

Н. И. ГУСЕВ (ВСЕГЕИ), А. И. ГУСЕВ (Бийский пед. ун-т), С. П. ШОКАЛЬСКИЙ,
С. В. КАШИН, А. Н. ЛАРИОНОВ (ВСЕГЕИ), Е. В. ТОЛМАЧЕВА (ИГГД РАН)

МЕЗОЗОЙСКАЯ ТЕКТОНОТЕРМАЛЬНАЯ АКТИВИЗАЦИЯ И ЭПИТЕРМАЛЬНОЕ ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ГОРНОМ АЛТАЕ

Серебро-золоторудное оруденение участка Чуря в Северо-Восточном Горном Алтае приурочено к эксплозивным брекчиям в экзоконтактной зоне субвулканического риолитового массива с возрастом (SHRIMP II) 390 млн лет. Рудная минерализация относится к золотому минеральному типу (Au:Ag = 1:10) эпитеpмального адуляр-серицитового семейства и формировалась в результате распада коллоидных растворов. Минерализованные фреатомагматические брекчии содержат, наряду с девонским цирконом (400 млн лет), как более древний (462–2559 млн лет), так и молодой циркон, представленный пятью возрастными группами: 359, 349, 327, 285 и 126 млн лет. Циркон мелового возраста имеет включения силикатного расплава и вулканического пепла, свидетельствующие о его кристаллизации в газовой-флюидной среде при формировании брекчий. Оруденение участка Чуря относится к морфологическому типу минерализованных трубок взрыва.

Ключевые слова: *Горный Алтай, Чуриновское рудопроявление золота, фреатомагматические брекчии, минерализованные трубки взрыва, Ag-Au эпитеpмальная минерализация, U-Pb возраст по циркону SHRIMP II.*

Silver-gold mineralization of the site Churya in the North-Eastern Gornyi Altai connected to explosive breccias in the exocontact zone of subvolcanic rhyolite with age (SHRIMP II) 390 Ma. Ore mineralization refers to the gold-mineral type (Au:Ag = 1:10) of adularia-sericite (low sulfidation) epithermal family and was formed by the collapse of colloidal solutions. The mineralized phreatomagmatic breccias contain along with Devonian zircon (400 Ma), as more ancient (462–2559 Ma) and young zircon, submitted by the five age groups: 359, 349, 327, 285 and 126 Ma. Cretaceous zircon contains inclusions of silicate melt and volcanic ash, indicating its crystallization in the gas-fluid environment in the process of breccias formation. Mineralization of Churya site refers to morphological type of mineralized explosive pipes.

Keywords: *Gornyi Altai, Churya gold site, phreatomagmatic breccias, mineralized explosive pipes, Ag-Au epithermal mineralization, zircon U-Pb age SHRIMP II.*

Введение. Эпитеpмальные месторождения обеспечивают 13% мировой добычи золота [17] и занимают ведущее положение в природе его запасов в последние десятилетия [19]. Оруденение этого типа выявлено в предгорьях и северной части Горного Алтая [5, 8], а также на юге Горной Шории [9]. Золотогенерирующие рудно-магматические системы в западной части Алтае-Саянской области концентрируются в полосе восток-северо-восточного простирания шириной 80–100 и протяженностью более 400 км [6]. Выполненные в последние годы региональные геологосъемочные работы, целенаправленные геохимические съемки и поисковые работы на золото позволили обосновать выделение этой рудоносной зоны в качестве Северо-Алтайского золоторудного пояса, суммарные прогнозные ресурсы золота которого по категориям $P_1 + P_2 + P_3$ оцениваются ЦНИГРИ в 728 т [3]. Развитие рудоконтролирующих структур в регионе связано со становлением Алтае-Минусинского ранне-среднедевонского и Салаирско-Алтайского девонско-раннекаменноугольного вулканоплутонических поясов [14]. С целью выяснения закономерностей размещения золото-серебряного оруденения нами было изучено Чуриновское рудное поле, расположенное в Алтае-Минусинском вулканоплутоническом поясе. Сведения о геологическом строении, метасоматических изменениях и характеристика

оруденения приводятся по материалам поисковых работ (В. Г. Курьянович, 1991; А. Л. Пономарев и др., 2004), тематических исследований (А. М. Козлов, 1989, 1991) и по опубликованным данным [4, 13] с уточнениями и дополнениями.

Общие сведения. Россыпь золота в долине р. Чуря известна с 1938 г. и обрабатывалась в 1941 г. Коренное золотое оруденение было установлено при проведении ГС-50 в 1982 г. (В. Н. Коржнев и др.), а в 1987 г. В. Н. Жданов выявил золото-серебряное оруденение в флюидо-эксплозивных брекчиях. В 2000–2004 гг. в Чуриновском рудном поле проведены поисковые работы с проходкой канав и бурением горизонтальных скважин. В настоящее время на участке Чуря ООО «ЗДК «Алтайская корона»» подготовлено рудное тело, локализованное в брекчиях с содержаниями золота 2–3 г/т, пригодное для отработки кучным выщелачиванием.

Геологическое строение. Чуриновское рудное поле размещается в девонских породах нырнинского и саганского вулканических комплексов Уйменского прогиба. Вулканический разрез нырнинской свиты подстилается красноцветными терригенными образованиями кубойской свиты раннего девона. Покровная фация вулканического комплекса слагает

большую часть Чуринской площади и представлена субэвральными порфировыми андезитами и андезибазальтами, дацитами, туфогенными, туфогенно-осадочными и пирокластическими образованиями. На долю осадочных вулканомиктовых пород приходится менее 1% объема свиты.

В центральной части площади преобладают агломератовые ксенотуфы серовато-зеленого цвета полимиктового состава, обломочный материал в них на 10–20% представлен андезитами и на 70–90% риолитами. Преобладают слабоокатанные мелкие (до 1 см) обломки красновато-розовых риолитов, андезитов размером 5–7, редко 10–15 см. Основная масса породы – туфопесчаник.

Вблизи границы с Чуринским массивом развиты крупноглыбовые агломератовые ксенотуфы, образующие изометричное тело площадью 200 x 300 м. Особенность их состава – меньшее количество риолитов (15–20%) и наличие гальки полнокристаллических гранитоидов размером 1,0–1,5 см. Цемент брекчий состоит из тонкого материала вулканических пород, гранитов, диорит-порфиритов, полевых шпатов, кварца, амфибола, реже пироксена. Количество и размеры глыбового материала в ксенотуфах увеличиваются по направлению к участку Брекчия. Макроскопически диорит-порфириты и андезиты серого и серовато-зеленоватого цвета. В рудных зонах эти породы также окварцованы, пиритизированы и содержат золото от 0,2 до 2,2 г/т.

Центральное положение в Чуринском рудном поле занимает одноименный субвулканический массив, принадлежащий к среднедевонскому саганскому вулканическому комплексу. Он вытянут в субмеридиональном направлении на 2,5 км при ширине 0,4–1 км, падение контактов крутое. Массив сложен порфировыми, иногда миароловыми риолитами серого и серовато-розоватого цвета. В порфировых выделениях кварц от белого до темно-серого цвета, лейцит полевой шпата, иногда биотит. Вблизи рудоносных брекчий риолиты окварцованы и серицитизированы. В зоне ближнего эндоконтакта (10–20 м) породы мелкопорфировые, по удалении от нее среднепорфировые. Контактные изменения вмещающих пород выражены в осветлении и слабом их ороговикании на удалении 1–1,5 м.

Метасоматиты и рудная минерализация. Чуринское рудное поле (40 км²) оконтурено по распространению флюидоэксплозивных брекчий, кварц-серицитовых аргиллизитов, коренных проявлений золота и первичных геохимических ореолов золота, серебра, меди, свинца, бария. На севере участка преобладают аргиллизиты с баритом и серицитом, по мере приближения к телу eksploзивных брекчий они сменяются пропилитами, а затем березитами, развитыми в Чуринском массиве субвулканических риолитов и по eksploзивным брекчиям. На юге рудного поля распространены метасоматические кварциты с содержанием Au до 1,4 г/т.

Площадное окварцевание eksploзивных брекчий установлено на участке Брекчия (рис. 1, 2), которое здесь проявлено в виде мелких (1–10 мм) кварцевых прожилков, в развитии опаловидного кварца в цементе брекчий и друзовидного кварца, выполняющих миароловые пустоты. Из рудных минералов в кварце присутствуют пирит и золото.

По данным Б. Г. Семенцова [13], брекчий с золотым оруденением пространственно совмещены с ареалом распространения в туфогравелитовом

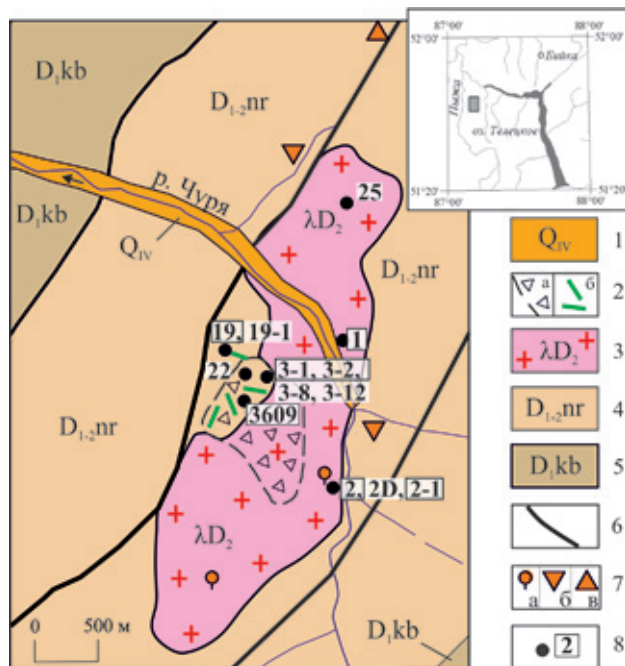


Рис. 1. Схема геологического строения золоторудного проявления Чурия. По материалам А. Л. Пономарева и др. (2004) с упрощениями и дополнениями

