

УДК 552.3: 553.411 (571.55)

DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-1-106-118

Петрогеохимия и условия формирования мезозойских вулканоплутонических образований Балейского рудного узла

Б. Н. Абрамов

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а, а/я 521,
e-mail: b_abramov@mail.ru

Поступила в редакцию 20.12.2018 г., принята к печати 01.04.2019 г.

Объект исследований. Вулканоплутонические образования (ВПО) Балейского рудного узла (БРУ), состоящие из интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса ($J_{2,3}$) и комагматических им эффузивов шадаронской серии ($J_{2,3}$). *Методы.* Анализы выполнены в аналитическом центре Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ). Силикатные анализы проведены стандартным методом. Рудные и редкие элементы определены РФА методом, редкоземельные элементы – ASP-AES методом. *Результаты.* Определено, что ВПО БРУ имеет зональное строение. В центральных частях БРУ расположены гранитные штоки амуджикано-шахтаминского комплекса ($J_{2,3}$). Далее по мере продвижения от центральных частей БРУ к периферии развит пояс малых интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса (штоки монзонито-диоритов, гранодиоритов, дайки диоритовых порфиритов, лампрофиров). К этой зоне приурочено большинство месторождений и рудопроявлений золота. В периферийных частях БРУ развиты вулканогенно-осадочные отложения шадаронской серии ($J_{2,3}$). По составу они соответствуют островодужным и постколлизийным образованиям, интрузии амуджикано-шахтаминского комплекса принадлежат высококальциевой известково-щелочной серии. *Заключение.* Магматические расплавы мезозойских рудоносных интрузий, расположенных в районе Балейского месторождения, относительно пород такого же состава в других частях БРУ более дифференцированы и формировались на меньших глубинах. Сходные особенности геохимического состава пород БРУ свидетельствуют о том, что они, вероятнее всего, имели единые источники образования.

Ключевые слова: Балейские вулканоплутонические образования, магматический очаг, островодужная и постколлизийная обстановки

Petrogeochemistry and forming conditions of the Mesozoic volcanoplutonic formations in the Baleisky ore node

B. N. Abramov

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, 16a Nedorezov st. Chita, 672014 Russia, e-mail: b_abramov@mail.ru

Received 20.12.2018, accepted 01.04.2019

Research subject. In this research, volcanoplutonic formations (VPF) in the Baleisky ore node (BON) consisting of intrusions of the Amudzhikan-Shakhtama complex ($J_{2,3}$) and comagmatic effusions of the Shadaron series ($J_{2,3}$) were investigated. *Methods.* Investigations were carried out in the analytical center of the SB RAS Geological (Ulan-Ude). Silicate analysis was performed by the conventional method. Ore and rare elements were determined by the RFA method. Rare earth elements were detected using the ASP-AES method. *Results.* It was determined that VPF in the BON has a zonal structure. In the central parts of the BON, granite rods of the Amudzhikan-Shakhtama complex ($J_{2,3}$) are located. Further, moving from the central BON parts towards its periphery, a belt of small intrusions of the Amudzhikan-Shakhtama complex (stocks of monzonite diorites, granodiorites, dikes of diorite porphyrites, lamprophyres) is located. The majority of gold deposits and ore occurrences are confined to this zone. The peripheral parts of the BON feature volcanogenic sedimentary deposits of the Shadaron series ($J_{2,3}$). In composition, these deposits correspond to island-arc and post-collisional formations. It is shown that the intrusions of the Amudzhikan-Shakhtama complex correspond to high-potassium calc-alkaline series. *Conclusions.* It was found that the magmatic melts of the Mesozoic ore-bearing intrusions located in the Baleisky deposit area are more differentiated and located at lower depths compared to the rocks of similar composition in other BON parts.

Keywords: Baley volcanoplutonic formations, magma chamber, island-arc and post-collisional environments

Для цитирования: Абрамов Б.Н. (2020) Петрогеохимия и условия формирования мезозойских вулканоплутонических образований Балейского рудного узла. *Литосфера*, 20(1), 106–118. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-1-106-118

For citation: Abramov B.N. (2020) Petrogeochemistry and forming conditions of the Mesozoic volcanoplutonic formations in the Baleisky ore node. *Litosfera*, 20(1), 106–118. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-1-106-118

ВВЕДЕНИЕ

В пределах Балейского рудного узла находится значительное число разновозрастных золоторудных месторождений разных формационных типов, однако основное промышленное значение имеют раннемеловые месторождения малоглубинной золотосеребряной формации (Балейское, Тасеевское) (Балейское рудное поле, 1984). Месторождения золота золотокварцевой и золотосульфидно-кварцевой формаций, образованные в средне-позднеюрское время, по запасам соответствуют среднемасштабным (Средне-Голготайское, Андрушкинское, Верхне-Алиинское и др.) (рис. 1).

Минералого-геохимическим особенностям и физико-химическим условиям образования золотого оруденения Балейского рудного узла посвящены многочисленные публикации. Петрогеохимические особенности рудоносных магматических комплексов, слагающих эту структуру, изучены значительно слабее. Установлено лишь, что формирование золоторудных месторождений БРУ охватывает период от средней юры до раннего мела.

Вопросы геодинамического развития района во многом еще дискуссионны и требуют дальнейших исследований. По данным одних авторов, в юрско-меловое время территория Балейского района прошла коллизионные и постколлизионные стадии развития в результате столкновения Сибирского и Монголо-Китайского континентов на рубеже средней-ранней юры (Зорин и др., 1998; Гордиенко, 1999; Спиридонов и др., 2006). Другие исследователи считают, что в позднеюрско-раннемеловой временной период территория испытывала влияние горячей точки и обусловленный этим внутриплитный рифтогенез и магматизм (Зоненшайн и др., 1990; Корольков, 2011). А.Т. Корольковым в БРУ была выделена Ундинская купольная структура (Корольков, 2011).

Характерной особенностью геологического строения Балейского рудного района является тесная пространственно-временная связь между вулканогенно-осадочными отложениями шадаронской серии и субвулканическими интрузиями амуджикано-шахтаминского комплекса. Рассмотрим петрогеохимические особенности магматических образований, расположенных в разных частях БРУ, что важно для выявления особенностей формирования месторождений золота, тесно ассоциирующих с субвулканическими интрузиями.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Аналитические исследования проводились в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ). Для определения элементного состава пород использовался рентгенофлуоресцентный метод (спектрометр ЭДПС-1, аналитик Б.Ж. Жалсараев). Содержание редкоземельных элементов установлено ИСР-

АЕС-методом (атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой). Средство измерения – атомно-эмиссионный спектрометр OPTIMA 2000 DV фирмы PerkinElmer (аналитики Л.А. Левантуева Т.И. Казанцева, А.А. Цыренова). Содержание петрогенных компонентов определялось стандартным методом “мокрой” химии.

ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД БАЛЕЙСКОЙ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Вулканоплутонические образования Балейского рудного узла имеют зональное строение. В центральных частях БРУ расположены гранитные штоки амуджикано-шахтаминского комплекса, вытянутые цепочкой в северо-восточном направлении. Далее, по мере продвижения к периферии, широко развиты субвулканические интрузии рассматриваемого комплекса (пояс малых интрузий), представленные штоками монцонито-диоритов, гранодиоритов, дайками диоритовых порфиритов, лампрофиров. К этой зоне приурочено большинство месторождений и рудопроявлений золота. В периферийных частях БРУ развиты вулканогенно-осадочные отложения шадаронской серии ($J_{2,3}$) (см. рис. 1).

Тектоника района характеризуется блоковым строением. Впадины грабен-синклиналей БРУ расположены в узлах пересечения крупных тектонически ослабленных зон. К числу основных структурных элементов относятся зоны глубинных нарушений северо-восточного и северо-западного направлений. Крупнейшие из них – Борщовочный разлом северо-восточного простирания, являющийся составной частью Монголо-Охотского линейамента, и Балейско-Дарасунский глубинный разлом северо-западного простирания – часть Анабаро-Хангилайского линейамента (Перцев и др., 2000). Существование этих разломов определило развитие серии оперяющих разрывных нарушений, простирание которых совпадает с ориентировкой этих главных структур. Основная часть золоторудных месторождений БРУ приурочена к узлам пересечений этих разломов. Борщовочный разлом, например, представлен зоной дробленых милонитизированных пород мощностью до нескольких десятков метров. Кроме разломов северо-восточного и северо-западного простирания выделяются также и меридиональные рудовмещающие разломы.

