13.6	2.1	0.72	1.8	0.30	1.96	0.43	1.53	1.96	0.30	9.4	0.6	11	2.6	110.2
140	31	58	7.4	27	4.6	1.23	3.7	0.56	3.3	0.67	2.1	2.1	0.32	9.0	0.6	5.2	1.8	161.1	
Меланократовые сиениты и монциты	84	75	135	15.6	49	8.0	0.90	6.2	0.97	5.4	1.10	3.1	2.9	0.43	7.5	1.4	30	4.6	335.4
	12	27	50	6.3	23	4.0	1.13	3.1	0.48	2.9	0.62	1.80	1.96	0.30	5.9	0.6	5.6	1.8	140.3
Граносенит	88	43	73	8.4	27	4.1	0.74	3.0	0.43	2.4	0.48	1.30	1.24	0.19	4.5	0.3	3.6	0.5	178.3
Трахит	1208	26	52	7.1	27	5.1	1.41	4.3	0.62	3.4	0.69	1.83	1.88	0.28	4.5	0.5	4.9	1.6	150.9
Дайка пуласкитов	42	20	33	4.0	12.8	2.2	1.03	1.7	0.27	1.48	0.30	1.00	1.29	0.19	9.4	0.3	4.8	1.3	89.12
Дайка лаурвикитов	9	50	106	9.3	27	4.2	0.15	3.2	0.62	4.5	1.13	3.9	5.5	0.86	24	3.4	37	13	247.4
Кварц- полевошпатовые метасоматиты	113	101	179	19.9	61	9.3	1.29	7.3	1.33	8.9	2.0	7.2	10.0	1.52	77	4.9	212	24	471.1
	13.16.2.3	175	322	38	120	15	2.7	10	1.25	6.1	1.15	3.2	2.9	0.43	15	0.8	39	2.5	731.9
	13.16.3.1	95	180	21	72	11	1.11	9.0	1.37	8.2	1.70	4.7	4.3	0.65	8.2	1.1	21	1.1	458.8
	13.13.1.2	74	149	18.5	61	9.1	1.72	7.2	1.07	5.7	1.15	3.4	3.2	0.47	7.5	0.8	22	1.1	368.9
	13.16.3.3	152	286	34	107	17	1.21	157	2.8	18.8	4.2	13.6	14.7	2.2	177	2	44	2.6	802.4
Вмещающие породы: кристалло- сланцы/ гнейсы/ милониты	2	2.1	6.4	0.78	2.7	0.6	0.04	0.3	0.04	0.14	0.03	0.06	0.05	н.о.	1.1	0.2	18.4	1.1	13.98
	13.1.1.2	26	52	6.4	21	3.4	0.64	2.1	0.27	1.42	0.27	0.72	0.59	0.08	7.0	0.3	106	2.4	123.3
	116	44	74	8.5	29	4.3	1.36	2.6	0.32	1.80	0.40	1.37	1.77	0.29	6.6	0.1	6.6	0.6	180.9
	13.15.1.1	14	30	3.9	12.6	2.8	0.90	3.0	0.54	3.6	0.78	2.6	2.5	0.38	1.4	0.2	1.37	0.6	101.7
	13.16.3.2	12	15.8	1.36	3.4	0.4	1.07	0.3	0.06	0.54	0.14	0.52	0.62	0.1	1.6	н.о.	0.70	0.3	41.21

Примечание: н.о. – содержание элемента ниже предела обнаружения.

