

УДК 553.411(571.5)

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ, ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД И РУД ДЕЛЬМАЧИКСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

© 2014 г. 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 15.03.2013 г.

Установлено, что формирование золотоносных флюидно-эксплозивных брекчий Дельмачикского месторождения тесно связано с формированием дайковых поясов, сложенных интрузиями амуджиканского комплекса. Образование их происходило на заключительных этапах коллизионного процесса (J_{2-3}). Геохимические особенности интрузивных и эксплозивных образований указывают на наличие единого эволюционного тренда магматизма от гранит-порфиров ($Rb/Sr - 4.54-6.26$; $Eu/Eu^* - 0.45$) и кварцевых порфиров ($Rb/Sr - 0.34-1.54$; $Eu/Eu^* - 0.42-0.55$) к диоритовым порфиристам ($Rb/Sr - 0.05$; $Eu/Eu^* - 0.74$) и эксплозивным брекчиям ($Rb/Sr - 0.24-0.30$; $Eu/Eu^* - 0.61-0.74$) с уменьшением Eu/Eu^* и Rb/Sr отношений. **Диоритовые порфиристы и эксплозивные брекчии являются гибридными образованиями, сформированными в результате взаимодействия мантийных и коровых расплавов; с этими же процессами, вероятнее всего, связано образование золотого оруденения.**

Ключевые слова: *Дельмачикское месторождение, эксплозивные брекчии, золото, магматический очаг, Восточное Забайкалье.*

ВВЕДЕНИЕ

Район Дельмачикского месторождения приурочен к шовной зоне Монголо-Охотской сутуры. Большинство мезозойских месторождений и рудопроявлений золота в Восточном Забайкалье пространственно приурочены к данной структуре [6]. Формирование этих месторождений связывается с коллизионными процессами, происходившими в юрское время при столкновении Сибирского и Монголо-Китайского континентов [5, 6]. В ходе коллизии происходило образование интрузий амуджиканского комплекса и золотого оруденения.

Дельмачикское золоторудное месторождение располагается в юго-восточной части Дарасунского рудного района, на площади Киинско-Джепкошинского рудного узла [15]. Характерной особенностью Дельмачикского золоторудного месторождения является наличие крупной воронкообразной рудовмещающей структуры, сложенной эксплозивными брекчиями. Средние содержания золота в рудах составляют 3.6 г/т. Забайкальским горно-обогатительным комбинатом в 2000 г. была начата отработка месторождения Дельмачик методом кучного выщелачивания, но в связи со сменой собственника эти работы были остановлены в 2006 г.

Флюидно-эксплозивные образования (ФЭО) типичны для многих золоторудных месторождений

Восточного Забайкалья – Дарасунского [2, 14], Балейского [12], Илинского [1], Ключевского [10]. Отличие этих месторождений от Дельмачикского заключается в значительно меньших масштабах проявления ФЭО, а также в отсутствии продуктивных стадий рудообразования, связанных с ними. Выявление петрохимических и геохимических особенностей пород и руд важно для уточнения условий формирования рассматриваемого месторождения.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу статьи положен фактический материал, собранный автором на Дельмачикском месторождении в процессе тематических исследований по программам Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН в 2000 и 2008–2010 гг. а также материалы территориальных геологических фондов (г. Чита). Для определения содержания элементов-примесей использовались спектро-золотометрический, пробирный, сцинтилляционный спектральный, ISP-AES (атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой), рентген-флуоресцентный, атомно-абсорбционный методы анализов. Содержания петрогенных компонентов определялись силикатным анализом стандартным методом. На начальных стадиях иссле-

дований для определения содержаний благородных металлов в массовых количествах использовался сцинтилляционный метод. В последующем пробы со значимыми концентрациями благородных металлов (>0.1 г/т) анализировались атомно-абсорбционным и пробирным методами. Анализы проведены в аналитических лабораториях: ЗабНИИ (Роскомнедра РФ, г. Чита), ГУП ЛИЦИМС (Лабораторно-исследовательский центр по изучению минерального сырья Комитета природных ресурсов по Читинской области, г. Чита), в Аналитическом центре Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ).

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЙОНА ДЕЛЬМАЧИКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В районе Дельмачикского месторождения развиты Байцетуйский и Дельмачикский дайковые пояса (рис. 1). С формированием этих поясов тесно связано образование флюидно-эксплозивных брекчий (ФЭБ) и золотого оруденения. В пределах Байцетуйского дайкового пояса расположены Байцетуйское и Горемнакское золоторудные проявления, в Дельмачикском дайковом поясе – одноименное золоторудное месторождение. Дайковые пояса параллельны друг другу, имеют северо-западное простирание и сходный состав даек. Мощность их достигает 2.5 км, протяженность – до 20 км. В составе дайковых поясов отмечаются гранит-порфиры, кварцевые порфиры, диоритовые порфириты. Эксплозивные брекчии имеют в Байцетуйском поясе дайкообразные формы. Мощность отдельных дайковых тел колеблется от первых десятков сантиметров до 45 м.

Золотое рудопроявление “Байцетуй” представлено зонами прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации в дайках кварцевых порфиров и eksploзивных брекчий. Метасоматические преобразования пород представлены березитизацией. Мощность рудного тела составляет 4.0–8.5 м, протяженность – 500 м. Содержание золота в рудном теле достигает 10.6 г/т. Рудные минералы представлены пиритом, реже – халькопиритом, пирротинном, галенитом, марказитом, магнетитом.

Горемнакское золоторудное проявление представлено кварцевыми жилами и зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Эксплозивные брекчии состоят из обломков березитов и березитизированных пород. Брекчии сцементированы халцедоновидным кварцем. Рудные тела представлены кварцевыми жилами и зонами сульфидно-вкрапленной минерализации. Содержание золота в рудных телах достигает 19.0 г/т, серебра – 28.3 г/т. Состав рудных минералов аналогичен таковому Байцетуйского рудопроявления. На площади рудо-

проявления широко развиты зоны окварцевания, сульфидизации, березитизации, эпидотизации и хлоритизации.