Для выяснения петрохимических и геохимических особенностей состава пород был проанализирован материал из различных частей рассматриваемой площади. В центральной части структуры исследованы основные интрузивные и эффузивные разновидности пород из района Средне-Голготайского и Андрушкинского золоторудных месторождений, в периферийной зоне – из Балейского и Верхне-Алиинского золоторудных месторождений (табл. 1).

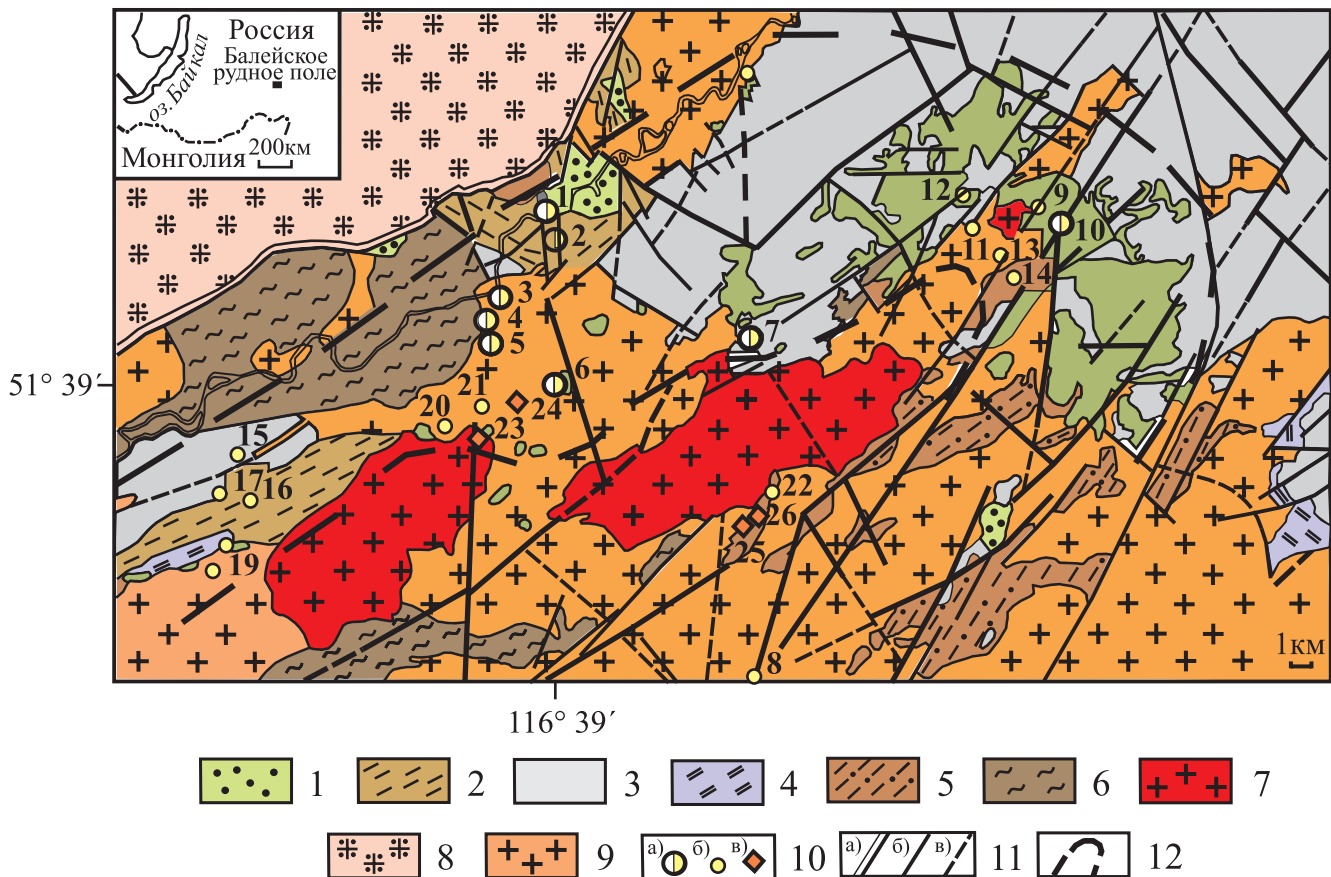


Рис. 1. Схема геологического строения Балейской вулканоплутонической структуры (построена с использованием данных И.М. Адельсона, 1988 г.).

1 – каменная толща (K_1): конгломераты с прослоями песчаников; 2 – юрские осадочные отложения даинской, тергенской и глушковской свит ($J_{2,3}$): конгломерато-брекчии, конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты; 3 – шадаронская серия ($J_{2,3}$): андезиты, андезито-базальты, трахиандезиты и их брекчии, туфы, туфоконгломераты, туфопесчаники, туфоалевролиты; 4 – икагийская свита (J_1): алевролиты и аргилиты с прослоями песчаников; 5 – газимурская свита (C_1): алевролиты, аргиллиты, песчаники, известняки; 6 – джорольская свита (AR_2): кристаллические сланцы, гнейсы, амфиболиты, мрамор, кварциты; 7 – амуджикано-шахтаминский комплекс ($J_{2,3}$): граниты, силы и штоки дацитов, граносиенит-порфиров, диоритовых порфиров, монзонито-диоритов, габброиды; 8 – борщовочный комплекс (J_2) – гранитоиды; 9 – ундинский комплекс (PZ_3): гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, диориты, габбро; 10 – месторождения золота (а), рудопроявления золота (б), рудопроявления молибдена (в): 1 – Балейское, 2 – Тасеевское, 3 – Сосновское, 4 – Майское, 5 – Ксачихинское, 6 – Средне-Голготайское, 7 – Андриюшкинское, 8 – Фатимовское, 9 – Кольчихинское, 10 – Верхне-Алиинское, 11 – Рябоконь, 12 – Мунгинское, 13 – Ново-Мунгинское, 14 – Глазкинское, 15 – Сарбактуйское I, 16 – Сарбактуйское II, 17 – Крестовка, 18 – Становое, 19 – Шивиинское, 20 – Новое, 21 – Верхне-Дутулурское, 22 – Петровское, 23 – Лутушное, 24 – Дутулурское, 25 – Студенческое, 26 – Верхне-Голготайское, 27 – Оноховское; 11: а – зона милонитов борщовочного комплекса, б – тектонические нарушения, в – предполагаемые тектонические нарушения, 12 – пояс малых интрузий с золоторудными месторождениями и рудопроявлениями.

Fig. 1. Scheme of the geological structure of the Baleysky volcanoplutonic structure (adopted from I.M. Adelson, 1988).

1 – Kamenskaya strata (K_1): conglomerates with Sandstone interlayers; 2 – Jurassic sediments of the Dainsky, Tergensky and Glushkovsky fms ($J_{2,3}$): conglomerate-breccias, conglomerates, gravelites, sandstones, siltstones; 3 – Shadaronky series ($J_{2,3}$): andesites, andesite-basalts, trachyandesites and their breccias, tuffs, tuff-conglomerates, tuff-sandstones, tuff-aleurolites; 4 – Ikaigiisk Formtion (J_1): aleurolites and argilites with sandstone interlayers; 5 – Gazimur Fm (C_1): aleurolites, mudstones, sandstones, limestones; 6 – Dzhorolsk Fm (AR_2): schist, gneiss, amphibolites, marble, quartzite; 7 – Amudzhikano-Shakhtaminsky complex: granites, forces and stocks of dacites, granosyenite porphyries, diorite porphyrites, monzonite diorites, gabbroids; 8 – Borshchovochny complex (J_2) – granitoids; 9 – Undinsky complex (PZ_3): granite-porphry, granodiorite-porphry, diorite, gabbro; 10 – gold deposits (a), gold ore occurrences (б), molybdenum ore occurrences (в): 1 – Baleyskoe, 2 – Taseyevskoe, 3 – Sosnovskoe, 4 – Mayskoe, 5 – Ksachikhinskoe, 6 – Sredne-Golgotayskoe, 7 – Andryushkinskoe, 8 – Fatimovskoe, 9 – Kolchikhinskoe, 10 – Verkhne-Aliinskoe, 11 – Ryabokon', 12 – Munginskoe, 13 – Novo-Munginskoe, 14 – Glazkinskoe, 15 – Sarbaktuiskoe I, 16 – Sarbaktuiskoe II, 17 – Krestovka, 18 – Stanovoy, 19 – Shiviinskoe, 20 – Novoe, 21 – Verkhne-Dutulurskoe, 22 – Petrovskoe, 23 – Lutoshnoye, 24 – Duturul'skoe, 25 – Students', 26 – Verkhne-Golgotayskoe, 27 – Onokhovskoe; 11: a – zone of milonites of the Borshchovochny complex, б – tectonic disturbances, в – alleged tectonic disturbances, 12 – belt of small intrusions with gold deposits and ore occurrences.