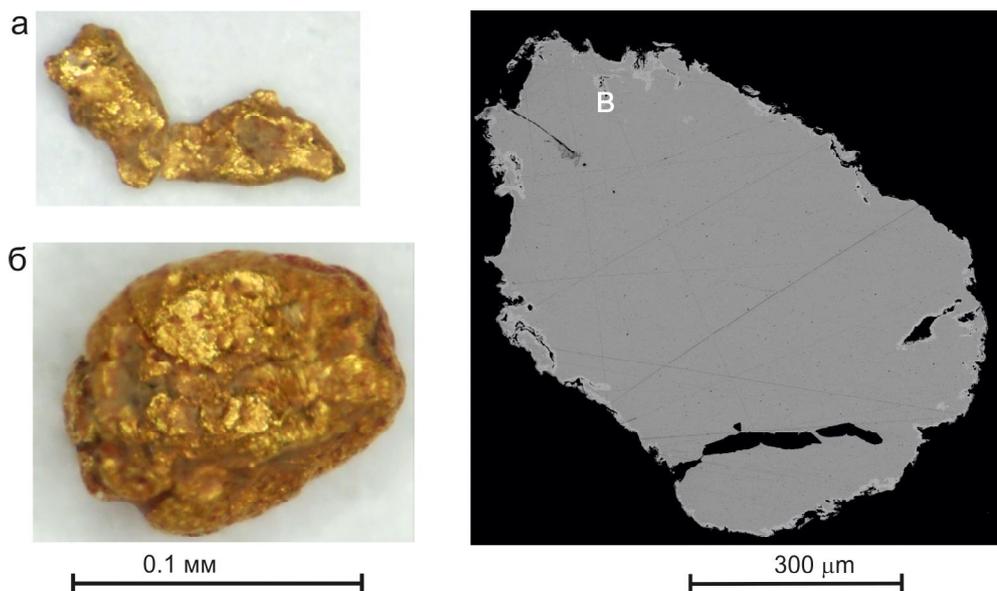


Рис. 6. Морфология шлихового золота из проб, отобранных в пределах Джелтулинского массива: (а) – фотография уплощенного знака золота притока р. Хангас-Дьолтулаах, (б) – фотография окатанного шаровидного знака золота из р. Хангас-Дьолтулаах и его фотография (в) на сканирующем электронном микроскопе.

