

УДК 553.411+550.93

ПЕРВЫЕ U–Pb-ДАННЫЕ (SHRIMP-II) О ВОЗРАСТЕ ЦИРКОНОВ ИЗ ГРАНИТОИДОВ И РУДОНОСНЫХ ПОРОД БЕРЕЗИТОВОГО ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© 2011 г. А. С. Вах, О. В. Авченко, С. А. Сергеев, С. Л. Пресняков

Представлено академиком А.И. Ханчуком 10.12.2010 г.

Поступило 11.01.2011 г.

Статья посвящена первым данным по изотопному возрасту цирконов, отобранных из метасоматических пород и вмещающих их гранитоидов Березитового золото-полиметаллического месторождения Верхнего Приамурья.

Месторождение расположено на северо-западе Амурской области, в бассейне нижнего течения р. Хайкта, крупного правого притока р. Большой Ольдой (рис. 1). Оно локализовано в активизированных структурах юго-восточной части Северо-Азиатского кратона, в зоне сочленения его с образованиями северного обрамления Тукурингра-Джагдинского террейна Монголо-Охотского орогенного пояса [1]. Рудное поле месторождения представляет собой приподнятый блок древних метаморфических и магматических пород, окаймленных с востока, севера и запада триасовыми вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями десовского комплекса, а также крупными телами Хайктинской интрузии амуджиканского комплекса мезозойского возраста. Месторождение представлено крупной субмеридиональной зоной минерализованных метасоматических пород, которая локализована в гранитоидах Хайктинско-Орогжанского массива, предположительно раннепротерозойского возраста. В плане зона имеет линзовидную форму (рис. 1) и крутое падение (70° – 75°) в юго-западном направлении. Ее длина на поверхности достигает 950 м. Мощность зоны меняется от 10–15 до 110 м. Она объединяет два крутопадающих воронкообразных тела, сопряженных вблизи поверхности, но выклинивающихся с глубиной. Более подробно геологическая характеристика месторождения приведена в публикациях авторов [2, 3].

Рудовмещающие метасоматиты месторождения сложены довольно однородными по строению светло-серыми, зеленовато-серыми массивными мелко- и тонкозернистыми мусковит-кварцевыми породами, в которых в значительных количествах (до 1% и более) содержится вкрапленность альмандин-спессартинового граната и турмалина. Реже в составе пород в переменных количествах встречаются ортоклаз, хлорит, биотит, анортит, цинковая шпинель (железистый ганит), титанит, циркон, эпидот, алланит, пренит, фторапатит, гротит, флюорит и графит. Золотосодержащие полиметаллические руды распределены относительно равномерно в турмалин-гранат-мусковит-кварцевых метасоматитах в виде сложного сульфидного штокверка, отчетливо заполняя многочисленную систему сложных трещин. Основные минералы руд: сфалерит, галенит, пирит, пирротин, магнетит.

Рудно-метасоматические образования месторождения залегают в порфиридных биотит-роговообманковых гранитах (реже – в гранодиоритах), которые слагают центральную часть Хайктинско-Орогжанского массива. Порфиридные граниты имеют преимущественно массивную текстуру и порфиробластическую структуру; последняя обусловлена развитием в них порфиробластов плагиоклаза размерами до 1 см. Характерной особенностью рассматриваемых гранитоидов является их зеленовато-серая окраска, обусловленная сосюритизацией и серицитизацией первичного плагиоклаза, а также развитием по темноцветным минералам вторичных агрегатов хлорита и эпидота. Порода состоит из плагиоклаза, кварца, калиевого полевого шпата, биотита, реликтов роговой обманки. Калиевый полевой шпат представлен обычно решетчатым микроклином, который замещает плагиоклаз и содержит в себе включения ранних минералов. Роговая обманка встречается в виде идиоморфных кристаллов, часто замещается агрегатами бурого биотита. Акцессорные минералы: апатит, сфен, ортит, циркон и магнетит.

Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Владивосток
Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,
Санкт-Петербург

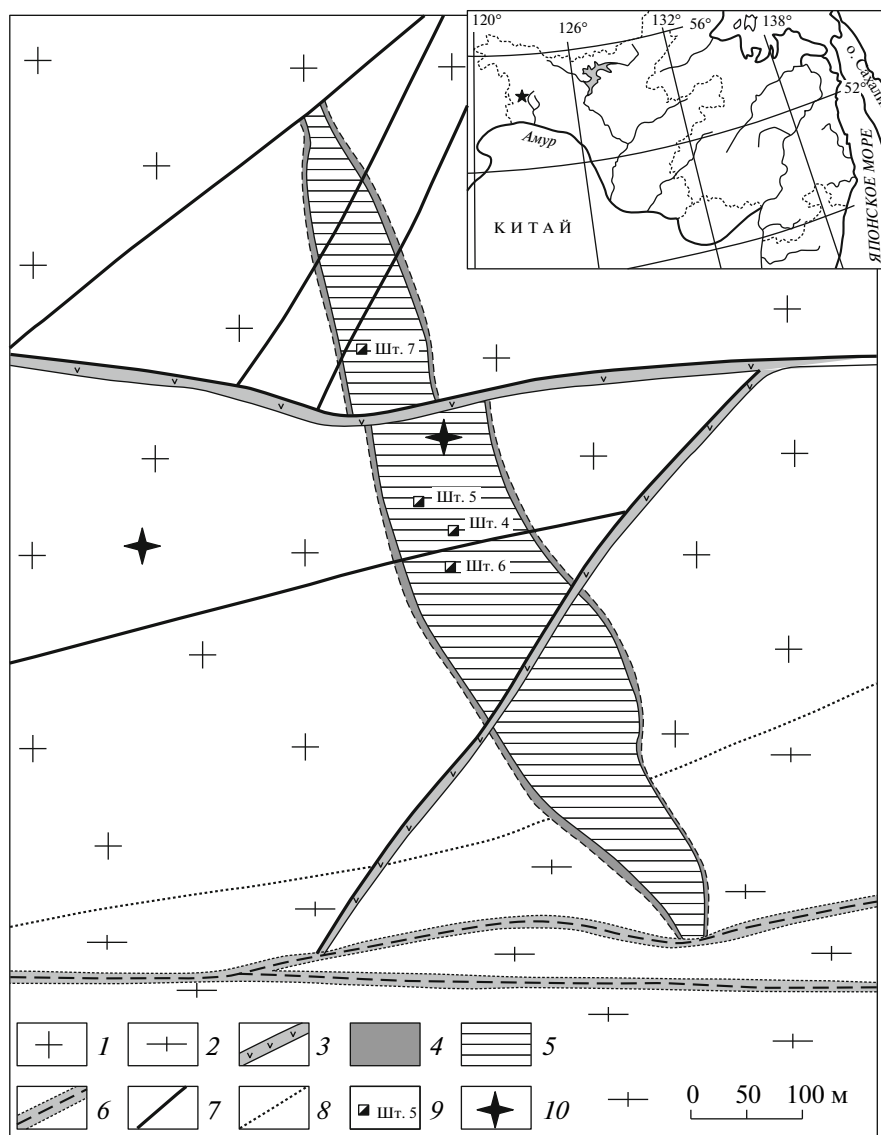


Рис. 1. Геологическая схема Березитового месторождения.

1, 2 – раннепротерозойские интрузивные образования предположительно позднестанового комплекса (PR₁р?): порфирировидные граниты и гранодиориты (1), гнейсовидные гранодиориты (2); 3 – дайки спессартитов и диоритовых порфиритов раннемелового возраста; 4 – гранат-мусковит-биотит-ортоклаз-анортит-кварцевые метасоматиты; 5 – турмалин-гранат-кварц-мусковитовые метасоматические породы с золотосодержащей полиметаллической минерализацией; 6 – кварцевые жилы и околожилные мусковит-кварцевые измененные породы; 7 – основные тектонические нарушения; 8 – границы фациальных разновидностей интрузивных пород; 9 – устье разведочных штолен и их номера; 10 – места отбора проб. На врезке звездочкой показано географическое положение Березитового золото-полиметаллического месторождения.