Таблица 1. Содержание петрогенных окислов (мас. %) и редких элементов (г/т), в эффузивах и интрузивных породах БРУ

Table 1. The content of petrogenic oxides (wt %) and rare elements (ppm) in effusive and intrusive rocks of BON

Компонент	Образцы									
	504	504-1	489	489-1	684	684-1	685	498	532-1	532-2
SiO ₂	69.30	70.20	69.00	69.00	71.00	69.60	70.50	63.2	61.4	68.6
TiO ₂	0.53	0.52	0.62	0.61	0.28	0.32	0.32	0.52	0.51	0.61
Al ₂ O ₃	13.90	14.10	14.40	14.00	15.10	15.50	15.60	15.80	14.40	18.20
Fe ₂ O ₃	0.67	1.10	0.64	0.78	0.77	0.74	0.69	0.62	1.56	1.06
FeO	2.08	2.00	2.16	1.84	1.33	1.48	1.52	3.92	3.08	1.24
MnO	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.01	0.01
MgO	1.48	1.56	1.66	1.49	0.57	0.89	0.80	3.58	1.10	1.54
CaO	1.62	1.87	2.09	1.83	0.92	1.02	1.02	3.98	6.45	0.80
Na ₂ O ₃	3.67	3.60	3.39	3.88	4.54	4.86	4.75	3.56	0.11	0.05
K ₂ O	4.70	2.63	4.55	4.58	3.98	3.92	4.00	3.44	0.50	0.36
P ₂ O ₅	0.18	0.14	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.22	0.22	0.27
П.п.п.	1.19	1.38	1.08	1.06	0.79	0.74	0.90	1.33	10.16	7.34
∑	99.33	99.10	99.79	99.28	99.49	99.28	100.3	99.3	99.5	100.1
Zn	66	68	40	33	79	52	35	23	36	51
As	490	50	110	100	400	220	105	12	2680	690
Pb	44	47	65	61	27	36	19	24	19	13
Rb	170	160	190	200	127	110	109	140	320	22
Sr	350	360	410	360	780	920	940	117	103	53
Zr	260	290	280	280	160	145	150	110	190	230
Nb	18	20	18	18	12	6.4	7	15	10	11
Sn	10	6.9	4.4	8.1	1.8	–	1.8	1.7	9	3
Sb	5.7	2.9	3.1	5.4	–	–	–	3.5	25	2
Ba	650	640	660	580	800	1000	1030	680	550	31
La	51.20	39.60	41.80	40.30	27.7	28.3	29.0	23.5	44	31.5
Ce	109.0	90.50	103.0	95.60	66.2	71.6	74.0	50	84.8	67.3
Pr	9.70	7.95	10.00	8.80	6.3	6.8	7.0	4.3	8.9	6.7
Nd	32.00	26.80	37.00	31.50	21.5	22.3	22.8	16.1	31.30	23.7
Sm	5.10	4.50	6.40	5.40	3.94	4.2	4.2	2.90	5.20	4.00
Eu	0.58	0.51	0.81	0.64	0.84	1.01	1.03	0.49	0.90	0.61
Gd	3.70	2.60	4.30	3.40	2.15	2.4	2.45	2.20	3.10	2.50
Tb	0.43	0.42	0.52	0.47	<0.5	<0.5	<0.5	0.40	0.40	0.40
Dy	2.20	1.80	2.70	2.30	1.7	1.5	1.6	1.60	1.70	1.40
Ho	0.42	0.35	0.53	0.48	<0.5	0.5	<0.5	0.35	0.30	0.26
Er	1.20	0.99	1.50	1.26	0.8	0.7	0.75	0.93	0.76	0.71
Tm	0.18	0.12	0.18	0.17	<0.3	<0.3	<0.3	0.13	0.11	0.12
Yb	1.10	0.84	1.30	1.00	0.8	0.67	0.69	0.70	0.63	0.52
Lu	0.17	0.14	0.18	0.15	0.17	<0.15	<0.15	0.13	0.11	0.08
Y	13.40	10.70	16.30	13.30	9.0	8.1	8.1	10.5	7.80	7.70
∑TR	230.4	187.8	226.5	204.8	138.4	148.6	153.0	114.2	189.7	147.5
(La/Yb) _n	32.30	32.72	22.33	27.97	24.06	29.61	28.88	23.28	48.40	42.02
Eu/Eu*	0.39	0.41	0.34	0.43	0.88	0.97	0.98	0.57	0.89	0.55
Eu/Sm	0.11	0.11	0.13	0.12	0.21	0.24	0.24	0.17	0.17	0.15
Rb/Sr	0.48	0.44	0.46	0.55	0.16	0.12	0.12	1.20	3.11	0.41
ASI	0.95	1.18	0.99	0.95	1.13	1.10	1.12	0.57	0.26	0.49

Таблица 1. Продолжение

Table 1. Continuation

Компонент	Образцы									
	683	800	800-1	801	435	435-1	435-4	437-1	438-2	681
SiO ₂	47.00	53.50	55.20	48.70	66.00	66.00	59.30	61.2	52.20	55.50
TiO ₂	1.68	1.22	1.16	1.11	0.50	0.55	0.81	0.26	1.00	1.17
Al ₂ O ₃	8.40	17.00	17.40	18.40	17.05	16.50	14.00	16.30	13.85	15.60
Fe ₂ O ₃	2.00	2.48	2.07	1.98	0.50	0.36	1.22	5.93	1.15	2.33
FeO	9.01	5.60	5.98	7.95	3.08	3.20	2.14	0.86	5.97	4.33
MnO	0.21	0.18	0.17	0.24	0.02	0.04	0.06	0.02	0.11	0.12
MgO	11.65	2.75	2.83	4.11	1.12	1.05	5.58	3.38	6.86	4.75
CaO	11.47	6.17	6.08	7.00	3.36	3.79	4.73	0.56	6.54	6.22
Na ₂ O ₃	1.80	3.61	3.69	2.68	3.52	3.70	4.16	1.00	3.27	3.94
K ₂ O	2.82	2.43	2.10	2.90	3.46	3.01	3.40	0.05	2.72	3.83
P ₂ O ₅	1.23	0.28	0.27	0.29	0.17	0.18	0.30	1.26	0.31	0.79
П.п.п.	2.16	4.04	3.36	4.40	1.14	1.20	3.78	2.82	6.12	1.64
∑	99.43	99.26	100.3	99.76	100.0	99.58	99.48	93.64	100.1	100.2
Zn	89	71	110	98	64	71	63	29	81	59
As	580	–	–	–	170	69	290	14200	–	1040
Pb	8	20	68	47	22	22	37	50	34	40
Rb	130	110	94	110	93	160	87	10	78	100
Sr	530	624	664	520	637	710	216	236	615	1250
Zr	300	122	140	105	180	210	150	111	173	290
Nb	21	19	17	12	12	11	11	3.1	11	13.7
Sn	2.4	4.6	3.1	5.4	–	1.7	8.8	68	–	2.4
Sb	3	8.5	6	5.1	–	1	3	29	3.9	–
Ba	1060	630	625	650	1230	1210	590	11	740	1300
La	138.0	46.3	43.4	28.8	36.70	26.20	43.50	2.1	25.80	92.80
Ce	348.0	122.0	113.5	92.5	70.00	53.00	88.40	<4.0	53.40	203.0
Pr	40.20	16.1	15.3	13.2	5.70	5.30	8.40	<2.0	5.00	22.70
Nd	160.0	70.1	68.0	70.8	22.40	19.25	29.70	<2.0	22.40	82.70
Sm	29.90	15.1	15.9	18.05	3.70	3.10	5.20	<1.0	4.10	15.00
Eu	3.05	1.95	1.82	2.34	0.61	0.50	1.00	0.06	0.93	3.03
Gd	17.9	11.2	12.0	14.8	2.30	1.60	3.15	<1.0	3.70	8.40
Tb	2.75	1.64	1.71	2.2	0.39	0.38	0.43	<0.4	0.39	1.10
Dy	11.2	10.7	11.3	14.0	1.40	1.30	2.10	<0.5	2.30	5.00
Ho	2.06	2.05	2.14	2.6	0.27	0.24	0.40	<0.2	0.40	0.89
Er	4.5	6.0	6.05	7.4	0.77	0.69	1.10	<0.5	1.20	2.00
Tm	0.70	0.82	0.78	0.98	0.10	0.10	0.16	<0.1	0.18	0.27
Yb	3.60	5.3	4.9	6.1	0.58	0.55	0.88	0.22	0.98	1.70
Lu	0.54	0.57	0.53	0.66	0.08	0.10	0.13	<0.1	0.15	0.27
Y	79.30	52.4	48.2	69.8	8.00	7.00	11.80	2.0	13.20	22.60
∑TR	841.7	362.2	345.5	344.23	153.0	119.3	196.4	–	134.1	461.5
(La/Yb) _n	26.57	8.29	6.15	3.27	43.93	33.00	34.27	–	18.02	37.68
Eu/Eu*	0.40	0.46	0.40	0.44	0.60	0.62	0.70	–	0.72	–
Eu/Sm	0.10	0.13	0.11	0.13	0.16	0.16	0.19	–	0.23	0.20
Rb/Sr	0.24	0.18	0.14	0.40	0.15	0.22	0.40	0.04	0.13	0.08
Mg#	0.63	0.30	0.33	0.40	0.37	0.35	0.91	0.66	0.67	0.70