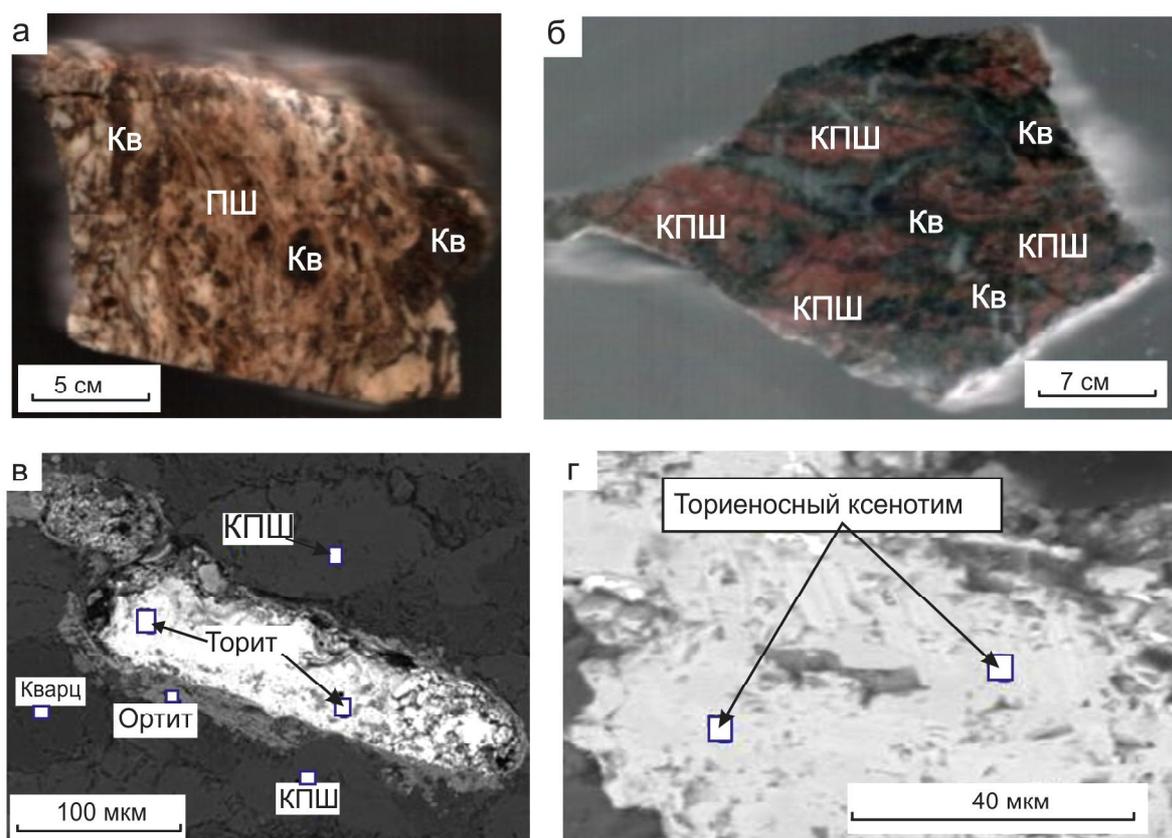


Рис. 7. Фотографии образцов кварц-полевошпатовых метасоматитов (а, б) и ассоциации рудных минералов (в, г) в отраженных электронах: в – замещение торитового микрозернистого агрегата ортитом, г – микрозернистый агрегат ториеносного ксенотима в метасоматитах.

Кв – кварц, ПШ – полевой шпат, КПШ – калиевый полевой шпат.

(рис. 5). На составленной схеме рудоносности особое внимание необходимо уделить участкам пространственного совмещения разнотипной минерализации, к примеру, юго-западный и восточный контакты массива. Такие рудоносные приконтактные участки на порядок повышают рудный потенциал исследуемого объекта в пределах Тыркандинского рудного района Алдано-Станового щита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обсуждение результатов исследований

Ранее во введении авторами отмечалось, что в пределах Алданского щита выделяется крупная промышленная Чара-Алданская металлогеническая зона [15], золоторудные объекты которой ассоциируют с проявлением мезозойского щелочного магматизма. В пределах данной металлогенической зоны выделяют следующие рудные районы с запада на восток (согласно [15]): Верхнеамгинский, Центрально-Алданский, Нимныро-Эвотинский, Ломамский, Тыркандинский, Кет-Капский и др. (рис. 8).

В пределах Чара-Алданской металлогенической зоны наиболее изученным в плане геохронологии мезозойского магматизма и специфики ассоциирующего

оруденения является Центрально-Алданский рудный район. По данным [11, 12], в пределах Центрально-Алданского рудного района щелочной мезозойский магматизм проявился в течение 4-х этапов, при этом ассоциации изверженных пород (магматические формации и серии) образуют непрерывный ряд с закономерно и направленно меняющимися свойствами. Данные К-Аг датирования определили интервалы этих этапов: (1) – раннеюрский монцонит-сиенитовый – 217–186 млн лет; (2) – среднеюрский дунитовый и лейцитит-щелочносиенитовый – 176–161 млн лет; (3) – позднеюрский-раннемеловой фергусит-дунитовый и монцонит-сиенитовый – 162–140 млн лет; (4) – раннемеловой лейцитит-щелочносиенитовый, монцонит-сиенитовый и лейцитит-щелочносиенитовый – 138–125 млн лет.

Типовым объектом, на котором проявлены все 4 этапа мезозойской тектоно-магматической деятельности в Центрально-Алданском районе, является рудное поле месторождения Рябиновое [8, 11]. На основе геологических наблюдений и радиологических определений на Рябиновом массиве выделены разновозрастные группы щелочных и субщелочных пород, соответствующие четырем этапам формирования ин-