Выявлено, что в Дарасунском рудном районе интрузии амуджиканского комплекса и связанное с ними золотое оруденение начали формироваться на коллизионном этапе (ранняя и средняя юра) и завершились на рифтогенном этапе (поздний мел) [11]. В данном районе eksploзивные брекчии по времени образования близки к дайкам амуджиканского комплекса [2].

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД И РУД ДЕЛЬМАЧИКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В районе Дельмачикского месторождения развиты архейские гранитоиды, докембрийские стратифицированные отложения чадорской свиты, юрские субвулканические интрузии и флюидно-эксплозивные образования (рис. 2). Архейские интрузии представлены биотитовыми гнейсовидными гранитами, дайками аплитов, докембрийские стратифицированные отложения – гнейсами, кристаллическими сланцами. Юрские интрузивные образования представлены дайками гранит-порфиров, кварцевых порфиров, диоритовых порфиритов амуджиканско-шахтаминского комплекса (J_{2-3}). В пределах Дельмачикского дайкового пояса находится палеокальдера, сложенная eksploзивными брекчиями. Она имеет в плане эллипсообразную форму размерами 1750×1000 м, вытянутую в субмеридианальном направлении (рис. 2). Контакты этого флюидно-эксплозивного образования (ФЭО) с вмещающими архейскими гранитами – интрузивные и тектонические, вертикальные и наклонные под углом $50-80^\circ$ по направлению к центру кальдеры (рис. 2).

В eksploзивных брекчиях обломочный материал представлен угловатыми, реже сглаженными обломками гранитоидов, гнейсов, составляющих до 80–85% объема породы. Величина обломков в основной массе достигает нескольких сантиметров. Цемент в брекчиях представлен тонкоперетертым кварцево-полевошпатовым материалом. Почти повсеместно цемент брекчий подвержен процессам турмалинизации. Брекчии периферической части палеокальдеры в полосе шириной 20–40 м отличаются большими размерами обломков – от нескольких сантиметров до метра. Среди eksploзивных брекчий закартированы два ксенолита раннепротерозойских гранитов. В.А. Шимановский выделил пять стадий формирования брекчиевого тела Дельмачикского месторождения [17].

Образование рассматриваемой флюидно-эксплозивной структуры связано с формированием Дельмачикского дайкового пояса. Мощность даек колеблется от нескольких десятков сантиметров до

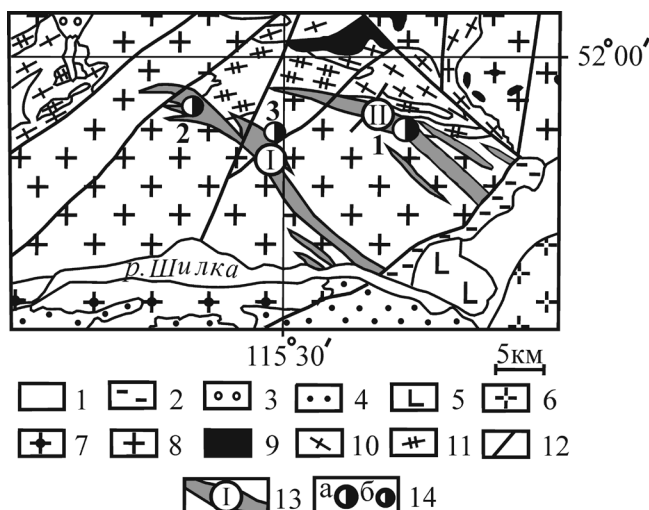


Рис. 1. Геологическая схема района Дельмачикского золоторудного месторождения (построена по данным геологической карты Читинской области масштаба 1 : 500 000 [4]).

1 – четвертичные отложения (галка, пески, глины, супеси); 2 – неоген-четвертичные отложения (пески, глины, супеси); 3 – позднеюрская оловская свита (песчаники, алевролиты, конгломераты, трахибазальты, туфы); 4 – позднетриасовая верхняя могойтуйская подсерия (алевролиты, аргиллиты с прослоями песчаников); 5 – рифейская кулиндинская свита (метаэффузивы основного состава, углистые сланцы, кварциты); 6 – средне-позднеюрские гранитоиды амуджикано-сретенского комплекса; 7 – позднетриасовые гранитоиды бичурского комплекса; 8 – палеозойские гранитоиды; 9 – раннепалеозойские базиты кручининского комплекса; 10 – раннепротерозойские гранитоиды гнейсовидные, полосчатые; 11 – раннеархейские метаморфические ассоциации гранулитовой и амфиболитовой фаций сложного состава; 12 – тектонические нарушения; 13 – дайковые пояса: I – Байцетуйский, II – Дельмачикский; 14 – золоторудные рудопроявления и месторождения: 1 – Дельмачикское, 2 – Байцетуйское, 3 – Горемнакское.

45 м. Дайки диоритовых порфиров сконцентрированы в северо-восточной части месторождения, они сопровождают “Антимонитовую” минерализованную зону тектонических брекчий. В формировании пород дайкового комплекса наблюдается антидромная последовательность образования: гранит-порфиры → кварцевые порфиры → диоритовые порфиры.

Дайки гранит-порфиров и кварцевых порфиров развиты как внутри палеокальдеры, так и за ее пределами, во вмещающих гранитах. Вкрапленники в гранит-порфирах представлены плагиоклазом, биотитом и кварцем, в кварцевых порфирах – кварцем, плагиоклазом, биотитом и калиевым полевым шпатом. Основная масса в дайках имеет кварц-полевошпатовый состав.

Дайки диоритовых порфиров сконцентрированы в северо-западной части дайкового пояса.

