

УДК 551.21

## ЭПИЗОДИЧНОСТЬ КИСЛОГО ВУЛКАНИЗМА НА ЮЖНОЙ КАМЧАТКЕ (ПО ДАННЫМ K-Ar, Ar-Ar И U-Pb ДАТИРОВАНИЯ)

В.Л. Леонов, А.Н. Рогозин

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [lvl@kscnet.ru](mailto:lvl@kscnet.ru)

### Введение

В настоящее время нет однозначности в определении возраста, приуроченности к отдельным вулканогенным комплексам, эпизодичности проявления пород кислого состава на Южной Камчатке. До сих пор в литературе можно встретить и привившееся старое название для кислых пород района - «березовская свита», возраст которой оценивался как среднемиоценовый, и новые названия: «миоцен-плиоценовая липарито-дацитовая формация» и «плиоцен-эоплейстоценовый Карымшинский вулканический комплекс». Все эти названия относились практически к одним и тем же породам преимущественно риолитового состава, которые занимают обширные площади в верховьях рек Банная, Карымчина, Карымшина, Паратунка на Южной Камчатке (этот район иногда называют «Банно-Карымшинским») (рис. 1). Возраст кислых пород района со временем оценивался как все более и более молодой. Для выделенного относительно недавно «Карымшинского комплекса» в [19] было отмечено, что комплекс еще «далеко не изучен» - не установлены его структура, полный петрогеохимический состав, связь с вулcano-тектонической депрессией, к которой он тяготеет.

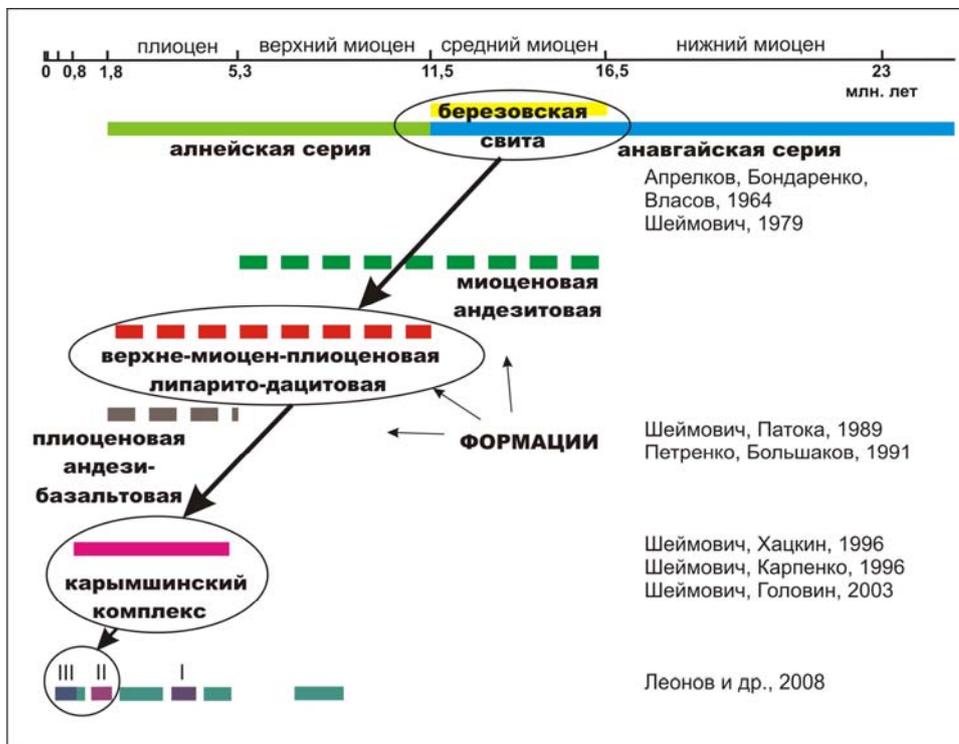


Рис. 1. Сопоставление представлений различных авторов на стратиграфию вулканогенных толщ миоцен-плиоценового возраста Южной Камчатки. Комплексы, обозначенные цифрами I, II и III, рассмотрены в настоящем сообщении. Жирными стрелками показано как менялись представления о возрасте кислых пород Банно-Карымшинского района, которые в разное время относились к разным комплексам пород.

Из приведенных данных становится очевидным, что дальнейшие целенаправленные работы по изучению кислых пород на Южной Камчатке просто необходимы.

Нами в последние годы с этой целью были проведены целенаправленные геологосъемочные работы в Банно-Карымшинском районе на Южной Камчатке и сделан вывод, что там необходимо выделять крупную кальдеру [6]. Мы выявили ее границы, особенности вулканизма разных этапов ее развития, установили связь с ней кислых пород района, показали, что она не совпадает с выделявшейся ранее в данном районе Банно-Карымшинской вулcano-тектонической депрессией [19]. Нами были также получены новые данные о позиции риолитовых куполов, широко развитых в районе. Показано, что они приурочены, в основном, к границам выделенной кальдеры. В настоящей работе мы приводим новые данные о строении кальдеры, обобщенную стратиграфическую колонку вулcanoгенных толщ, вскрытых в районе кальдеры, и на основе этих данных рассматриваем периодичность проявлений кислого вулканизма в данном районе и на Южной Камчатке.

### **Представления различных исследователей о периодичности кислого вулканизма на Камчатке и в соседних районах**

Первые подробные данные о периодичности четвертичного кислого вулканизма на Камчатке приведены в работах [8, 20]. Выделялось три вспышки эксплозивного кислого вулканизма – среднеплейстоценовая, верхнеплейстоценовая и голоценовая. В работе [15] была впервые рассмотрена позиция игнимбритов Камчатки в интервале от раннего миоцена до современности, и показано, что вспышки кислого вулканизма и формирование игнимбритов происходили в течение трех крупных тектоно-магматических циклов: анавгайского, алнейского и плейстоценового (рис. 1).

Большое внимание изучению плиоценового этапа кислого вулканизма уделено в работе [14]. Авторы отмечали, что об эоценовом, олигоценовом, миоценовом этапах вулканизма на Камчатке данных очень мало, а плиоценовый этап геологически изучен достаточно хорошо. При этом для плиоцен-четвертичного времени отмечено общее ослабление мощности вулканизма и уменьшение длительности вулканических циклов.

Позднее к изучению вулканических поясов Камчатки применили формационный анализ [18]. Выделили шесть вулcano-магматических формаций: 1) миоценовую андезитовую; 2) миоцен-плиоценовую липарито-дацитовую; 3) плиоценовую андезитобазальтовую; 4) раннечетвертичную базальтовую; 5) плейстоценовую андезитобазальтовую (стратовулканов) и 6) голоценовую базальтовую (ареального вулканизма). Отмечалось, что наиболее объемные проявления кислого эксплозивного вулканизма связаны со временем формирования миоцен-плиоценовой липарито-дацитовой формации, но кислый эксплозивный вулканизм проявлялся и позже, во время формирования плиоценовых и плейстоценовых вулканов.