Таблица 1. Окончание

Table 1. Ending

Компонент	Образцы								
	688	692	491	491-1	674-1	674-3	675	812	817
SiO ₂	64.90	66.30	55.30	62.80	58.20	64.50	60.40	54.90	56.40
TiO ₂	0.59	0.47	0.63	0.77	0.80	0.92	0.75	0.60	0.40
Al ₂ O ₃	15.80	15.80	13.70	13.60	14.60	16.90	14.80	19.80	19.10
Fe ₂ O ₃	0.98	0.87	0.48	0.94	2.42	0.75	1.10	5.33	4.67
FeO	3.39	2.42	5.11	4.56	4.25	5.07	5.27	3.94	4.19
MnO	0.06	0.07	0.15	0.12	0.14	0.11	0.16	0.02	0.02
MgO	3.25	2.67	8.86	4.53	5.96	1.96	5.96	4.02	4.01
CaO	2.47	0.92	10.00	5.63	5.41	2.11	3.48	1.40	1.39
Na ₂ O ₃	4.04	4.58	3.10	3.14	3.50	2.37	4.09	0.64	0.67
K ₂ O	3.30	3.41	0.44	2.66	1.23	3.93	2.13	0.01	0.01
P ₂ O ₅	0.25	0.20	0.24	0.29	0.31	0.22	0.25	0.10	0.08
П.п.п.	0.46	2.13	1.51	1.25	2.68	1.36	2.03	2.20	2.18
Σ	99.51	99.84	99.52	100.3	99.50	100.2	100.4	92.96	93.12
Zn	67	67	77	53	–	43	148	59	63
As	120	110	23	41	37	2930	82	55	47
Pb	36	39	26	14	29	170	55	19	18
Rb	92	85	8	50	126	250	164	8	6
Sr	770	760	920	600	320	600	580	366	342
Zr	180	150	155	156	300	160	340	162	123
Nb	6.8	6.1	6	5.4	11	7.3	12.2	4	–
Sn	1.3	1.6	4	3	3.3	68	2.5	79	59
Sb	4	3	4.8	4.6	3.8	33	2.8	5.4	1.9
Ba	820	850	233	845	810	460	1020	25	11
La	40.60	24.40	24.1	31.3	28.6	51.0	25.2	8.7	3.5
Ce	82.80	60.10	48.6	69.0	64.2	112.0	55.2	13.4	4.4
Pr	9.50	6.70	5.6	8.6	7.35	12.7	5.9	<2	<2
Nd	34.20	26.10	24.3	34.6	29.25	46.9	24.7	6.6	2
Sm	6.15	5.10	5.2	7.0	5.8	8.55	4.7	1.9	<1
Eu	1.36	1.15	1.3	1.57	1.24	1.96	1.07	0.30	0.15
Gd	3.80	3.25	3.5	4.4	3.6	5.75	2.9	1.6	<1
Tb	0.56	0.50	<0.5	0.65	0.59	0.84	0.40	<0.5	<0.5
Dy	2.60	2.20	2.4	3.2	2.65	4.3	2.2	1.1	<1
Ho	0.54	0.44	<0.5	0.64	0.51	0.85	0.41	<0.5	<0.5
Er	1.30	1.10	1.15	1.5	1.35	2.35	1.1	<0.5	<0.5
Tm	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.33	<0.3	<0.3	<0.3
Yb	1.10	0.94	1.0	1.4	1.1	2.2	0.96	0.57	0.36
Lu	0.21	0.15	0.15	0.19	0.20	0.36	0.15	<0.15	<0.15
Y	13.30	1.30	12.4	16.1	12.9	23.4	12.1	5.0	2.7
ΣTR	198.0	133.4	127.4	176.4	156.2	268.1	134.4	38.6	–
(La/Yb) _n	25.49	21.07	14.80	15.58	17.95	16.17	18.37	10.60	6.76
Eu/Eu*	–	–	0.93	0.88	0.83	0.85	0.88	0.52	–
Eu/Sm	0.22	0.23	0.25	0.22	0.21	0.23	0.23	0.16	–
Rb/Sr	0.12	0.11	0.01	0.08	0.39	41.67	0.28	0.02	0.02
Mg#	0.69	0.64	0.73	0.57	0.57	0.37	0.60	0.37	0.39

Примечание. Андрюшкинское месторождение. Амуджикано-шахтаминский комплекс: 504, 504-1 – гранит-порфиры (дайки); 489, 489-1 (шток), 498 – диоритовые порфиры. Шадаронская серия: 491, 491-1 – андезиты. Верхне-Алиинское месторождение. Амуджикано-шахтаминский комплекс: 684, 684-1, 685 – гранитоиды; 683 – диоритовый порфирит; 681, 688 – монциты; 692 – лампрофиры. Шадаронская серия: 674-1, 674-3, 675 – андезиты. Средне-Голготайское месторождение. Амуджикано-шахтаминский комплекс: 532-1, 532-2 – диоритовые порфиры, 435, 435-1 – монциты; 435-4, 437-1, 438-2 – лампрофиры. Балейское месторождение. 800, 800-1, 801 – диоритовые порфиры (J₂₋₃). Шадаронская серия: 812, 817 – андезиты.

Note. *Andrushkinskoe deposit*. Amudzhikan-Shakhtama complex: 504, 504-1 – granite-porphyry (dikes); 489, 489-1 (stock), 498 – diorite porphyrites; Shadaron series: 491, 491-1 – andesites. *Verkhne-Aliinskoe deposit*. Amudzhikan-Shakhtama complex: 684, 684-1, 685 – granitoids; 683 – diorite porphyrite; 681, 688 – monzonites; 692 – lamprophyres. Shadaron series: 674-1, 674-3, 675 – andesites. *Sredne-Golgotaiskoe deposit*. Amudzhikan-Shakhtama complex: 532-1, 532-2 – diorite porphyrites, 435, 435-1 – monzonites; 435-4, 437-1, 438-2 – lamprophyres. *Baleyskoe deposit*. 800, 800-1, 801 – diorite porphyrites (J_{2,3}). Shadaron series: 812, 817 – andesites.

