

УДК 551.21

## **ОБ ОЦЕНКЕ ОБЪЕМОВ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ ЗА 1955 – 2009 ГГ.**

**Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*

*Петропавловск-Камчатский, 683006; nzhar@kscnet.ru*

### **Аннотация**

Приводятся данные об объемах изверженных продуктов основных этапов современной деятельности вулкана с начала его активизации в октябре 1955 г. по декабрь 2009 г. В докульминационный этап (октябрь 1955 – март 1956 гг.) на дневную поверхность поступило более 400 млн. т. отложений пеплов; во время пароксизмального извержения 30 марта 1956 г. пепловые отложения превышали 400 млн.т., отложения пирокластических потоков были равны 1416 млн.т. В ходе экструзивно-эксплозивно-эффузивных извержений в 1956-2009 гг. на третьем этапе деятельности вулкана на дневной поверхности сформировался лавовый купол общей массой 941 млн.т., отложения пирокластических потоков составили 491 млн.т., отложения пеплов – 117 млн.т. Масса лавовых потоков была незначительной – около 9.2 млн.т. Всего на третьем этапе весовой объем изверженных продуктов составил 1.560 млрд.т. Средний расход изверженных продуктов вулкана во время современного эруптивного цикла равен 29 млн. т/год., что в два раза меньше аналогичного расхода для вулкана гиганта Ключевской и в 6 раз больше величины, определенной за тысячелетия жизни вулкана.

### **Введение**

Активный стратовулкан Безымянный (56°,1 с.ш., 160°,7 в.д.) расположен в центральной части Ключевской группы вулканов в 10 км к ЮЮЗ от вулкана Ключевской. После тысячелетнего перерыва в октябре 1955 г. вулкан вновь активизировался. С начала активизации имеются данные о характере извержений, произошедших на вулкане [2–7, 12–14, 19, 21–26, 30–32 и др.].

В современном цикле активности выделены следующие основные этапы деятельности вулкана [1, 7, 8]. С октября по 1955 по март 1956 г. происходил докульминационный этап извержения. В октябре 1955 г. произошло разрушение западной части вершины вулкана образовался кратер диаметром до 350 м. В ноябре разрушение постройки продолжалось, на вершине сформировался кратер диаметром до 1000 м, а в январе уже началось выжимание экструзии.

На втором этапе произошло пароксизмальное извержение – 30 марта 1956 г. [6]. После извержения кратер имел горизонтальные размеры  $2.8 \times 1.7$  км и глубину с запада на восток от 800 до 300 м.

Третий этап – это последующее формирование внутрикратерной экструзии. Этот этап начался сразу после пароксизма 30 марта 1956 г. и продолжается по настоящее время.

В ходе дальнейшего развития извержения проявились его характерные особенности. Период 1956–1965 гг. выделялся непрерывным выжиманием экструзивных блоков, изредка сопровождаемый эксплозивными извержениями [1]. В следующем десятилетии (1966 – 1976 гг.) замечено появление вязкой лавы наряду с выжиманием жестких блоков. В 1977 – 1995 гг. извержение окончательно перешло в экструзивно-эксплозивно-эффузивную фазу. Активность вулкана значительно снизилась после мощного эксплозивного из-



Рис. 1. Общий вид на вулкан Безымянный с СВ, в центре растущий экструзивный купол, 24 апреля 2009 г. Фото Демянчука Ю.В.

вержения в октябре 1995 г. [20]. После пятилетнего затишья в 2000 г. вновь наблюдается усиление деятельности вулкана [8, 11, 18, 21].

Формирование нового экструзивного купола на вулкане Безымянный с начала современной вулканической активности шло неравномерно. Наилучшим отражением активности вулкана является величина расхода изверженных продуктов.