В начале 90<sup>х</sup> годов XX в. были получены новые данные о К-Аг возрасте вулcanoгенных пород Камчатки [10, 11, 17, 19] (табл. 1). На основе этих определений возраст кислых туфов и игнимбритов выделявшейся ранее миоцен-плиоценовой липарито-дацитовой формации пересмотрели – его омолодили до эоплейстоцена [17]. Новые датировки и резкое омоложение пород дацитриолитовой формации рассматриваемого района привели к выделению особого Карымшинского вулканического комплекса [19].

В работе [22] рассмотрены фундаментальные характеристики эксплозивного кислого вулканизма последних 20 млн. лет в вулканических районах Пацифики – эпизодичность, синхронность проявления в различных районах, значительное увеличение эксплозивной активности в последние 2 млн. лет. Выделено несколько эпох наиболее высокой активности: около 15 млн. лет назад, около 5-3 млн. лет назад и от 2 млн. лет назад и доныне.

Таблица 1. К-Аг возраст плиоцен-четвертичных вулканогенных пород Южной и Юго-Восточной Камчатки

№ п/п	Название породы	№ образца	Место взятия образца, комплекс	Возраст, млн. лет	Работа, из которой взяты данные
1	риолит	235	верховья р. Быстрая	$0.5 \pm 0.2$	[19]
2	риолит	301	р. Банная	$0.53 \pm 0.05$	[16]
3	риолит	916	район влк. Жировской	$0.63 \pm 0.03$	[11]
4	туффизит	14	р. Банная	$0.63 \pm 0.03$	[16]
5	андезидацит	599	район влк. Жировской	$0.67 \pm 0.10$	[11]
6	дацит	61	район влк. Жировской	$0.68 \pm 0.07$	[11]
7	риолит	2021	верх. р. Быстрая	$0.69 \pm 0.02$	[19]
8	риолит	702	район влк. Жировской	$0.80 \pm 0.04$	[11]
9	риолит	230	верховья р. Быстрая	$0.81 \pm 0.02$	[19]
10	андезибазальт	7/11	район влк. Жировской	$0.84 \pm 0.17$	[11]
11	игнимбрит	220	р. Банная	$1.2 \pm 0.08$	[16]
12	игнимбрит	228	верховья р. Быстрая	$1.26 \pm 0.13$	[19]
13	игнимбрит	2019	верховья р. Быстрая	$1.39 \pm 0.07$	[19]
14	игнимбрит	25	р. Банная	$1.51 \pm 0.05$	[16]
15	игнимбрит	12	р. Банная	$1.52 \pm 0.03$	[16]
16	андезит	18	р. Банная	$1.96 \pm 0.06$	[16]
17	дацит	22	г. Ягодная	$2.0 \pm 0.04$	[16]
18	диорит	74	Китхойский комплекс	$2.10 \pm 0.5$	[17]
19	риолит	26	р. Банная	$2.2 \pm 0.1$	[16]
20	андезит	821	Дзендзурский комплекс	$2.26 \pm 0.16$	[17]
21	риолит	939	бассейн р. Паратунки	$2.29 \pm 0.05$	[19]
22	диорит	67	Китхойский комплекс	$2.47 \pm 0.18$	[17]
23	базальт	50	Китхойский комплекс	$2.61 \pm 0.16$	[17]
24	риолит	23	г. Ягодная	$3.0 \pm 0.06$	[16]
25	андезит	847	Китхойский комплекс	$3.02 \pm 0.22$	[17]
26	андезибазальт	34	Дзендзурский комплекс	$3.12 \pm 0.18$	[17]
27	базальт	131	Крашенинниковский комплекс	$3.38 \pm 0.14$	[17]
28	андезибазальт	158-1	Крашенинниковский комплекс	$3.41 \pm 0.05$	[17]
29	гранодиорит	1325-2		$3.7 \pm 0.4$	[19]
30	дацит		Асачинское месторождение	$4.0 \pm 1.0$	[18]
31	игнимбрит	232	р. Банная	$4.2 \pm 0.1$	[16]
32	диорит	96	Тимановский комплекс	$4.48 \pm 0.32$	[17]
33	диорит	93	Тимановский комплекс	$4.50 \pm 0.32$	[17]
34	диоритовый порфирит	92	Тимановский комплекс	$4.51 \pm 0.34$	[17]
35	кварцевый монцодиорит	1312	верховья р. Паратунка	$4.95 \pm 0.7$	[19]
36	андезит	6/1	Тимановский комплекс	$5.07 \pm 0.32$	[17]
37	кварцевый монцодиорит	1312	верховья р. Паратунка	$5.12 \pm 0.7$	[19]

Дополнительные данные об эпизодичности кислого вулканизма на Камчатке получены при обобщении результатов бурения в Тихом океане по проекту DSDP (Проект глубоководного бурения в океанах). В опубликованной относительно недавно работе [24] приведены данные о слоях пепла, вскрытых скважинами, пробуренными в Тихом океане недалеко от берегов Камчатки. Изучив количество пепловых слоев в

скважинах 882 и 883, авторы в [24] делают вывод, что в последние 5 млн. лет на Камчатке было четыре эпизода повышенной эксплозивной активности с приблизительным возрастом 2.65-2.5, 1.7-1.5, 0.9-0.7 и 0.5-0.2 млн. лет назад. Менее значительные эпизоды повышенной эксплозивной активности отмечены около 3.7 и 3.0 млн. лет назад [24].

В последние годы все большее применение находит Ar-Ar метод датирования. Выполняя работы в рамках гранта NSF (Национального научного фонда США) № EAR-0537872 (руководитель И.Н. Биндеман), нами в 2006-2007 гг. было датировано Ar-Ar и U-Pb (по цирконам) методами 25 образцов игнимбритов Восточного и Срединного вулканических поясов Камчатки (табл. 2). Датирование Ar-Ar методом производилось в лаборатории Университета Висконсин-Мэдиссон (University of Wisconsin-Madison) (США).

Для анализа отбирались образцы пород, сформировавшихся в результате наиболее крупных и известных кальдерообразующих извержений на Камчатке. В основном это были игнимбриты, связанные с крупными кальдерами и вулканами. Первые результаты этих работ были опубликованы в [7, 21]. Было показано, что почти все игнимбриты Восточной Камчатки имеют плейстоценовый возраст (менее 2 млн. лет), а игнимбриты Срединного хребта – нижнеплиоценовый возраст (от 5.7 до 3.5 млн. лет). Выявлено три возрастных интервала, когда крупные эксплозивные извержения происходили на Камчатке наиболее часто: 5.7-3.5, 1.8-1.2 и 0.56-0.28 млн. лет назад.