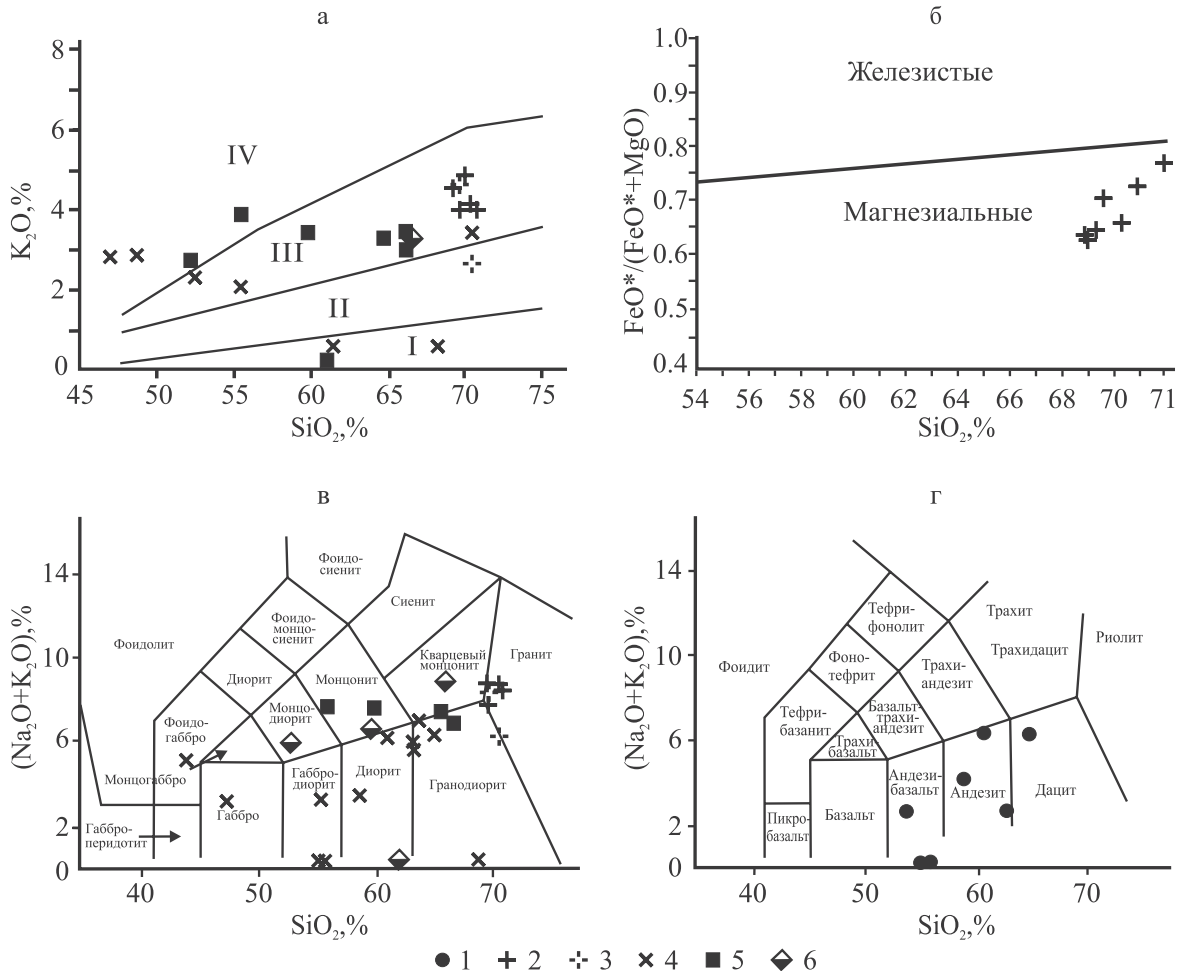


Рис. 2. Квалификационные диаграммы пород Балейской вулcano-плутонической структуры.

1 – эффузивы шадаронской серии; амуджикано-шахтаминский комплекс: 2 – граниты (штоки), 3 – гранит-порфиры (дайки), 4 – диоритовые порфиры (дайки), 5 – монзониты, гранодиориты (штоки), 6 – гибридные порфиры.

а. Интрузивные образования БВПС. Поля интрузивных серий на диаграмме: IV – шонокалиевая известково-щелочная, II – среднекалиевая известково-щелочная, I – островодужная толеитовая. б. Разделение железистых и магнезиальных гранитов [Frost et al. 2001]. в. Интрузивные образования БВПС. г. Эффузивные образования БВПС.

Fig. 2. Qualification charts of rocks of the Baleysky volcano-plutonic structure.

1 – effusives of the Shadaron sky suite; Amudzhikano-Shakhtaminsky complex: 2 – granites (stocks), 3 – granite porphyry (dikes), 4 – diorite porphyrites (dikes), 5 – monzonites, granodiorites (stocks), 6 – hybrid porphyries.

a. Intrusives of BVPS formations. The fields of the intrusive series in the diagram: IV – high potassium calc-alkaline, II – medium-potassium calcic-alkaline, I – island-arc toleitic. б. The separation of ferrous and magnesian granites [Frost et al. 2001]. в. The intrusive formations of BVPS; г. The effusive formations of BVPS.

Рассмотрим петрогеохимические особенности основных составляющих БРУ – интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса и вулканитов шадаронской серии. Отложения шадаронской серии в пределах БРУ имеют широкое распространение и несогласно залегают на разновозрастных образованиях. Они слагают вулканарии, впадины и кальдеры, на-

ложенные на гетерогенный фундамент, в составе которых преобладают гранитоиды ундинского комплекса (PZ₃). Характерной особенностью рассматриваемых отложений является широкое развитие вулканокластических пород, менее распространены эффузивы. В их составе преобладают андезиты, незначительно развиты базальты и риолиты (рис. 2).

Шадаронская серия подразделяется на три подсерии – нижнюю, среднюю и верхнюю. Отложения нижней подсерии представлены туфогенно-осадочными породами, песчаниками, алевролитами. В составе эффузивов отмечаются андезиты, андезибазальты, трахи-андезитобазальты, базальты. Эффузивы средней подсерии представлены трахиандезитами, андезито-дацитами, латитами. Эффузивы основного состава отмечаются реже. Туфогенно-осадочные отложения развиты в нижней и верхней частях разреза подсерии. Среди эффузивов верхней подсерии наиболее широко развиты базальтоиды, эффузивы среднего и кислого составов имеют меньшее распространение. Туфогенно-осадочные отложения слагают маломощные прослои.

По минералогическим особенностям среди андезитов выделяются плагиоклазовые, амфиболовые, пироксеновые и амфибол-пироксеновые разновидности. Это породы с пилотакситовой структурой основной массы. Все они характеризуются наличием порфировых включений. Размер вкрапленников колеблется от 0.5 до 3 мм. В составе вкрапленников отмечаются андезин, роговая обманка, авгит. В составе андезитов преобладает зональный андезин (An_{36-45}). В амфиболовых разностях содержатся повышенные содержания роговой обманки, а в амфибол-пироксеновых разностях наряду с роговой обманкой развит пироксен. Дациты и андезидациты образуют редкие маломощные покровы мощностью 30–60 м. Порфировые вкрапленники в них сложены андезитом, биотитом, роговой обманкой, кварцем. Возраст отложений шадаронской серии соответствует палинокомплексам средней-поздней юры (Синица, Вильмова, 2010).

Интрузии амуджикано-шахтаминского комплекса подразделяются на три фазы. Породы первой фазы представлены диорито-монцонитами, монцонитами и кварцевыми монцонитами. Они образуют небольшие штокообразные тела. Породы дайкового комплекса этой фазы представлены диоритовыми порфиритами и лампрофирами. По минеральному составу лампрофиры в основном соответствуют спессартитам.

Породы второй фазы представлены штоками гранитов, расположенными в центральной части БРУ (см. рис. 1). Наиболее крупные из них Сарбактуйский и Голготайский массивы. Характерной особенностью этих гранитов является наличие порфировых включений калиевого полевого шпата размером до нескольких сантиметров.

Породы третьей фазы представлены дайками гранит-порфиров и граносиенит-порфиров с вкрапленниками плагиоклазоа, калиевого полевого шпата и кварца. На бинарной диаграмме K_2O-SiO_2 большинство интрузивных и эффузивных образований БРУ соответствуют высококальциевой известково-щелочной серии, что указывает на вероятный единый источник их образования (см. рис. 2).

На диаграмме $Rb-(Y + Nb)$ преобладающая часть интрузивных образований амуджикано-шахтаминского комплекса попадает в поле значений, соответствующих вулканическим дугам (рис. 3а). При этом состав диоритовых порфиров указывает на соответствие их внутриплитным образованиям. По всей вероятности, их формирование связывается с подъемом струй (плюмов) разогретого мантийного вещества с образованием купольных структур. На диаграмме DF_1-DF_2 для определения геодинамических обстановок пород среднего состава (Великославинский, Крылов, 2015) эффузивы шадаронской серии и диоритовые порфиры амуджикано-шахтаминского комплекса соответствуют породам как постколлизийным образованиям, так и вулканическим дуг (рис. 3б). Эти данные указывают на то, что формирование вулканоплутонических образований Балейской вулканоплутонической структуры (БВПС) охватывает временные периоды островодужных и постколлизийных обстановок. Установлено, что в постколлизийный период, в обстановке растяжения, происходило завершение образования БРУ (Корольков, 2011). Общность геолого-структурного положения интрузивных и эффузивных образований БРУ, формирование их в единой геодинамической обстановке, близкое время образования, петрохимическое сходство свидетельствуют о комагматичности эффузивов шадаронской серии и интрузий амуджикано-шахтаминского интрузивного комплекса.

Золоторудные месторождения имеют мезозойский возраст. Средне-Голготайское, Андрюшкинское и Верхне-Алиинское месторождения образуются на заключительных стадиях коллизийного процесса, Балейское и Тасеевское – при формировании континентальных рифтов в меловое время (Спиридонов, 2006). Возраст золотоносных кварцевых жил Балейского месторождения, определенный $Re-Os$ методом, составляет 146 ± 1.4 млн лет, а возраст гидротермально измененных вмещающих пород – 149 ± 1.5 млн лет (Борисенко и др., 2010).

