

УДК 553.81(571.62)

## U–Pb-ИЗОТОПНОЕ ДАТИРОВАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МИЛОГРАДОВСКОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ)

© 2010 г. Член-корреспондент РАН В. Г. Сахно, Ф. И. Ростовский, А. А. Аленичева

Поступило 10.02.2010 г.

В настоящем сообщении приводятся новые данные изотопного датирования экструживно-интрузивных комплексов Милоградской вулканоструктуры Восточно-Сихотэ-Алинского пояса (ВСАВП), в которой проявлено золото-серебряное оруденение. Милоградское золото-серебряное месторождение является одним из перспективных объектов этого региона и интересным в геологическом отношении.

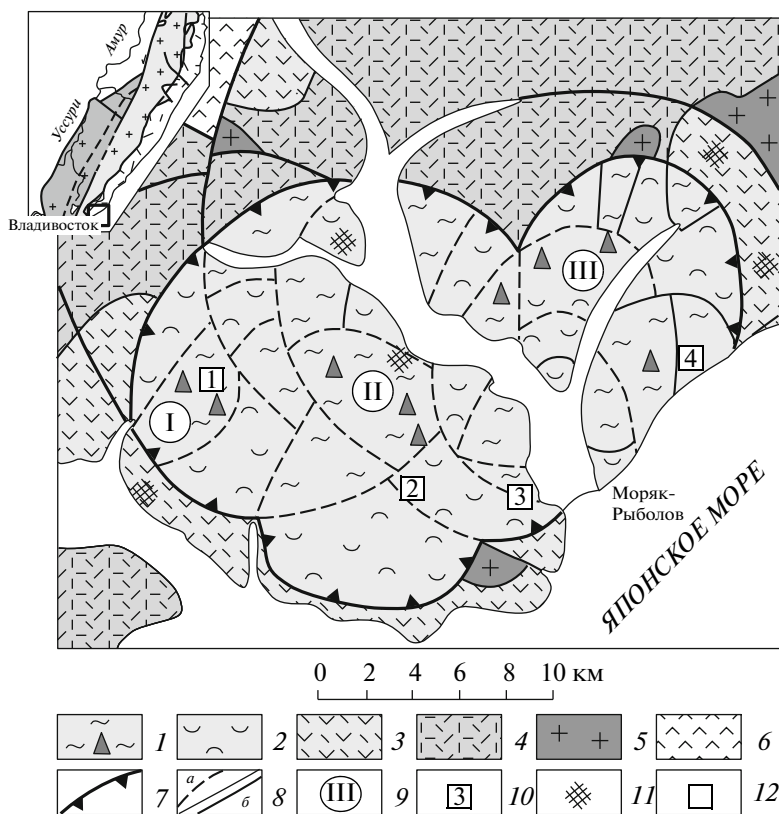
ВСАВП характеризуется обилием близповерхностных золото-серебряных проявлений различных минеральных типов, среди которых известны месторождения и рудопроявления Многовершинное, Салют, Паволицинское и многие другие, локализованные в пределах линейной полосы восточной части вулканического пояса. Они сопряжены с вулканоструктурами и относятся к внутрикальдерному структурному типу, являясь примером локальной рудно-магматической системы (РМС), совмещающей совокупность генетических и парагенетически связанных субвулканических комплексов, трубок взрыва, рудных тел и гидротермальных процессов, имеющих глубинные (мантийные) корни. Определение возраста магматических комплексов, главным образом К–Аг-методом, с которыми связаны рудопроявления в вулканоструктурах ВСАВП, дает весьма противоречивые результаты. Отсутствие надежных датировок не позволяет проводить корреляцию рудогенерирующих комплексов. Возможность определения возраста экструживных комплексов на основе U–Pb-SHRIMP-метода в структурах с Au–Ag-рудопроявлением имеет большое значение для решения вопросов прогноза перспективности кальдерных структур, широко распространенных в вулканическом поясе.

Милоградское золото-серебряное месторождение сформировалось на заключительных стадиях тектонического развития Маргаритовской полигенной вулканотектонической депрессии, состоящей из трех последовательно наложенных друг на друга кальдер – Лимовской, Бровкинской и Ново-Петропавловской (рис. 1). В ее строении принимают участие игнимбриты и туфы приморской серии, а также вулканогенные и экструживные породы сияновского и богопольского комплексов, возраст которых по данным U–Pb-изотопного датирования равен 83–85, 69–70 и 57–60 млн. лет соответственно [1, 2]. Мощность покровных образований в центральной части Маргаритовской вулканотектонической структуры составляет 850–650 м; к флангам ступенеобразно, по зонам дуговых и кольцевых разломов уменьшается до 450–300 м [3].