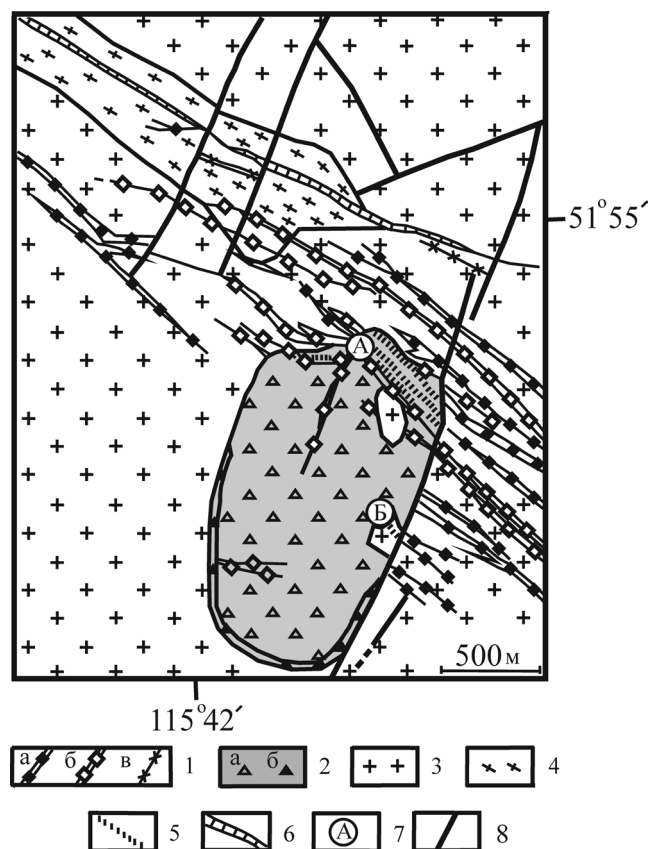


Рис. 2. Схема геологического строения Дельмачикского золоторудного месторождения (построена с использованием данных В.А.Шимановского [16]).

1 – дайки в составе позднеюрского амуджиканского комплекса: а – гранит-порфиров, б – кварцевых порфиров, в – диоритовых порфиров; 2 – взрывные брекчии: а – центральных частей палеокальдеры, б – периферийной части палеокальдеры; 3 – раннепротерозойские гранитоиды; 4 – раннеархейские амфиболиты, кристаллические сланцы, гнейсы; 5 – рудные тела; 6 – минерализованная зона “Антимонитовая”; 7 – штокерковые зоны: А – “Северо-Восточная”, Б – “Центральная”; 8 – тектонические нарушения.

Порфировые вкрапленники представлены плагиоклазом. Основная масса состоит из андезина, роговой обманки и биотита.

Сравнительный анализ петрохимического состава интрузий показывает их близость средним составам интрузий амуджиканского комплекса (табл. 1). Выявлено, что петрогеохимические особенности гранитоидов амуджиканского комплекса соответствуют гранитам латитовой серии, являющимся производными трахиандезитовой магмы [14]. Они характеризуются повышенной щелочностью при значительной роли калия. Интрузивные образования Дельмачикского месторождения отве-

Таблица 1. Содержания петрогенных компонентов в дайках района Дельмачикского месторождения, мас. %

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ASI
Дельмачикский дайковый пояс (гранит-порфиры)*											
72.00	0.30	15.03	0.63	1.51	0.05	0.07	1.12	2.82	4.30	0.11	1.32
72.10	0.23	14.65	1.31	1.33	0.04	0.66	0.63	1.56	4.05	0.08	1.84
74.84	0.19	14.53	1.20	0.86	0.03	0.26	0.28	0.70	3.60	0.03	2.65
73.80	0.10	15.29	0.46	0.94	0.05	0.01	0.35	2.00	4.20	0.06	1.84
73.42	0.14	14.25	1.19	1.45	0.04	0.23	0.35	0.76	4.16	0.21	2.17
73.96	0.24	14.37	1.50	1.70	0.08	0.01	0.42	1.10	4.40	0.15	1.96
70.74	0.14	17.66	0.79	0.79	0.07	0.26	0.70	1.44	3.28	0.25	2.45
77.22	0.07	13.47	0.25	2.11	0.01	0.04	0.56	0.02	3.04	0.15	3.14
70.56	0.37	16.31	1.96	4.74	0.03	0.28	0.42	2.92	4.06	0.15	1.63
73.52	0.34	15.67	0.63	0.87	0.03	0.13	0.21	1.95	4.72	0.09	1.64
72.90	0.36	14.86	1.13	1.77	0.02	0.12	0.35	1.90	4.40	0.14	1.74
74.16	0.11	16.08	0.84	1.13	0.05	0.15	0.28	0.30	3.90	0.08	3.09
Горемнакский дайковый пояс (гранит-порфиры)*											
72.94	0.17	14.31	0.91	1.86	0.61	0.01	0.35	0.82	7.80	0.11	1.37
70.92	0.36	15.67	0.46	3.42	0.07	0.34	0.77	2.68	4.04	0.17	2.71
74.84	0.15	14.32	0.50	1.62	0.15	0.11	0.14	2.12	3.84	0.01	1.84
70.76	0.35	15.80	1.42	1.51	0.07	0.16	0.21	3.18	4.45	0.12	1.50
73.34	0.24	14.27	0.88	1.81	0.10	0.18	0.35	2.60	4.15	0.04	1.69
74.52	0.08	13.83	0.29	2.07	0.11	0.04	0.28	3.18	4.30	0.01	1.34
75.00	0.25	14.66	0.91	0.98	0.03	0.33		1.24	3.56	0.08	2.57
74.90	0.02	14.41	1.68	1.29	0.02	0.27	0.18	1.65	4.00	0.04	1.91
Карьер Дельмачикского месторождения											
Пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ASI	
Гранит-порфиры											
595-1	72.30	<0.02	15.10	0.21	0.30	0.10	0.21	4.69	5.40	1.08	
598	76.20	<0.02	12.70	0.33	0.33	0.10	0.46	3.21	5.40	1.07	
Кварцевые порфиры											
599	71.50	0.25	13.50	1.56	0.77	0.78	0.94	3.35	5.12	1.06	
599-1	71.90	0.25	14.30	1.28	1.08	0.55	0.60	3.56	4.24	1.23	
599-3	72.80	0.25	13.60	0.92	1.11	0.78	0.42	2.12	5.65	1.32	
C-24*	71.18	0.10	14.27	1.22	1.22	0.50	1.67	2.18	5.32	1.16	
Диоритовые порфириты											
C-25*	55.20	0.80	15.14	3.01	4.24	4.83	4.41	1.85	3.88	—	
32*	56.10	1.03	14.82	2.69	3.54	4.67	5.32	2.87	3.18	—	
C-47*	57.76	0.71	10.00	1.08	5.02	3.86	4.63	3.16	3.60	—	
Средние составы интрузий амуджиканского комплекса по [8]											
1	70.54	0.50	13.21	0.57	1.97	1.60	2.09	4.07	4.20	—	
2	71.24	0.23	15.47	—	—	0.60	1.52	4.52	4.73	—	