Балейское месторождение представлено малосульфидными маломощными жилами халцедоно-видного кварца с включениями пирита, марказита, сульфосолей серебра, теллуридов серебра и золота. Жилы сопровождаются зонами прожилково-вкрапленного оруденения, отмеченного мощными зонами метасоматитов (аргиллизации, окварцевания, адуляризации). Изотопные отношения серы сульфидов Балейского месторождения близки сере метеоритов, что указывает на их мантийный источник (Спиридонов и др., 2010). Мощность рудосодержащих жил колеблется от 0.1 м до 1.5 м. Минерализованные зоны имеют протяженность до 4–6 км при мощности в несколько десятков метров. Содержание золота в минерализованных зонах составляет от 3 до 5 г/т (Балейское рудное поле, 1984).

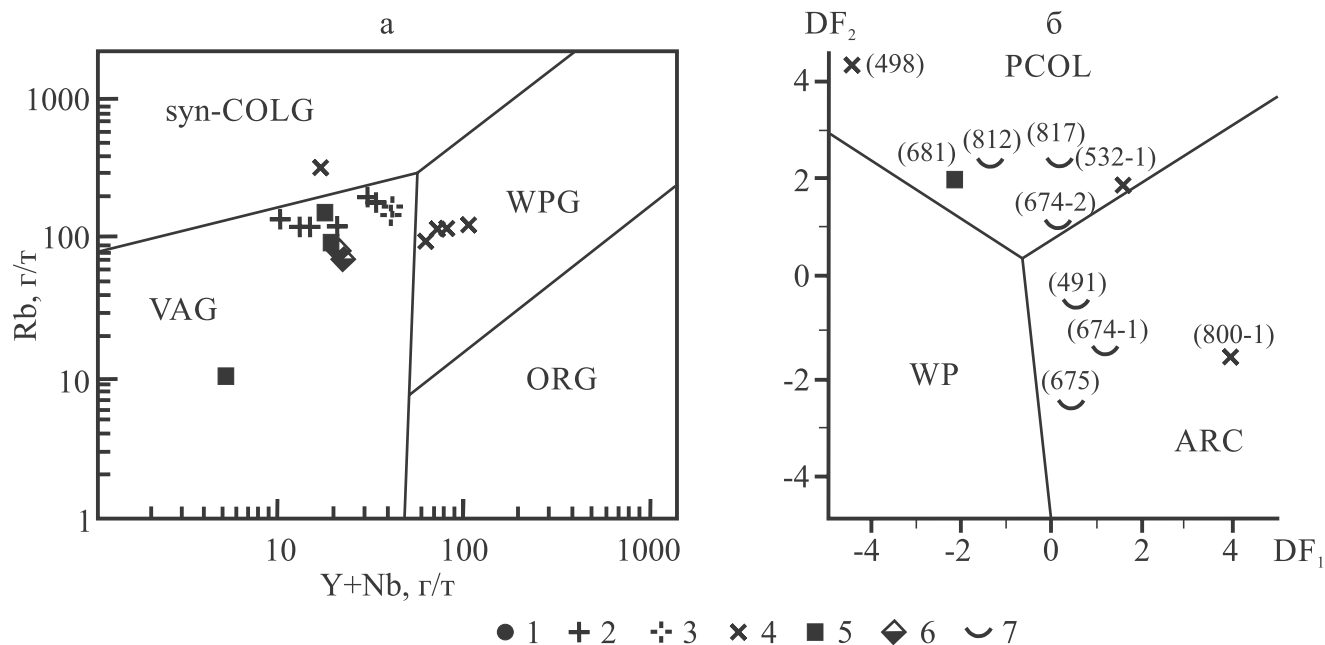


Рис. 3. Дискриминационные диаграммы пород БВПС.

а. Диаграмма Rb–(Y + Nb) пород БВПС. Поля на диаграмме: syn-COLG – коллизионные граниты, WPG – внутриплитные граниты, VAG – граниты вулканических дуг, ORG – граниты океанических хребтов. б. Диаграмма La–Y–Nb для эффузивов Балейской вулкано-плутонической структуры. 1 – базальты вулканических дуг (1А – известково-щелочные базальты, 1С – островодужные базальты, 1В – известково-щелочные базальты, 1С – островодужные толеиты); 2 – континентальные толеиты (2А – континентальные базальты, 2В – базальты задуговых бассейнов); 3 – океанические базальты (3А – щелочные базальты внутриконтинентальных рифтов; 3В, 3С – E-тип MORB; 3В – обогащенные; 3С – слабо обогащенные; 3D – N-тип MORB).
Условные обозначения – см. рис. 2.

Fig. 3. Discriminatory diagrams of BVPS rocks.

а. Rb–(Y + Nb) diagram of BVPS rocks. Fields on graphs: syn-COLG – collisional granites, WPG – within-plate granites, VAG – volcanic arc granites, ORG – ocean ridge granites. б. La–Y–Nb diagram for effusive rocks of Baleysky volcano-plutonic structure. 1 – volcanic arc basalts (1A – calc-alkaline basalts, 1C – island-arc basalts, 1B – calc-alkali basalts, 1C – the island-arc tholeiites); 2 – continental tholeiites (2A – continental basalts, 2B – basalts back-arc basins); 3 – ocean basalts (3A – alkaline basalts of continental rifts; 3B, 3C – E-type MORB; 3B – enriched; C – slightly enriched; IID – N-type MORB).
Symbols see in Fig. 2.

Предшествующими исследователями не установлена связь золотого оруденения Балейского месторождения с определенными магматическими комплексами. При этом единственным признаком проявления вулканической активности в период рудообразования являются флюидно-эксплозивные брекчии, развитые в пределах рудных тел. Образование этих брекчий связывается с затухающей активностью андезитового вулканизма в предрифтовый этап (Максимов, 1968; Писцов, Максимов, 1988).

По данным геологоразведочных работ, рудные тела на Средне-Голготайском и Верхне-Алиинском месторождениях представлены прожилково-вкрапленными и жильными зонами. В этих месторождениях развиты главным образом золотокварцевые и золото-сульфидно-кварцевые типы руд. Содержания рудных минералов в последних достигает 30%. К числу наиболее распространенных рудных минералов относятся пирит и арсенопирит (Абрамов, 2016).

Вмещающими породами в Верхне-Алиинском и Средне-Голготайском месторождениях являются монцититы амуджикано-шахтаминского комплекса. Их возраст в пределах Средне-Голготайского месторождения составляет 175 ± 5 , даек лампрофиров – 160 ± 5 млн лет. (Константинов и др., 1967). На Средне-Голготайском месторождении отмечается тесная парагенетическая связь золотого оруденения с дайками лампрофиров. Здесь дайки лампрофиров пересекают жилы золото-кварцевого состава и, в свою очередь, рассечены жилами золото-сульфидно-кварцевого состава (Абрамов, 2012).

По данным поисково-разведочных работ, основное золотое оруденение на Андрюшкинском месторождении приурочено к зонам скарнирования. Вмещающие породы представлены архейскими метаморфическими образованиями. Основное рудное тело представляет собой пологозалегающую штокверковую зону под экраном вулканитов ша-