#### **Методы и результаты оценки объемов изверженных продуктов**

На дневной поверхности твердые продукты извержений в основном представлены в виде постройки лавового конуса, отложений пирокластических потоков, а также отложений пепловых туч. С момента появления лавового купола с августа 1956 г. периодически велись наблюдения за его ростом: проводилась аэросъемка, наземная фототеодолитная съемка, тригонометрическое нивелирование и видеосъемка [9, 15, 16, 24, 28–29 и др.]. На первом этапе появления экструзии наблюдения выполнялись с помощью теодолитных наблюдений [9, 24, 25]. В дальнейшем для слежения за изменением морфологии лавового купола выполнялись наземная фототеодолитная съемка (НФТС) [35], а также видеосъемка [36]. Наиболее результативный метод слежения за изменением морфологии растущих куполов – аэросъемка [28–29]. По данным теодолитных наблюдений, НФТС и видеосъемок были построены профили нового экструзивного купола (рис. 1). Точность определения координат профиля близка  $\pm 3\text{--}5$  м.

Таблица 1. Характеристика извержений влк. Безымянный (1955-2009гг).

№	Время извержений	Характеристика извержений	Объем нового экструзивного купола, км <sup>3</sup>	Площадь пирокластического потока, км <sup>2</sup>	Объем пирокластического потока, км <sup>3</sup>	Площадь лавового потока, км <sup>2</sup>	Объем лавового потока, км <sup>3</sup>	Объем пепла, км <sup>3</sup>	Масса, млн.т					Источник
									экструзивный купол	пирокластические потоки	лава на куполе	пепел	Σ млн.т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	22.10-31.12.1955	Докульминационная стадия пепловых извержений	-	-	-	-	-	0,4-0,5	-	-	-	400- **(500)	400- **(500)	[5,7]
2	30.03.1956	Пароксизмальное извержение	-	40	0,8	-	-	0,4-0,5	-	1416,0	-	400- **(500)	1816- (1916)	[5]
3	25-27.03.1961	Эксплозивное извержение	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	1,8	2,2	[25]
4	30.03.1956-1967	Экструзивное извержение	0,239	-	-	-	-	-	478	-	-	-	478	[29]
5	1967-06.09.1976	То же, что и выше	0,124	-	-	-	-	-	248	-	-	-	248	[29]
6	25.03.1977	Эксплозивные извержения с образованием пирокластических потоков	-	3,34	0,0136	0,0352	0,00035	-	-	24,1	0,8	-	24,9	[7,29]
7	11.02.1979	То же, что и выше	-	4,81	0,017	0,0441	0,00048	-	-	30,1	1,1	-	31,2	[7,29]
8	18.09.1979	То же, что и выше	-	1,26	0,0065	0,0552	0,00056	-	-	11,5	1,2	-	12,7	[7,29]
9	18.06.1980	То же, что и выше	-	3,58	0,0191	0,0492	0,00059	-	-	33,8	1,3	-	35,1	[7,29]
10	12.06.1981	То же, что и выше	-	-	0,01	-	0,0006	-	-	18,0	1,3	-	19,3	[18]
11	22.05.1983	То же, что и выше	-	1,5	0,008	-	-	-	-	14,2	-	-	14,2	[19]

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12	05.02.1984	То же, что и выше	-	0,075	0,002	-	-	-	-	3,5	-	-	3,5	[31]
13	13.10.1984	То же, что и выше	-	2,7	0,012	-	-	0,011	-	21,2	-	11,0	32,2	[31]
14	28.06-01.07.1985	Эксплозивно-эффузивное	-	21,5	0,037	-	-	-	-	65,5	-	-	65,5	[14,32]
15	24.06.1986	То же, что и выше	-	3,0	0,013	-	-	-	-	23,0	-	-	23,0	[15,34]
16	17.12.1986	Эксплозивное извлечение	-	3,5	0,016	-	-	-	-	28,3	-	-	28,3	[15]
17	02.08.1989	То же, что и выше	-	5,0	0,018	-	-	-	-	31,9	-	-	31,9	[16,36]
18	09.03-10.03.1990	То же, что и выше	-	5,0	0,018	-	0,00006	-	-	31,9	0,1	-	32,0	[2]
19	12.03.-13.03.1992	То же, что и выше	-	2	0,007	-	-	-	-	12,7	-	-	12,7	[2]
20	21.10-29.10.1993	То же, что и выше	-	-	0,020	-	-	0,05	-	35,0	-	50,0	85,0	[3]
21	1983-1994	Экструзивное	0,0285	-	-	-	-	-	57	-	-	-	57,0	[28]
22	1994-1995	Эффузивное	-	-	-	-	0,0004	-	-	-	0,9	-	0,9	[3]
23	11.01.2005	То же, что и выше	-	-	0,005	-	-	0,05	-	8,9	-	50,0	58,9	[11]
24	09.05.2006	Эксплозивное	-	-	-	0,092	0,00085	-	-	-	1,9	-	1,9	[28]
25	24.12.2006	Эксплозивное	-	-	-	-	-	0,005	-	-	-	5,0	5,0	[22]
26	1994-2006	Экструзивное	0,0790	-	-	-	-	-	158	-	-	-	158	[28]
27	11.05.2007	Эксплозивное	-	5,0	0,018	-	-	-	-	31,9	-	-	31,9	[12]
28	14.10.2007	Эксплозивно-эффузивное	-	55	0,020	-	-	-	-	35,4	-	-	35,4	[12]
29	05.11.2007	Эксплозивное	-	4	0,017	0,025	0,00025	-	-	30,0	0,6	-	30,6	[12]
30	17.12.2009	Эксплозивное	-	-	-	-	-	0,0005	-	-	-	0,5	0,5	[н.а.]
									Σ	941	1907,3	9,2	918,5	3768,1