В южной части месторождения порфирировидные граниты фациально переходят в гнейсовидные гранодиориты. В отдельных участках массива гнейсовидность пород проявляется настолько ярко, что они приобретают типичный облик гранитогнейсов.

С целью изучения изотопного возраста цирконов на месторождении были отобраны две пробы пород. Первая взята из рудоносных турмалин-гранат-кварц-мусковитовых пород зоны, вторая – из

вмещающих рудную зону порфирировидных гранитов, в непосредственной близости от рудной зоны (рис. 1). Химический состав метасоматической породы и вмещающих гранитоидов, из которых были отобраны цирконы, приведен в табл. 1. Выделение цирконов проводили по традиционной схеме. Тяжелые минералы извлекали после дробления исходных проб, применения концентрационного стола, изодинамического магнитного сепаратора и тяжелых жидкостей. Окончательную

выборку изучаемых цирконов осуществляли вручную под бинокляром.

Цирконы из гранитов и метасоматитов по морфологии и окраске однотипны и схожи между собой. Они преимущественно представлены хорошо ограниченными, идиоморфными прозрачными розовато-коричневыми кристаллами короткопризматического, реже игольчатого габитуса. Изучение цирконов на микроанализаторе JXA8100 (ДВГИ ДВО РАН) показало, что они однородны по химическому составу. Из элементов-примесей в составе циркона отмечается присутствие только Fe₂O₃ (0–1.30%) и HfO₂ (0–1.56%). Включений других минеральных фаз не выявлено. Катодолюминесцентные изображения кристаллов циркона из гранитов и метасоматитов (рис. 2) показывают наличие в них тонкой ритмичной зональности, параллельной граням, которая характерна для цирконов магматического генезиса.

U–Pb-датирование цирконов осуществляли на ионном микрозонде SHRIMP-II в центре изотопных исследований ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. Зерна цирконов были имплантированы в эпоксидную смолу вместе с зернами цирконовых стандартов TEMORA и 91500. Измерения U–Pb-отношений на SHRIMP-II проводили по методике, описанной в статье [4]. Интенсивность первичного пучка молекулярных отрицательно заряженных ионов кислорода составляла 4 нА, диаметр пятна (кратера) – ~30 мкм. Обработку полученных данных осуществляли с использованием программ SQUID и ISOPLOT/EX [5, 6]. U–Pb-отношения нормализовали на значение 0.0668, приписанное стандартному циркону TEMORA, что соответствует возрасту этого циркона 416.75 млн лет [7].

Результаты U–Pb-датирования цирконов представлены в табл. 2 и на рис. 3. Установлено, что величина изотопного возраста для вмещающих рудную зону порфириовидных гранитов, рассчитанная по восьми точкам, составляет 344 ± 3.3 млн лет. Исключение – точка 1.8, для которой установлен более древний возраст – 446 ± 10 млн лет. Цирконы из метасоматитов мало различаются по изотопным отношениям. Конкордантный возраст по девяти точкам анализа, если исключить наиболее “молодую” оценку, составляет для цирконов метасоматических образований месторождения 335 ± 4.8 млн лет.

Выявленные близкие значения возрастов цирконов из порфириовидных гранитов (344 + 3.3 млн лет) и метасоматитов Березитового месторождения (335 ± 4.8 млн лет) однозначно свидетельствуют о том, что исходным материалом для формирования рудно-метасоматических образований являлись вмещающие их гранитоиды. Результаты геохронологических исследований позволяют также думать, что гранитоиды Хайктинско-Орогжанского массива по возрастным датировкам отно-

Таблица 1. Химический состав гранитов и рудоносных метасоматитов Березитового месторождения