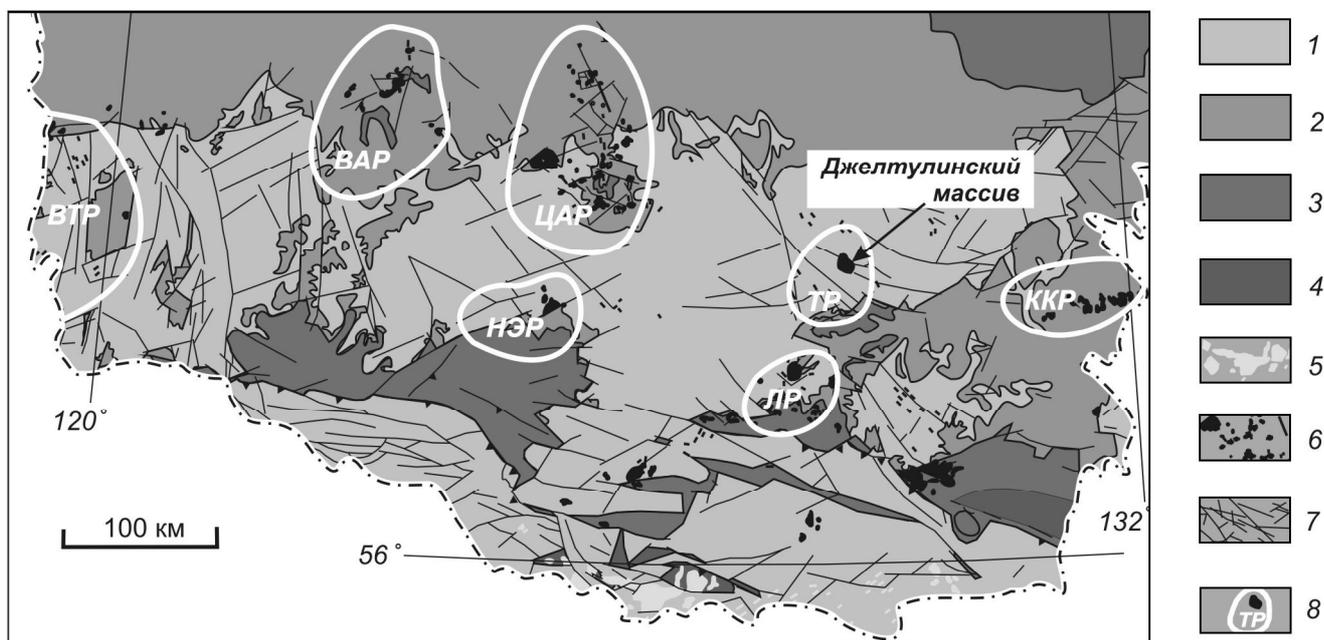


Рис. 8. Схема размещения рудных районов в Чара-Алданской металлогенической зоне (Алдано-Становой щит). По [6, 15], с изменениями и дополнениями.

1 – фундамент щита; 2–4 – породы чехла: 2 – протерозойские песчаники и кембрийские известняки, 3–4 – песчаники: юрские (3), меловые (4); 5–6 – мезозойские магматические образования: 5 – гранитоиды, дацитовые и андезитовые порфириды, фельзиты и их туфы, 6 – сиениты, щелочные дуниты, пироксениты; 7 – разломы; 8 – рудные районы, ассоциирующие с мезозойскими щелочными магматическими образованиями: ВТР – Верхнетокинский, ВАР – Верхнеамгинский, ЦАР – Центрально-Алданский, НЭР – Нимныро-Эвотинский, ТР – Тыркандинский, ЛР – Ломамский, ККР – Кет-Капский.

трузии: T_3-J_1 , J_1-J_2 , J_3-K_1 , K_1-K_2 . Радиологический возраст серицит-микроклиновых метасоматитов в пределах рудного поля Рябиновое по данным К-Аг метода составляет 134–120 млн лет [5, 22]. Современные данные Аг-Аг и U-Pb датирования показали, что формирование золоторудных объектов Центрально-Алданской рудно-магматической системы (месторождения Рябиновое, Лебединое, Куранах) происходило в несколько стадий в интервале времени 160–120 млн лет [28]. Основная часть щелочных пород (силлы, штоки, кольцевые интрузии, вулканические серии), по данным Аг-Аг датирования, сформировались в интервале 160–135 млн лет, в то время как формирование дайкового комплекса минетт, ортофинов, сиенит-порфинов, интрузий щелочных пикритов, шонкинитов и связанных с ними пород происходило на поздних стадиях в интервале 135–120 млн лет. По результатам U-Pb датирования (кайм цирконов), дуниты Инаглинского массива сформировались на рубеже 134 ± 1.8 млн лет, а шонкиниты – 123 ± 2.0 млн лет [28], возраст щелочного метасоматоза, обусловившего образование хромдиопсид-амфибол-ортоклазовых жил, составляет 133 ± 1 млн лет (Аг-Аг по амфиболу, данные авторов).

