

**Анализ инъекции магмы в Корякско-Авачинской группе вулканов в 2016-2017 гг.  
Е. В. Черных**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский  
e-mail: jenia.chev@yandex.ru*

Анализ локальной сейсмичности в пределах Авачинско-Корякской группы вулканов позволяет выявить последовательность плоско-ориентированных кластеров землетрясений, интерпретируемых как процесс внедрения даек и силлов. Наиболее активная магматическая деятельность синхронизирована с парогазовым извержением Корякского вулкана 2008-2009 гг., после чего процесс инъекции магмы переместился к северо-западу (подножью) Корякского вулкана (район Корякских нарзанов) и в кратер Авачинского вулкана. В данной работе приводится анализ локальной сейсмичности в этом районе за 2016–2017 гг.

Исследования извержений вулканов на Камчатке показывают яркие примеры внедрения даек, проявляющиеся линейно ориентированными центрами локальных извержений или образованием трещин разрыва на поверхности земли. Анализ данных большого трещинного Толбачинского извержения в 1975-1976 гг. привел к серии работ [4, 5], в которых, с использованием гидродинамических и тепловых расчетов, оцениваются минимальные и максимальные скорости движения магмы в дайках при заданных входных и выходных температурах магмы, температуре вмещающих горных пород, раскрытии трещины и избыточном давлении в питающем магматическом очаге. При извержении в кальдере Академии Наук и Карымского вулкана между центрами извержений зафиксированы трещины разрыва, связанные с внедрением дайки [6].

Понимание важной роли плоско-ориентированных магматических тел (даек и силлов) в осуществлении транспорта магмы от коровых к периферическим магматическим очагам и далее к поверхности Земли особенно углубилось в последнее время благодаря использованию сейсмических данных, высокочастотных геодезических измерений: спутниковых радарных съемок и сетей станций GPS/GLONASS [8].

Корякско-Авачинский вулканогенный бассейн является одним из эталонных объектов для мониторинга анализа процессов, сопутствующих инъекции магмы из магматического очага.

В работах А.В. Кирюхина и др. [1, 2, 3] предложен метод выявления и оценки геометрии магматических питающих систем вулканов (даек и силлов) по данным локальной сейсмичности, который подробно изложен на примере извержения Толбачинского вулкана 2012-2013 гг., а также описываются результаты активизации Корякско-Авачинской группы вулканов.

Анализ локальной сейсмичности в пределах Авачинско-Корякской группы вулканов в период 2000-2016 гг. позволяет выявить последовательность плоско-ориентированных кластеров землетрясений, интерпретируемых как процесс внедрения даек и силлов [3]. Наиболее активная магматическая деятельность синхронизирована с парогазовым извержением Корякского вулкана 2008-2009 гг., после чего процесс инъекции магмы переместился к северо-западу (подножью) Корякского вулкана (район Корякских нарзанов) и в кратер Авачинского вулкана.

Исходные данные, методика и критерии выделения плоско-ориентированных кластеров описаны в работах [2, 3].

Для реконструкции последовательности инъекции магмы в районе Авачинско-Корякской группы использован каталог данных сейсмического мониторинга по 7-ми сейсмическим станциям КФ ФИГ ЕГС РАН за период с 2016 по 2017 гг. (общее число зарегистрированных землетрясений в этом районе с 01.01.2016 г. по 31.12.2017 г. составляет 709). Для оценки выявления и оценки характеристик плоско-ориентированных кластеров используется программа Frac-Digger (№ гос. рег. 2016616880) со следующими

параметрами выявления кластеров: близость по времени – 30 суток, близость по расстоянию в горизонтальной плоскости 6 км, количеством землетрясений в кластере не менее 7-ми.

Вершинное парогозовое извержение Корякского вулкана 2008-2009 гг. сопровождалось 153 плоско-ориентированными кластерами землетрясений, которые интерпретируются как зоны внедрения даек и силлов при инъекции магмы [3]. После насыщения магматической питающей системы Корякского вулкана началась инъекция в конус Авачинского вулкана (2010 г.), которая продолжается по настоящее время (март 2018 г.). За указанный период в конус Авачинского вулкана внедрилась 31 дайка. Характеристики даек и силлов с 2010 г. по февраль 2016 г. приводятся в статье [3], а в табл. 1 приводятся характеристики даек и силлов, выявленных землетрясений с числом событий не менее 7 в период с октября 2016 г. по декабрь 2017 г.