Компонент	Образец			
	В-1	В-2	В-3	2
SiO ₂	68.71	68.32	69.57	69.42
TiO ₂	0.34	0.31	0.27	0.36
Al ₂ O ₃	15.80	16.28	15.73	17.87
Fe ₂ O ₃ (общ.)	3.34	3.00	2.58	2.31
MnO	0.09	0.09	0.06	0.10
MgO	0.94	0.83	0.73	0.48
CaO	3.14	3.23	2.02	0.22
Na ₂ O	4.56	4.66	4.23	0.15
K ₂ O	2.78	3.01	4.50	5.93
P ₂ O ₅	0.14	0.12	0.10	0.14
П.п.п.	0.88	0.93	1.01	2.27
Сумма	100.72	100.78	100.80	99.25
S	0.031	0.020	0.004	0.017
Cl	0.012	0.008	0.003	0.001
V	40	32	26	26
Cr	164	91	110	1
Co	7	7	5	1
Ba	804	931	1127	387
Ni	9	7	6	5
Cu	8	6	12	10
Zn	89	79	50	75
Ga	21	21	16	19
As	2	2	2	271
Pb	21	22	23	40
Th	9	9	11	20
U	3	3	1	4
Rb	93	95	104	292
Sr	296	310	480	35
Y	20	23	16	7
Zr	161	136	136	178
Nb	14	16	11	18

Примечание. Обр. В-1, В-2 и В-3 – вмещающие рудную зону порфириовидные граниты, обр. 2 – турмалин-гранат-кварц-мусковитовый метасоматит. Изученные цирконы отобраны из образцов В-1 и 2. Анализы пород выполнены в ДВГИ ДВО РАН на рентгенофлуоресцентном спектрометре S4 Pioneer фирмы “Bruker AXS” (аналитик Е.А. Ноздрачев). Концентрации петрогенных элементов, S, Cl приведены в мас. %, микроэлементов – в г/т. П.п.п. – потери при прокаливании.

сятся не к раннепротерозойским образованиям позднестанового комплекса [8], а, вероятнее всего, к самостоятельному комплексу гранитоидов позднего палеозоя, точнее – раннего карбона. Полученные данные являются первым аргумен-

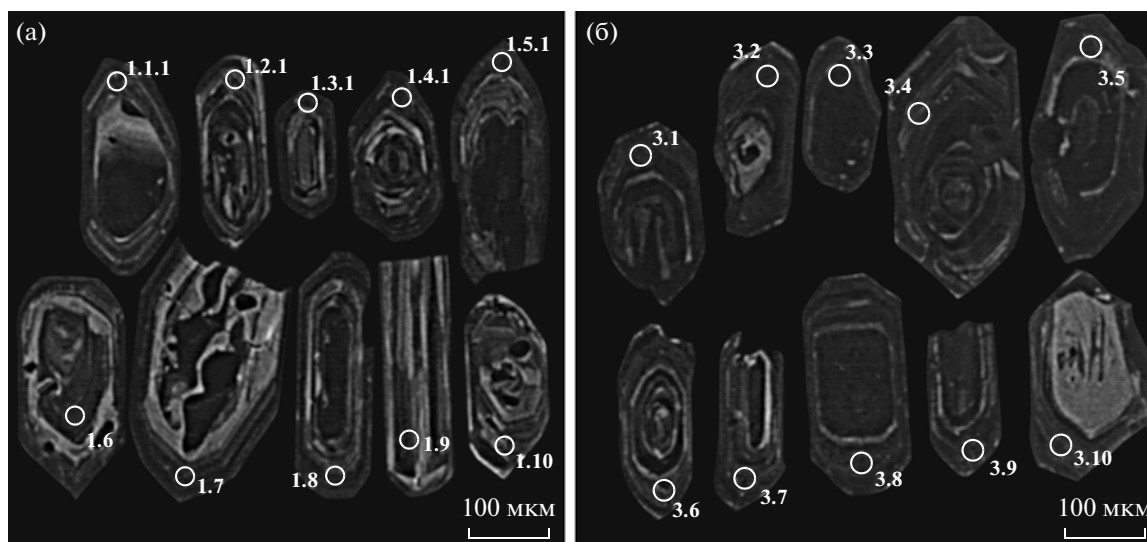


Рис. 2. Катодоллюминесцентные изображения проанализированных кристаллов циркона из порфировидных гранитов Хайктинско-Орогжанского массива (а) и рудоносных метасоматитов (б) Березитового месторождения. Кругом показаны точки анализа, номера которых соответствуют номерам, приведенным в табл. 2.