Эволюция рудообразующих систем Центрально-Алданского района охватывает интервал 138–130 млн лет. Основные рудопродуктивные стадии на месторождениях Рябиновое, Куранах и Лебединое попадают в достаточно узкий диапазон на рубеже времени ~ 137 млн лет, что предполагает их синхронное проявление в различных участках Центрально-Алданского щелочного комплекса [28]. По данным U-Pb датирования [20], магматическая и гидротермально-метасоматическая деятельность в пределах Эльконского золото-уранового рудного узла отвечает диапазону 143–125 млн лет. Золото-урановые руды эльконского горста имеют возраст 130–125 млн лет [7].

Новые данные U-Pb изотопного датирования по цирконам и сфенам проявлений субщелочного магматизма в ареале располагающейся восточнее Кеткапско-Юнской рудно-магматической системы (РМС) (рис. 8, Кет-Капский рудный район) показали, что длительность мезозойского магматизма составляла всего лишь несколько миллионов лет и укладывается в рамки раннемелового этапа [17]. Так возраст учурского комплекса попадает в интервал 124–120 млн лет, для монцитонитовидов кеткапского комплекса получен возрастной диапазон 126–124 млн лет, в то время как К-Аг датировки для валовых и мономинеральных проб для этих субщелочных пород отвечали интервалу 142 ± 3 – 104 ± 2.5 млн лет.

Полученные данные Аг-Аг и Rb-Sr датирования магматических фаз Джелтулинского щелочного мас-

сива указывают на то, что в пределах Тыркандинской рудной зоны (как и для Кет-Капского рудного района) проявился только завершающий раннемеловой этап мезозойской тектоно-магматической активности. Мезозойский щелочной магматизм Джелтулинского массива укладывается в узкий интервал 121–115 млн лет (что тоже объединяет этот объект с Кеткапско-Юнской РМС), причем отчетливо прослеживается геохронологическая последовательность: лейкократовые и меланократовые сиениты – дайковый комплекс – щелочные эффузивы.

В пределах Центрально-Алданского золоторудного района практическое значение имеют месторождения четырех геолого-промышленных типов: эльконского, рябиновского, лебедино и куранахского [2, 4, 7 и др.]. В основе классификации [9] лежат геолого-структурные особенности (обстановки) формирования и вещественный состав вмещающих оруденение магматических формаций. Петрохимические исследования магматических фаз Джелтулинского массива [10] показали, что основные магматические фазы массива – лейкократовые и меланократовые сиенит-порфиры и секущие их тела – близки к группам пород Центрального Алдана. Породы Джелтулинского массива относятся к группе средних пород субщелочного и щелочного рядов, являются субщелочными высококальциевыми вулканитами и близки к трахитовой, щелочно-базальтоидной и частично латитовой петрохимическим сериям. В региональном плане территория Джелтулинского массива примыкает к Тыркандинской зоне тектонического меланжа и расположена в пределах Алданской докембрийской гранулитогнейсовой области. По данным характеристикам оруденение Джелтулинской площади близко к эльконскому золото-сульфидно-калишпатовому (редкометалльному) геолого-промышленному типу, для которого характерны докембрийские гнейсы как вмещающие породы, а также наличие структурно-парагенетической связи со щелочно-сиенитовой формацией, однако для подтверждения намеченного геолого-промышленного типа требуются дополнительные исследования. В этом плане слабо изучена ураноносность исследуемой территории.

Рассмотренные выше этапы и стадии щелочного мезозойского магматизма Центрального Алдана и Джелтулинской интрузии (млн лет): 217–187, 176–162, 162–140, 139–126, 125–116 – в пределах Северо-Азиатского кратона близки к стадиям щелочного магматизма Северо-Китайского кратона: 220–180, 180–140, 140–125 и < 125 [32, 33], что может свидетельствовать о близких геодинамических условиях формирования интрузий. Согласно [30], окраины

Северо-Азиатского и Северо-Китайского кратонов расположены на периферии единого поля стагнирующего слэба и мантийного апвеллинга (о чем говорилось во введении). Дальнейшее изучение эволюции мезозойских щелочных магматических комплексов южной части Северо-Азиатского кратона и корреляция с комплексами Северо-Китайского кратона позволит уточнить строение, геодинамику и металлогению активизированных окраин кратонов и расположенной между ними орогенной области.