1 – аллювиальные отложения с россыпной золотоносностью; 2 – eksploзивные образования: а – золотоносные брекчий (участок Брекчия); б – глыбы андезитов (фрагменты даек) в агломератовых брекчиях; 3 – Чууринский среднедевонский субвулканический массив (саганский комплекс): риолиты, трахириолиты; 4 – ныринская свита раннего-среднего девона: андезиты и андезибазальты, дациты, туфогенно-осадочные и пирокластические образования; 5 – раннедевонская кубойская свита: полимиктовые красноцветные песчаники и конгломераты, зеленые и серые алеволиты; 6 – зоны разрывных нарушений; 7 – пункты минерализации: а, б – в коренном залегании (а – Au-Cu, б – Au-Ag, в – делювиальные Au-Ag); 8 – пункты отбора проб и их номера. В рамках указаны номера пробы с определением возраста U-Pb методом по циркону (SHRIMP II)

матрикс глыб серо-зеленых диорит-порфиритов и вишнево-зеленых андезитов, имеющих «свежий» облик и не встречающихся на остальной площади Чууринского рудного поля. Цемент брекчий представлен туфогравелитами андезидацитового состава с обломками гранит-порфиров. Он претерпел окварцевание, серицитизацию, насыщен пиритом, отмечаются спорадическая вкрапленность халькопирита, прожилки адуляра, барита и турмалина. Рудная минерализация в брекчиях локализована в наиболее изменённых разностях, иногда характеризующихся флюидальностью, и представлена, наряду с пиритом и халькопиритом, самородной медью и золотом. Видимое самородное золото установлено в кварце и в сростках с пиритом. Содержание золота в брекчиях от 0,4 до 40 г/т. Наиболее высокие концентрации золота (32,2 г/т) и серебра (16,8 г/т) зафиксированы в интенсивно березитизированных брекчиях, содержащих до 3% пирита. Содержание золота в пирите 20–45 г/т, серебра 160–470 г/т. В таком пирите значения $\delta^{34}\text{S}$ отрицательные и составляют от –6,3 до –8,7‰. В пирите из брекчий (пр. 3-2) слабоотрицательное значение $\delta^{34}\text{S} = -2,5\text{‰}$ свидетельствует, что в формировании сульфидной минерализации участвовал глубинный (мантийный) источник серы, которая смешивалась с восстановленной (осадочной) серой.



Рис. 2. Агломератовые ксенотуфы участка Чуря (а) и золотоносные брекчии с ячеистой текстурой окварцевания (б). 19-1 – вулканическая бомба риолитов

Нами изучены возраст, изотопные и геохимические особенности магматических пород Чуринского массива и рудоносных брекчий с целью выявления критериев регионального прогнозирования эпitherмального золотооруденения. Для определения возраста магматизма датированы субвулканические образования Чуринского массива (рис. 1, пробы 1, 2, 2-1) и геохимически изучены относительно свежие риолит-порфиры из северо-восточной части массива (пр. 25) и в вулканической бомбе риолитов из агломератовых ксенотуфов (рис. 2, а). Изучены андезиты, встречающиеся в разной геологической позиции:

- лапилли размером до 10 см в туфах (пр. 3-8);
- шарообразные вулканические бомбы размером до $0,3 \times 0,5$ м в агломератовых ксенотуфах (пр. 22);
- глыбовые фрагменты крупных дайкообразных тел в агломератовых ксенотуфах (пр. 19).

Золотоносные брекчии изучены в трех пробах. Пр. 3-1 отобрана из бурых лимонитизированных брекчий, пр. 3-2 – из брекчий темно-серого цвета с обломками черных фельзитовидных пород. Фрагмент керна колонковой скважины (пр. 3609 – серо-зеленые березитизированные брекчии) для исследований любезно передал Н. П. Бедарев (ООО «ЗДК «Алтайская корона»»).

По главным разновидностям магматических пород и рудных гидротермально-метасоматических образований выполнено 13 полных анализов на главные компоненты и микроэлементы (табл. 1). U-Pb анализ циркона проведен в семи вышеупомянутых пробах пород в 79 точках измерений (табл. 2), изучены изотопные Rb-Sr и Sm-Nd системы (табл. 3), определен изотопный состав серы пирита. Аналитические исследования выполнены в лабораториях ВСЕГЕИ: силикатный анализ пород на главные компоненты – рентгено-спектральным флуоресцентным методом (аналитик Б. А. Цимошенко). Определения редких элементов выполнены на спектрометре OPTIMA-4300, для Cu, Zn, Pb, Li – методом ICP-OES (аналитик Э. Г. Червякова), остальные элементы, в том числе R3Э, – методом ICP-MS (аналитики В. А. Шишлов, В. Л. Кудряшов). Содержания золота определялись атомно-абсорбционным методом с полным химическим разложением. При изучении Rb-Sr и Sm-Nd изотопных систем концентрации элементов определены методом изотопного разбавления, изотопный состав определялся на девятиколлекторном

масс-спектрометре TRITON в статическом режиме (аналитик Е. С. Богомолов). Термобарогеохимия и флюидный режим рудообразования изучены в двусторонне-полированных пластинках методом гомогенизации газовой-жидких включений (аналитик Е. В. Толмачева). Давление рассчитывалось по температурам гомогенизации газовой и солевой фаз в водно-солевых включениях и по включениям водного раствора и углекислоты гомогенного происхождения. Контрольное описание и фотографирование шлифов выполнено Н. П. Виноградовой. Описания циркона выполнены Н. Г. Бережной. Локальный U-Pb анализ циркона проведен по классической методике [23] на вторично-ионном масс-спектрометре (SIMS) SHRIMP II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (аналитики А. Н. Ларионов, Е. Н. Лепехина, Н. В. Родионов, И. П. Падерин). U-Pb отношения нормализовались на значение 0,0668, приписанное стандартному циркону TEMORA. Погрешности измерений единичных анализов приведены для интервала 1σ , погрешности вычисленных конкордантных возрастов и пересечений с конкордией на уровне 2σ .

Результаты исследований. Петрографические особенности пород. Риолиты Чуринского массива (пробы 1, 2, 2-1, 25), а также в вулканической бомбе риолитов из агломератовых ксенотуфов (пр. 19-1) содержат до 30% порфировых вкрапленников, представленных идиоморфными фенокристами альбита (№ 5) – 10%, округлыми зернами кварца – 10%, ксеноморфного пелитизированного калиевого полевого шпата – 5–7% и чешуйками опациitizedированного, иногда мусковитизированного биотита – 2–3%. Вкрапленники кварца с резким волнистым погасанием раздроблены и частично дезинтегрированы. Иногда в них видны планарные структуры (рис. 3, б). Для выделений кварца характерны бухтообразные заливы и включения материала основной массы, образующиеся вследствие резорбции кристаллов в процессе подъема магмы к поверхности (рис. 3, а).

Витрофировая и микролитовая основная масса, иногда со сферолитовой структурой, представлена микролитами калишпата, плагиоклаза и кварца размером 0,1–0,05 мм в тонком матриксе серицита, гидрослюды, хлорита, каолина и халцедона. Акцессорные минералы – редкие зерна апатита, ортита, циркона и топаза.