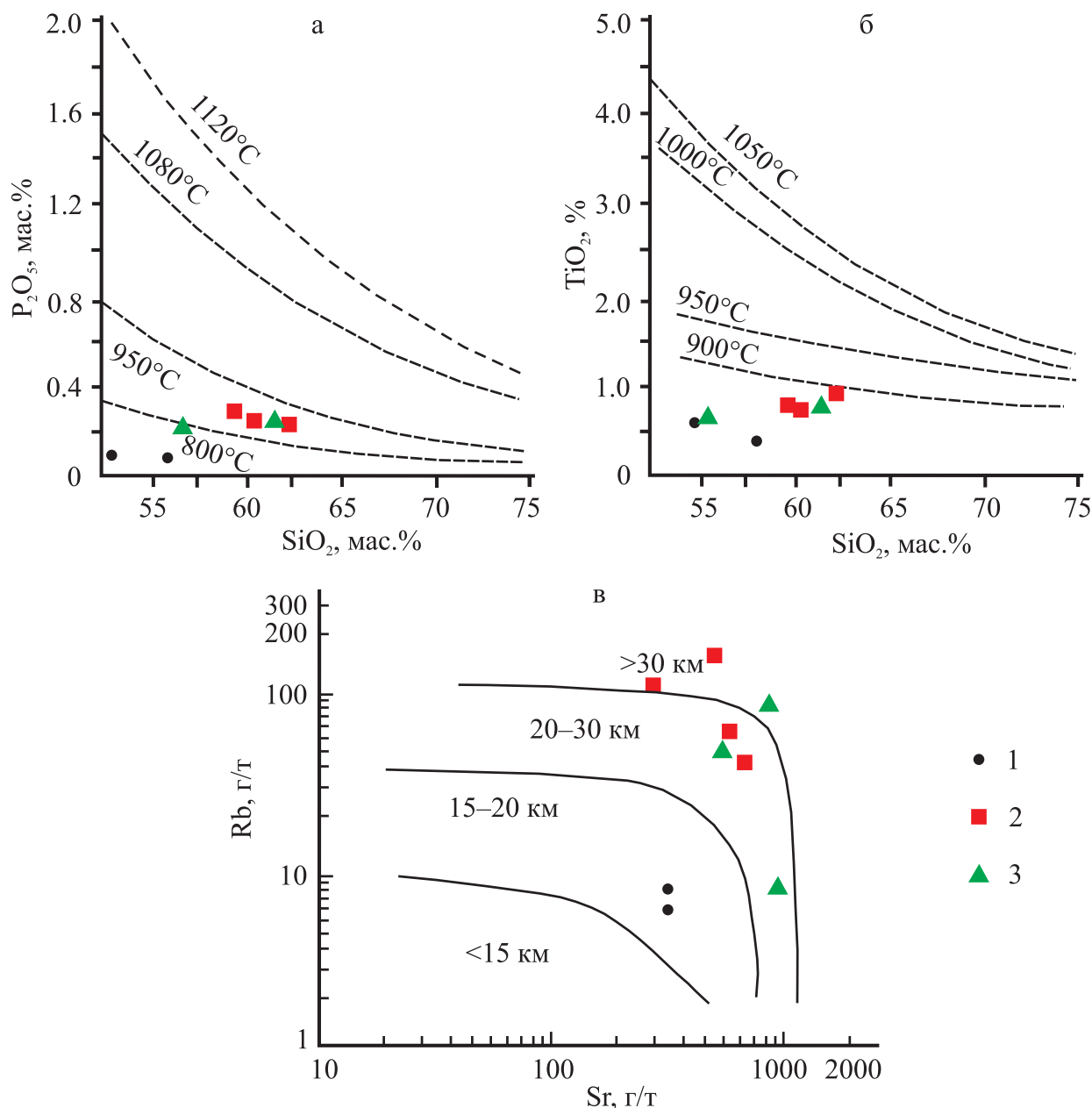


Рис. 4. Диаграммы температур и глубин формирования эффузивов БВПС.

Эффузивы: 1 – Балейского, 2 – Верхне-Алиинского, 3 – Андрыушкинского месторождений. Изотермы температур расплавов, оцененных по фосфорному (а – Green, Watson, 1982) и титановому (б – Green, Pearson, 1986) геотермометрам; глубины формирования эффузивов по Rb–Sr (Серавкин и др., 1990) отношению. Сплошные линии – границы глубин генерации магм.

Fig. 4. Diagrams of temperatures and depths of the formation of effusive BVPS.

Effusive rocks of Baleisky (1), Verkhne-Aliinsky (2), Andryushkinsky (3) deposits. Temperature isotherms of melts estimated at phosphoric (a – Green, Watson, 1982) and titanium (б – Green, Pearson, 1986) geothermometers; depths of effusive formation according to Rb–Sr data (Seravkin et al., 1990). Solid lines – the boundaries of the depths of generation of magmas.

даронской серии. Источником золотого оруденения считаются магматические очаги амуджикано-шахтаминского комплекса. К числу основных рудных минералов относятся пирротин, арсенопирит и

пирит. Характерная особенность месторождения – наличие флюидно-эксплозивных брекчий, являющихся производными интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса (Абрамов, 2011).

Для оценки глубин формирования флюидных систем в верхней и нижней части земной коры используется Eu/Sm отношение (Винокуров, 1996). Магматические очаги, функционировавшие в верхней континентальной коре, имеют значения Eu/Sm менее 0.2 (Винокуров, 1996). Для расчета глубин формирования магматических очагов и степени их дифференциации использованы Eu/Sm , Eu/Eu^* и Rb/Sr отношения (Интерпретация..., 2001). Установлено, что отношения $Rb/Sr < 0.3$ характерны для примитивных гранитов, $Rb/Sr > 0.3$ свойственны всем редкометалльным и дифференцированным гранитам I- и S-типов (Костицын, 2000).

Выявлено, что петрогеохимические значения пород одного состава из разных частей БВПС имеют существенные различия. Так, эффузивы шадаронской серии района Балейского месторождения отличаются от таковых из других частей БРУ меньшими глубинами формирования и температурами расплавов (рис. 4). Магматические расплавы диоритовых порфиритов Балейского месторождения, относительно диоритовых порфиритов других частей БРУ, характеризовались большей степенью дифференциации, функционированием на меньших глубинах, большими концентрациями редкоземельных элементов, меньшими значениями коэффициента магнезиальности и отношениями La/Yb (см. табл. 1).

Магматические очаги эффузивов района Балейского месторождения ($Eu/Sm = 0.16-0.19$) были расположены в верхней континентальной коре, Андрюшкинского ($Eu/Sm = 0.21-0.22$) и Верхне-Алиинского ($Eu/Sm = 0.21-0.22$) месторождений – в нижней континентальной коре. При этом магматические расплавы эффузивов Балейского месторождения ($Eu/Eu^* = 0.52-0.70$) были в большей степени дифференцированы, чем магматические очаги эффузивов Андрюшкинского ($Eu/Eu^* = 0.88-0.92$) и Верхне-Алиинского ($Eu/Eu^* = 0.83-0.88$) месторождений (см. табл. 1).

ВЫВОДЫ

Вулканоплутонические образования Балейского рудного узла имеет зональное строение. В центральной его части развиты гранитные штоки амуджикано-шахтаминского комплекса. В периферийной части БРУ развиты эффузивы шадаронской серии, между ними располагается пояс малых интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса, с которыми пространственно ассоциируют рудопоявления и месторождения золота. Образование Балейского месторождения, вероятнее всего, связано с заключительными стадиями функционирования позднемезозойской мантийной рудно-магматической системы. В процессе формирования БРУ во временной период образования Балейского месторождения магматические очаги интрузивных и эффузивных образований, в сравнении с другими частями БРУ, были перемещены на более высокие стратиграфические уровни, а магматические расплавы в этих очагах стали более дифференцированными. По геохимическому составу эффузивы шадаронской серии и интрузии амуджикано-шахтаминского комплекса БРУ соответствуют интрузивным и эффузивным образованиям островодужных и постколлизийных обстановок. Сходные особенности геохимического состава пород БРУ свидетельствуют о том, что они, вероятнее всего, имели единые источники образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамов Б.Н. (2012) Условия формирования, минералого-геохимические особенности пород и руд Средне-Голготайского золоторудного месторождения (Восточное Забайкалье). *Изв. вузов. Геология и разведка*, (3), 79-82.
- Абрамов Б.Н. (2011) Условия формирования и рудоносность флюидно-эксплозивных образований золоторудных месторождений Восточного Забайкалья. *Докл. АН*, **440**(1), 67-71.
- Абрамов Б.Н. (2016) Верхне-Алиинское золоторудное месторождение: условия формирования, петрогеохимические особенности пород и руд (Мунгинский рудный узел, Восточное Забайкалье). *Литосфера*, (4), 92-101.
- Балейское рудное поле. (1984) (Ред. Н.П. Лаверов). М.: ЦНИГРИ, 271 с.
- Борисенко А.С., Жмодик С.М., Наумов Е.А., Спиридонов А.М., Берзина А.Н. (2010). Возрастные рубежи формирования золотого оруденения Восточного Забайкалья. Материалы конференции “Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований”. М.: ИГЕМ РАН, 82-83.
- Великославинский С.Д., Крылов Д.П. (2015) Геодинамическая обстановка магматических пород среднего состава по геохимическим данным. *Петрология*, **23**(5), 451-458.
- Винокуров С.Ф. (1996) Европиевые аномалии в рудных месторождениях и их геохимическое значение. *Докл. АН*, **346**(6), 792-795.
- Гордиенко И.В., Кузьмин М.И. (1999) Геодинамика и металлогения Монголо-Охотского региона. *Геология и геофизика*, **40**(11), 1545-1562.
- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. (1990) Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 1. М.: Недра, 328 с.
- Зорин Ю.А., Беличенко В.Г., Рутштейн И.Г., Зорина Л.Д., Спиридонов А.М. (1998) Геодинамика западной части Монголо-Охотского пояса и тектонические позиции рудных проявлений золота в Забайкалье. *Геология и геофизика*, **39**(11), 104-112.
- Интерпретация геохимических данных. Учеб. пособ. (2001) (Под ред. Е.В. Склярова). М.: Интермет Инжиниринг, 2001, 288 с.
- Константинов Р.М., Томсон И.И., Чеглоков С.В., Хомич С.В., Андреева М.Г. (1967) Особенности зональности оруденения в некоторых рудных узлах Вос-