Эффузивные, субвулканические и интрузивные фации представлены последовательно сформированными куполами дацитов, риолитов, зачастую окаймленными лавобрекчиевой “мантией”, пласто- и силлообразными телами риолитов. В пределах Маргаритовской депрессии широко развиты дайки андезито-базальтов, андезитов, мелкозернистых гранитов и гранит-порфиров. К северу от Маргаритовской вулканоструктуры располагается Евстафьевский гранитоидный массив, относящийся к многофазовому Ольгинско-Владимирскому интрузивному плутону, отдельные фазы которого, датированные U–Pb-методом, имеют возраст гранитоидных массивов: Валентиновского – 78.96; Владимирского – 67.90; Ольгинского – 53.2 млн. лет (неопубликованные данные). Фрагменты кровли Евстафьевского массива, имеющего пологие секущие границы с вышележащими игнимбритами приморского комплекса, обнажаются в днищах долин в северной части Маргаритовской структуры.

Лимовская кальдера, в пределах которой локализовано Милоградское Au–Ag-месторождение, размером 3 × 3.5 км, и ряд других кальдер (рис. 1, 2) располагаются в зоне дуговых разломов, ограничивающих Маргаритовскую вулканотектоническую депрессию. Фундаментом, на ко-

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



**Рис. 1.** Схема геологического строения Маргаритовской вулcano-тектонической структуры [3, с добавлениями авторов]. 1 – милоградовский вулcano-экструзивный комплекс (эоцен): игнимбриты, туфы, туфобрекчии, экструзии дацитов, риодацитов, риолитов; 2 – богопольский вулканический комплекс (палеоэоцен): туфы, туфобрекчии, игнимбриты риодацитов, риолитов; 3 – сияновский вулcano-экструзивный комплекс (маастрихт): туфы, туфобрекчии и дациты; 4 – приморский вулканический комплекс (турон, коньяк, сантон): игнимбриты и туфы риолитов и дацитов; 5 – ольгинско-владимирский интрузивный комплекс, граниты ( $K_2$ ); 6 – синанчинский вулканический комплекс (андезиты), вулканогенно-молассовые образования (петрозувская свита) (поздний альб–сеноман); 7 – граница Маргаритовской вулканоструктуры; 8 – дуговые и кольцевые разломы, контролирующие размещение субвулканических и дайковых пород (а), прочие разломы (б); 9 – кальдеры: I – Лимовская, II – Бровкинская, III – Ново-Петропавловская; 10 – месторождения и рудопроявления Au–Ag: 1 – Милоградовское, 2 – Алтай, 3 – Шафраны, 4 – Петропавловское; 11 – гидротермально-измененные породы; 12 – участок исследований (на врезке).

тором она была заложена, являются вулканы приморской серии. На игнимбриты приморской серии ложатся покровы сияновской свиты. Выше залегают маломощные слои туфов риодацитов богопольской свиты, которые обнажаются в береговых обрывах р. Милоградовка и на склонах южного и юго-западного края кальдеры. Лимовская кальдера выполнена вулканитами, представленными туфами риодацитов нижней пачки и игнимбритами риодацитов и риолитов верхней пачки (рис. 2).

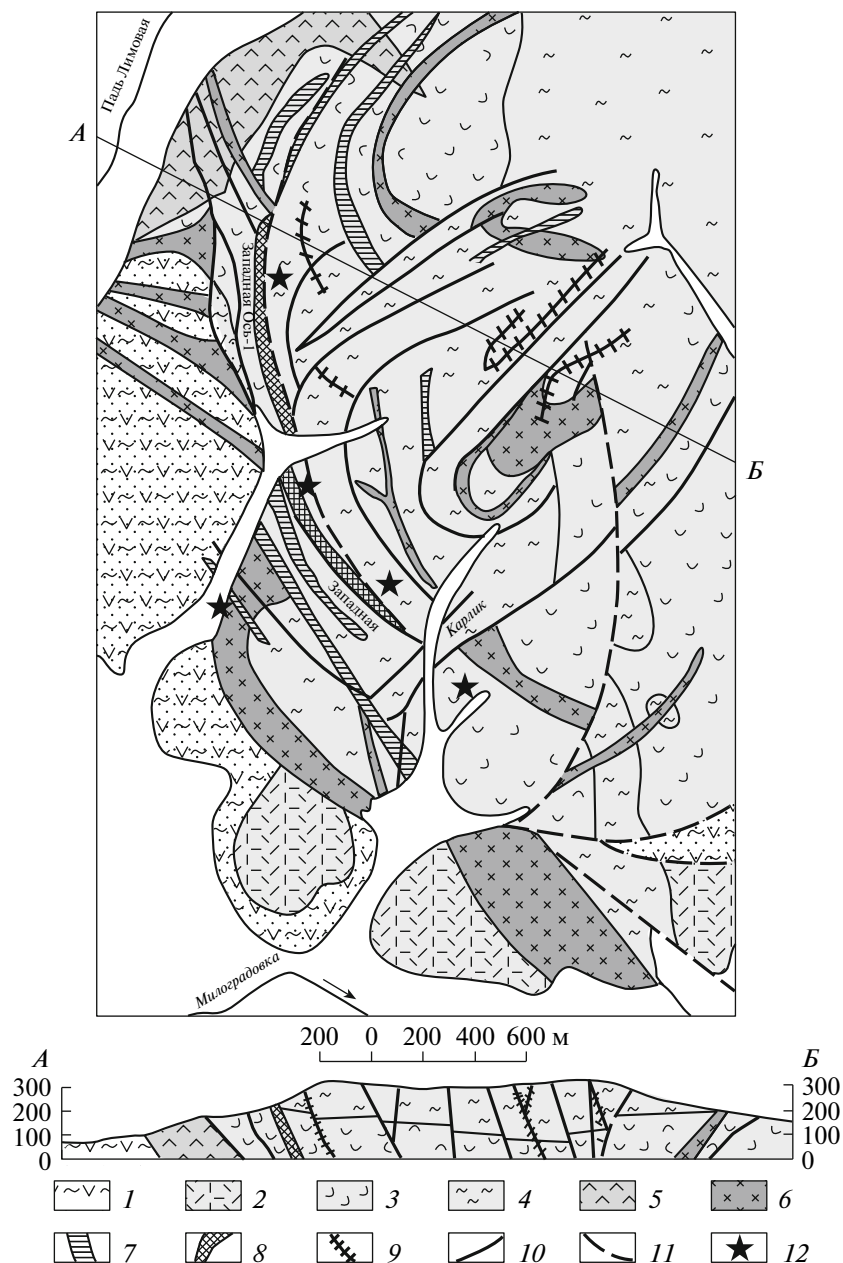
Для Лимовской кальдеры характерно широкое развитие субвулканических и дайковых внедрений. Наиболее ранние субвулканические образования слагают полудуговое тело дацитов на северо-западе кальдеры (рис. 2). Это массивные, часто переходящие в флюидалные породы, содержащие в стекловатой массе лейсты плагиоклаза и мелкие