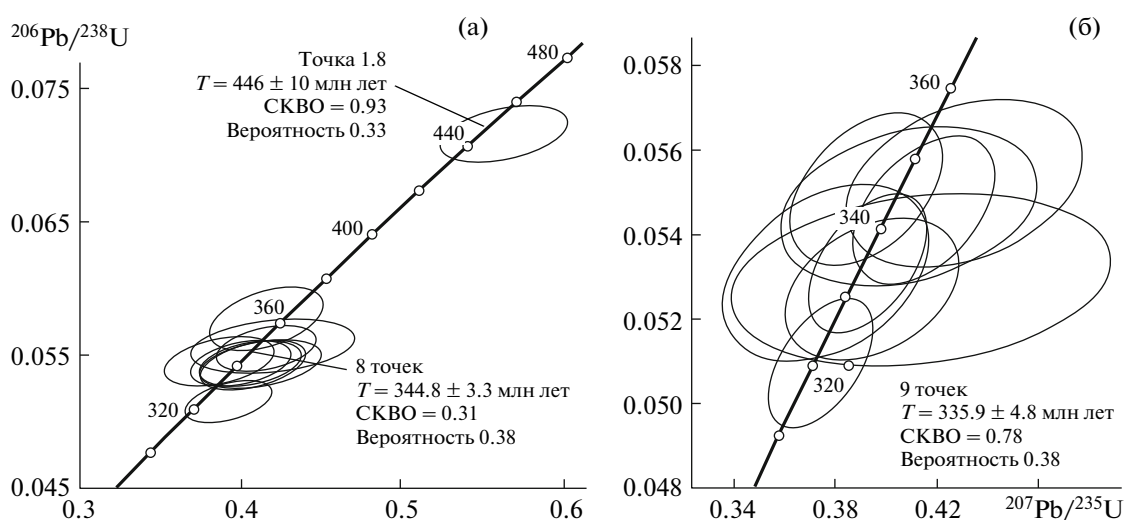


Рис. 3. U–Pb-диаграмма с конкордиями для цирконов из гранитов Хайктинско-Орогжанского массива (а) и рудоносных метасоматитов (б) Березитового месторождения.

тированным свидетельством проявления в пределах рассматриваемого района позднепалеозойского магматизма. Возможным аналогом рассматриваемых магматических образований, вероятно, можно считать палеозойский комплекс гранитоидов, расположенный в пределах центральной части Дарасунского золоторудного месторождения [9], для которых по результатам изотопных Rb–Sr-датировок установлен возраст 343 ± 7.6 млн лет [10], практически совпадающий с возрастом гранитов Березитового месторождения. Близкий возраст, 340–320 млн лет, установлен по U–Pb- (SHRIMP-II) и Rb–Sr-датировкам и для позднепалеозойских

гранитоидов Баргузинского комплекса Западного Забайкалья [11]. Эти данные позволяют считать, что гранитоиды Хайктинско-Орогжанского массива могут представлять собой один из восточных фрагментов проявления палеозойского магматизма, существовавшего вдоль южной окраины Северо-Азиатского кратона.

Таким образом, рудоносные метасоматиты Березитового месторождения содержат в себе цирконы магматического происхождения, образовавшиеся в диапазоне 340–330 млн лет, благодаря чему установлено, что эти породы были образованы, вероятно, по гранитоидам Хайктин-

Таблица 2. Результаты изотопных U–Pb-исследований цирконов из гранитов и рудоносных метасоматических пород Березитового золотого-полиметаллического месторождения