Примечание. ASI = Al₂O₃/(Na₂O + K₂O + CaO) в молекулярных количествах. * – данные заимствованы из [16]. 1 – порфи-
ровидные граниты и гранодиориты, 2 – дайки кислого состава.

чают этим показателям (рис. 3, 4). Так, на диаграмме K₂O–SiO₂ большинство значений гранит-порфиров, кварцевых порфиров и диоритовых порфиритов соответствуют высококалиевой известково-щелочной серии (рис. 4). Распределение Rb и Sr в кварцевых порфирах и гранит-порфирах указывает на образование их за счет мантийного источника (рис. 5). Диоритовые порфириты и эксплозивные брекчии имеют смешанный гибридный мантийно-коровый источник (рис. 5).

На диаграмме FeO*/(FeO* + MgO)–SiO₂ большая часть значений даек гранит-порфиров, кварцевых порфиров дайковых поясов попадает в поле посторо-

рогенных гранитов, незначительная часть – в поле островодужных и рифтогенных гранитов (рис. 6). Значения ASI гранит-порфиров варьирует от 1.07 до 3.09, кварцевых порфиров – от 1.06 до 1.32 (табл. 1). Установлено, что в островодужных гранитах ASI < 0.5 [7]. На диаграмме Rb–(Y + Nb) породы дайкового комплекса и эксплозивные брекчии, отобранные в карьере Дельмачикского месторождения, соответствуют интрузиям вулканических дуг (рис. 6). Эти данные указывают на формирование пород дайкового комплекса и эксплозивных брекчий в заключительные стадии коллизионного процесса и начальные стадии посторогенного развития территории.

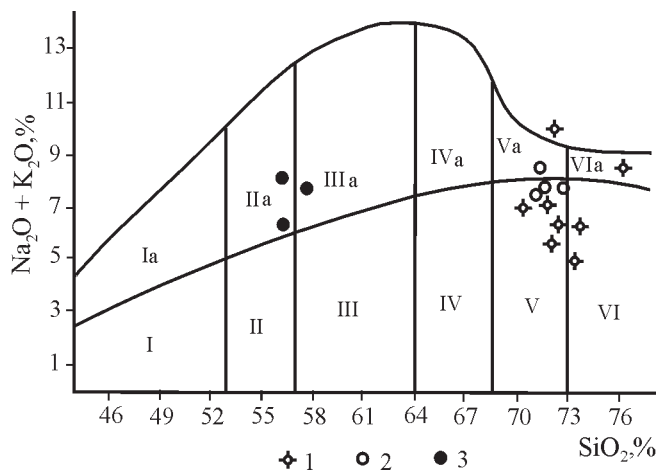


Рис. 3. Диаграмма $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{--SiO}_2$.

Здесь и на рис. 4: 1 – гранит-порфиры, 2 – кварцевые порфиры, 3 – диоритовые порфиры. Поля на диаграмме: I – габброиды, II – диориты, III – кварцевые диориты, IV – гранодиориты, V – граниты, VI – лейкократовые граниты. Буква а обозначает субщелочные разновидности этих пород.

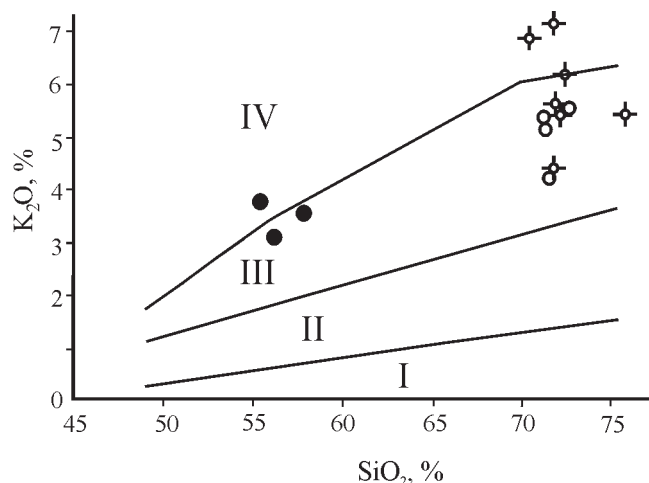


Рис. 4. Диаграмма $\text{K}_2\text{O}\text{--SiO}_2$ интрузий Дельмачикского месторождения

Серии на диаграмме: I – островодужная толеитовая, II – среднекалиевая известково-щелочная, III – высококалиевая известково-щелочная, IV – шошонитовая.