кристаллы роговой обманки. В апикальной части породы экструзии переходят в лавобрекчии.

Экструзивные и дайковые образования второй фазы слагают кольцевое субвулканическое тело риолитов, диаметром до 2 км, переходящих участками в гранит-порфиры. Для гранит-порфиров характерны мелкие миароловые полосы с друзами кварца.

Дайковые комплексы представлены трахириодацитами, иногда до 1–3 м мощностью. Это афировые, реже флюидалные породы, содержащие в аллотриоморфнозернистой основной массе мелкие вкрапленники калишпата (до 20%), плагиоклаза (до 10%), клинопироксена и роговой обманки (до 10%).

Поздний дайковый комплекс локализован преимущественно в центральной части Лимовской кальдеры и представлен мелкими телами андезитов, андезито-базальтов, трахиандезитами и



**Рис. 2.** Милоградское месторождение Лимовской кальдеры (западная часть) [3, с добавлениями авторов]. Покровные образования фундамента Лимовской кальдеры: 1 – сияновский комплекс (игнимбриты, туфобрекчии дацитов, риодацитов), 2 – богопольский комплекс (туфы, туфобрекчии и игнимбриты риодацитов); 3–9 – милоградский вулканогенно-экструзивный комплекс: 3 – нижняя толща покровных туфов и туфобрекчии риодацитов и риолитов, 4 – игнимбриты риолитов и риодацитов верхней толщи, 5–9 – экструзивные и дайковые образования (5 – экструзивные дациты, 6 – экструзии и дайки риолитов, гранит-порфиров, 7 – дайки трахидацитов, 8 – линейные эксплозии туффизитов, 9 – дайки андезитов и трахиандезитов); 10 – рудные зоны; 11 – тектонические нарушения; 12 – место отбора проб на U–Pb-изотопное датирование.

щелочными риолит-порфирами. Большинство даек в зальбандах сопровождается кварцевыми жилами с золото-серебряным оруденением, причем взаимоотношения даек с рудами неоднозначные, что говорит о существовании нескольких генераций руд. Так, жильная зона Южная сечется

дайкой трахиандезитов, тогда как жила Черный Карлик сечет эту дайку (рис. 2).

На месторождении известно два трещинных тела эксплозивных брекчий (туффизитов), мощностью от 4 до 14 м и протяженностью до 0.3–0.5 км, приуроченных к дуговым разломам северо-запад-

ного сектора кальдеры. Эксплозивные туффизиты имеют рвущие контакты с туфами риодацитов нижней пачки. Туффизиты, состоящие из мелких обломков кварца, полевых шпатов, кислых эффузивов и кремнистых пород в кварц-гидрослюдистом цементе, содержат серебросодержащие минералы до 100 г/т. Эксплозивные образования сопровождают рудную зону Западную и секутся дайкой риолитов второй фазы и кварцевыми прожилками рудной зоны Ось.