#### Уточнение стратиграфии вулканогенных толщ плиоцен-четвертичного возраста Южной Камчатки

Проведенное нами в последние годы изучение разрезов вулканогенных отложений Банно-Карымшинского и Мутновского районов Южной Камчатки [6], а

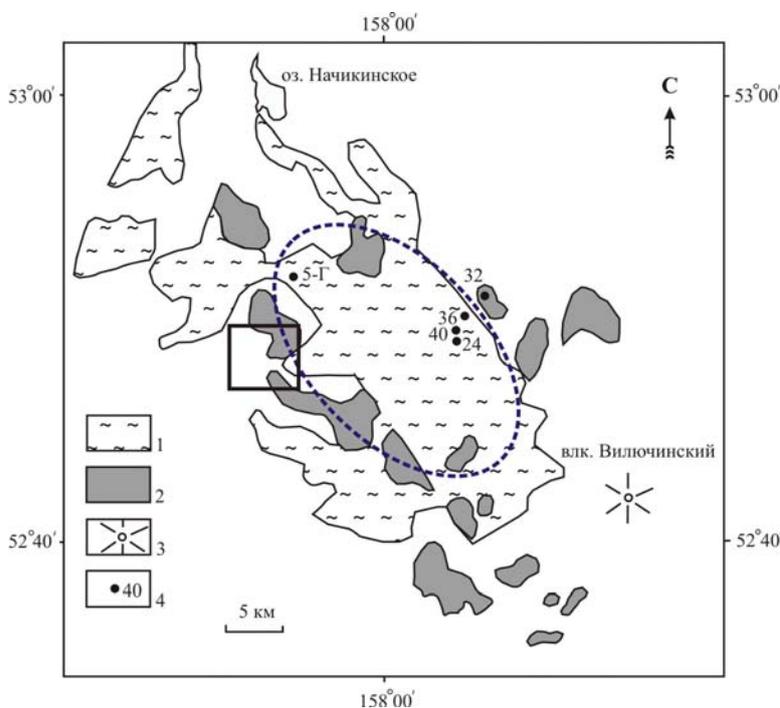


Рис. 2. Область распространения пород дацит-риолитовой формации (по [4]). 1-2 - породы дацит-риолитовой формации (1 – туфы, игнимбриты, 2 – риолиты); 3 – вулканы; 4 – точки отбора образцов и их номер. Пунктиром показаны границы кальдеры Карымшина [6]. Жирный прямоугольник – район, изображенный на рис. 3.

также Ar-Ar и U-Pb (по цирконам) датирование крупнейших кальдерообразующих извержений, происшедших на Камчатке [7, 21], позволили уточнить стратиграфию вулканогенных толщ Южной Камчатки и произвести расчленение до сих пор считавшегося единым Карымшинского комплекса. Работы, проведенные вблизи западной границы кальдеры Карымшина (рис. 2), в частности, позволили существенно уточнить стратиграфию вулканогенных толщ в этом районе. На рис. 3 и 4 приведены составленные нами схематическая геологическая карта на район Карымшинской гидротермальной системы, стратиграфические колонки и геологические разрезы бортов долины р. Прав. Карымчина. В отличие от более ранних

Таблица 2. Результаты Ar-Ar и U-Pb (по цирконам) датирования вулканических пород Камчатки, по [7, 21].

№ п/п	№ образца	Место взятия образца	Название породы, минерала	Возраст, млн. лет
1	2001Л-21	р. Карымская (район в. Однобокий)	игнимбрит, основная масса	0,069 ± 0,003
2	11М2002	район в. Ксудач	игнимбрит, основная масса	0,162 ± 0,017
3	71Г-111	экструзия Плоская	риолит, плагиоклаз	0,235 ± 0,041
4	1990Л-101	Плато Широкое	игнимбрит, обсидиан	0,278 ± 0,017
5	2005Л-19	р. Паратунка (район в. Горелый)	игнимбрит, обсидиан	0,361 ± 0,008
6	СХ1436	район в. Хангар	риолитовая пемза, биотит, плагиоклаз	0,397 ± 0,008 0,411 ± 0,07
7	1999Л-9	р. Половинка (кальдера Половинка)	игнимбрит, основная масса	0,432 ± 0,0084
8	С708	Гольгинские горы	игнимбрит, плагиоклаз, циркон	0,436 ± 0,056 0,515 ± 0,071
9	73Е-177	р. Утюжная	игнимбрит, плагиоклаз	0,441 ± 0,072
10	83Л-20	Гольгинские горы	игнимбрит, плагиоклаз, циркон	0,451 ± 0,022 0,47 ± 0,11
11	К6-3	р. Паужетка, скважина К-6	игнимбрит, циркон	0,48 ± 0,19
12	1990Л-8	р. Пятая речка (район в. Большой Семячик)	игнимбрит, плагиоклаз	0,524 ± 0,082
13	1988Л-80	р. Верхний Стан (район в. Большой Семячик)	игнимбрит, плагиоклаз	0,56 ± 0,045
14	2007Л-32	г. Бабий Камень	риолит, циркон	0,919 ± 0,084
15	2007Л-22	р. Правая Жупанова	игнимбрит, плагиоклаз	1,13 ± 0,1
16	509-1	р. Корнева	игнимбрит, обсидиан, плагиоклаз	1,26 ± 0,01 1,24 ± 0,08
17	1132-1	верховьях р. Богачевка	игнимбрит, обсидиан	1,29 ± 0,01
18	2005Г-5	р. Банная	игнимбрит, плагиоклаз	1,39 ± 0,10
19	2006Л-24	лев. борт р. Карымшина	игнимбрит, плагиоклаз, биотит, циркон	1,68 ± 0,3 1,78 ± 0,02 1,763 ± 0,09
20	2007Л-36	лев. борт р. Карымшина	игнимбрит, циркон	1,87 ± 0,11
21	2007Л-40	лев. борт р. Карымшина	игнимбрит, плагиоклаз, биотит	1,54 ± 0,09 1,78 ± 0,02
22	2007Л-6	г. Стол	игнимбрит, обсидиан	3,71 ± 0,08
23	ES888	район в. Уксичан	игнимбрит, плагиоклаз	3,56 ± 0,5
24	PP2240	район в. Носичан	игнимбрит, обсидиан	4,02 ± 0,12
25	ТТ7305	район в. Теклетунуп	игнимбрит, обсидиан	5,7 ± 0,16

представлений [4], было установлено, что гора Горячая (1308.4 м) является относительно древним вулканом. Дацитовые лавы, слагающие ее, залегают под игнимбритами кальдеры Карымшина (рис. 4, разрез А-А'). Ниже лав г. Горячей залегают особый комплекс пород преимущественно кислого состава - туфов, туфобрекчий, которые вмещают крупные экструзии и субвулканические тела

риодацитового и риолитового состава. На рис. 3 и 4 эти отложения не расчленены, выделена лишь наиболее крупная экструзия выс. 728,0.