Химический состав пород и руд

Компо- ненты	Участок Чуря													Номера
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	Номера													
	3-1	3-2	3609	3-12	3-8	22	19	19-1	1	2	2D	2-1	25	
SiO ₂	80,40	69,70	58,00	76,10	59,10	55,90	59,50	76,50	77,20	77,80	78,20	79,10	76,30	
TiO ₂	0,46	0,50	0,70	0,59	0,85	0,77	0,73	0,15	0,15	0,12	0,14	0,13	0,17	
Al ₂ O ₃	10,20	14,20	14,90	10,80	17,40	17,60	16,50	12,10	14,30	12,30	11,90	11,70	12,90	
Fe ₂ O ₃ t	2,36	4,78	5,89	3,97	6,18	7,18	6,17	1,76	1,50	1,41	1,29	1,72	1,24	
MnO	0,03	0,09	0,20	0,06	0,12	0,09	0,14	0,02	0,05	0,03	0,031	0,05	0,04	
MgO	0,72	1,90	2,70	0,81	4,04	2,72	3,25	0,04	0,47	0,27	0,25	0,46	0,30	
CaO	0,28	0,38	5,65	0,32	1,56	3,87	4,54	0,38	0,09	0,13	0,20	0,14	1,17	
Na ₂ O	<0,05	0,57	0,39	0,52	5,12	2,99	3,00	2,47	<0,05	3,81	4,18	0,76	2,71	
K ₂ O	3,82	4,56	5,21	4,91	1,95	4,16	3,30	6,11	4,38	3,16	2,99	4,26	2,93	
P ₂ O ₅	0,10	0,12	0,13	0,07	0,17	0,18	0,15	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
п.п.п.	1,75	2,80	6,15	1,93	3,54	4,54	2,65	0,51	2,14	0,68	0,80	1,42	2,33	
Сумма	100,10	99,60	99,92	99,80	100,00	100,00	99,93	100,06	100,30	99,71	99,18	99,74	100,10	
Cr	33,9	37,3	76,1	92,9	57,7	29,9	46,5	113	7,77	16,8	22,8	12,3	11,4	
V	69,5	99,8	137	92,7	121	141	125	28,3	13,9	23,7	25,8	10,2	11,7	
Cu	13	9,16	32,2	60,40	136	21,2	175	9,16	6,01	3,88	5,22	3,26	1,54	
Zn	58	88,3	126	121	161	148	78,1	7,83	55,7	40,4	28,2	36,8	23,7	
Pb	35,2	93,7	9,26	112	7,64	16,9	18,8	3,24	7,69	4,25	3,58	5,93	3	
Ag	1,41	5,06	<0,5	31,7	0,05	0,066	0,1	<0,1	0,16	н.о.	0,07	0,13	0,08	
Au	0,54	0,18	0,073	1,22	4,3	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	
As	22,3	20,8	н.о.	53,1	4,3	4,56	5,77	4,03	6,87	н.о.	3,95	4,11	3,04	
Sb	14,1	10,4	3,24	13	1,8	1,14	1,53	1,16	3,92	0,89	0,49	6,89	1,9	
Rb	108	141	179	140	58,9	127	86,7	118	115	71,2	69,2	131	83,5	
Ba	430	1640	439	0,06	247	619	1230	1690	403	649	648	610	372	
Sr	19,9	77,9	69,4	29,4	153	221	335	97,6	15	97,5	95,1	17,6	71	
Nb	47,4	30,3	5,26	3,43	6,44	4,77	6,3	7,26	52,7	59,9	8,51	44	9,88	
Ta	0,31	0,51	0,37	0,2	0,35	0,2	0,33	0,63	0,82	0,75	0,68	0,69	0,76	
Zr	71,9	95,6	117	69,7	122	87,7	111	92,6	95,4	81,7	85,6	68,2	110	
Hf	2,1	3,07	2,82	1,86	3,35	2,38	2,95	2,8	2,96	2,95	2,9	2,52	2,91	
Y	10,4	10,9	14,1	8,46	19,9	13,6	13,5	10,5	16,3	11,2	11	11	17,6	
Th	2,96	3,74	2,95	1,56	1,91	1,28	2,56	8,98	10,9	10,8	9,99	10,1	10,4	
U	1,79	1,57	2,58	1,43	1,07	0,67	1,04	2,1	1,84	2,28	2,08	2,06	2,47	
La	8,67	18,9	13	8,03	10,3	9,43	13,9	16	21,6	17,5	18	19,3	28,3	
Ce	17,4	36,5	26,8	14,9	23,4	21,7	29,1	32,1	40,7	33	32,3	38,6	49,8	
Pr	2,21	4,13	3,36	2,08	3,02	2,79	3,50	3,34	4,16	3,47	3,62	4,09	5,37	
Nd	8,95	15,0	13,5	8,17	13,2	11,7	14,1	11,2	14,1	11,9	12	13,5	17,8	
Sm	1,86	2,45	2,67	1,76	4,14	2,52	3,13	1,67	2,47	2,01	2,49	2,59	3,13	
Eu	0,52	0,84	0,86	0,62	1,05	0,82	1,02	0,47	0,39	0,31	0,39	0,36	0,51	
Gd	2,03	2,27	2,77	1,72	4,04	2,72	3,05	1,72	2,44	1,80	1,93	2,1	2,9	
Tb	0,27	0,31	0,43	0,28	0,72	0,4	0,43	0,27	0,36	0,27	0,29	0,27	0,48	
Dy	1,71	1,85	2,57	1,56	3,91	2,27	2,21	1,68	2,41	1,64	1,8	1,68	2,61	
Ho	0,33	0,39	0,54	0,29	0,75	0,45	0,5	0,4	0,53	0,38	0,38	0,35	0,55	
Er	0,94	1,12	1,29	0,91	1,79	1,34	1,24	1,17	1,68	1,13	1,3	1,19	1,77	
Tm	0,13	0,17	0,23	0,11	0,27	0,17	0,17	0,19	0,29	0,2	0,18	0,2	0,25	
Yb	1	1,25	1,3	0,72	1,82	1,4	1,24	1,57	2,06	1,5	1,52	1,31	2,21	
Lu	0,15	0,19	0,23	0,13	0,23	0,18	0,19	0,23	0,33	0,24	0,28	0,24	0,33	
ΣTR	46,17	86,4	69,55	41,28	69,6	57,9	73,78	72,01	93,52	75,35	76,48	85,78	116	

Породы: 1–4 – рудоносные брекчии; 5–7 – андезиты: 5 – из лапилли, 6 – из бомбы, 7 – из дайкообразного тела в агломератовых ксенотуфах; 8 – риолиты из бомбы в ксенотуфах; 9–13 – риолиты Чуриного массива; 14–25 – вулканические породы (данные [9]): 14–18 – ныринская свита, базальты, 19–25 – саганская свита: 19–22 – базальты, 23 – трахидациты, 24 – трахириодациты, 25 – субвулканические микрогранит-порфиры.

Байгольский ареал												
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
п р о б												
8-776	8-777	8-782	8-778	8-780	8-787	8-793/2	8-793/3	8-797	8-794/1	8-798/3	8-798/2	
50,10	52,01	48,84	49,00	47,22	48,83	51,28	52,31	53,65	66,14	69,97	72,67	
1,93	1,29	1,39	1,84	1,50	0,91	1,11	0,91	0,95	0,37	0,28	0,09	
15,17	18,16	18,12	15,50	15,31	14,03	18,72	16,56	17,03	15,72	15,27	13,9	
11,67	9,85	10,87	12,07	13,01	8,88	11,75	9,11	9,31	4,28	3,14	1,70	
0,19	0,16	0,17	0,23	0,16	0,15	0,11	0,12	0,17	0,12	0,16	0,05	
4,92	4,55	4,82	5,38	6,67	9,78	4,81	5,91	5,90	0,67	0,59	0,21	
8,64	6,28	6,73	9,00	9,55	11,41	5,72	9,32	3,33	2,28	1,10	1,70	
2,80	4,82	3,50	3,01	4,18	0,66	3,11	3,01	5,77	6,03	6,11	5,10	
1,65	1,04	0,77	0,81	0,11	0,50	0,94	0,85	1,37	2,05	2,14	2,30	
0,54	0,21	0,33	0,34	0,26	0,29	0,28	0,14	0,16	0,12	0,08	0,04	
2,48	1,93	4,16	2,92	2,11	4,47	2,11	1,72	2,41	2,31	0,97	2,41	
100,10	100,30	99,70	100,10	100,10	99,91	99,94	99,96	100,00	100,10	99,81	100,20	
28	23	7	11	3	2	26	38	24	48	106	72	
528	280	307	404	63	66	525	739	341	411	3391	328	
365	268	313	395	80	235	558	607	350	192	182	164	
17,7	26,6	13	9,9	4,2	5,9	3,1	3,8	4,8	12,6	13,5	7,2	
1,2	2,1	0,8	0,6	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	1,6	0	
299,4	189,2	222	178,7	89,9	126,5	72,2	86,1	127,3	186,7	74,2	46	
8,2	6,3	5,3	4,5	3,1	3,3	2,6	2,9	4,6	5,5	3,4	2,4	
48,4	32,3	36,2	32,1	27,9	22,4	19,4	23,8	18,6	18,3	4,6	2,7	
9,3	9	4,3	1,2	2,5	3,7	9,2	11,4	4,7	6,7	10,2	9,3	
3,5	4,1	2,1	0,6	—	1,4	2,2	2,6	1,4	2,6	2,7	3,1	
32,97	29,98	19,61	14,34	12,33	19,15	48,77	59,25	15,13	25,79	16,22	18,74	
82,31	60,03	43,2	36	26,75	44,15	100,29	120,89	31,67	48,65	26,75	33,59	
10,08	8,03	5,43	4,85	3,98	5,68	13,07	16,11	4,14	5,99	3,31	3,64	
46,74	36,54	26,18	23,66	19,17	26,01	60,01	69,39	19,67	24,62	13,98	12,82	
10,43	8,94	6,18	5,98	4,76	5,7	11,6	14,59	4,51	5,26	2,07	2,18	
2,41	1,55	1,83	1,94	1,36	1,54	2,5	3,01	1,04	1,11	0,61	0,44	
10	6,79	6,26	6,3	5,19	5,6	8,26	10,02	4,08	3,91	1,5	1,26	
1,71	0,99	1,23	1,11	0,86	0,81	0,93	1,15	0,62	0,55	0,2	0,16	
8,54	6,32	6,95	6,04	5,21	4,15	4,63	5,42	3,87	3,34	0,87	0,64	
1,96	1,42	1,51	1,28	1,17	0,88	0,84	1,01	0,88	0,7	0,12	0,11	
5,39	4,2	4,76	3,55	3,51	2,29	2,22	2,5	2,54	2,06	0,28	0,3	
0,74	0,61	0,72	0,49	0,51	0,32	0,3	0,3	0,37	0,32	0,04	0,04	
4,59	3,2	4,55	3,31	2,8	2,27	1,55	1,61	2,23	1,97	0,22	0,19	
0,73	0,54	0,64	0,52	0,43	0,32	0,25	0,28	0,35	0,35	0,02	0,04	
218,6	169,14	129,05	109,37	88,03	118,87	255,22	305,53	91,1	124,62	66,19	74,15	

ставлены кварцем (75%) и олигоклазом (№ 15–25) до 25%. Цемент песчаников (40%) сложен агрегатом альбита и преобладающего кварца с эпидотом (10–20%) и хлоритом (1–2%).

Березитизированный туфогравелиит (пр. 3609) содержит заметно окатанные обломки кислых эффузивов, базальтоидов, яшмоидов, кварц-хлорит-серицитовых сланцев и полнокристаллических плагиоклазовых пород с офитовой структурой. Цемент представлен кальцитом 15, кварцем 10, серицитом 10, хлоритом 5, железистым карбонатом 2 и пиритом 2%.

Петрогеохимические особенности пород. Основные и средние породы нырнинской и саганской свит, образующие вместе с кислыми разностями бимодальную ассоциацию, характеризуются преобладающей нормальной щелочностью умереннокалиевого типа. Риолиты Чуринского массива – низко- и нормальнощелочные, умеренно- и высококалиевые породы (рис. 4, а, з). Они относятся к плюмазитовому типу: для слабоизмененных разностей $A/CNK = 1,13–1,23$, $A/NK = 1,17–1,24$. По сравнению с умереннокалиевыми кислыми субвулканическими образованиями саганского комплекса в бассейне р. Байгол [10], чуринские риолиты отличаются более высокой кремнекислотностью за счет вторичного окварцевания. Наиболее окварцованные породы с золоторудной минерализацией обогащены калием, иногда барием при почти полном выносе натрия. Обогащенность ниобием (рис. 4, б) указывает на повышенную щелочность риолитов Чуринского массива и кислых субвулканических образований саганской свиты в бассейне р. Байгол [10]. Высокие содержания тория предполагают калиевый

тип первичной щелочности риолитов Чуринского массива (рис. 4, д).