Точка анализа	$^{206}\text{Pb}_c$, %	U, ppm	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	Th	$^{206}\text{Pb}^*$	Возраст, млн лет			D, %	Изотопные отношения				Rho	
						$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ (1)	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ (1)	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ (2)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ (3)	$\frac{^{238}\text{U}}{^{206}\text{Pb}}$ (1)	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ (1)	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ (1)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ (1)
Порфиридный биотит-рогообманковый гранит															
1.1	0.45	288	0.62	173	13.8	349.2 ± 5.1	403 ± 110	348.7 ± 5.2	351.5 ± 5.7	15	17.96 ± 1.5	0.0584 ± 4.8	0.420 ± 5.0	0.05567 ± 1.5	0.301
1.2	0.31	448	0.75	323	21.0	341.3 ± 4.6	398 ± 86	340.7 ± 4.6	342.9 ± 5.2	17	18.39 ± 1.4	0.0572 ± 3.9	0.410 ± 4.1	0.05436 ± 1.4	0.336
1.3	—	797	0.72	558	35.2	323.8 ± 4.0	422 ± 56	322.8 ± 4.0	323.2 ± 4.6	30	19.42 ± 1.3	0.0542 ± 2.5	0.392 ± 2.8	0.05151 ± 1.3	0.452
1.4	0.32	687	0.65	429	32.2	341.2 ± 4.3	387 ± 70	340.8 ± 4.4	341.4 ± 4.8	14	18.39 ± 1.3	0.0569 ± 3.1	0.408 ± 3.4	0.05436 ± 1.3	0.387
1.5	0.18	718	0.61	420	33.6	341.4 ± 4.3	365 ± 57	341.1 ± 4.3	341.8 ± 4.8	7	18.39 ± 1.3	0.0553 ± 2.5	0.404 ± 2.8	0.05438 ± 1.3	0.455
1.6	0.24	797	0.66	506	38.1	348.2 ± 4.3	386 ± 63	347.8 ± 4.4	350.2 ± 4.8	11	18.02 ± 1.3	0.0563 ± 2.8	0.416 ± 3.1	0.05550 ± 1.3	0.415
1.7	0.22	487	0.68	321	22.9	342.4 ± 4.5	261 ± 77	343.2 ± 4.6	344.0 ± 5.1	–24	18.33 ± 1.4	0.0532 ± 3.4	0.387 ± 3.6	0.05455 ± 1.4	0.375
1.8	0.00	1464	0.59	838	90.0	445.5 ± 5.2	503 ± 58	444.7 ± 5.3	444.2 ± 5.8	13	13.98 ± 1.2	0.0573 ± 2.6	0.565 ± 2.9	0.07155 ± 1.2	0.416
1.9	0.17	377	0.95	345	18.8	361.9 ± 5.8	298 ± 72	362.6 ± 5.9	363.5 ± 7.0	–18	17.32 ± 1.7	0.0537 ± 3.1	0.416 ± 3.5	0.05774 ± 1.7	0.466
1.10	0.15	438	0.74	312	20.5	340.4 ± 4.7	386 ± 64	340.0 ± 4.7	339.8 ± 5.4	13	18.44 ± 1.4	0.0556 ± 2.8	0.406 ± 3.2	0.05423 ± 1.4	0.443
Турмалин-гранат-мусковит-кварцевый метасоматит															
3.1	—	939	0.80	725	46.8	364.2 ± 4.4	371 ± 48	364.1 ± 4.5	364.7 ± 5.1	2	17.20 ± 1.3	0.0540 ± 2.2	0.433 ± 2.5	0.05813 ± 1.3	0.504
3.2	0.21	738	1.04	740	34.7	342.6 ± 4.3	421 ± 54	341.8 ± 4.4	343.2 ± 5.3	23	18.32 ± 1.3	0.0552 ± 2.4	0.416 ± 2.8	0.05458 ± 1.3	0.470
3.3	0.14	1185	0.82	945	51.9	320.4 ± 3.8	339 ± 43	320.2 ± 3.9	321.4 ± 4.5	6	19.63 ± 1.2	0.0532 ± 1.9	0.374 ± 2.3	0.05095 ± 1.2	0.543
3.4	0.43	347	0.53	179	16.5	346.4 ± 4.9	480 ± 92	345.0 ± 4.9	341.2 ± 5.4	38	18.11 ± 1.5	0.0567 ± 4.2	0.431 ± 4.4	0.05520 ± 1.5	0.330
3.5	0.91	310	0.59	178	14.2	332.5 ± 5.1	480 ± 160	331.1 ± 4.9	325.4 ± 5.6	44	18.89 ± 1.6	0.0567 ± 7.2	0.414 ± 7.4	0.05293 ± 1.6	0.212
3.6	0.12	594	0.86	493	28.1	345.0 ± 4.5	274 ± 65	346.3 ± 4.5	347.3 ± 5.2	–21	18.16 ± 1.3	0.0517 ± 2.8	0.393 ± 3.1	0.05507 ± 1.3	0.425
3.7	0.33	759	1.06	777	34.5	331.0 ± 4.2	384 ± 75	330.6 ± 4.2	334.1 ± 5.2	16	18.98 ± 1.3	0.0543 ± 3.3	0.395 ± 3.6	0.05270 ± 1.3	0.360
3.8	0.62	472	0.48	220	22.3	343.1 ± 4.7	382 ± 110	342.8 ± 4.6	344.7 ± 5.0	11	18.29 ± 1.4	0.0543 ± 4.9	0.409 ± 5.1	0.05467 ± 1.4	0.276
3.9	0.15	951	0.22	206	43.6	334.8 ± 4.1	350 ± 48	334.7 ± 4.1	334.2 ± 4.2	4	18.76 ± 1.3	0.0535 ± 2.1	0.393 ± 2.5	0.05330 ± 1.3	0.506
3.10	0.32	447	0.89	386	20.5	333.4 ± 5.2	262 ± 94	334.1 ± 5.3	333.7 ± 6.2	–21	18.84 ± 1.6	0.0515 ± 4.1	0.377 ± 4.4	0.05308 ± 1.6	0.366