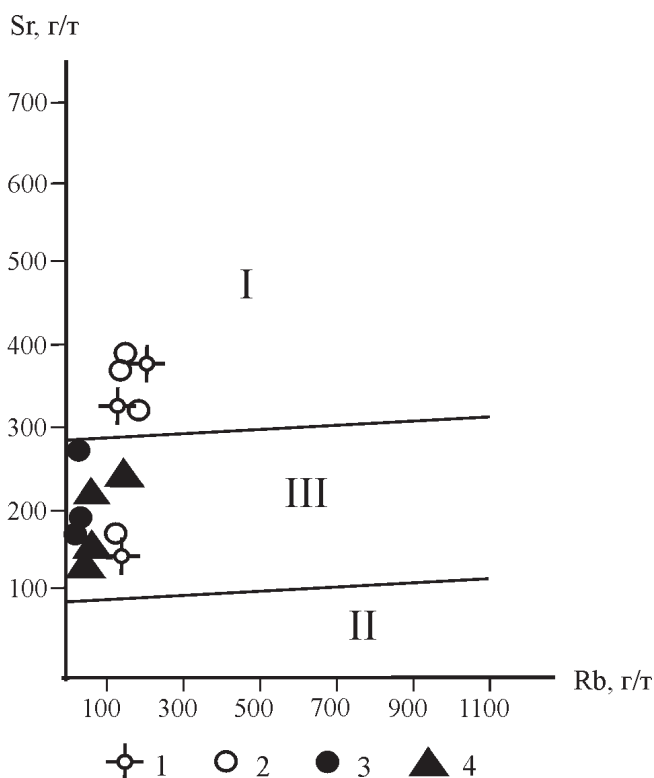


Рис. 5. Диаграмма $\text{Rb}\text{--Sr}$ для интрузивных и эксплозивных образований Дельмачикского месторождения.

1–3 – как на рис. 3, 4; 4 – эксплозивные брекчии. Поля составов на диаграмме: I – мантийного источника, II – корового источника, III – смешанного мантийно-корового источника (по [13]).

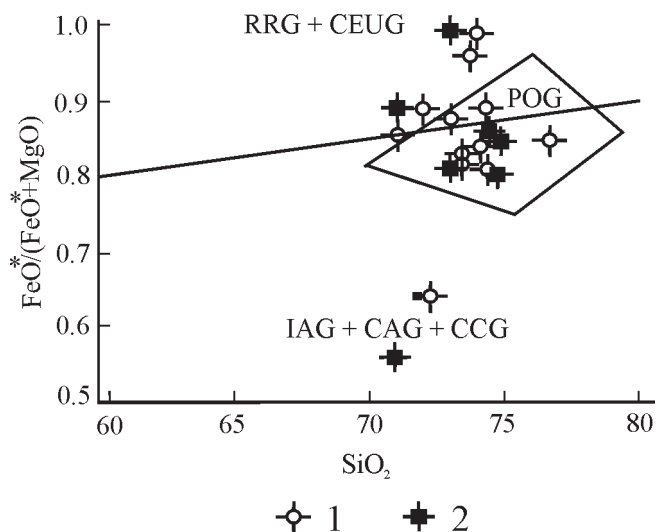


Рис. 6. Диаграмма $\text{FeO}^*/(\text{FeO}^* + \text{MgO})\text{--SiO}_2$ для разделения гранитоидов различных геодинамических обстановок.

IAG – гранитоиды островных дуг; CAG – гранитоиды континентальных дуг; CCG – гранитоиды обстановок континентальной коллизии; RRG – гранитоиды, связанные с рифтами; CEUG – гранитоиды континентальных эпигорогенных поднятий; POG – посторогенные гранитоиды. Породы района Дельмачикского месторождения: 1 – кварцевые порфиры, 2 – гранит-порфиры. Частично использованы анализы В.А. Шимановского [16].

Таблица 2. Содержания микроэлементов в интрузивных и флюидно-эксплозивных образованиях золоторудного месторождения Дельмачик, г/т (Fe в мас. %)