Андезиты из галек и вулканических бомб в агломератовых ксенотуфах идентичны андезитам из дайкоподобных тел и, имея повышенную калиевость, не выходят за пределы области пород нормальной щелочности (рис. 4, б) и составов пород известково-щелочной серии (рис. 4, д). Андезиты, как и риолиты Чуринского массива, относятся к плюмазитовому типу ($A/CNK 1,0–1,3$, $A/NK 1,65–1,93$). Для большинства пород Чуринского рудного поля отмечаются отрицательные аномалии Ta, Nb, Ti и положительные K, U, Pb (рис. 4, в), а также обогащенность некогерентными элементами, что в общем характерно для субдукционного магматизма [20, 22].

Риолиты Чуринского массива обеднены РЗЭ по сравнению с основными и средними вулканиками нырнинской и саганской свит (рис. 4, е). Профиль распределения РЗЭ в Чуринском массиве асимметричный, с умеренной отрицательной Eu аномалией, причем риолиты из крупных обломков в агломератовых ксенотуфах (пр. 19-1) не отличаются от риолитов массива. Андезиты из глыб в агломератовых ксенотуфах по уровню содержания и характеру распределения РЗЭ близки к риолитам и отличаются от них лишь отсутствием Eu аномалии. В брекчированных ксенотуфах также отсутствует или очень слабая Eu аномалия. Трахириодациты и субвулканические микрогранит-порфиры саганского вулканического комплекса из Байгольского ареала [10] отличаются от риолитов Чуринского массива отсутствием Eu аномалии и значительной обедненностью тяжелыми РЗЭ. Эти породы более дифференцированы и имеют гео-

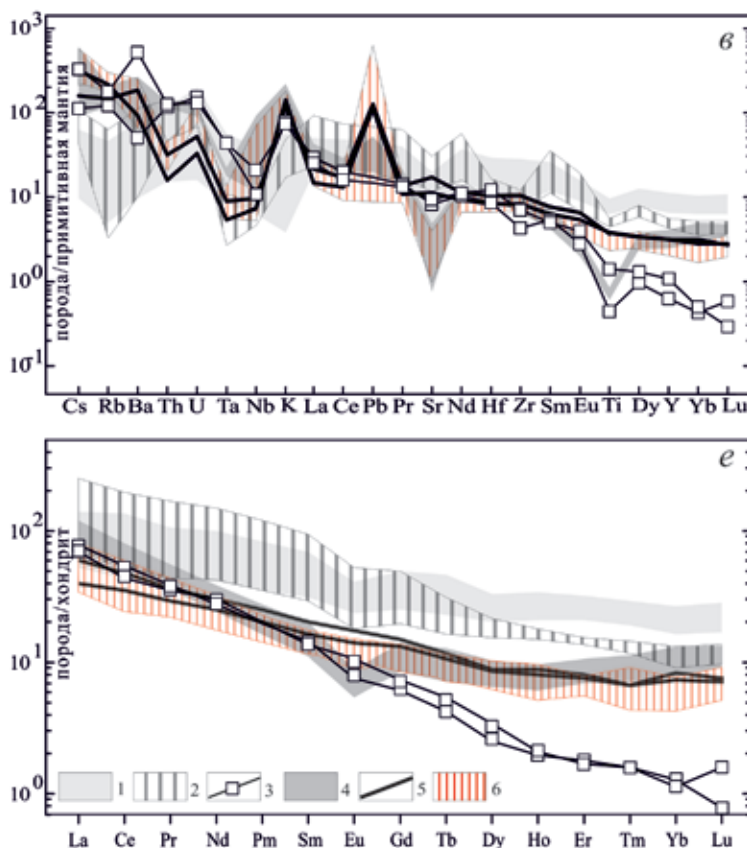


Рис. 4. Классификационные и мультиэлементные диаграммы

Основы диаграмм: а и з – из [11], б – по [20], д – по [18]. На в и е при нормировании состав примитивной мантии и хондрита по [22]. 1–3 – данные из работы [10]: 1 – нырнинская свита: базальты, трахибазальты, трахиандезибазальты; 2, 3 – саганская свита: 2 – покровная фация – базальты, андезибазальты, трахиандезибазальты, 3 – субвулканические трахириодациты и микрогранит-порфиры (пробы 8-798/2 и 8-798/3); 4 – риолиты Чуринского массива (пробы 1, 2, 2-1, 2D, 25) и вулканическая бомба риолитов (пр. 19-1); 5 – андезиты из глыб дайкообразных тел (пр. 19), лапиллей (пробы 3-8) и бомб (пр. 22) в глыбово-агломератовых ксенотуфах; 6 – рудоносные брекчии (пробы 3-1, 3-2, 3-12, 3609). Номера проб соответствуют их номерам в табл. 1

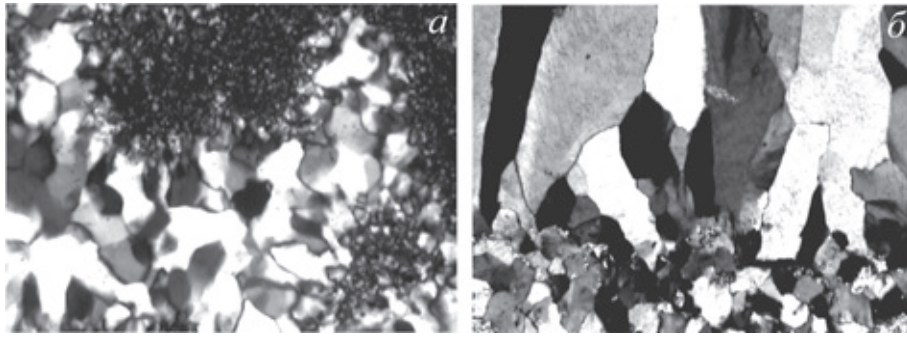


Рис. 5. Кварц золоторудных прожилков (пр. 3-12)

а – обособления кремнистого вещества в тонкозернистом кварце-2 ($\times 200$, ник. +); *б* – взаимоотношения тонкозернистого кварца-2 (внизу) и гребенчатого кварца-3 ($\times 50$, николи +)

химические признаки адакитов [16] (Sr/Y 39–61, La/Yb 73–98).

Газово-жидкие включения изучены в кварце рудоносной брекчии (рис. 2, б; пр. 3-12 в табл. 1). Обильные поры (15%) частично или целиком заполнены кварцем, иногда с выделениями хлорита. Прожилки кварца также имеют зональное строение и выполнены мелкими зернами кварца в зальбандах и более крупными в центре. Наложенные мономинеральные агрегаты пиррофилита (10%) ассоциируют с гематитизированными зернами пирита (5%).

От зальбандов к центру в жильном материале наблюдаются:

- зона кремнистого вещества шириной 100–250 мкм, сложенная шаровидными и овальными обособлениями, состоящими из субмикроскопического (0,5–4 мкм) материала, (рис. 5, *а*, верхняя и правая части);

- зона тонкозернистого ксеноморфного кварца шириной 20–50 мкм, цементирующего шаровидные обособления. Размеры единичных зерен в ней колеблются от 1 до 10 мкм (рис. 5, *а*);

- зона гребенчатого кварца (рис. 5, *б*) с длиной зерен 0,5–2,5 мм.

В зонах шаровидных скоплений и тонкозернистого кварца присутствуют глобулярные, губчатые и бахромчатые включения, характерные для гелей кремнезема. Глобулярные включения заполнены жидкостью, редко с газовым пузырьком, имеют размеры не более 1 мкм, поэтому непригодны для термометрических исследований. Губчатые включения имеют «пемзообразный» вид и буроватую окраску. Бахромчатые включения приурочены к трещинам. Они содержат полости с жидкостью, иногда с газовым пузырьком. Многочисленные шлейфы субмикроскопических однофазовых (жидких) включений расходятся от них в разные стороны. Все эти типы включений свойственны «стареющим» гелям кремнезема.

Включения в гребенчатом кварце однофазовые: слабоконцентрированные жидкие водные и реже газовые углекислотные. Температура гомогенизации газа и жидкости 125 ± 10 °С и соответствует температуре кристаллизации гребенчатого кварца.

Микроскопическое изучение жильного кварца и газово-жидких включений показало, что при-зальбандовые зоны кварцевых прожилков и кварцевого выполнения миароловых пустот образованы из коллоидных растворов. Формирование рудной минерализации связано с распадом коллоидных

растворов, обладающих высокой адсорбционной емкостью и способных переносить на несколько порядков больше рудных компонентов, чем истинные растворы [1]. Прожилки и гнезда, сложенные тонкозернистым непрозрачным кварцем, содержат наиболее богатую золоторудную минерализацию, в то время как зоны гребенчатого кварца большей частью безрудные.

По материалам предшественников в аншлифах выявлены две генерации золота. Раннее тонкое золото в призальбандовом кварце первой генерации яркоокрашенное, имеет пробность 925‰. Основные элементы-примеси в нём – серебро и медь. Золото второй генерации ассоциирует с кварцем второй генерации – тонкозернистым ксеноморфным кварцем, гомогенизация газово-жидких включений в котором происходила при температурах 250–300 °С. В составе флюидных включений в кварце-2 HCl, CO₂, SO₂, HBO₃ [4]. Общая солёность раствора во включениях 3,5–7,4 вес.% NaCl. Пробность золота второй генерации ниже, от 597 до 860‰. В нём присутствуют примеси серебра, меди, висмута, ртути.