Выводы

Джелтулинский сиенитовый массив является крупным (площадь около 120 км²) типовым объектом проявления многостадийного щелочного мезозойского магматизма и ассоциирующего оруденения в пределах Тыркандинского рудного района Алдано-Станового щита. Становление массива происходило в относительно короткий промежуток времени: полученный ⁴⁰Ar-³⁹Ar датированием возраст формирования ранней фазы интрузива – лейкократовых сиенит-порфиров (пуласкитов) – составляет 121.1 ± 1.3 млн лет. Дайки лаурвикитов и пуласкитов внедрились в интервале 120.1 ± 2 – 118.3 ± 2.1 млн лет. Самая поздняя фаза массива – трахиты – сформировалась на рубеже 115.5 ± 1.6 млн лет.

В пределах Джелтулинского массива установлено два типа рудной минерализации: (1) – золоторудная (Au) и (2) уран-торий-редкоземельная (U-Th-REE). Золоторудная минерализация установлена в кварц-хлорит-пиритизированных метасоматитах (по сиенитам) и приурочена к разломным зонам ССВ и ССЗ простираний. В метасоматитах выявлены повышенные содержания золота – до 7.7–9.5 г/т. Пробность шлихового самородного золота составляет 630–660 ‰ (примесь Ag). Уран-торий-редкоземельная минерализация установлена в пирит-кварц-полевошпатовых метасоматитах, локализованных в приконтактных участках массива. Содержание рудных компонентов в метасоматитах, по данным ICP-MS анализа, составляют: ΣREE – 400–800 г/т, Th – 21–212 г/т, U – 1.1–24 г/т. Th и REE-содержащими минеральными фазами в метасоматитах являются торит, ториеносный монацит и ториеносный ксенотим.

По результатам изучения металлоносности Джелтулинской рудной площади авторами установлена уран-торий-редкоземельная минерализация в скиалитах кристаллических сланцев в гранитоидах докембрийского возраста (3), а также Ba-W-REE минерализация в докембрийских гранитах вдали от контакта с массивом (4). Особое внимание необходимо уделить участкам пространственного совмещения

разнотипной минерализации, которые на порядок повышают рудный потенциал исследуемого объекта в пределах Тыркандинского рудного района Алдано-Станового щита.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы статьи искренне признательны д.г.-м.н., проф. А.П. Смелову за обоснование направлений и выбор района исследований геологических комплексов, дирекции ГУГПП РС (Я) «Якутскгеология» в лице генерального директора В.Р. Кычкина, геологам К.А. Воробьеву, В.С. Минакову за возможность организации полевых работ, ученым в области геологии докембрия: с.н.с. В.Ф. Тимофееву и д.г.-м.н. А.И. Мельникову за участие в полевых наблюдениях и консультации на различных этапах составления и написания текста, к.г.-м.н. Ю.О. Редину за помощь в интерпретации данных. Авторы также выражают огромную благодарность рецензентам рукописи, академику В.В. Ярмолуку, редакторам журнала «Тихоокеанская геология» за конструктивные замечания и рекомендации, которые несомненно улучшили качество подачи материала.

Геодинамическое положение Джелтулинского массива изучалось по теме госзадания ИГАБМ СО РАН (проект 0381-2016-0003). Изотопная Ar-Ar геохронология определена за счет средств и по теме гранта РФФИ №16-35-00335 и проекта НИР ИГМ СО РАН № 0330-2016-0002. Исследование рудоносности Джелтулинского массива выполнено за счет средств и по теме гранта Российского научного фонда (проект №15-17-20036).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билибин Ю.А. Некоторые интересные черты металлогении Алдана // Избранные труды Ю.А. Билибина в 4-х томах. М.: Изд-во АН СССР, 1959. Т. II. С. 344–347.
2. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н. Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (Россия) // Геология руд. месторождений. 1998. Т. 40, № 4. С. 354–369.
3. Ветлужских В.Г. Золотое оруденение эпохи мезозойской тектоно-магматической активизации Алдано-Становой провинции: Дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Москва-Якутск, 1990. 325 с.
4. Ветлужских В.Г., Казанский В.И., Кочетков А.Я., Яновский В.М. Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геология руд. месторождений. 2002. Т. 44, № 6. С. 467–499.
5. Дворник Г.П. Серицит-микроклиновые метасоматиты и золотое оруденение Рябиновского рудного поля (Алданский щит) // Литосфера. 2009. № 2. С. 56–66.
6. Дзевановский Ю.К., Ворона И.Д., Лагздина Г.Ю. Геологическая карта южной части Якутской АССР. Л.: Картфабрика ВАГТ, 1972.