Процесс формирования Лимовской кальдеры сопровождался крупнообъемными метасоматическими преобразованиями слагающих ее пород. Рудные тела месторождения представлены как отдельными кварцевыми жилами, так и рудными зонами, состоящими из серии кварцевых жил, минерализованными дайками и зонами дробления с золото-серебряной минерализацией. Для месторождения характерна многоэтапность оруденения, что обусловило совмещение (телескопирование) в его пределах минерализованных типов руд: золото-кварцевых, малосульфидных с золото-пиритовыми и галенит-сфалеритовыми, более поздними – сульфосолюно-флюорит-кварцевыми и сульфосолюно-адуляр-халцедон-кварцевыми.

Как отмечалось выше, комплекс магматических образований кальдерного типа, с которым связано золото-серебряное оруденение, представлен многообразием фациальных разностей, отличающихся по структурным и петрографическим характеристикам от вмещающих пород богнопольского и сияновского комплексов [2, 4 и др.]. Предполагалось, что вулканогенно-экструзивный комплекс Лимовской кальдеры является более молодым и не относится к богнопольскому, с которым сопряжены оловянные и оловянно-полиметаллические рудопроявления и месторождения в рудных районах юго-восточной части ВСАВП [2, 5 и др.].

Для определения возраста U–Pb-методом датирования, который является надежным и позволяет с высокой точностью (до 1%) получить результаты, отобраны вулканогенно-экструзивные породы Лимовской кальдеры. Определение возраста по цирконам выполнено в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ.

Цирконы из рудоносных комплексов выделялись по стандартной методике, а измерение U–Pb-отношения на SHRIMP-II проводилось по методике, описанной в [6]. На сканирующем микроскопе предварительно анализировалась внутренняя структура кристалла при катодолюминесцентном излучении. Изотопное измерение проводилось с использованием стандартных процедур, принятых по программе Аналитического центра ВСЕГЕИ. Обработка полученных данных осуществлялась с использованием программ SQUID [7]: U–Pb нормализовались с использованием величины 0.0618, свойственной стандартному циркону TEMORA [8]. Такой процедуре подвергались все исследуемые цирконы экструзивно-вулканических комплексов Милоградовского Au–Ag-месторождения.

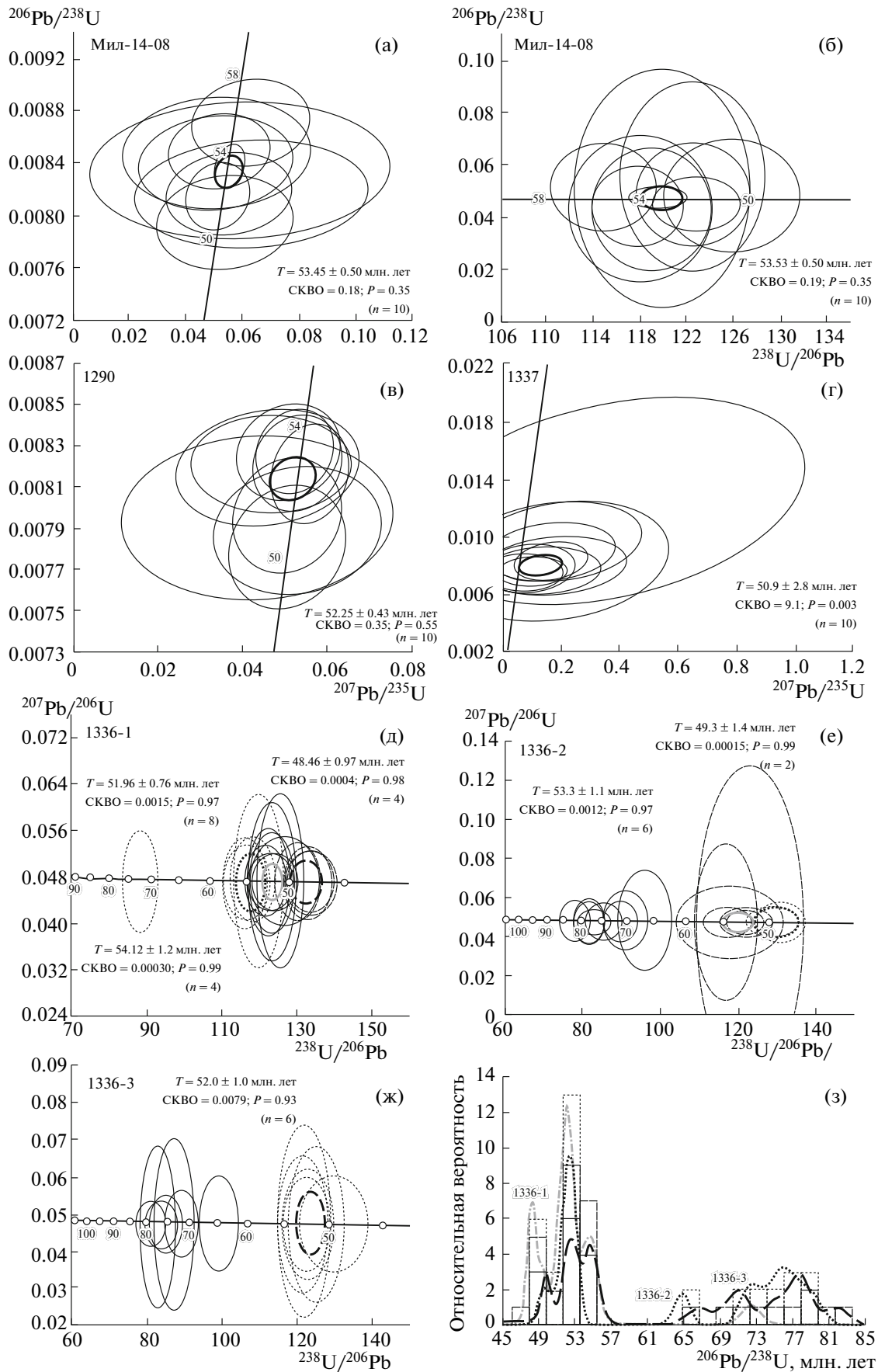
Цирконы отобраны из пирокластических пород дацитового состава нижней толщи (Мил-14-08), покровных риолитов верхней толщи (1290), гранит-порфиров (1337) и eksploзивных туффизитов (1336/1, 1336/2, 1336/3).