Результаты определения возраста и изотопная геохимия. В трех пробах риолитов Чуринского массива зерна циркона бесцветные, желтоватые, буроватые или розоватые, субидиоморфные или умереннопризматические, с тонкой зональностью (рис. 6, *а*). Содержание урана в цирконе относительно высокое – 500–1070, тория 120–420 мкг/г, отношение Th/U 0,30–0,57. По трем пробам получены близкие конкордантные значения возраста: 389 ± 3 ; 393 ± 3 ; 390 ± 4 млн лет (рис. 6, *б–г*), соответствующие среднему девону – эйфельскому веку.

Циркон в андезитах (пр. 19) подразделяется на две группы. Обломки зерен циркона с секториальной и неправильной зональностью (рис. 7, верхняя половина), характерные для базитов, по семи измерениям дали конкордантный возраст 393 ± 6 млн лет. Мелкий циркон с ритмичной зональностью (в нижней части рис. 7) показал докембрийские значения возраста от 1179 до 2024 млн лет и является ксеногенным. В цирконе со среднедевонским возрастом из андезитов более низкие содержания Th и U и более высокие отношения Th/U 0,53, чем из риолитов Чуринского массива (рис. 8). Ксеногенный циркон на диаграмме Th-U образует самостоятельное поле.

В золотоносных брекчиях, наряду с преобладающей популяцией циркона с возрастом порядка

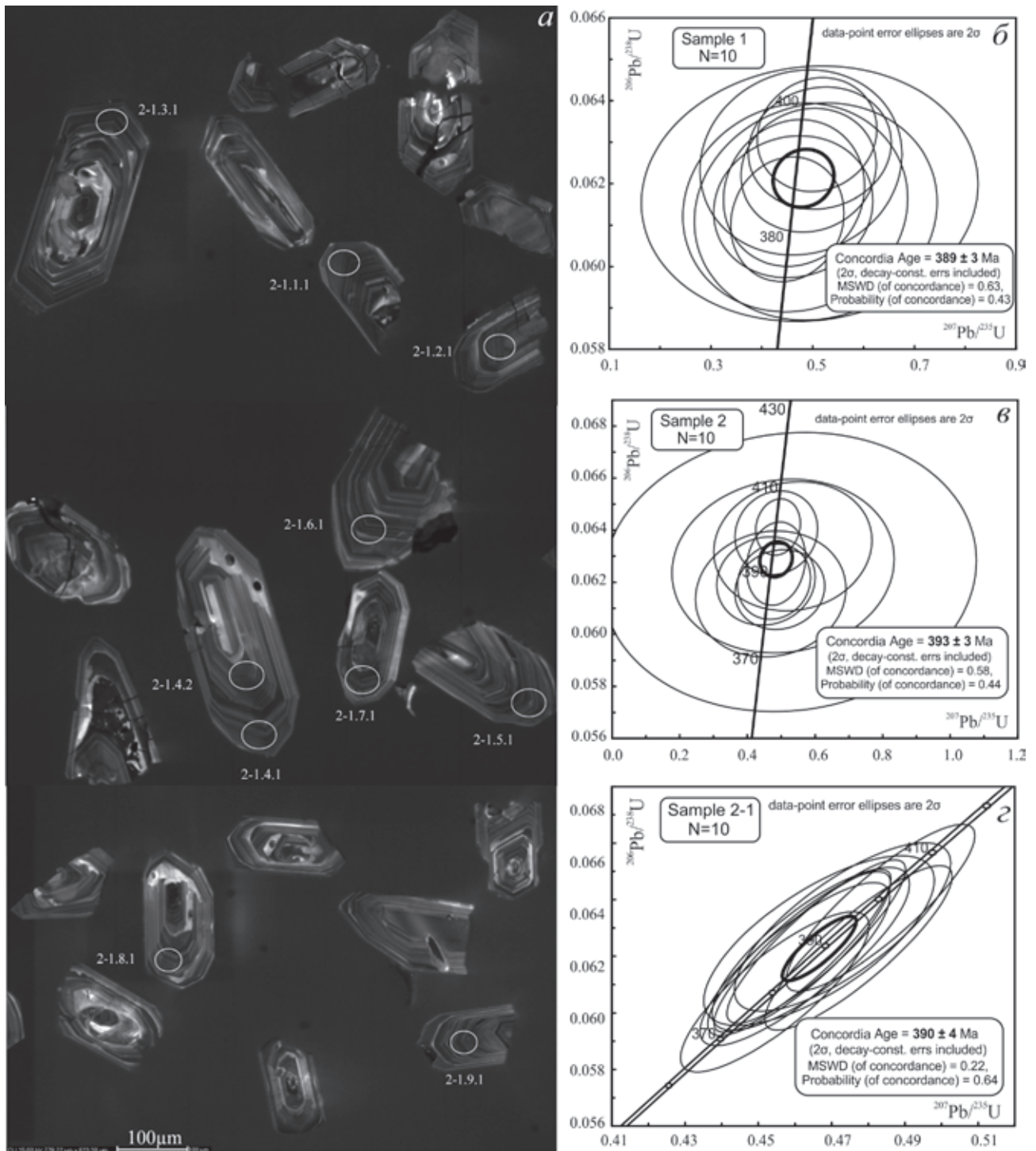


Рис. 6. Катодоллюминесцентные изображения (а) и диаграммы U-Pb отношений с конкордиями для циркона (б) из риолитов Чуриного массива (пробы 1, 2, 2-1)

400 млн лет, присутствует циркон как с более древним (462, 1322, 1641, 2559 млн лет), так и с явно более молодым возрастом (рис. 9).

По преобладающим популяциям циркона с тонкой магматической зональностью в пробах 3-1 и 3-2 получены сходные результаты. В пр. 3-1 по пяти точкам получено конкордантное значение возраста 359 ± 7 млн лет – возрастная рубеж позднего девона и раннего карбона. В пр. 3-2 по шести замерам получен конкордантный возраст 349 ± 3 млн лет (ранний карбон). Присутствуют также зерна циркона с возрастом 327–285 млн лет (второй ряд сверху

на рис. 9), что соответствует карбону – ранней перми. Наиболее молодая популяция из четырех зерен (верхний ряд на рис. 9) имеет конкордантный возраст 126 ± 3 млн лет (ранний мел). В цирконе с возрастом 127 ± 2 млн лет (в верхнем правом углу на рис. 9) содержатся расплавленные включения силикатного стекла, а также включения пеплового материала (рис. 10), свидетельствующие о росте кристалла в газовой-флюидной среде при формировании эксплозивных брекчий.

По изотопному составу Nd и Sr (табл. 3, рис. 11) андезиты глыб в агломератовых ксенотуфах –