7. Казанский В.И. Уникальный Центрально-Алданский золото-урановый рудный район (Россия) // Геология руд. месторождений. 2004. Т. 46, № 3. С. 195–211.
8. Кочетков А.Я., Пахомов В.Н., Попов А.Б. Магматизм и метасоматизм Рябиновского рудоносного щелочного массива (Центральный Алдан) // Магматизм медно-молибденовых рудных узлов. Новосибирск: Наука, СО, 1989. С. 79–110.
9. Кочетков А.Я. Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, № 7. С. 850–864.
10. Кравченко А.А., Иванов А.И., Прокопьев И.Р., Зайцев А.И., Бикбаева Е.Е. Особенности состава и возраст формирования мезозойских интрузий Тыркиндинского рудного района Алдано-Становой щита // Отеч. геология. 2014. № 5. С. 43–52.
11. Максимов Е.П. Мезозойские рудоносные магматогенные системы Алдано-Становой щита: Автореф. дис.... д-ра геол.-минер. наук. Якутск, 2003.
12. Максимов Е.П., Уютов В.И., Никитин В.М. Центрально-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия) // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 2. С. 3–26.
13. Мельников А.И., Смелов А.П., Имаев В.С., Тимофеев В.Ф., Краченко А.А. Внутреннее строение Тыркиндинской швар зоны (Якутия): Материалы междунар. конф. «Геолого-геофизическая среда и разнообразные проявления сейсмичности». Нерюнгри: Изд-во Техн. ин-та (ф) СВФУ, 2015. С. 48–55.
14. Николаева И.В., Палесский С.В., Козьменко О.А., Аношин Г.Н. Определение редкоземельных и высокозарядных элементов в стандартных геологических образцах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) // Геохимия. 2008. № 7. С. 1–6.
15. Парфенов Л.М., Кузьмин М.И. Тектоника, геодинамика и металлогения Республики Саха (Якутия). М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.
16. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973, 347 с.
17. Полин В.Ф., Мицук В.В., Ханчук А.И., Глебовицкий В.А., Будницкий С.Ю., Ризванова Н.Г., Соляник А.Н., Шишов А.С. Геохронологические рубежи субщелочного магматизма Кеткапско-Юнской магматической провинции // Докл. АН. 2012. Т. 442, № 1. С. 83–89.
18. Попов Н.В., Шапорина М.Н., Амузинский В.А., Смелов А.П., Зегденизов А.Н. Металлогения золота Алданской провинции // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 5. С. 716–728.
19. Смелов А.П., Зегденизов А.Н., Тимофеев В.Ф. Алдано-Становой щит // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: Наука/Интерпериодика, 2001. С. 81–104.
20. Терехов А.В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Эльконского золото-урановорудного узла: Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. Якутск, 2012. 220 с.
21. Травин А.В., Юдин Д.С., Владимиров А.Г., Хромых С.В., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) // Геохимия. 2009. Т. 11. С. 1181–1199.
22. Угрюмов А.Н., Дворник Г.П. Серицит-микроклиновые метасоматиты Рябиновского щелочного массива (Центральный Алдан) // Докл. АН СССР. 1985. Т. 280, № 1. С. 191–193.
23. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Геологическая позиция благороднометалльных месторождений интрузивно-вулканогенного обрамления Гонжинского выступа докембрия // Тихоокеан. геология. 2006. Т. 25, № 3. С. 53–65.
24. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Структурная позиция крупных золоторудных районов Центрально-Алданского (Якутия) и Аргунского (Забайкалье) супертеррейнов // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 6. С. 849–862.
25. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Природа позднемезозойских рудномагматических систем Алданского щита // Литосфера. 2016. № 2. С. 70–.
26. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Иванов В.Г. Внутриплитная позднемезозойско-кайнозойская вулканическая провинция Центрально-Восточной Азии – проекция горячего поля мантии // Геотектоника. 1995. № 5. С. 41–67.
27. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И. Северо-Азиатский суперплитом в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника. 2000. № 5. С. 3–29.
28. Borisenko A.S., Gas'kov I.V., Dashkevich E.G., Okrugin A.M., Ponomarchuk A.V., Travin A.V. Geochronology of magmatic processes and ore-formation in the Central Aldan gold-ore region // Intern. Symp. Large Igneous Provinces of Asia. Irkutsk, 2011. P. 38–39.
29. Igneous rocks A Classification and Glossary of Terms. New York: Cambridge Univ. Press, Le Maitre & Intern. Union of Geol. Sci., 2002.
30. Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. A geodynamic perspective of worldclass gold deposits in East Asia // Gondwana Res. 2014. N 26. P. 816–833.
31. Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. Geodynamics of late Mesozoic PGE, Au, and U mineralization in the Aldan shield, North Asian Craton // Ore Geol. Rev.s 2015. N 68. P. 30–42.
32. Wang Y. The Mesozoic Tectonism and Magmatism and the Destruction of the Sino-Korean Craton (North China Craton) // Craton formation and destruction with special emphasis on BRICS cratons. Johannesburg: Univ. South Africa, 21–22 July 2012. Workshop Abstract Volume, 49–50.
33. Yang Q.Y., Santosh M. Early Cretaceous magma flare-up and its implications on gold mineralization in the Jiaodong Peninsula, China // Ore Geol. Rev. 2015. V. 65, N 3. P. 626–642.