По морфологии цирконы нижней туфовой толщи характеризуются короткими таблитчатыми кристаллами с соотношением  $1.5 \times 1$  и неясной зональностью при рассмотрении на люминесцентных снимках. Цирконы верхней игнимбритовой толщи отличаются хорошо ограниченной таблитчатой формой с соотношением  $2 \times 1$ , но неясной зональностью. Цирконы гранит-порфиров и экструзивных пород характеризуются длиннопризматическими формами с соотношением  $3.5–2.5 \times 1$  и хорошо выраженной зональностью.

Цирконы туффизитов разделяются по морфологическим признакам на несколько типов, близких по форме описанным выше пробам. Их большинство встречается в виде таблитчатой формы, либо короткопризматической с соотношением от  $1.8 \times 1$  до  $1 \times 1$ . Они слабо зональны либо имеют блочное строение и отличаются по возрасту, что подтверждает их ксеногенный характер (см. табл. 1, 2; рис. 3).

Из данных, представленных в табл. 1, 2 и рис. 3, следует, что пирокластические породы нижней толщи и покровные образования верхней, представленные игнимбритами и покровами риолитов, выполняющими Лимовскую кальдеру, фор-

**Рис. 3.** Диаграмма конкордий вулканогенно-экструзивных магматических комплексов и туффизитов Милоградовского золото-серебряного месторождения. Даны средневзвешенные результаты (см. табл. 1), на рисунках (от а до ж) показаны утолщенным эллипсом. Индивидуальные анализы изображены тонкими эллипсами, отражающими результаты ошибки ( $2\sigma$ ). Масштабы для каждой ошибки варьируют. Ошибки результатов анализа наиболее хорошо отражены на диаграммах б, д, е, ж с использованием отношения  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}–^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  (эллипсы ошибок  $1\sigma$ ). На диаграммах д, е, ж Тера–Вассербурга приведены данные кластеров цирконов из туффизитов рудного поля Милоградовского месторождения, захваченные из пород фундамента вулканоструктуры. На диаграмме з представлены гистограмма распределения U–Pb-дат и кривые плотности вероятности цирконов из туффизитов, построенные здесь и выше с помощью ISOPLOT [7], отражающие вариации возрастов U–Pb-датирования по цирконам проб 1336/1, 2, 3.