**Таблица 1. Дайки и силлы в районе Корякско-Авачинской группы вулканов (интерпретируемые по выделенным плоско-ориентированным кластерам землетрясений из каталога сейсмических событий КФ ФИГ ЕГС РАН за период с октября 2016 по декабрь 2018 с числом событий в кластере не менее 7) и параметры плоскостей, их аппроксимирующих.**

№ кластера	Угол падения, град.	Азимут падения, град	X, м	Y, м	Z, м. абс.	Начало кластера DD/MM/YY	Число землетрясений в кластере	$K_S$ min	$K_S$ max	Площадь кластера, км <sup>2</sup>
490	73,9	342,7	489459	5901133	713,1	02.10.16	8	2	5.8	5,7
491	80,4	334,4	489471	5901091	-1431,7	07.10.16	7	2,3	3,2	5,9
492	83	57,8	489420	5900940	-1185,4	17.10.16	7	2,5	4,1	4,4
494	63,6	33,1	489373	5900839	1266,3	09.12.16	7	1,8	3,4	2,8
495	19,8	149,1	489220	5901580	1472,8	23.12.16	9	1,9	4,3	8,7
496	60,9	302,6	489010	5900916	1156,1	01.01.17	7	2,4	3,7	3,4
498	72,6	71	480205	4909622	186,9	07.03.17	8	1,7	3	16,3
499	74,2	279,6	480527	5909115	1043	08.04.17	7	1,5	2,8	4,7
500	59,6	301,4	490456	5901610	739,4	28.04.17	8	1,9	4,4	5,7
502	67,1	109	480902	5908859	-285,2	05.06.17	10	1,2	2	6,3
503	49,5	113,9	481715	5909536	1762,9	25.06.17	7	1,2	2,5	7,5
504	68,9	104,8	480716	5908790	1336,4	02.07.17	7	1,3	3,7	6,5
505	12,9	193,7	488865	5899266	1613,4	04.07.17	8	1,3	2,8	8,7
506	76,3	88,5	481096	5909273	-515,3	05.07.17	8	1,5	2,8	8
507	77,9	211,9	488340	5900398	-2700,3	14.07.17	7	2,4	3,5	42,4
509	73,2	123,6	480908	5908484	-555	30.07.17	9	1,5	2,2	15,6
515	7,1	334,7	497362	5883110	-270,4	17.10.17	7	3,4	3,8	7,3
520	76,3	330,4	482356	5914759	-2027,9	08.11.17	7	2,3	3,1	19,4
521	70,4	276,4	482495	5914286	-2937,4	14.11.17	12	2,1	4	10,3
522	2,7	242,5	497483	5883580	-63,9	21.11.17	7	3,6	4,9	6,2

Примечание: За период с 2016 по 2017 гг. 13 кластеров позиционированы в конусе Авачинского вулкана, а 15 позиционированы с Корякским вулканом. X, Y, Z – координаты центров кластеров (система координат UTM WGC-84)

На рис. 1-4 показаны проекции внедрения даек и силлов и распределение землетрясений с 2016 по 2017 гг. в постройках и фундаменте Авачинско-Корякской группы вулканов на горизонтальных срезах (а. о.): -3000 м., -1000 м., +1500 м., в вертикальных сечениях АВ, CD (ССВ простирания) и EF (СЗ простирания). Более детальный анализ ориентации даек и силлов показывает их следующие особенности: 1) под Корякским вулканом дайки фиксируются преимущественно в диапазоне глубин от -

5000 м. абс. до 1000 м. абс., они имеют преимущественно субмеридиональное простирание (90% даек с азимутом простирания от  $320^0$  до  $40^0$ ) и углы падения более  $50^0$  (74% даек); 2) под Авачинским вулканом дайки фиксируются преимущественно в диапазоне глубин от  $-1000$  м. абс. до  $+2000$  м. абс.