Примечание. Pb_c и Pb^* – обыкновенная и радиотенная составляющие свинца соответственно. Ошибки приведены для интервала 1σ. Ошибка калибровки стандарта 0.66%. Поправка на обыкновенный свинец произведена по измеренному ^{204}Pb . (1) – обычный Pb, скорректированный с использованием измерений ^{204}Pb ; (2) – обычный Pb, скорректированный на достоверные значения $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ конкордантного возраста; (3) – обычный Pb, скорректированный на достоверные значения $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ конкордантного возраста. D – коэффициент дискордантности. Rho – коэффициент корреляции отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$.

ско-Орогжанского массива, которые относятся, как надо полагать, не к раннепротерозойским, а позднепалеозойским образованиям.

Авторы выражают благодарность руководству и геологическому персоналу ООО “Березитовый рудник” за помощь в проведении полевых работ на месторождении.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 08–05–00106–а), СО РАН (интеграционный грант) и УРО РАН (грант 09-П-СУ-08-003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
2. Вах А.С., Степанов В.А., Авченко О.В. // Руды и металлы. 2008. № 6. С. 44–55.
3. Степанов В.А., Мельников А.В., Вах А.С. и др. Приамурская золоторудная провинция. Благовещенск: АмГУ; НИГТЦ ДВО РАН, 2008. 323 с.
4. Williams I.S. // Rev. Econ. Geol. 1998. V. 7. P. 1–35.
5. Ludwig K.R. // Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ. 1999. № 1a.
6. Ludwig K.R. // Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ. 2000. № 2.
7. Black L.P., Kamo S.L., Aleinikoff G.M., et al. // Chem. Geol. 2003. V. 200. P. 155–170.
8. Козак З.П., Вахтомин К.Д. Государственная геологическая карта Российской Федерации 1 : 200000. 2-е изд. Становая серия. N-51-XIV (Тахтамыгда). СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.
9. Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудномагматические системы Забайкалья. Новосибирск: Академ. изд-во “Гео”, 2006. 291 с.
10. Казимировский М.Э., Дриль С.И., Сандимирова Г.П. // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 7. С. 900–1002.
11. Цыганков А.А., Матуков Д.И., Бережная Н.Г. и др. // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 1. С. 156–180.