Рекомендована к печати А.Н. Диденко

*I.R. Prokopyev, A.A. Kravchenko, A.I. Ivanov, A.S. Borisenko, A.V. Ponomarchuk, A.I. Zaitsev,
E.A. Kardash, A.A. Rozhkov*

**Geochronology and ore mineralisation of the Dzheltula alkaline massif
(Aldan shield, South Yakutia)**

The Dzheltula alkaline massif is located in the Tyrkanda ore region of the Chara-Aldan metallogenic zone of the Aldan-Stanovoy Shield (S. Yakutia). Within the region the placer gold objects were found, which are exploring today, as well as ore-bearing Mesozoic alkaline intrusions were established, which have been poorly studied due to its inaccessibility. The Dzheltula massif is the largest multiphase annular intrusion on the surface of the Tyrkanda ore region, therefore it is considered as a typical object for geological, petrological, geochronological and metallogenic studies.

The Dzheltula massif consists of five alkaline magmatic phases of the syenite composition. The ^{40}Ar - ^{39}Ar data show that the earliest leucocratic phase of syenite porphyries, pulaskites, has the age of 121.1 ± 1.3 Ma. The age of crystallization of dike phases (laurvikites, pulaskites) ranges from 120.1 ± 2 to 118.3 ± 2.1 Ma. The latest final trachyte phase has the age of 115.5 ± 1.6 Ma. According to mineralogical and geochemical studies within the Dzheltula massif, two types of ore mineralization have been identified: gold (Au) and uranium-thorium-rare earth (U-Th-REE). Gold mineralization is found in quartz-chlorite-pyritized metasomatites. Mineralization is confined to the linear fault zones of NNE and NNW directions and coincides with the direction of the intrusion of the syenite-porphyry dike belt. Uranium-thorium-rare-earth mineralization was established in quartz-feldspar metasomatites, localized in exocontact areas of the massif. Within the Dzheltula syenite massif, the areas of combined mineralization have been identified, which increase the ore potential of the investigated object within the Tyrkanda ore region.

Key words: Mesozoic alkaline magmatism, geochronology, age, ore mineralization, Tyrkanda ore region, Aldan-Stanovoy shield, Yakutia.