Элементы	Номера проб												
	22-1	23-3	26	30-1	31	891	892	595-1	598	29-1	599	599-1	599-3
Fe	1.8	0.3	0.8	2.2	—	1.5	1.6	0.1	0.2	—	1.2	1.3	1.2
Zn	30	—	29	34	136	86	82	83	41	28	38	30	—
As	430	240	26	980	116	178	1435	250	30	87	24	51	71
Pb	—	—	—	5	14	—	30	—	31	—	13	—	—
Rb	37	140	67	41	14	14	28	61	140	170	160	128	173
Sr	150	270	220	160	270	157	194	350	31	110	383	378	320
Zr	110	120	115	106	197	144	140	140	29	95	124	122	120
Nb	4	4	3	5	12.7	9	7	14	4.3	10	11.8	11	10.7
Mo	2	2	1	1	—	2.5	3.3	—	—	3	—	—	—
Sn	10	2	5	6	—	6.5	3.3	—	1.3	2	2.5	2.3	5.6
Sb	42	2	6	16	5.4	10	14	2.5	2.5	8	—	5.6	5.3
Ba	260	640	580	260	730	212	235	200	27	660	730	620	770
Au	—	0.33	2.0	0.36	—	—	—	0.08	0.02	—	0.01	0.06	<0.01
La	15.0	26.0	38.0	23.3	37.9	—	—	14.7	8.8	29.0	25.8	18.3	18.9
Ce	27.4	52.3	78.8	46.0	79.2	—	—	35.5	13.0	71.1	48.4	34.3	30.5
Pr	3.2	4.8	7.0	4.2	9.3	—	—	4.9	<2	7.5	6.0	4.8	3.5
Nd	11.4	21.3	29.5	18.5	36.0	—	—	18.7	7.7	31.8	19.7	12.6	12.8
Sm	2.2	4.0	5.6	3.3	7.4	—	—	5.0	2.0	5.3	4.7	3.1	3.0
Eu	0.41	0.68	0.92	0.68	1.61	—	—	0.95	0.23	0.59	0.63	0.43	0.33
Gd	1.5	2.8	3.8	2.4	5.9	—	—	4.0	1.23	3.5	3.3	1.84	1.63
Tb	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.97	—	—	0.71	<0.5	<0.5	0.56	<0.5	<0.5
Dy	<1.5	2.1	2.6	1.8	4.7	—	—	2.93	1.15	2.2	2.5	1.8	0.34
Ho	<0.5	<0.5	0.57	<0.5	0.96	—	—	0.64	<0.5	<0.5	0.53	<0.5	<0.5
Er	1.1	1.3	1.7	1.2	2.6	—	—	1.73	<1	1.2	1.52	1.16	<1
Yb	1.0	1.1	1.6	1.1	2.3	—	—	1.5	0.74	1.0	1.4	1.04	0.83
Lu	0.14	0.14	0.25	0.17	0.36	—	—	0.23	<0.15	0.15	0.21	0.18	0.14
Y	8.7	14.0	17.2	11.0	23.9	—	—	18.0	6.6	12.1	14.8	9.6	7.5
Rb/Sr	0.24	0.52	0.30	0.26	0.05	0.09	0.14	0.17	4.52	1.54	0.42	0.34	0.54
(La/Yb) _n	10.41	16.40	16.48	14.70	11.43	—	—	6.80	8.26	14.70	12.80	12.20	15.81
Eu/Eu*	0.69	0.62	0.61	0.74	0.74	—	—	0.65	0.45	0.42	0.49	0.55	0.46
Eu/Sm	0.19	0.17	0.16	0.21	0.22	—	—	0.19	0.11	0.11	0.13	0.14	0.11
ΣTR	72.05	130.52	187.54	113.65	213.10	—	—	109.49	41.45	175.94	130.05	89.15	60.57

Анализы проведены в Аналитическом центре Геологического института (г. Улан-Удэ), 22-1, 23-3, 26, 30-1 – эксплозивные брекчий, дайки; 31, 891, 892 – диоритовые порфириды; 595-1, 598 – гранит-порфиры; 29-1, 599, 599-1, 599-3 – кварцевые порфиры, “—” – нет данных. Редкоземельные элементы определены ISP-AS методом, редкие и рудные элементы – РФА методом. Аналитики: Л.А. Левантуева, Т.И. Казанцева, А.А. Цыренова Б.Ж. Жалсараев.

Для выявления степени дифференциации магматических расплавов кислых интрузий используют Rb/Sr отношения. Установлено, что отношения $Rb/Sr < 0.3$ характерны для примитивных гранитов, $Rb/Sr > 0.3$ свойственны для всех редкометалльных и дифференцированных гранитов I и S-типов [9]. Среди интрузивных образований Дельмачикского месторождения по степени дифференциации магматических расплавов (от более дифференцированных расплавов к менее дифференцированным) выделяются: гранит-порфиры ($Rb/Sr = 4.52-6.36$) → кварцевые порфиры ($Rb/Sr = 0.34-1.54$) → эксплозивные брекчий

($Rb/Sr = 0.24-0.30$) → диоритовые порфириды ($Rb/Sr = 0.05$) (табл. 2).

По Eu/Eu* отношениям наибольшими значениями степени дифференциации характеризуются магматические расплавы гранит-порфиров и кварцевых порфиров (Eu/Eu* от 0.42 до 0.52), меньшими – диоритовых порфиров и эксплозивных брекчий (Eu/Eu* от 0.61 до 0.74) (табл. 2).

Руды Дельмачикского месторождения относятся к малосульфидным. Содержания рудных минералов обычно не превышает 5%. К числу наиболее распространенных рудных минералов относятся: пирит, арсенопирит, пирротин, анти-

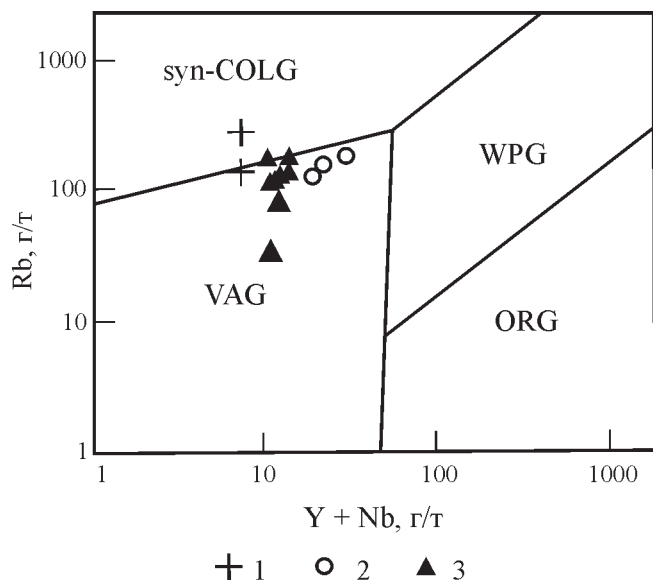


Рис. 7. Дискриминационная диаграмма Rb – (Y + Nb), для разделения гранитоидов различных геодинамических обстановок.

VAG – граниты вулканических дуг, ORG – граниты океанических хребтов, WPG – внутримитные граниты, syn-COLG – коллизионные граниты. Район Дельмачикского месторождения: 1 – гранит-порфиры, 2 – кварцевые порфиры, 3 – эксплозивные брекчии.

монит. Менее распространены сфалерит, галенит, марказит, молибденит, блеклая руда, висмутин, самородное золото.