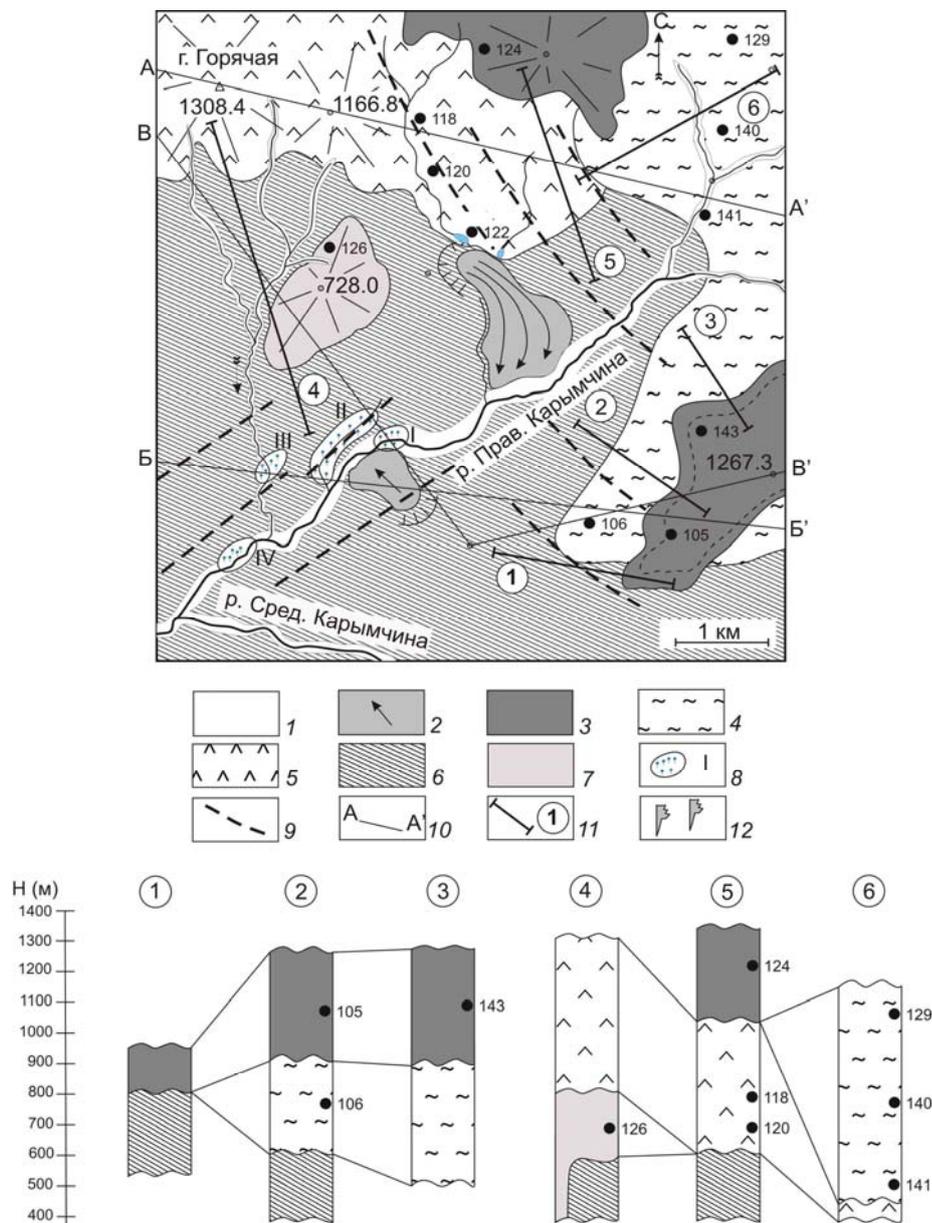


Рис. 3. Схема геологического строения района Карымчинской гидротермальной системы. 1 – аллювиальные отложения,  $Q_4$ ; 2 – обвальное-оползневые отложения,  $Q_4$ , стрелкой показаны направления движения оползней; 3 – риолитовые экструзии,  $Q_1$  (комплекс III); 4 – игнимбриты кальдеры Карымчина, эоплейстоцен (комплекс II); 5 – дацитовые лавы г. Горячая,  $N_2$ ; 6 – нерасчлененные отложения докальдерного этапа,  $N^3_1-N_2$ ; 7 – экструзии докальдерного этапа,  $N^3_1-N_2$  (комплекс I); 8 – участки поверхностной разгрузки гидротермальной системы, указаны номера групп источников; 9 – разломы; 10 – линии геологических разрезов; 11 – места расположения разрезов, приведенных в нижней части рисунка; 12 – горячие источники (на разрезах, см. рис. 4). Внизу - сопоставление разрезов отложений вскрытых на левобережье (колонки 1, 2, 3) и правобережье (колонки 4, 5, 6) р. Прав. Карымчина. Жирными точками с номерами показаны места отбора и номера проанализированных образцов.