**Таблица 1.** U–Pb-изотопное датирование цирконов магматических пород Милоградской структуры ВСАВП

Точка анализа	$^{206}\text{Pb}$ , %	U	Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
		ppm						
Нижняя толща, проба Мил-14-08								
1.1	1.26	522	415	0.82	$113.5 \pm 1.4$	$0.062 \pm 6.1$	$0.0625 \pm 13$	$56 \pm 0.88$
2.1	3.03	570	931	1.69	$118.7 \pm 1.2$	$0.0796 \pm 8.5$	$0.063 \pm 27$	$52 \pm 1.1$
3.1	1.52	410	413	1.04	$120.6 \pm 1.4$	$0.061 \pm 8.3$	$0.0551 \pm 16$	$52 \pm 0.84$
4.1	0.94	746	593	0.82	$121.6 \pm 1.2$	$0.0528 \pm 3.4$	$0.0509 \pm 9.3$	$52 \pm 0.65$
5.1	3.19	268	261	1.01	$116 \pm 1.4$	$0.076 \pm 13$	$0.059 \pm 37$	$54 \pm 1.4$
6.1	0.30	3263	2910	0.92	$119.14 \pm 0.82$	$0.05044 \pm 1.6$	$0.0555 \pm 3.6$	$54 \pm 0.45$
7.1	1.71	660	745	1.17	$115.8 \pm 1.2$	$0.0579 \pm 4.6$	$0.0518 \pm 14$	$54 \pm 0.74$
8.1	1.90	838	585	0.72	$116.7 \pm 1.3$	$0.0583 \pm 4.8$	$0.05 \pm 22$	$54 \pm 0.93$
9.1	1.74	621	471	0.78	$123.7 \pm 1.5$	$0.0624 \pm 3.6$	$0.0533 \pm 18$	$51 \pm 0.95$
10.1	2.40	502	434	0.89	$115.1 \pm 1.6$	$0.0623 \pm 7.4$	$0.051 \pm 27$	$54 \pm 1.1$
Верхняя толща, проба 1290								
1.1	0.81	942	434	0.48	$127 \pm 1.5$	$0.053 \pm 5.5$	$0.0502 \pm 11$	$50 \pm 0.9$
2.1	1.41	713	407	0.59	$124 \pm 1.5$	$0.0507 \pm 6.6$	$0.043 \pm 30$	$51.84 \pm 0.97$
3.1	0.90	1264	756	0.62	$125.6 \pm 1.3$	$0.0557 \pm 4.6$	$0.0529 \pm 16$	$51.35 \pm 0.82$
4.1	0.68	1288	800	0.64	$120.9 \pm 1.1$	$0.052 \pm 4$	$0.0528 \pm 8.1$	$53.09 \pm 0.73$
5.1	0.85	1156	584	0.52	$124.6 \pm 1.3$	$0.0529 \pm 4.8$	$0.0506 \pm 10$	$50.92 \pm 0.85$
6.1	0.57	1475	922	0.65	$120.1 \pm 0.93$	$0.0502 \pm 3.5$	$0.0521 \pm 7.4$	$53.38 \pm 0.66$
7.1	0.58	1340	854	0.66	$121.6 \pm 1.2$	$0.0539 \pm 3.6$	$0.0556 \pm 6.7$	$52.79 \pm 0.76$
8.1	0.96	1640	1092	0.69	$120.4 \pm 0.9$	$0.0495 \pm 3.4$	$0.0475 \pm 17$	$53.15 \pm 0.62$
9.1	0.76	1169	743	0.66	$120 \pm 1.1$	$0.0507 \pm 4$	$0.0509 \pm 9.8$	$53.41 \pm 0.74$
10.1	1.27	1385	768	0.57	$120.6 \pm 0.98$	$0.0498 \pm 3.7$	$0.0447 \pm 19$	$53.01 \pm 0.66$
Гранит-порфир, проба 1337								
1.1	10.59	153	143	0.96	$126 \pm 8.8$	$0.167 \pm 12$	$0.083 \pm 81$	$50.2 \pm 4.4$
2.1	9.15	239	314	1.36	$131.6 \pm 7$	$0.14 \pm 16$	$0.067 \pm 85$	$48.5 \pm 3.4$
3.1	5.86	107	101	0.97	$117.3 \pm 6.3$	$0.195 \pm 14$	$0.165 \pm 32$	$53.8 \pm 3.4$
4.1	9.91	102	97	0.98	$108 \pm 9.3$	$0.225 \pm 16$	$0.169 \pm 53$	$57.6 \pm 5.3$
5.1	7.22	267	440	1.70	$129.7 \pm 5.6$	$0.16 \pm 17$	$0.103 \pm 47$	$48.9 \pm 2.7$
6.1	10.87	137	114	0.86	$127 \pm 8.7$	$0.22 \pm 21$	$0.131 \pm 63$	$49.3 \pm 4.3$
7.1	7.62	81	102	1.30	$101 \pm 12$	$0.215 \pm 16$	$0.2 \pm 58$	$62.1 \pm 7.1$
8.1	19.67	43	82	1.97	$72 \pm 23$	$0.388 \pm 11$	$0.37 \pm 76$	$80 \pm 18$
9.1	19.36	49	47	1.01	$111 \pm 20$	$0.322 \pm 8.2$	$0.17 \pm 94$	$54 \pm 11$
10.1	10.47	96	95	1.02	$120 \pm 10$	$0.25 \pm 23$	$0.17 \pm 59$	$51.4 \pm 5.3$

мировались в эоценовый этап проявления кислого вулканизма ВСАВП (53–52 млн. лет), а не в палеоценовый (богопольский комплекс), основная фаза которого проявилась в возрастном интервале 58–60 млн. лет [2]. Экструзивные и дайковые образования, с которыми связано Au–Ag-оруденение, внедрялись несколько позже покровных образований в интервале 50–48 млн. лет (табл. 1, рис. 3).

На основании геологических данных взаимоотношения экструзивно-дайкового комплекса и оруденения можно считать, что этапы рудного процесса и экструзивного вулканизма внедрения были близко одновременными.