При проведении поисково-оценочных работ на месторождении выявлено 11 рудных тел, значительная часть которых сосредоточена в минерализованной зоне “Антимонитовая”, штокверковых зонах “Центральная” и “Северо-Восточная” (рис. 2). Метасоматические преобразования в эксплозивных брекчиях представлены зонами серицитизации, каолинизации, карбонатизации, эпидотизации, окварцевания.

Предшествующими исследователями выделено два типа оруденения. Первый тип распространен за пределами трубообразного брекчиевого тела и представлен золото-сульфидно-кварцевыми жилами мощностью до 30 см. Рудные тела локализованы в зонах расланцевания. Второй тип развит в пределах брекчиевого тела и локализуется в метасоматически измененных брекчиях с прожилково-вкрапленной минерализацией, реже – в зонах прожилкового окварцевания. Мощность рудных зон – до 70 м., содержание в них рудных минералов (пирит, арсенопирит, пирротин, халькопирит и др.) достигает 10–15%. Среднее содержание золота в рудных телах – 3,6 г/т.

Минерализованная зона “Антимонитовая” расположена севернее палеокальдеры и приурочена к тектонической зоне дробления северо-западного простирания. Мощность зоны колеблется от 5 до 55 м,

протяженность – 4 км. Она сложена катаклазированными, метасоматически измененными гранитами, гранито-гнейсами, гнейсами, сланцами, содержащими вкрапленные и прожилково-вкрапленные образования пирита халькопирита, сфалерита. Содержание сульфидов в них достигает 3–10%. Повсеместно отмечаются жилы, прожилки и гнезда антимонита, мощность которых достигает 0,4 м.

Штокверк “Центральный” расположен в северо-восточном контакте эксплозивного сооружения. Размеры его в плане составляют 45 × 55 м. Штокверк сложен интенсивно измененными эксплозивными брекчиями, пронизанными прожилками халцедоновидного кварца. Характерной его особенностью является развитие метасоматитов с овоидной текстурой. Состав овоидов – кварцево-сульфидный, турмалин-пиритовый, кварц-серицит-хлоритовый.

Штокверк “Северо-Восточный” длиной до 850 м приурочен к северному контакту эксплозивного сооружения. Он сложен метасоматически измененными эксплозивными брекчиями. Сульфидная минерализация представлена тонкой вкрапленностью пирита, реже – антимонита. В составе прожилков наблюдается пирит-арсенопирит-антимонитовая минерализация.

При проведении тематических работ предшествующими исследователями [16] выделены следующие ассоциации рудных минералов, разделенных на стадии минералообразования (от ранних к поздним): 1) кварц-турмалин-молибденовая со стадиями: кварц-молибденитовой, кварц-турмалиновой, кварц-пиритовой; 2) золото-полиметаллическая (продуктивная) со стадиями: пирит-арсенопиритовой, галенит-сфалеритовой, халькопирит-блеклорудной и кварц-антимонитовой; 3) халцедон-карбонатная.

Кварц-турмалин-молибденовая ассоциация имеет незначительное распространение в эндо- и экзоконтактных частях палеокальдеры. Кварц-молибденитовая стадия представлена маломощными кварцевыми прожилками с мелкой вкрапленностью молибденита. Кварц-турмалиновая и кварц-пиритовая стадии имеют широкое распространение как в пределах палеокальдеры, так и вне ее. Кварц-пиритовые образования часто образуют ветвящиеся прожилки. Пирит отмечается также в виде рассеянной вкрапленности.

Наиболее высокие содержания золота связаны с золото-полиметаллической ассоциацией. Рудные минералы этой ассоциации имеют широкое распространение. Они образуют зоны вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализации. В арсенопиритах фиксируются единичные включения золота. Галенит-сфалеритовая стадия имеет ограниченное распространение в контактовых частях палеокальдеры. Самородное золото отмечается в виде мономинеральных кучных скоплений, а также в форме включений в сульфосолях висмута.

Халцедон-карбонатная ассоциация представлена маломощными прожилками с редкой вкрапленностью пирита.

Таблица 3. Средние содержания элементов в эксплозивных брекчиях Дельмачикского месторождения, г/т (Fe – в мас. %)

Элементы	Au	Fe	Zn	W	As	Pb	Rb	Sr	Mo	Sn	Sb	Ba
Безрудные брекчии (n = 10)												
x	0.03	1.37	40.3	234	251	34.0	112	180	2.4	5.8	13.7	519
s	0.03	0.42	12.4	206	204	–	56	68	0.9	2.9	12.3	301
Рудоносные брекчии (n = 10)												
x	0.41	3.32	39.8	201	303	406	94	231	1.5	6.3	33.0	499
s	0.43	7.10	18.9	158	327	795	47	113	0.5	9.3	63.0	281

Примечание. x – среднее арифметическое, s – стандартное отклонение, n – число анализов. Анализы выполнены рентген-флуоресцентным методом в Аналитическом центре ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ), аналитик Б.Ж. Жалсараев.

Зона гипергенеза имеет незначительную мощность от 3–5 м в минерализованной зоне “Антимонитовая” и до 40 м в палеокальдере.

Золотоносные эксплозивные брекчии, в сравнении с безрудными, характеризуются повышенными концентрациями Pb и Sb (табл. 3). В аналогичных образованиях других месторождений западного Забайкалья отмечаются повышенные содержания As, Sb (Ключевское), Zn, As, Pb (Андрюшкинское) и As (Илинское месторождение). Эти отличия объясняются спецификой рудоносных интрузий этих месторождений [3].