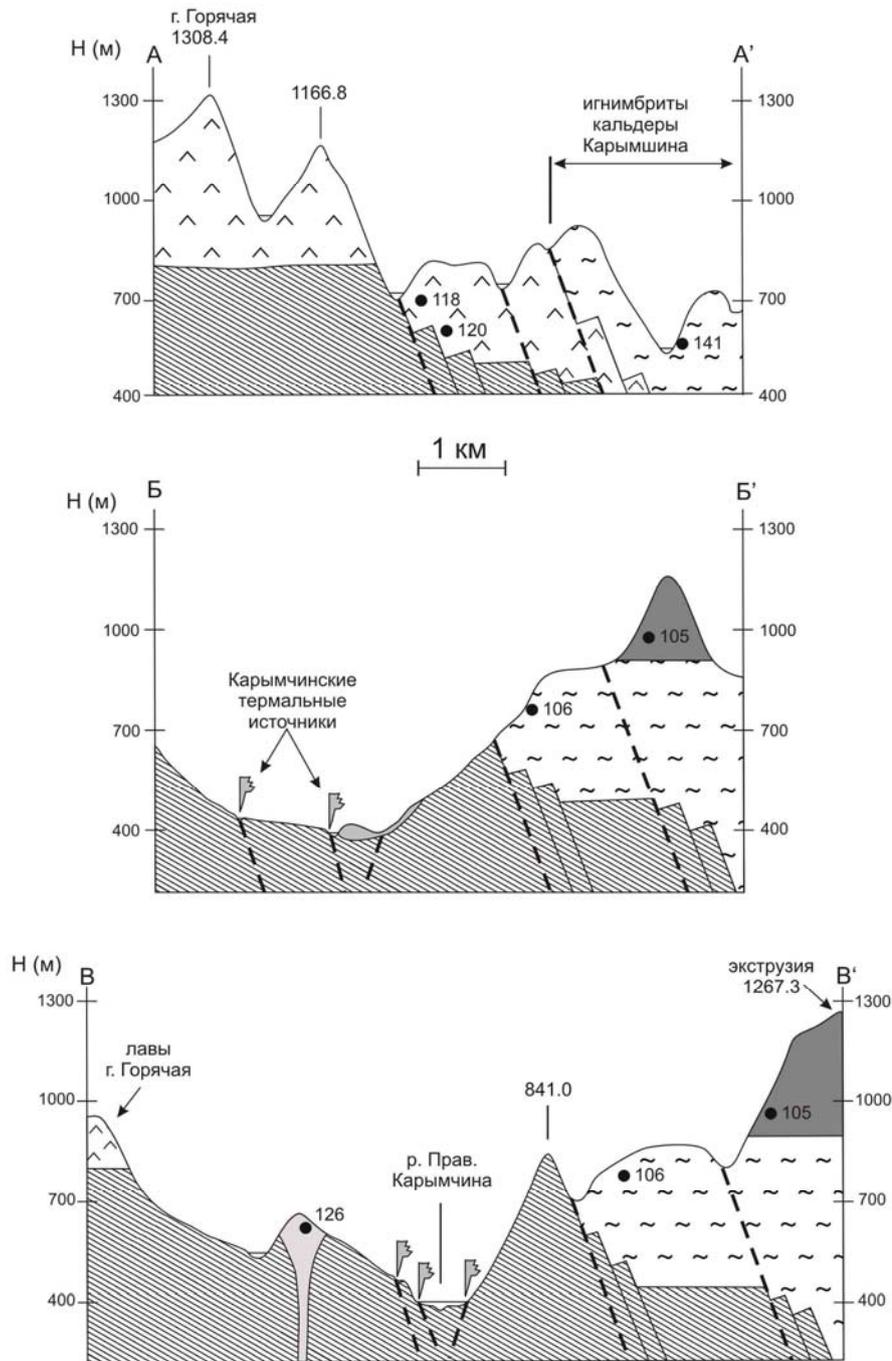


Рис. 4. Геологические разрезы района Карымчинской гидротермальной системы (расположение линий разрезов и условные обозначения см. на рис. 3).

Обобщенная стратиграфическая колонка вулканогенных толщ, вскрытых в районе кальдеры Карымшина, показана на рис. 5. Видно, что в плиоцене – раннем плейстоцене в рассматриваемом районе отчетливо выделяются три этапа риолитового вулканизма, которые разделены значительными перерывами или формированием вулканогенных толщ, значительно отличающихся по составу лав и пирокластики. Наиболее древний этап характеризует комплекс I, который представлен риолитовыми и риодацитовыми лавами, туфами и туфобрекчиями среднеплиоценового возраста. Они вскрываются в разрезах пород, составляющих фундамент кальдеры Карымшина (рис. 3, 4). В настоящее время данных о распространении и возрасте пород этого комплекса

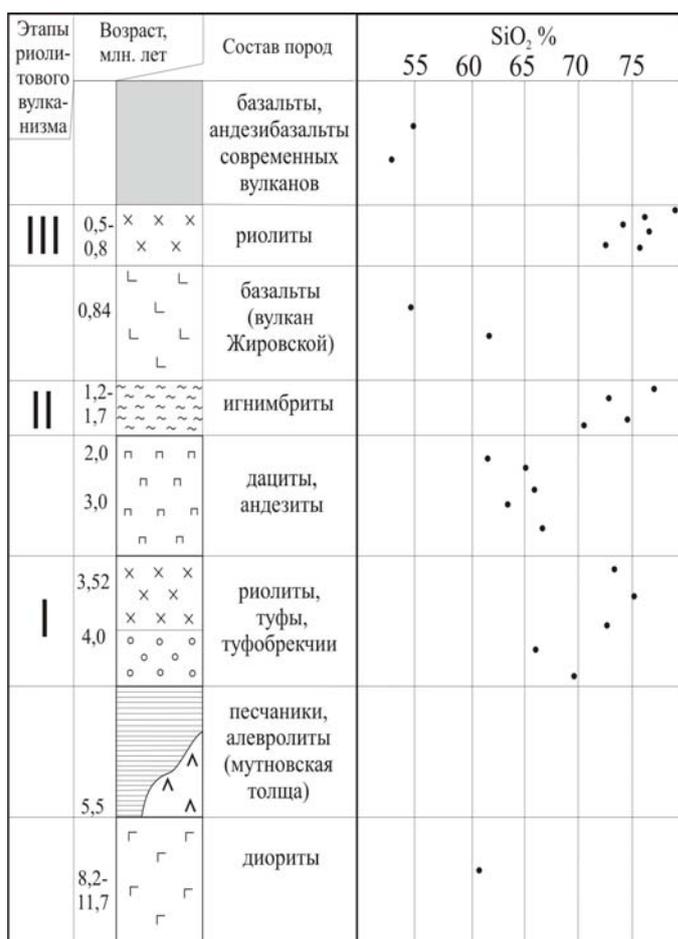


Рис. 5. Стратиграфическая колонка вулканогенных толщ Банно-Карымшинского района. В правой части рисунка показано содержание SiO<sub>2</sub> в породах.

классификационной диаграмме SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O (рис. 6). Если породы комплексов II и III полностью попадают в поле умереннокалиевых пород, при этом поля их закономерно сменяют друг друга, то породы комплекса преимущественно высококалиевые. Также повышенным содержанием калия отличаются андезиты и дациты, залегающие выше пород комплекса I и подстилающие породы комплекса II (лавы докальдерных вулканов сопки Горячая, Ягодная и др.). Некоторые экструзии комплекса I, из-за высокого содержания в них щелочей, можно классифицировать как трахириодациты и трахириолиты [12]. Подробный анализ геохимических особенностей комплексов I, II и III рассматриваемого района будет сделан в отдельной статье, здесь же мы хотим лишь подчеркнуть, что объем выделенного в [19] Карымшинского вулканического комплекса должен быть Пересмотрен, так как в него объединены породы, существенно отличающиеся как по возрасту, так и по составу. Мы считаем, что породы, которые мы выделяем как комплекс I, из-за особенностей их состава и стратиграфического положения должны рассматриваться отдельно.