Большой интерес представляют данные по цирконам из эксплозивных туффизитов. Всего

Таблица 2. U–Pb-изотопное датирование цирконов туффзитов Милоградовского рудного поля (проба 1336)

Точка анализа	$^{206}\text{Pb}$ , %	U	Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
		ppm						
1-8.1	0.00	880	938	1.10	134.2 ± 2	0.0469 ± 4.8	0.0482 ± 5.2	47.86 ± 0.96
1-2.1	0.00	944	1199	1.31	133.5 ± 2	0.0472 ± 4.5	0.0487 ± 4.9	48.12 ± 0.95
1-8.1A	0.00	798	828	1.07	132.6 ± 2.1	0.0468 ± 5.4	0.487 ± 5.8	48.4 ± 1
1-3.1	0.21	1245	2855	2.37	129.9 ± 1.9	0.0488 ± 4.5	0.0499 ± 6.1	49.33 ± 0.93
1-13.1	0.00	571	647	1.17	126.5 ± 3.1	0.0472 ± 6.5	0.0514 ± 7.2	50.8 ± 1.6
1-9.1	1.13	738	1359	1.90	124.2 ± 2	0.056 ± 5.6	0.0517 ± 13	51.1 ± 1.1
1-1.1	0.00	977	919	0.97	124.3 ± 2	0.047 ± 4.3	0.0522 ± 4.7	51.7 ± 1
1-6.1	0.56	1039	1467	1.46	122.8 ± 1.9	0.0512 ± 4.7	0.0522 ± 7.8	52.0 ± 1
1-11.1	0.63	747	913	1.26	122.8 ± 2	0.0521 ± 5.8	0.0527 ± 12	52.0 ± 1.1
1-7.1	0.00	1246	1109	0.92	123.1 ± 1.9	0.0471 ± 4.3	0.0527 ± 4.7	52.14 ± 0.98
1-5.1	0.57	838	641	0.79	121.7 ± 2	0.0515 ± 5.3	0.0529 ± 8.3	52.4 ± 1
1-10.1	–	1344	654	0.50	122.1 ± 1.9	0.0455 ± 4.6	0.0535 ± 5.4	52.68 ± 0.99
1-14.1	1.06	656	586	0.92	118.7 ± 2.1	0.0557 ± 5.4	0.0543 ± 13	53.5 ± 1.2
1-16.1	0.00	533	479	0.93	118.4 ± 2.1	0.0473 ± 6.5	0.055 ± 6.8	54.2 ± 1.1
1-4.1	0.00	645	428	0.69	116.9 ± 2.1	0.047 ± 5.7	0.0554 ± 6.1	54.9 ± 1.2
1.12.1	0.00	524	379	0.75	116.4 ± 2.1	0.0469 ± 6.9	0.0556 ± 7.2	55.1 ± 1.2
1-15.1	0.54	672	253	0.39	88.1 ± 2.1	0.0515 ± 5	0.0736 ± 7.8	72.4 ± 1.5
2-4.1	0.66	777	572	0.76	130.2 ± 2	0.0523 ± 5.5	0.0495 ± 9.2	48.99 ± 10
2-14.1	0.00	679	521	0.79	129.2 ± 2.1	0.047 ± 5.9	0.0502 ± 6.3	49.7 ± 1
2-15.1	6.32	243	124	0.53	115.7 ± 2.4	0.0968 ± 8.3	0.052 ± 69	52 ± 2.4
2-9.1	0.41	1253	1189	0.98	122.9 ± 1.9	0.0504 ± 4.6	0.0527 ± 6.6	52.03 ± 0.99
2-3.1	0.38	1330	695	0.54	120.8 ± 1.9	0.0502 ± 4.2	0.0536 ± 6.2	52.9 ± 1
2-11.1	0.00	68	41	0.63	118.1 ± 4.7	0.0472 ± 16	0.0551 ± 17	54.4 ± 2.5
2-1.1	0.00	584	337	0.60	117.6 ± 2.1	0.0471 ± 6.6	0.0552 ± 7	54.6 ± 1.2
2-2.1	4.01	424	277	0.68	112.5 ± 2.2	0.079 ± 9.9	0.056 ± 35	54.8 ± 1.5
2-6.1	1.90	199	128	0.67	94.5 ± 2.8	0.0628 ± 8.9	0.068 ± 22	66.6 ± 2
2-13.1	0.00	247	108	0.45	91.3 ± 2.5	0.0478 ± 13	0.0723 ± 13	70.2 ± 1.8
2-5.1	0.63	720	361	0.52	89.3 ± 2.1	0.0523 ± 5.6	0.0725 ± 9	71.3 ± 1.5
2-16.1	0.58	692	878	1.31	85.4 ± 2.1	0.052 ± 5.3	0.0761 ± 8.4	74.6 ± 1.6
2-10.1	0.00	513	263	0.53	83.4 ± 2	0.0474 ± 5.8	0.0784 ± 6.2	76.8 ± 1.6
2-12.1	0.44	748	716	0.99	81.9 ± 1.9	0.0506 ± 4.9	0.079 ± 9.2	77.9 ± 1.5
2-8.1	0.87	852	515	0.63	81.3 ± 1.9	0.0543 ± 4.6	0.0797 ± 10	78.1 ± 1.5
2-7.1	0.68	604	482	0.82	77.8 ± 2	0.0528 ± 5.2	0.0835 ± 9	81.8 ± 1.6
3-2.1	0.00	221	185	0.87	129.4 ± 2.8	0.0475 ± 11	0.0506 ± 11	49.6 ± 1.4
3-12.1	1.44	433	216	0.51	123 ± 2.2	0.0587 ± 6.9	0.0523 ± 18	51.4 ± 1.2
3-11.1	1.16	827	906	1.13	121.5 ± 2.1	0.0565 ± 6.8	0.053 ± 13	52.2 ± 1.1
3-3.1	0.86	602	513	0.88	121.4 ± 2.1	0.0539 ± 6	0.0529 ± 11	52.4 ± 1.1
3-6.1	1.81	933	1085	1.20	119.6 ± 2.1	0.062 ± 4.9	0.054 ± 22	52.7 ± 1.3
3-7.1	1.34	472	378	0.83	119.8 ± 2.2	0.0577 ± 7	0.0535 ± 16	52.9 ± 1.2
3-4.1	0.87	491	186	0.39	98.1 ± 2	0.0545 ± 5.6	0.0663 ± 11	64.8 ± 1.4
3-9.1	0.56	692	383	0.57	88.6 ± 2	0.0519 ± 5.1	0.0733 ± 8.1	72 ± 1.4
3-13.1	2.15	438	214	0.50	85.3 ± 2.3	0.0642 ± 5.6	0.075 ± 20	73.5 ± 1.8
3-1.1	0.00	450	204	0.47	85 ± 2.1	0.0472 ± 6.7	0.0765 ± 7	75.4 ± 1.6
3-8.1	0.00	466	232	0.51	83.8 ± 2.1	0.047 ± 5.6	0.0774 ± 6	76.4 ± 1.6
3-10.1	1.54	316	132	0.43	81.5 ± 2.2	0.0589 ± 7	0.078 ± 19	77.4 ± 1.9
3-5.1	0.41	1483	459	0.32	80.5 ± 1.9	0.0505 ± 3.1	0.0806 ± 5.5	79.2 ± 1.5