В метасоматически измененных брекчиях корреляционный анализ выявил связь золота с цинком ($r = 0.6$), в минерализованной зоне “Антимонитовая” – с мышьяком ($r = 0.5$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, формирование флюидно-эксплозивных брекчий в районе Дельмачикского месторождения тесно связано с образованием дайковых поясов. Петрохимические и геохимические особенности гранит-порфиров, кварцевых порфиров и эксплозивных брекчий указывают на их образование на заключительных стадиях коллизионного процесса и начальных стадиях постороженного развития территории. Интрузивные и флюидно-эксплозивные образования Дельмачикского месторождения были сформированы из магматических очагов, имевших разные степени дифференциации. Геохимические особенности интрузивных и эксплозивных образований указывают на наличие единого эволюционного тренда магматизма от гранит-порфиров ($Rb/Sr = 4.54–6.26$; $Eu/Eu^* = 0.45$) и кварцевых порфиров ($Rb/Sr = 0.34–1.54$; $Eu/Eu^* = 0.42–0.55$) к диоритовым порфирам ($Rb/Sr = 0.05$; $Eu/Eu^* = 0.74$) и эксплозивным брекчиям ($Rb/Sr = 0.24–0.30$; $Eu/Eu^* = 0.61–0.74$) с уменьшением Eu/Eu^* и Rb/Sr отношений. Петро-геохимические особенности интрузивных образований амуджиканского комплекса, развитых в районе месторождения, указывают на то, что они являются производными единого мантийного очага. Диоритовые порфиры и эксплозивные брекчии являются гибридными образованиями, сформированными

в результате взаимодействия мантийных и коровых источников. С этими же процессами, вероятнее всего, связано образование золотого оруденения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов Б.Н.* Особенности распределения золота в эксплозивных брекчиях Илинского золоторудного месторождения (Восточное Забайкалье) // Известия вузов. Геология и разведка. 2011. № 1. С. 52–55.
2. *Абрамов Б.Н.* Условия формирования и рудоносность флюидно-эксплозивных образований золоторудных месторождений Восточного Забайкалья // Докл. АН. 2011. Т. 440, № 1. С. 67–71.
3. *Абрамов Б.Н.* О рудоносности флюидно-эксплозивных структур Дарасунского рудного района // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. Т. 63, № 4. С. 43–46.
4. Геологическое строение Читинской области. Пояснительная записка к геологической карте масштаба 1 : 500 000. Чита: Читагеолсъемка, 1997. 239 с.
5. *Гордиенко И.В., Кузьмин М.И.* Геодинамика и металлогения Монголо-Охотского региона // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 11. С. 1545–1562.
6. *Зорин Ю.А., Беличенко В.Г., Рутштейн И.Г., Зорина Л.Д., Спиридонов А.М.* Геодинамика западной части Монголо-Охотского пояса и тектонические позиции рудных проявлений золота в Забайкалье // Геология и геофизика. 1998. Т. 39, № 11. С. 104–112.
7. Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
8. *Коваль П.В.* Региональный геохимический анализ гранитоидов. Новосибирск: СО РАН, ОИГТМ. 1998. 492 с.
9. *Костицын Ю.А.* Накопление редких элементов в гранитах // Природа, 2000. № 2. С. 26–34.
10. *Кривошук Н.А., Гонгальский Б.И.* Ключевское месторождение // Месторождения Забайкалья. М.: Геоинформмарк, 1993. Т. 1, кн. 2. С. 33–40.
11. *Куликова З.И., Зорина Л.Д.* Рудогенерирующие гранитоиды амуджиканского комплекса Дарасунской рудно-магматической системы (Восточное Забайкалье) // Современные проблемы геохимии: мат-лы совещ. Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2012. С. 87–90.
12. *Максимов С.С.* О брекчиевых телах Балейского рудного района // Геология и разведка месторождений полезных ископаемых Забайкалья: мат-лы конф. Чита: ЗабНИИ, 1968. С. 34–35.
13. *Руб М.Г., Гладков Н.Г., Павлов В.А., Руб А.К., Трошева Н.В.* Щелочные элементы и стронций в рудо-

- носных (Sn, W, Ta) дифференцированных магматических ассоциациях // Докл. АН. 1983. Т. 268, № 6. С. 1463–1466.
14. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 280 с.
15. Тимофеевский Д.А. Геология и минерагения Дарасунского золоторудного региона. М.: Недра, 1972. 260 с.
16. Шимановский В.А., Дюков Ю.А., Фалькин Е.М., Рудакова Г.В. Разработка формационных генетических моделей типовых золоторудных месторождений Забайкалья для их прогнозной оценки на глубину и совершенствования прогнозных критериев. Чита: Территориальный геологический фонд по Забайкальскому краю, 1986. 185 с.
17. Шимановский В.А., Фалькин Е.М. Зоны континентального спрединга и их интегральная петрохимическая зональность на примере Дельмачикского вулканодайкового пояса // Геодинамика, структура и металлогения складчатых поясов юга Сибири: мат-лы конф. Новосибирск: ОИ ГТМ СО РАН, 1991. С. 77–79.

Рецензент С.В. Прибавкин

Conditions of formation, petrochemical and geochemical rocks and ores features of Delmachik gold deposit (East Transbaikalia)

B. N. Abramov

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of RAS

It is established, that formation of gold fluid-explosive breccias (FEB) of Delmachik deposit is closely connected to formation of the dike belts of Amudzhikan intrusive complex which generation occurred at the final stages of collision process (J_{2-3}). Geochemical features of intrusive and explosive formations indicate to presence of uniform evolutionary trend from granite-porphyries (Rb/Sr – 4.54–6.26; Eu/Eu* – 0.45) and quartz- porphyries (Rb/Sr – 0.34–1.54; Eu/Eu* – 0.42–0.55) to diorite-porphyrites (Rb/Sr – 0.05; Eu/Eu* – 0.74) and explosive breccias (Rb/Sr – 0.24–0.30; Eu/Eu* – 0.61–0.74) with decrease of Eu/Eu* and Rb/Sr ratios. Diorite-porphyrites and explosive breccias are the hybrid formations, formed as a result of mantle and crustal melts interaction, these processes associated with gold mineralization.

Key words: *Delmachik deposit, explosive breccias, gold, magmatic centre, East Transbaikalia.*