Примечание: \*  $\rho_k$  – плотность пород купола;  $\rho_{п.п.}$  – плотность пирокластических потоков;  $\rho_l$  – плотность лавы на куполе;  $\rho_n$  – плотность пепла, т/м [н.а.] – наблюдения авторов, \*\* - верхняя оценка пепловых отложений.

Данные, характеризующие рост нового экструзивного купола вулкана Безымянный приведены в табл. 2. Можно отметить следующие особенности роста купола во время нового эруптивного цикла: наибольшая скорость роста купола происходила в первые четыре месяца и была равна 0.24 млн.м<sup>3</sup>/сутки, в первые два десятилетия происходил наибольший прирост объема купола. Высота купола от его основания к концу 1976 г. была равна 572 м, его объем был равен 0.363 км<sup>3</sup>. К сентябрю 2007 г. высота купола была равна 670 м, абсолютная отметка наивысшей точки купола от уровня моря была равна 2978 м. С 1977 г. деятельность вулкана изменилась, стали происходить эксплозивные извержения, сопровождаемые пирокластическими потоками. В следующие три десятилетия прирост объема купола продолжался за счет увеличения его горизонтальных размеров. К 2006 г. объем купола достиг 0.470 км<sup>3</sup> [21]. Средний расход изверженных продуктов в 1976–2006 гг. был равен 0.02–0.05 млн. м<sup>3</sup>/сутки, табл. 2.

Для сравнения приведем данные о росте экструзивного купола на влк. Шивелуч [17]. За 27 лет формирования новый экструзивный купол вулкана Шивелуч достиг относительной высоты 513 м и объема 0.363 км<sup>3</sup>. За 28 лет экструзивный купол вулкана Безымянный имел высоту 604 м и объем 0.391 км<sup>3</sup>. В целом характеристики роста обоих куполов, средний расход и объемы на определенных этапах роста, близки.

Таблица 2. Характеристика роста нового экструзивного купола влк. Безымянный (1956–2005 гг.)

№ п/п	Дата	Объем Нового купола, км	Приращение объема, км <sup>3</sup>	Скорость прироста объема, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup> /сутки	Высота купола от основания, h, м	Абсолютная отметка наивысшей точки купола. Н,м	Метод определения источник,
1	30.03.1956–08.1956	0.036	0.036	0.24	320	2610	Теодолитные измерения, [25]
2	08.1956–08.1957	0.056	0.020	0.057	360	2650	
3	08.1957–08.1958	0.072	0.016	0.043	400	2710	
4	08.1958–09.1959	0.117	0.045	0.12	448	2758	
5	30.03.1956–1967	0.238	0.202	0.05	447	2787	Аэросъемка, [29]
6	1967–09.1976	0.363	0.125	0.04	572	2882	Аэросъемка, [29]
7	1980				530	2840	НФТС*[35]
8	1984				635	2945	Фотосъемка
9	1985				580	2895	Фотосъемка
10	13.10.1988					2878	Теодолитные измерения, н.а.**
11	17.07.1989					2887	То же
12	18.08.1989					2910	То же
13	26.02.1990					2911	То же
14	14.05.1992					2914	То же
15	1983–1994	0.391	0.0285	0.007	604	2914	Аэросъемка [28]
16	1994–2006	0.470	0.079	0.017	670	2980	Аэросъемка, [28]
17	07.09.2007				668	2978	н.а.**

Примечание: НФТС\* – наземная фототеодолитная съемка;  
н.а.\*\* – наблюдения авторов.