Результаты U-Pb измерений в цирконах

Номера точек	²⁰⁶ Pbc, %	U, ppm	Th, ppm	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb*, ppm	(1) Возраст ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U, млн лет	(1) ²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	±%	(1) ²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	±%	Коррел. ошибок	
Риолит (пр. 1)												
1.1.1	1,95	990	546	0,57	53,3	384,4	±4,2	0,462	14	0,06144	1,1	0,082
1.2.1	2,28	555	247	0,46	30,0	384,3	±6,2	0,466	19	0,0614	1,7	0,086
1.3.1	3,87	350	156	0,46	19,4	386,3	±7,6	0,49	27	0,0618	2	0,074
1.4.1	0,88	1000	401	0,41	54,8	395,0	±3,4	0,509	9,4	0,06318	0,89	0,094
1.5.1	1,71	839	309	0,38	45,3	386,4	±4,4	0,463	12	0,06177	1,2	0,096
1.6.1	1,38	949	389	0,42	51,6	389,7	±3,7	0,492	11	0,06232	0,98	0,089
1.7.1	1,50	917	358	0,40	50,3	393,0	±3,6	0,514	11	0,06286	0,96	0,086
1.8.1	2,21	699	252	0,37	38,4	390,9	±5,5	0,477	17	0,06251	1,5	0,086
1.9.1	1,83	907	388	0,44	48,5	382,6	±3,7	0,45	10	0,06114	1	0,099
1.10.1	2,86	448	128	0,30	24,3	383,7	±6,5	0,506	19	0,0613	1,7	0,091
Риолит (пр. 2)												
2.1.1	0,51	924	371	0,41	50,0	392,1	±4,0	0,485	7,3	0,06272	1	0,142
2.2.1	1,40	870	333	0,40	46,8	386,1	±3,8	0,496	11	0,06172	1	0,093
2.3.1	1,45	610	194	0,33	33,7	396,2	±6,1	0,535	18	0,0634	1,6	0,089
2.4.1	2,60	365	174	0,49	20,2	391,6	±8,3	0,51	27	0,0626	2,2	0,082
2.4.2	2,31	737	321	0,45	39,9	385,1	±6,0	0,469	19	0,06155	1,6	0,083
2.5.1	3,16	222	116	0,54	12,3	390,0	±13	0,52	43	0,0624	3,5	0,081
2.5.2	1,63	804	296	0,38	43,6	388,1	±4,2	0,455	13	0,06205	1,1	0,085
2.6.1	1,15	1076	481	0,46	58,0	387,9	±3,6	0,479	9,2	0,06202	0,95	0,103
2.7.1	1,54	983	378	0,40	54,8	399,3	±4,0	0,486	10	0,0639	1	0,100
2.8.1	0,79	1976	1046	0,55	110,0	400,6	±2,7	0,491	5,5	0,06412	0,69	0,126
Риолит (пр. 2-1)												
2-1.1.1	0,11	782	294	0,39	42,1	391,1	±7,4	0,467	2,8	0,0626	2	0,711
2-1.2.1	0,00	856	284	0,34	44,7	380,1	±7,0	0,454	2,3	0,0607	1,9	0,824
2-1.3.1	0,08	953	365	0,40	51,0	389,4	±7,1	0,464	2,4	0,0623	1,9	0,796
2-1.4.1	0,00	768	249	0,34	40,9	388,3	±7,2	0,461	2,2	0,0621	1,9	0,862
2-1.4.2	0,00	495	149	0,31	26,8	394,1	±7,4	0,473	2,5	0,063	1,9	0,756
2-1.5.1	0,00	784	270	0,36	42,0	389,6	±7,2	0,477	2,2	0,0623	1,9	0,870
2-1.6.1	0,00	819	302	0,38	43,4	386,1	±7,1	0,46	2,3	0,0617	1,9	0,828
2-1.7.1	0,01	776	288	0,38	42,5	398,2	±7,3	0,483	2,2	0,0637	1,9	0,866
2-1.8.1	0,00	1074	421	0,41	57,6	390,9	±7,1	0,4658	2,1	0,0625	1,9	0,882
2-1.9.1	0,00	1012	376	0,38	54,1	388,9	±7,1	0,462	2,1	0,0622	1,9	0,884
Андезит (пр. 19, М-856)												
19_1.1	0,92	72	34	0,49	4,13	414,7	±7,4	0,462	11	0,0664	1,9	0,166
19_4.1	1,45	105	51	0,50	5,58	382,4	±7,0	0,466	13	0,0611	1,9	0,140
19_3.1	—	737	1030	1,44	41,4	409,3	±3,7	0,504	2,6	0,06555	0,94	0,354
19_5.1	0,49	283	125	0,46	17,8	454,5	±5,4	0,534	6	0,07304	1,2	0,208
19_6.1	0,59	114	68	0,62	5,89	375	±6,0	0,418	7,6	0,0599	1,6	0,217
19_7.1	0,47	808	132	0,17	47,8	427,5	±6,3	0,478	8,2	0,0686	1,5	0,186
19_7.2	0,95	250	204	0,84	13,2	381,7	±5,0	0,433	7,5	0,061	1,4	0,181
19_9.1	0,99	87	43	0,51	4,7	390,2	±7,0	0,44	12	0,0624	1,9	0,152
Андезит (пр. 19, М-1044)												
19_2.1	0,23	373	163	0,45	64,5	1179	±11	3,767	1,4	0,2007	0,99	0,712
19_4.1	1,14	177	36	0,21	12,1	486	±7,2	0,608	8,2	0,0783	1,5	0,187
19_5.1	2,04	195	56	0,29	59,5	1918	±19	5,79	2,7	0,3465	1,2	0,426
19_6.1	0,46	264	89	0,35	79,4	1928	±19	6,08	1,7	0,3487	1,1	0,656
19_8.1	0,81	226	115	0,52	61,3	1756	±17	4,807	2	0,3131	1,1	0,538
19_9.1	2,60	136	56	0,43	39,4	1827	±22	5,34	4,4	0,3277	1,4	0,314
19_10.1	0,51	168	92	0,57	53,7	2024	±22	6,35	2,4	0,3689	1,2	0,524
19_11.1	0,56	347	449	1,34	73,1	1404	±15	4,002	1,9	0,2434	1,2	0,631
19_12.1	3,27	94	30	0,33	5,12	385,1	±7,9	0,437	22	0,0616	2,1	0,097
19_13.1	4,49	59	24	0,42	3,16	374	±12	0,49	34	0,0598	3,2	0,096
19_14.1	4,20	71	34	0,50	4,01	396	±13	0,48	25	0,0633	3,4	0,135
Брекчия (пр. 3-1)												
3_1.5.1	1,62	561	210	0,39	22,2	285,3	±4,8	0,339	21	0,04526	1,7	0,123
3_1.9.1	1,19	1816	680	0,39	92,2	365,7	±3,2	0,436	5,2	0,05838	0,91	0,108
3_1.8.1	1,00	837	416	0,51	42,8	369,4	±4,0	0,444	9,5	0,05897	1,1	0,078
3_1.11.1	2,63	261	262	1,04	13,8	375,3	±7,1	0,41	27	0,0599	2	0,718
3_1.6.1	1,48	439	87	0,2	23,5	383,7	±9,6	0,46	11	0,0613	2,6	0,084
3_1.10.1	1,12	433	197	0,47	23,2	385,4	±6,3	0,441	19	0,0616	1,7	0,227
3_1.1.1	0,69	329	127	0,4	18,8	413,0	±5,5	0,477	11	0,06617	1,4	0,120

Номера точек	$^{206}\text{Pb}_c$, %	U, ppm	Th, ppm	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$, ppm	(1) Возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, млн лет		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ (1)	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ (1)	$\pm\%$	Коррел. ошибок
3_1.2.1	1,25	206	110	0,55	12,1	419,5	$\pm 7,8$	0,551	18	0,0672	1,9	0,117
3_1.7.1	0,84	266	208	0,81	15,8	425,7	$\pm 6,3$	0,523	13	0,0683	1,5	0,174
3_1.3.1	2,41	220	87	0,41	15	481,1	$\pm 8,3$	0,63	23	0,0775	1,8	0,091
3_1.4.1	0,3	300	150	0,52	61,7	1379	± 54	4,63	6	0,239	4,3	0,073
3_1.12.1	0,3	297	109	0,38	77,4	1705	± 17	4,97	2,5	0,3028	1,1	0,447
Брекчия (пр. 3-2)												
3_2.3.2	1,53	914	415	0,47	44,2	347,6	$\pm 4,4$	0,403	14	0,0554	1,3	0,065
3_2.3.1	1,59	318	86	0,28	14,4	327,0	± 10	0,389	24	0,052	3,2	0,081
3_2.2.2	3,32	158	63	0,41	8,09	361,0	± 11	0,38	41	0,0577	3,1	0,075
3_2.2.1	2,55	668	424	0,66	27	288,7	$\pm 5,4$	0,319	24	0,04581	1,9	0,130
3_2.1.1	2,18	452	315	0,72	21,8	344,4	$\pm 8,6$	0,34	39	0,0549	2,6	0,095
3_2.5.1	2,22	297	76	0,27	16,3	391,7	$\pm 7,6$	0,51	22	0,0626	2	0,761
3_2.6.1	0,31	792	425	0,55	43,3	396,6	$\pm 3,7$	0,476	4,7	0,06345	0,97	0,091
3_2.4.1	0,07	1717	1021	0,61	748	2642	± 17	14,17	1	0,5066	0,77	0,209
Брекчия (пр. 3609)												
3609_4.1	—	393	183	0,482	6,41	121	± 1	0,133	5,6	0,0190	1,2	0,2
_10.1	—	834	495	0,613	14,3	127	± 2	0,143	5,6	0,0199	1,4	0,2
_2.1	—	1043	705	0,699	17,9	127	± 1	0,136	3,9	0,0199	1,1	0,3
_7.1	2,27	796	628	0,815	14	130	± 2	0,141	7,3	0,0204	1,2	0,2
_1.1	0,22	493	226	0,473	21,5	320	± 4	0,364	3,1	0,0509	1,2	0,4
_3.1	0,13	328	111	0,350	16,7	372	± 4	0,451	2,4	0,0593	1,1	0,5
_5.1	—	847	408	0,497	47,1	404	± 4	0,495	1,5	0,0647	1,1	0,7
_9.1	0,28	760	476	0,646	42,7	408	± 5	0,499	2,3	0,0654	1,2	0,5
_8.1	0,13	0	0	0,469	0	459	± 7	0,550	3,8	0,0738	1,6	0,4
_6.1	0,18	796	204	0,265	57	516	± 6	0,666	1,8	0,0834	1,1	0,6

Примечание. Прочерк — содержание ниже предела чувствительности. Ошибки приведены для интервала 1σ . Pb_c и Pb^* указывают на обыкновенную и радиогенную составляющие. Ошибка калировки стандарта 0,5%. (1) — поправка на обыкновенный свинец введена по измеренному ^{204}Pb . Коррел. ошибок — корреляция ошибок при определении отношений $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U} - ^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$.

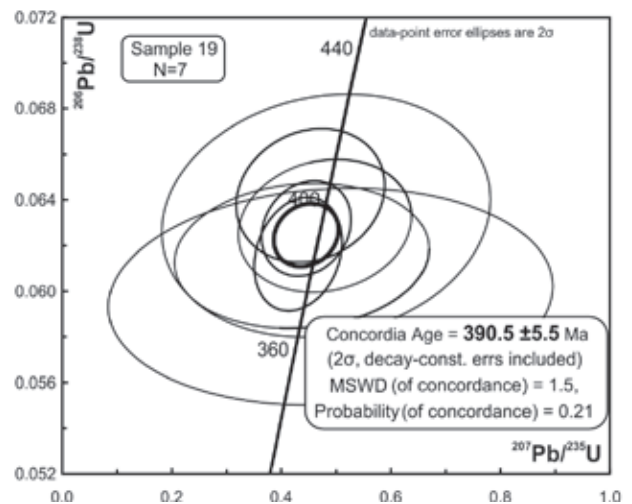
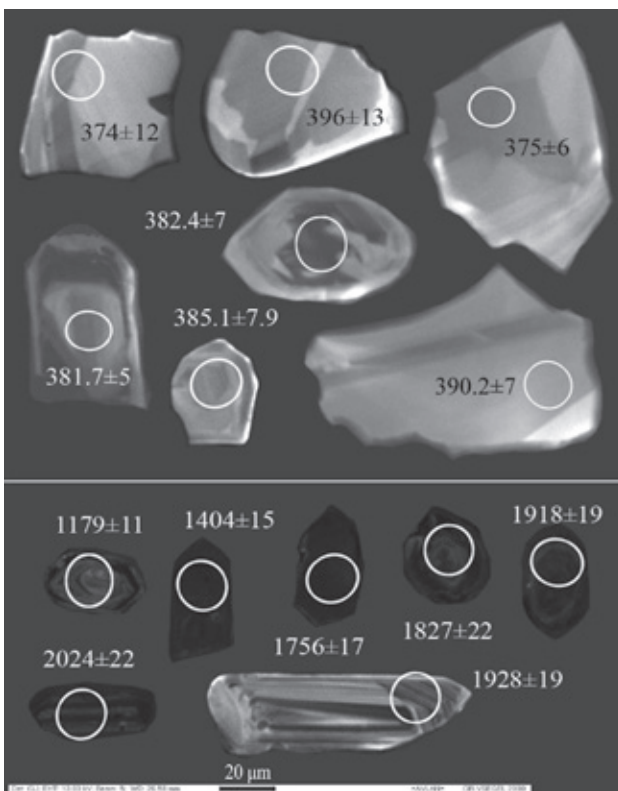