#### Сводка имеющихся на данный момент K-Ar, Ar-Ar и U-Pb датировок вулканических пород Южной Камчатки

Надежных данных по абсолютному возрасту вулканических пород Камчатки немного. В экспертном заключении о достоверности изотопно-геохронологических данных для объектов, расположенных на территории Камчатских серий листов, которое

мало, тем не менее, геологические соотношения пород однозначно свидетельствуют о том, что этот ранний для данного района этап риолитового вулканизма необходимо выделять как самостоятельный, а не рассматривать, как это было сделано ранее [19], в составе единого Карымшинского комплекса. Следующий этап риолитового вулканизма представлен комплексом II - это игнимбриты, связанные с кальдерой Карымшина. Они имеют эоплейстоценовый возраст (1.7 – 1.2 млн. лет), а область их распространения примерно совпадает с областью распространения пород дацит-риолитовой формации, показанной на рис. 2. Наиболее молодой этап риолитового вулканизма в районе представлен комплексом III - это риолитовые экструзии, которые были подробно описаны в [13]. Они имеют возраст 0.8 - 0.5 млн. лет [16, 17, 19] и их необходимо рассматривать как следствие посткальдерного вулканизма.

Отличие пород, относящихся к комплексу I, от пород комплексов II и III отчетливо видно на

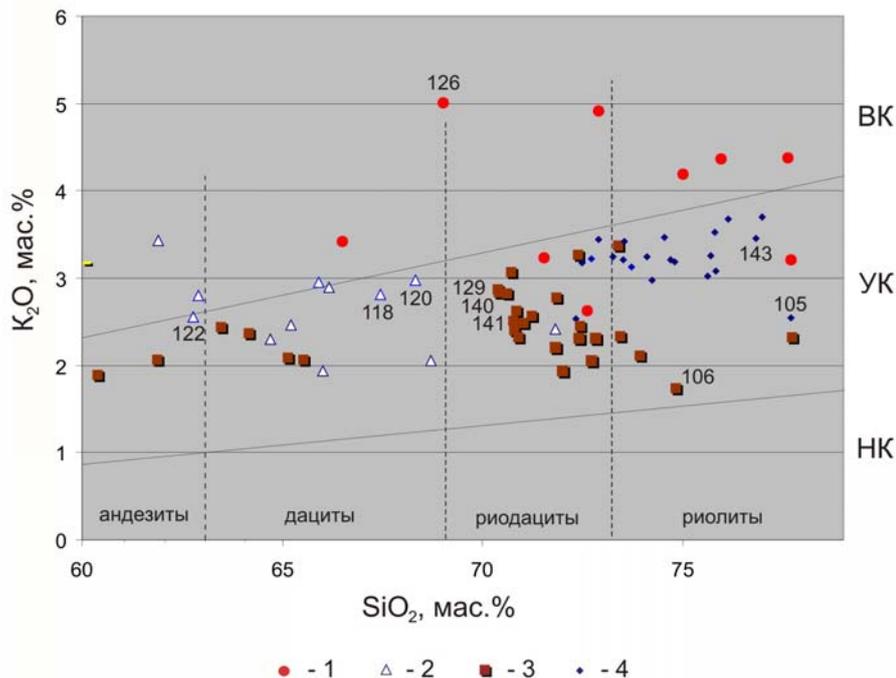


Рис. 6. Диаграмма  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$  вулканических пород Банно-Карымшинского района. Поля составов различных по калиевости пород приведены по [12]. Поля низко-, умеренно- и высококалиевых пород отмечены, соответственно, буквами НК, УК и ВК. 1 – риолиты, риодациты (I комплекс), 2 – дациты, андезиты (докальдерный комплекс), 3 – игнимбриты кальдеры Карымшина (II комплекс), 4 – риолиты, посткальдерные (III комплекс). Номераами отмечены анализы образцов, привязка которых показана на рис. 3 и 4.

было составлено в 2000 г. зав. отделом изотопной геологии ВСЕГЕИ А.Г. Рублевым, был сделан вывод, что очень немногие вулканогенные комплексы Камчатки имеют надежную изотопную датировку. В частности, отмечалось, что для Южно-Камчатской серии листов только для 4 из 15 проанализированных комплексов можно с оговорками принять часть полученных датировок за близкие к действительному возрасту этих подразделений. Надежными были признаны, в основном, те датировки, которые были сделаны в последние 10-15 лет в лабораториях ИГЕМ, ГИН и других ведущих геологических институтов страны. Большинство данных, полученных до 1970 г. в периферийных лабораториях, а также одиночные датировки по валовым пробам были забракованы. Имея это в виду, мы попытались сделать сводку тех датировок вулканических пород Южной Камчатки (для интервала 0-5 млн. лет), которые, как было отмечено А.Г. Рублевым, надежные, и дополнили их датировками, полученными в последние годы, в частности, 25 датировками, полученными нами [7, 21] (табл. 1-3, рис. 7). В отдельные группы мы выделили данные по крупнообъемному эксплозивному вулканизму, риолитовым экструзиям и жильным образованиям вулканогенных золото-серебряных месторождений Южной Камчатки. Всего в сводку попало 77 датировок.

Анализ полученных данных показал, что на Южной Камчатке отчетливо выделяются среднеплиоценовый, эоплейстоценовый и четвертичный (в основном, нижне-среднечетвертичный) эпизоды повышенной эксплозивной активности. Подтвердились сделанные ранее в [22, 24] выводы об эпизодичности эксплозивного кислого вулканизма и о значительном увеличении эксплозивной активности в последние 2 млн. лет. Датирование крупных вулканических аппаратов, которые раньше относились, в основном, к алнейской серии, показало, что они имеют возраст от