- точного Забайкалья. *Геология рудн. месторожд.*, (3), 41-53.
- Корольков А.Т. (2011) Геодинамика золоторудных районов юга Восточной Сибири. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Иркутск, 53 с.
- Костицын Ю.А. (2000) Накопление редких элементов в гранитах. *Природа*, (2), 26-34.
- Максимов С.С. (1968) О брекчиевых телах Балейского рудного района. Мат-лы конф. "Геология и разведка месторождений полезных ископаемых Забайкалья". Чита, ЗабНИИ, 34-35.
- Перцев А.В., Гальперов Г.В., Антипов В.С., Никольский В.С., Стрельников С.И., Турченко С.И. (2000) Космический образ России: уникальная минерагения крупнейших линияментов. *Отеч. геология.* (6), 29-33.
- Писцов Ю.П., Максимов С.С. (1988) Геолого-генетическая модель благородного рудообразования на примере Балейского рудного поля (Восточное Забайкалье). *Геология и геофизика*, (11), 89-98.
- Серавкин И.В., Косарев А.М., Салихов Л.И. и др. (1992) Вулканизм Южного Урала. М.: Наука, 197 с.
- Синица С.М., Вильмова Е.С. (2010) Стратиграфия, палеонтология и палеорекострукция верхнего мезозоя Балейского рудного поля. Мат-лы конф. "Геология и минерагения Забайкалья". Чита, ФГУГП, 83-87.
- Спиридонов А.М., Зорина Н.А., Китаев Н.А. (2006) Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск: Гео, 291 с.
- Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Легунов С.П., Прокофьев В.Ю. (2010) Флюидный режим процесса рудообразования Балейской золоторудно-магматической системы (Восточное Забайкалье). *Геология и геофизика*, **51**(10), 1413-1422.
- Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. (2001) A geochemical classification of granitic rocks. *J. Petrol.*, **42**(11), 2033-2045.
- Green T.H., Pearson N.J. (1986) Ti-rich accessory phase saturation in hydrous mafic-felsic compositions at high *P-T*. *Grem. Geol.*, **54**, 85-201.
- Green T.H., Watson E.N. (1982) Crystallization of apatite in natural magmas under high pressure hydrous conditions, with particular reference to "orogenic" rocks series. *Contrib. Miner. Petrol.*, **70**, 96-105.
- Abramov B.N. (2016) Verkhne-Aliinsky gold deposit: Conditions of formation, petrogeochemical features of rocks and ores (Munginsk ore cluster, Eastern Transbaikalia). *Litosfera*, (4), 92-101. (In Russian)
- Abramov B.N. (2012) Formation conditions, mineral and geochemical characteristics of rocks and ores of Sredne-Golgotaisk gold deposit (Eastern Transbaikalia). *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Geol. Razved.*, (3), 79-82. (In Russian)
- Abramov B.N. (2011) Conditions for the formation and ore potential of the fluid-explosive formations of gold deposits in the Eastern Transbaikalian region. *Dokl. Earth Sciences*, **440**(1), 1197-1201.
- Baleiskoe rudnoe pole* [Baleiskoe ore field]. (1984), (Ed. N.P. Laverov). Moscow, TsNIGRI Publ., 271 p. (In Russian)
- Borisenko A.S., Zhmodik S.M., Naumov E.A., Spiridonov A.M., Berzina A.N. (2010) Age limits of formation of gold mineralization in Eastern Transbaikalia. Materialy konferentsii "Samorodnoe zoloto: tipomorfizm mineral'nykh assotsiatsii, usloviya obrazovaniya mestorozhdenii, zadachi prikladnykh issledovaniy" [Materials of the conference "Native Gold: Typomorphism of Mineral Associations, Conditions for the Formation of Deposits, Problems of Applied Research"]. Moscow, IGEM RAS, 82-83. (In Russian)
- Gordienko I.V., Kuzmin M.I. (1999) Geodynamics and Metallogeny of the Mongolian-Transbaikal Region. *Geol. Geofiz.*, **40**(11), 1545-1562. (In Russian)
- Green T.H., Pearson N.J. (1986) Ti-rich accessory phase saturation in hydrous mafic-felsic compositions at high *P-T*. *Grem. Geol.*, **54**, 85-201.
- Green T.H., Watson E.N. (1982) Crystallization of apatite in natural magmas under high pressure hydrous conditions, with particular reference to "orogenic" rocks series. *Contrib. Miner. Petrol.*, **70**, 96-105.
- Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. (2001) A geochemical classification of granitic rocks. *J. Petrol.*, **42**(11), 2033-2045.
- Interpretatsiya geokhimicheskikh dannykh. Uchebnoe posobie* [The interpretation of geochemical data: a Training manual]. (2001) (Ed. E.V. Sklyarov). Moscow, Intermet Engineering Publ., 288 p. (In Russian)
- Konstantinov R.M., Thomson I.I., Cheglovkov S.V., Khomich S.V., Andreeva M.G. (1967) Features of the zoning of mineralization in some ore nodes of Eastern Transbaikalia. *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, (3), 41-53. (In Russian)
- Korol'kov A.T. (2011) *Geodinamika zolotorudnykh raionov yugo-vostochnoi Sibiri. Abstract of dis. dokt. geol.-min. nauk* [Geodynamics of gold ore regions of the south-eastern Siberia. Dr. geol. and miner. sci. diss.]. Irkutsk, 53 p.
- Kostitsyn Yu.A. (2000) Accumulation of rare elements in granites. *Nature*, **92**, 26-34.
- Maksimov S.S. (1968) About the breccia bodies of the Baleisky ore region. Materialy konf. "Geologiya i razvedka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh Zabaikal'ya..." [Materials of the conference "Geology and exploration of mineral deposits of the Baikal region"]. Chita, 35. (In Russian)
- Pertsev A.V., Galperov G.V., Antipov V.S. Nikol'skii V.S., Strel'nikov S.I., Turchenko S.I. (2000) The cosmic image of Russia: the unique minerageny of the largest lineaments. *Otech. Geol.*, (6), 29-33.
- Pistsov Yu.P., Maksimov S.S. (1988) Geological and genetic model of noble ore formation on the example of the Baleisky ore field (Eastern Transbaikalia). *Geol. Geofiz.*, (11), 89-98. (In Russian)
- Seravkin I.V., Kosarev A.M., Salikhov L.I. et al. (1990) *Vulkanizm Yuzhnogo Urala* [Volcanism of the Southern Urals]. Moscow, Nauka Publ., 197 p. (In Russian)
- Sinitsa S.M., Vilmova E.S. Stratigraphy, paleontology and paleoreconstruction of the upper Mesozoic of the Baleisky ore field. Materialy konferentsii "Geologiya i metallogeniya Zabaikal'ya" [Materials of the conference "Geology and mineragenia of Transbaikalia"]. Chita, FGUGP Publ., 2010, 83-87. (In Russian)
- Spiridonov A.M., Zorina L.D., Kitaev N.A. (2006) *Zolotonosnye rudno-magmaticheskie sistemy Zabaikal'ya* [Gold-Bearing ore-magmatig systems of Transbaikalia]. Novosibirsk, Geo Publ., 291 p. (In Russian)
- Spiridonov A.M., Zorina L.D., Letunov S.P., Prokof'ev V.Y.

- (2010) The fluid regime of ore formation in the Balei gold-bearing ore-magmatic system (Eastern Transbaikalia, Russia). *Russ. Geol. Geophys.*, **51**(10), 1102-1109.
- Velikoslavinskii S.D., Krylov D.P. (2015) Geodynamic setting of magmatic rocks of medium composition according to geochemical data. *Petrology*, **23**(5), 451-458. (In Russian)
- Vinokurov S.F. Europium anomalies in the ore deposits and their geochemical significance. *Dokl. Akad. Nauk*, **346**(6), 792-795. (In Russian)
- Zonenshain L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. (1990) *Tektonika litosfernykh plit territorii SSSR*. Kn. 1 [Tectonics of lithospheric plates of the USSR territory. Book 1]. Moscow, Nedra Publ., 1990, 328 p. (In Russian)
- Zorin Yu.A., Belichenko V.G., Rutshtein I.G., Zorina L.D., Spiridonov A.M. (1998) Geodynamics of the western part of the Mongol-Okhotsk belt and the tectonic position of ore occurrences of gold in Transbaikalia *Geol. Geofiz.*, **39**(11), 104-112. (In Russian)