было проанализировано более 30 зерен (табл. 2). Результаты определений показали широкий возрастной интервал: от 47.8 до 80 млн. лет и более (рис. 3). Эти определения укладываются по времени в возрастной интервал формирования магматизма (интрузивных и вулканических комплексов) всего ВСАВП, включая и гранитные интрузии ольгинско-владимирского комплекса. Захват цирконов из этих комплексов осуществлялся в эксплозивную, взрывную фазу (эксплозивные туффизиты трещинных тел, рис. 1) при формировании Лимовской кальдеры. Это согласуется с моделью развития Милоградовской вулканоструктуры, фундаментом которой являются породы приморского, сияновского, богопольского вулканических комплексов, а также гранитоиды, обнажения которых вскрываются в различных местах Маргаритовской вулcano-тектонической структуры.

На основании U–Pb-датирования покровных и экструзивно-дайковых образований Лимовской кальдеры представляется необходимым выделение эоценового вулcano-экструзивного милоградовского комплекса в вулканоструктурах кальдерного типа, широко распространенного в Восточно-Сихотэ-Алинском вулканическом поясе и перспективного на золото-серебряное оруденение [3, 4, 9 и др.].

Авторы благодарят Л.А. Пеженину за помощь и консультации.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФАН “Роснедра” Министерства природных ре-

сурсов и финансовой поддержке ОНЗ фундаментальных исследований Президиума РАН № 14, проект 09–1П 14–02 и ДВО РАН, проект № 09–1П 16–02.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахно В.Г., Акинин В.В. // ДАН. 2008. Т. 418. № 2. С. 226–231.
2. Аленичева А.А., Сахно В.Г. // ДАН. 2008. Т. 419. № 1. С. 81–85.
3. Ростовский Ф.И. В кн.: Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2001. В. 2. Ч. 2. С. 333–340.
4. Сахно В.Г. Позднемезозойско-кайнозойский континентальный вулканизм Востока Азии. Владивосток: Дальнаука, 2001. 338 с.
5. Михайлов В.А. Магматизм вулcano-тектонических структур южной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 172 с.
6. Williams I.S. // *Revs Econ. Geol.* 1988. V. 7. P. 1–35.
7. Ludwig K.R. // *Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ.* 2003. V. 4. 70 p.
8. Black L.P., Kato S.L. // *Geochem. Geol.* 2003. V. 200. P. 155–170.
9. Сахно В.Г., Петраченко Е.Д. В сб.: Метасоматиты месторождений благородных металлов Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 145–150.