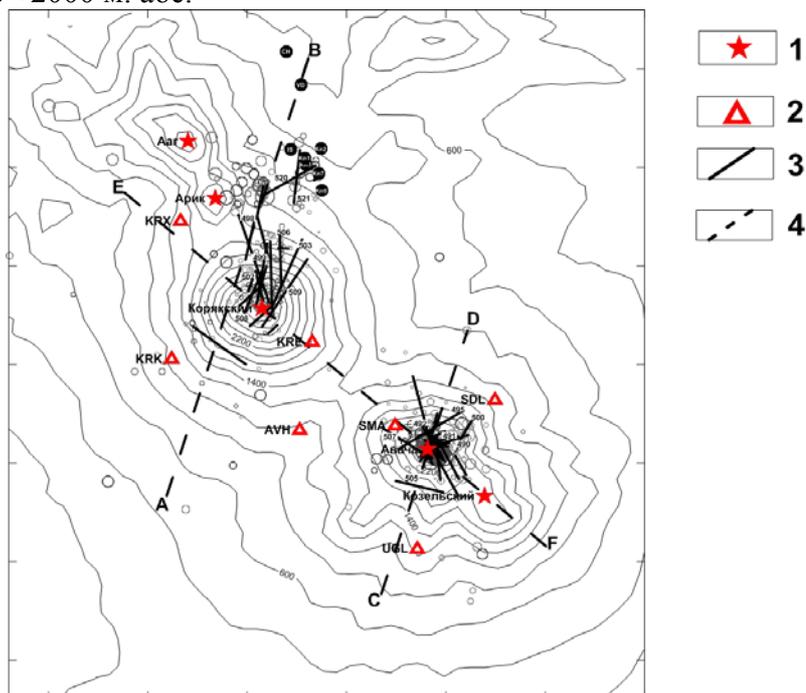


Рис. 1. Распределение землетрясений (данные КФ ФИГ ЕГС РАН) и интерпретируемые по данным локальной сейсмичности проекции даек за период 2016-2017 гг. в пределах Корякско-Авачинской группы вулканов. 1 – вершины вулканов Авачинский, Корякский, Козельский, Ариг и Ааг; 2 – сейсмостанции КФ ФИГ ЕГС РАН; 3 – проекции даек; 4 – линии разрывов; эпицентры землетрясений 2016–2017 гг. показаны кружками (пропорционально энергетическому классу  $K_S$  от 1,1 до 8,5,  $M = 0,5 \cdot K_S - 0,75$ ).

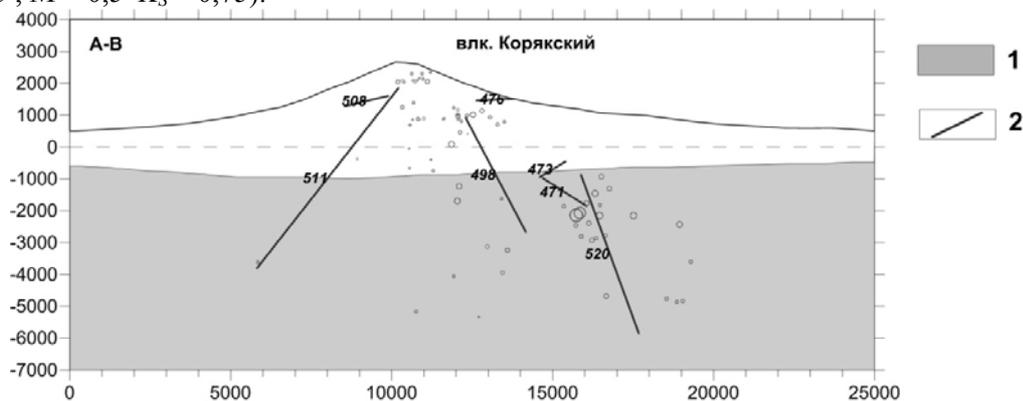


Рис. 2. Распределение землетрясений за период 2016-2017 гг. в пределах Корякско-Авачинской группы вулканов (данные КФ ФИГ ЕГС РАН) и интерпретируемые по данным локальной сейсмичности проекции внедрения даек и силлов в плоскости вертикального разреза АВ. 1 – домеловой фундамент, 2 – проекции внедрения даек и силлов в плоскости разреза АВ. Остальные условные обозначения соответствуют рис. 1. Разметка осей  $-1000$  м.

### Выводы

Детальный анализ ориентации даек и силлов показывает следующие особенности:

1) под Корякским вулканом дайки фиксируются преимущественно в диапазоне глубин от  $-5000$  м. абс. до  $1000$  м. абс., они имеют преимущественно субмеридиональное простирание (90% даек с азимутом простирания от  $320^0$  до  $40^0$ ) и углы падения более  $50^0$  (74% даек);

2) под Авачинским вулканом дайки фиксируются преимущественно в диапазоне