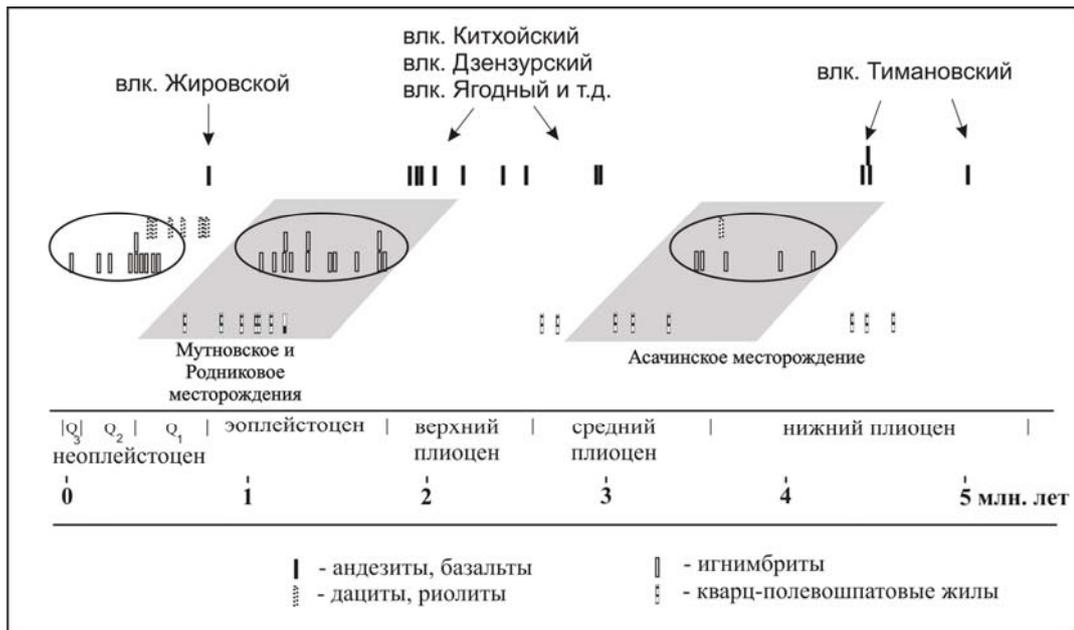


Рис. 7. Сводка имеющихся на данный момент К-Аг, Аг-Аг и U-Pb датировок вулканических пород Южной Камчатки. Используются данные из работ [2, 3, 5, 7, 9, 10, 16, 17, 19, 21, 25-28]. Овалами очерчены эпизоды повышенной эксплозивной активности, описанные в тексте. Внизу показаны имеющиеся датировки кварцевых и кварц-адуляровых жил золото-серебряных месторождений Южной Камчатки (Асачинского, Мутновского, Родникового и др.). Границы стратиграфических подразделений приведены по Стратиграфическому кодексу России, 2006.

нижнего плиоцена (вулкан Тимоновский) до эоплейстоцена и нижнего плейстоцена (вулкан Жировской). Большая часть этих аппаратов имеет верхнеплиоценовый возраст – от 2 до 3 млн. лет (вулканы Китхойский, Дзензурский, Ягодный и др.). То-есть, имеющиеся данные позволяют сделать предварительный вывод, что эпизодичность в интервале 0-5 млн. лет характерна не только для эксплозивного кислого вулканизма Южной Камчатки, но и для эффузивного вулканизма средне-основного состава, при этом происходит чередование эпизодов с преимущественно эксплозивным кислым и преимущественно эффузивным базитовым вулканизмом.

Данных о возрасте кварц-полевошпатовых жил золото-серебряных месторождений Южной Камчатки (Асачинского, Мутновского, Родникового и др.) пока совсем немного, но по ним уверенно выделяется эоплейстоценовый эпизод рудообразования с возрастом 1.3–0.8 млн. лет (табл. 3, рис. 7). Выделяется также средне-верхнеплиоценовый эпизод, но для него разброс в датировках очень большой, а надежных датировок пока очень мало. Если ориентироваться на полученные недавно датировки жил Асачинского месторождения [5], то их возраст определен в 3.2 и 1.1 млн. лет, то есть, выделяется два эпизода рудообразования, которые логично связать с эпизодами кислого вулканизма – эта связь показана в виде затененных полос, объединяющих поля соответствующих датировок на рис. 7.

### Заключение

Произведено расчленение вулканогенных толщ Южной Камчатки, относившихся до сих пор к единому Карымшинскому вулканогенному комплексу [19], на три части, которые названы комплексами I, II и III. Породы, входящие в эти комплексы, имеют преимущественно риолитовый и риодацитовый состав, формирование их происходило в плиоцене – раннем плейстоцене. Наиболее древний

Таблица 3. К-Ar и Ar-Ar возраста кварцевых и кварц-адуляровых жил золото-серебряных месторождений Южной Камчатки

№ п/п	Название породы	№ образца	Место взятия образца	Возраст, млн. лет	Работа, из которой взяты данные
1	кварцевая жила (адуляр)	K58	Мутновское месторождение	$0.7 \pm 0.1$	[26]
2	адуляр-кварцевая жила	43	Родниковое месторождение	$0.9 \pm 0.1$	[25]
3	адуляр-кварцевая жила	44	Родниковое месторождение	$1.0 \pm 0.1$	[25]
4	адуляр-кварцевая жила	44	Родниковое месторождение	$1.1 \pm 0.1$	[25]
5	микроклиновый агрегат	476	Асачинское месторождение	$1.1 \pm 0.3$	[5]
6	адуляр-кварцевая жила	44	Родниковое месторождение	$1.2 \pm 0.7$	[10]
7	зона гидротермальных изменений (серицит)	КМ-2	Мутновское месторождение	$1.3 \pm 0.1$	[26]
8	адуляр-кварцевая жила	43	Родниковое месторождение	$2.7 \pm 1.0$	[10]
9	адуляр-кварцевая жила	42	Родниковое месторождение	$2.8 \pm 1.0$	[10]
10	кварц-адуляр-серицитовая жила	KAS-14 050919-9	Асачинское месторождение	$3.1 \pm 0.1$	[27]
11	кварц-ортоклазовая ассоциация	240	Асачинское месторождение	$3.2 \pm 0.2$	[5]
12	кварцевая жила	302	р. Банная	$3.4 \pm 0.1$	[16]
13	кварц-адуляр-серицитовая жила	KAS-13 050919-4	Асачинское месторождение	$4.4 \pm 0.1$	[27]
14	кварц-адуляр-серицитовая жила	KA-1A 0386A- 102-1	Асачинское месторождение	$4.5 \pm 0.1$	[27]
15	кварц-адуляр-серицитовая жила	KAS-9 050919-8	Асачинское месторождение	$4.7 \pm 0.2$	[27]

комплекс (I) – это лавы, туфы и туфобрекчии среднеплиоценового возраста, которые вскрываются в разрезах докальдерного этапа. Следующий комплекс (II) – это игнимбриты кальдеры Карымшина эоплейстоценового возраста (1.2 – 1.7 млн. лет). Наиболее молодой комплекс (III) – риолитовые экструзии и связанные с ними лавовые потоки, которые относятся к посткальдерному этапу. Они имеют возраст 0.5 - 0.8 млн. лет.

Сделан вывод, что на Южной Камчатке отчетливо выделяются среднеплиоценовый, эоплейстоценовый и четвертичный (в основном, нижне-среднечетвертичный) эпизоды повышенной эксплозивной активности. Показано также, что эпизодичность в интервале 0-5 млн. лет характерна не только для эксплозивного кислого вулканизма Южной Камчатки, но и для эффузивного вулканизма средне-основного состава, при этом происходило чередование эпизодов преимущественно эксплозивного кислого и преимущественно эффузивного базитового вулканизма.

Составлена сводка имеющихся на данный момент К-Ar и Ar-Ar датировок вулканических пород Южной Камчатки. Показано, что полученные в последние годы

датировки жильных образований вулканогенных золотосеребряных месторождений Южной Камчатки позволяют выделять эпизоды рудообразования, которые по времени следуют за эпизодами кислого вулканизма.

Работа выполнена в рамках гранта NSF (Национального научного фонда США) № EAR-0537872, а также в рамках проектов РФФИ № 08-05-00453 и ДВО РАН № 09-П-СО-08-002 и № 09-III-A-08-424.