Рис. 7. Катодолуминесцентные изображения циркона с результатами определения возраста (млн лет) и U-Pb диаграмма с конкордией для циркона из глыбы андезитов в агломератных ксенобрекчиях (пр. 19)

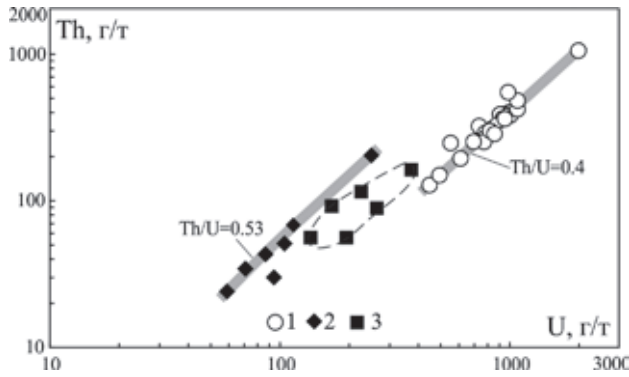


Рис. 8. Диаграмма содержаний Th и U в цирконе из вулканических пород

1 – из риолитов Чуриного массива (пробы 1, 2, 2-1);
2 – из андезитов глыб в агломератовых ксенотуфах (пр. 19);
3 – ксеногенный циркон с докембрийским возрастом из андезитов (пр. 19)

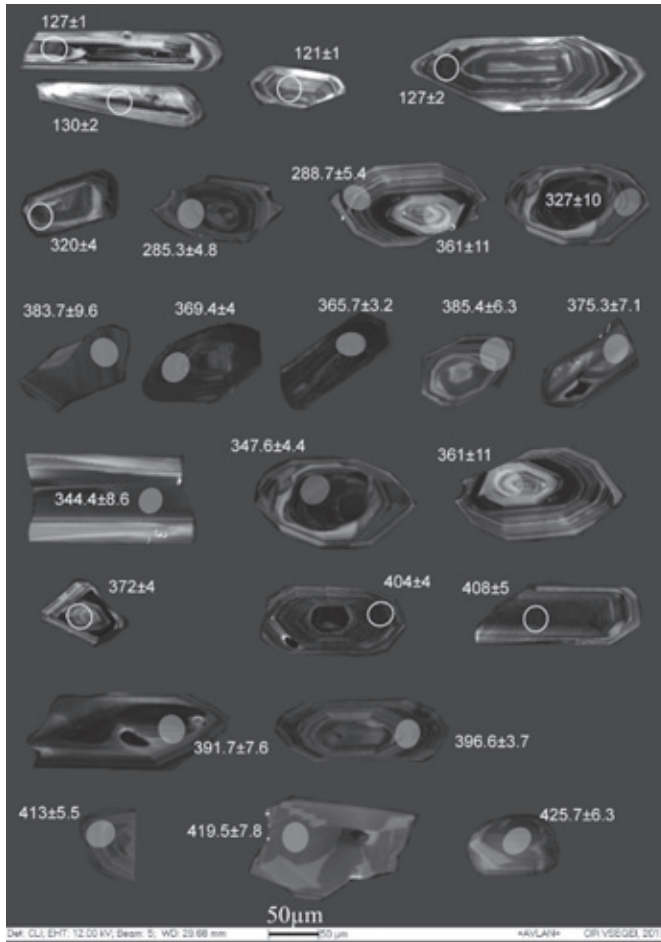


Рис. 9. Катодолюминесцентные изображения циркона с цифрами возраста в млн лет и U-Pb диаграммы для циркона из золотоносных брекчий (пробы 3-1, 3-2, 3609)

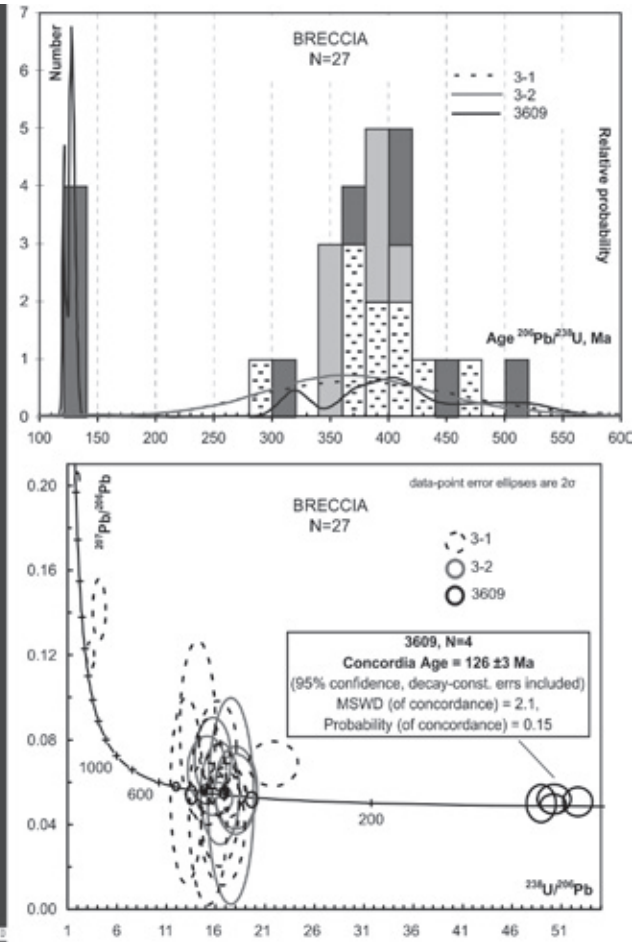


Рис. 10. Микровключения в цирконе с возрастом 127 ± 2 млн лет (пр. 3609)

1 – пепловый туф; 2 – вулканическое стекло

производные ювенильного мантийного источника ($\epsilon_{Nd}(T) = 4,4$, $\epsilon_{Sr}(T) = -2,78$) и размещаются в поле мантийной последовательности пород. В сравнении с ними ранне-среднедевонские дацит-порфиры Кульбичского золоторудного поля (пр. 103 [7]) слабо обогащены радиогенным стронцием ($\epsilon_{Sr}(T) = 7,92$). Значительно сильнее такое обогащение фиксиру-

ется в позднедевонских диорит-порфирах Новогирского рудного узла (пр. 7869, ($\epsilon_{Sr}(T) = 30,34$) [8]). В целом в девонских магматических породах заметна тенденция эволюции мантийного источника от типа PREMA к обогащенному источнику типа EM2 вследствие обогащения мантийного резервуара субдуцированными континентальными осадками.

**Изотопный состав Nd и Sr в субвулканических породах
сублиторудных полей Северо-Алтайского золоторудного пояса**

Номер пробы	Sm, г/т	Nd, г/т	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	$\epsilon_{Nd}(T)$	$T_{Nd}(DM)$	Rb, г/т	Sr, г/т	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	$\epsilon_{Sr}(T)$
19	3,30	15,7	0,1269	0,512684	4,4	821	87,7	374	0,6769	0,707642	-2,78
30-1	2,47	9,7	0,1531	0,512841	5,5	781	29,7	443	0,1937	0,704972	0,59
103	5,32	26,5	0,1212	0,512639	3,8	845	56,0	130	1,2471	0,711625	7,92
7869	3,35	15,9	0,1272	0,512548	1,6	1063	49,3	246	0,5795	0,709321	30,34

Примечание. В табл. 3 и на рис. 11: пр. 19 – андезит, участок Чуря; 30-1 – метабазальт дайковый и 103 – дацит-порфир субвулканический, месторождение Кульбич; 7869 – диорит-порфирит субвулканический, участок Гора Толстуха в Новофирсовском золоторудном узле.

Обсуждение результатов. Риолиты Чуринского субвулканического массива с возрастом 389–393 млн лет и близкие им по возрасту андезиты (390 млн лет) дайкообразных глыб в агломератовых ксенотуфах относятся к саганскому комплексу и образуют бимодальную ассоциацию с разрывом в кремнекислотности между 60 и 75% SiO₂. Андезиты принадлежат к известково-щелочной серии, в них отсутствует отрицательная Eu аномалия, по изотопному составу Nd и Sr они являются производными мантийного магматизма. Наличие магматических пород мантийного происхождения установлено и в других золоторудных полях Горного Алтая с золото-меднопорфировым и эпитегрмальным золото-серебряным оруденением [7, 8]. Присутствие в брекчиях и глыбах андезитов циркона с протерозойским и архейским возрастaми позволяет предполагать существование в девоне фрагментов докембрийской континентальной коры или продуктов ее переработки в фундаменте Алтайского орогена. Нельзя исключать и вероятность детритовой природы ксеногенного циркона.

Риолиты Чуринского массива содержат вкрапленники кварца с планарными структурами, свидетельствующими о мощных эксплозивных явлениях в подводящих каналах, результатом которых, видимо, являются брекчии в средней части субвулканического массива и его западном экзоконтакте. Планарные структуры – один из признаков возможной алмазносности брекчий, так как давление при образовании планарных структур в кварце оценивается в 6 ГПа и выше [12]. Брекчии содержат серебро-золоторудное оруденение, по характеру околорудных метасоматитов (адуляр-серицитовому) оно относится к низкосульфидизированному эпитегрмальному семейству [15]. В рядовых рудах участка Чуря, исключая ураганные содержания, отношение Au/Ag 1:2–1:28, среднее 1:10, на основании чего руды относятся к золотому минеральному типу.