#### Список литературы

1. *Апрелков С.Е., Бондаренко В.Н., Власов Г.М.* Центральная Камчатка // Геология СССР. М.: Недра, 1964. Т. 31: Камчатка, Курильские и Командорские острова. Ч. I. С.154-177.
2. *Иванов В.В., Чащин А.А., Лейер П.У. и др.* Новые данные по золото-серебряным рудно-магматическим системам Южной Камчатки // Тр. ДВГТУ. Вып. 118. Сер. 4 (горно-геол.). Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1997. С. 13-20.
3. *Иванов В.В., Лейер П.У.* Новые данные по аргон-аргоновому датированию возраста золото-серебряного оруденения Коряки, Камчатки и Курил // Геология и полезные ископаемые Камчатской области и Корякского АО. Петропавловск-Камчатский: Камшат, 1999. С. 77-78.
4. Краткая объяснительная записка // Карта полезных ископаемых Камчатской области, масштаба 1:500000, Петропавловск-Камчатский, 1999.
5. *Лапухов А.С., Гузман Б.В., Горев В.А. и др.* Возраст эпитермального золото-серебряного оруденения Асачинского месторождения (Южная Камчатка) по данным  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метода // Вулканология и сейсмология. 2007. № 6. С. 54-59.
6. *Леонов В.Л., Rogozin A.N.* Карымшина – гигантская кальдера-супервулкан на Камчатке: границы, строение, объем пирокластики // Вулканология и сейсмология, 2007. №5. С. 14-28.
7. *Леонов В.Л., Биндеман И.Н., Rogozin A.N.* Новые данные по Ar-Ar датированию игнимбритов Камчатки // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский, 2008. С. 187-196.
8. *Мелекесцев И.В.* Масштаб и возраст последней крупнейшей вспышки кислого вулканизма на Камчатке // Вулканизм и геохимия его продуктов. М.: Наука, 1967. С. 82-92.
9. *Округин В. М., Округина А. М., Матсуеда Х. и др.* Геология и генезис Мутновского вулканогенного рудного поля (Южная Камчатка) // Тектоника и металлогения Северной Циркум-Пацифики и Восточной Азии: Мат-лы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти Л.М. Парфенова. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2007. С. 516-518.
10. *Петренко И.Д.* Золото-серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский, Изд-во Санкт-петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
11. *Петренко И.Д., Большаков Н.М.* Структурная позиция и возраст золотосеребряного оруденения Южной Камчатки на примере Мутновского месторождения // Тихоокеанская геология. 1991. № 5. С. 100-111.
12. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание второе, переработанное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.
13. *Rogozin A.N.* Новые данные о кислых экструзиях Банно-Карымшинского района, Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 10. С. 156-164.
14. *Шанцер А.Е., Краевая Т.С.* Формационные ряды наземного вулканического пояса (на примере позднего кайнозоя Камчатки). М.: Наука, 1980. 164 с.
15. *Шеймович В.С.* Игнимбриты Камчатки. М.: Недра, 1979. 179 с.

16. Шеймович В.С., Головин Д.И. Возраст кислых вулканитов района Больше-Баннхих источников // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 21-25.
17. Шеймович В.С., Карпенко М.И. К-Ar – возраст вулканизма на Южной Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1996. № 2. С. 86-90.
18. Шеймович В.С., Патока М.Г. Геологическое строение зон активного кайнозойского вулканизма. М.: Недра, 1989. 207 с.
19. Шеймович В.С., Хацкин С.В. Риодацитовая магматическая формация Юго-Восточной Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1996. № 5. С. 99-105.
20. Эрлих Э.Н., Мелекесцев И.В. Четвертичный кислый вулканизм западной части Тихоокеанского кольца // Кислый вулканизм. Новосибирск, Наука, 1973. С. 4-39.
21. Bindeman I.N., Leonov V.L., Ponomareva V.V. et al. Large-volume silicic volcanism in Kamchatka: Ar-Ar, U-Pb ages and geochemical characteristics of major pre-Holocene caldera-forming eruptions // J. Volcanol. Geothermal Res. 2009.
22. Kennett J.P., McBirney A.R., Thunell R.C. Episodes of Cenozoic volcanism in the circum-Pacific region // J. Volcanol. Geothermal Res. 1977. V. 2. P. 145-163.
23. Mason B.G., Pyle D.M., Oppenheimer C. The size and frequency of the largest explosive eruptions on Earth // Bul. of Volcanology. 2004. V. 66. P. 735-748.
24. Prueher L.M., Rea D.K. Tephrochronology of the Kamchatka-Kurile and Aleutian arcs: evidence for volcanic episodicity // J. Volcanol. Geothermal Res. 2001. V. 106. P. 67-84.
25. Takahashi R., Matsueda H., Okrugin V.M. Hydrothermal Gold Mineralization at the Rodnikovoe Deposit in South Kamchatka, Russia // Resource Geology. 2002. V. 52. № 4. P. 359 – 369.
26. Takahashi R., Matsueda H., Okrugin V. et al. Polimetalliferous and Au-Ag Mineralizations at the Mutnovskoe Deposit in South Kamchatka, Russia // Resource Geology. 2006. V.56. № 2. P. 141-156.
27. Takahashi R., Matsueda H., Okrugin V. et al. Epithermal Gold-Silver Mineralization of the Asachinskoe Deposit in South Kamchatka, Russia // Resource Geology. 2007. V. 57. № 4. P. 354 – 373.
28. Takahashi R., Watanabe K., Okrugin V. et al. Genesis and Formation of Ore Deposits in Kamchatka Peninsula, Far Eastern Russia // Proceedings of the International Symposium Earth Science and Technology 2008, Fukuoka, Japan. P.101-110.

## **EPISODES OF ACID VOLCANISM IN SOUTHERN KAMCHATKA (ON K-Ar, Ar-Ar and U-Pb DATING)**

**V. L. Leonov, A.N. Rogozin**

*The Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: [lvl@kscnet.ru](mailto:lvl@kscnet.ru)*

Volcanogenic formations of Southern Kamchatka belonging earlier to the Karymshinskyi volcanogenic complex have been divided into three parts – complex I, II and III. The rocks of these complexes are rhyolitic and rhyodacite by the origin and were formed in Pliocene – early Pleistocene. Evidences of Middle Pliocene, Eopleistocene and Quaternary (mainly low Middle Quaternary) episodes of enhanced explosive activity are clearly observed in Southern Kamchatka. Intervals of episodes lasting from 0 to 5 years are not only typical of explosive acid volcanism, but of effusive volcanism of the middle basic composition. However the episodes of mainly explosive acid volcanism alternate those of predominantly effusive basic volcanism. There is a list of available K-Ar, Ar-Ar and U-Pb (zircon) datings of volcanic rocks of Southern Kamchatka.