Формирование наиболее богатых руд в эксплозивных брекчиях Чуринского участка связано с распадом коллоидных растворов, которые могли трансформироваться из истинных растворов при мощных эксплозивных процессах, сопровождавшихся резким падением температуры и давления. При коагуляции коллоидов формировались гели, кристаллизация которых приводила к выпадению рудных компонентов и сопровождалась их дегидратацией. Зоны непрозрачного кварца, сложенные шаровидными обособлениями и тонкозернистыми агрегатами, наиболее перспективны на золотое оруденение. Зоны гребчатого кварца, кристаллизу-

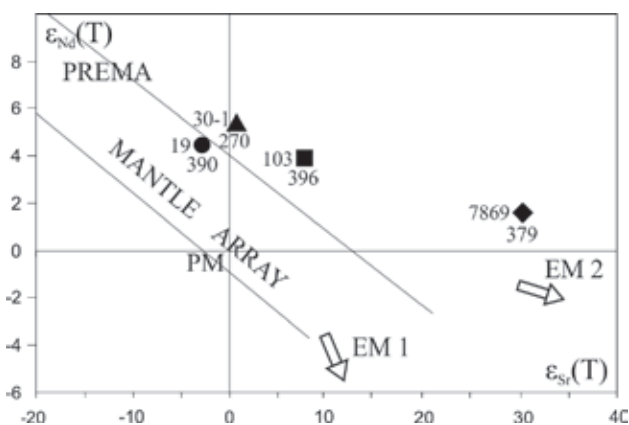


Рис. 11. Диаграмма изотопного состава Nd и Sr в субвулканических породах

Исходные данные в табл. 3. Слева от точки указан номер пробы, внизу – возраст в млн лет (SHRIMP II). При расчете первичных изотопных отношений и величин $\epsilon_{Nd}(T)$ и $\epsilon_{Sr}(T)$ (табл. 3) применялись следующие значения: для CHUR ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 0,512638; ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd 0,1967, для UR ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 0,7045; ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 0,0827. Область MANTLE ARRAY и положение резервуаров PREMA, EM1 и EM2 по [24]

ющегося из «отработанного» раствора, большей частью безрудные.

Подобная адуляр-серицитовая эпитегрмальная золото-серебряная минерализация характерна для субвулканических тел в связи с рифтогенными зонами растяжения. На малых глубинах вокруг магматических тел формируется циркулирующая гидротермальная система с доминированием метеорных вод [15]. При этом рудоносные субвулканические породы кислого состава относятся к бимодальным магматическим сериям. Магматические образования саганского вулканического комплекса севернее участка Чуря (Байгольский ареал) имеют геохимические признаки адакитовых пород. С адакитами часто ассоциируют золото-меднопорфировые рудномагматические системы, сменяющиеся вверх по разрезу эпитегрмальными золото-серебряными. Учитывая присутствие в составе среднедевонского саганского вулканического комплекса адакитовых пород, признаков золото-медно-порфирового и эпитегрмального оруденения, перспективы на промышленное золотооруденение в связи с магматизмом этого возрастного уровня весьма благоприятны.

Серебро-золоторудное оруденение на участке Чуря, судя по результатам изучения возраста циркона, полихронное. Эксплозивные брекчии содер-

жат циркон более молодого (от раннего карбона до раннего мела) возраста, чем риолиты среднедевонского Чуринского интрузива. Самый молодой циркон в брекчиях выделен из обломков пород, вероятно, привнесенных газовой-флюидными потоками из глубины в результате взрывных выбросов, происходивших в позднекеммерийскую эпоху тектономагматической активизации. На основании включений вулканического стекла и пеплового материала в цирконе мелового возраста можно предполагать, что рост этих кристаллов происходил в газовой-флюидной среде непосредственно в процессе формирования брекчий в результате взрывных процессов при взаимодействии подземных вод с магмой. В Горном Алтае магматизм мелового возраста пока не установлен, близкие по возрасту магматические образования, содержащие меловой циркон, известны в Тыве в брекчиях Карасугского флюорит-барит-редкоземельного месторождения [2]. Этот временной диапазон (120 ± 10 млн лет) наиболее продуктивен для золоторудной минерализации на северо-востоке России и в Китае (колымская и яньшанская металлогенические эпохи) [21]. Яньшанская активизация связана с крупным суперплюмовым событием, зафиксированным не только в Восточной Азии, но и в Западной Австралии, на западе Северной Америки, в Западной Европе и в других регионах. С главной фазой яньшанской активизации с возрастом 135–115 млн лет в Китае связано формирование золотопродуктивных эпитепидальных, порфирировых, скарновых и других рудномагматических систем [21].

В случае с Чуринским рудопроявлением очевидно, что в мезозое в результате фреатомагматических процессов могли происходить регенерация девонской вулканогенной серебро-золоторудной минерализации и ее повторная концентрация. Золоторудное проявление Чурия относится к морфологическому типу минерализованных трубок взрыва, и его основные перспективы связаны с возможным бананцевым характером и значительной протяженностью оруденения на глубину.

1. Айлер Р. Химия кремнезема: растворимость, полимеризация, коллоидные и поверхностные свойства, биохимия. В 2-х частях. — М.: Мир, 1982. — 1127 с.

2. Болонин А.В., Никифоров А.В., Лыхин Д.А. и др. Чайлюхемское флюорит-барит-стронций-редкоземельное карбонатитовое рудопроявление (Западный Саян) // Геология рудных м-ний. 2009. Т. 51. № 1. — С. 20–37.

3. Вартамян С.С., Щепотьев Ю.М., Зайцев А.И. и др. Золоторудные месторождения нетрадиционных типов — основа укрепления сырьевой базы в районах золотодобычи Алтая // Руды и металлы. 2006. № 3. — С. 5–13.

4. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. — Томск: СТУ, 2003. — 307 с.

5. Гусев Н.И., Курьянович В.Г. Вулканогенное золото-серебряное оруденение на северо-востоке Горного Алтая // Актуальные проблемы региональной геологии Сибири (стратиграфия, тектоника, палеогеография, минерагения): Тез. докл. научно-практ. совещания. — Новосибирск: СНИИГГиМС, 1992. — С. 159.

6. Гусев Н.И., Гусев А.И. Золотогенерирующие рудномагматические системы Горного Алтая // Руды и металлы. 1998. № 2. — С. 67–78.

7. Гусев Н.И., Шокальский С.П., Гусев А.И. Магматизм месторождения Кульбич и прогноз меднопорфирирового оруденения в Горном Алтае // Природные ресурсы Горного Алтая: бюллетень. 2010. № 1 (12). — С. 5–24.

8. Гусев Н.И., Шокальский С.П., Гусев А.И. Возраст магматизма (U-Pb, SHRIMP II), контролирующего эпитепидальное оруденение Новофирсовского золоторудного узла (Алтай) // Регион. геология и металлогения. 2011. № 45. — С. 98–105.

9. Котельников Е.И., Котельников Е.Е. Палеовулканические структуры западной части Горной Шории и компьютерный прогноз золоторудных месторождений // Регион. геология и металлогения. 2006. № 29. — С. 100–109.

10. Крук Н.Н., Бабин Г.А., Крук Е.А. и др. Петрология вулканических и плутонических пород Уйменско-Лебедского ареала, Горный Алтай // Петрология. 2008. Т. 16. № 5. — С. 548–568.

11. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические импактные образования. Изд. 2-е. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. — 200 с.

12. Родин Р.С., Качева Т.Ф. Фреато-криптовулканические процессы — еще один источник алмазообразования // Геология и минерагения Сибири: Сб. науч. тр. — Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. — С. 101–110.

13. Семенов Б.Г. Структура рудного поля участка «Брекчия» в Горном Алтае // Природные ресурсы Горного Алтая: бюллетень. 2005. № 2(4). — С. 75–78.

14. Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г. и др. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. — Новосибирск: СО РАН, филиал «Гео», 2000. — 187 с.

15. Corbett G.J., Leach T.M. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization // Econ. Geol. Spec. Publ. 1998. Vol. 6. — P. 11–30.

16. Defant M.J., Drummond M.S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere // Nature. 1990. Vol. 347. N 6294. — P. 662–665.

17. Frimmel H.E. Earth's continental crustal gold endowment // Earth and Planet. Sci. Lett. 2008. Vol. 267. — P. 45–55

18. Hastie A.R., Kerr A.C., Pearce J.A., Mitchell S.F. Classification of altered arc volcanic island rocks using immobile trace elements: development of the Th-Co discrimination diagram // J. of Petrol. 2007. Vol. 48. — P. 2341–2357.

19. Kesler S.E., Wilkinson B.H. Resources of gold in Phanerozoic epithermal deposits // Econ. Geol. 2009. Vol. 104. — P. 623–633.

20. Pearce J.A. A user's guide to basalt discrimination diagrams // Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration / D.A. Wyman (ed.). — Geological Association of Canada, Short Course Notes, 1996. 12. — P. 79–113.

21. Pirajno F., Ernst R.E., Borisenko A.S. et al. Intraplate magmatism in Central Asia and China and associated metallogeny // Ore Geology Rev. 2009. Vol. 35. — P. 114–136.

22. Sun S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Geol. Soc. Special Publ. 1989. N 42. — P. 313–345.

23. Williams I.S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe // Rev. in Econ. Geol. 1998. N 7. — P. 1–35.

24. Zindler A., Hart S.R. Chemical geodynamics // Ann. Rev. Earth and Planet. Sci. 1986. Vol. 14. — P. 493–571.

Гусев Николай Иванович — зав. отделом, ВСЕГЕИ. <nikolay_gusev@vsegei.ru>.

Гусев Анатолий Иванович — доктор геол.-минер. наук, профессор Бийского пед. ун-та. <anzerg@mail.ru>.

Шокальский Сергей Павлович — канд. геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ. <sergey_shokalsky@vsegei.ru>.

Кашин Сергей Васильевич — кандидат геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <sergey_kashin@vsegei.ru>.

Ларионов Александр Николаевич — ст. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <alexander_larionov@vsegei.ru>.

Толмачева Елена Васильевна — канд. геол.-минер. наук, ст. науч. сотрудник, ИГГД РАН.