Общая масса изверженных продуктов вулкана Безымянный за период с начала извержения в октябре 1955 г. по декабрь 2009 г. равна 3.8 млрд.т., табл. 1. В докульминационный период (22.10.1955 – 31.03.1956 гг.) в ходе эксплозивных извержений поступило 400 млн.т. пепла (нижняя оценка) [5]. Во время пароксизмального извержения 30.03.1956 г. отложения пирокластических потоков составили 1.4 млрд. т.; отложения пеплов 400 млн. т. В ходе экструзивно-эксплозивно-эффузивных извержений в 1956–2009 гг. на дневной поверхности сформировался лавовый купол общей массой 941 млн.т.; отложения пирокластических потоков составили 491 млн.т.; отложения пеплов 117 млн.т. Масса лавовых потоков на вершине экструзивного купола была незначительна – около 9.2 млн.т. Масса изверженных продуктов с апреля 1956 г. по декабрь 2009 г. составляет 1560 млн. т., табл. 1 и 2. Средний расход изверженных продуктов вулкана Безымянный во время современного эруптивного цикла близок 29 млн.т/год. Расход изверженных продуктов на вулкане Безымянном в 2 раза меньше, чем на гигантском Ключевском вулкане. Следует отметить, что расход изверженных продуктов за тысячелетия со времени образования вулкана близок 5.0 млн.т. [27].

### Оценка объемов и глубины магматических очагов

Теоретические расчеты глубины и размеры магматических очагов вулкана Безымянный приведены в работе [33]. Для вулкана Безымянный получено, что питающий магматический очаг располагается на глубине 17 км, средний расход магмы при этом равен 0.0017 км<sup>3</sup>/год. Другие определения глубины магматического очага, выполненные через определение давления в очаге перед извержением по включениям в минералах, дали глубину близкую 12 км. [20].

Большие объемы изверженных продуктов во время современного эруптивного цикла извержения вулкана наблюдались дважды. Первый раз во время кульминационного извержения 30 марта 1956 г., второй раз во время крупного эксплозивного извержения с разрушением вершины экструзивного купола 28.06 – 01.07.1985 г. По величинам объемов продуктов этих двух извержений выполним оценку объемов питающих очагов.

Для оценки объема промежуточного питающего очага воспользуемся выражением, определяющим объем сферического источника [33].

$$V=0.9 \times \Delta V_n \frac{10^5}{\Delta P}, \quad (1)$$

где  $\Delta V_n$  – объем продуктов извержения (в пересчете на объем магмы),  $\Delta P$ , бар – сброс избыточного давления в магматической питающей системе вулкана. В ходе пароксизмального извержения 30 марта 1956 г. на в. Безымянный было извергнуто в виде отложений пирокластических потоков  $V_{п.п.} \sim 1,416 \cdot 10^9$  т и пепловых отложений  $V_{пепл.} \sim 0,400 \cdot 10^9$  т, всего  $1.8 \cdot 10^9$  т. Объем продуктов извержения (в пересчете на объем магмы) составил  $\Delta V_n \sim 1.2 \cdot 10^9$  т. При расчетах принято:  $\rho_{п.п.} = 1.77$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_{пепл.} = 1.0$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_{магмы} = 2.4$  г/см<sup>3</sup>. Расчет по формуле (1) дает величину объема магматической питающей системы, из которой поступило  $1.2 \cdot 10^9$  т магмы, в пределах 720–1080 км<sup>3</sup> (при изменении избыточного давления от 150 до 100 бар).

Во время извержения 28.06 – 01.07.1985 на дневную поверхность поступило  $65 \cdot 10^6$  т отложений пирокластических потоков, что в пересчете на объем магмы составляет  $40,1 \cdot 10^6$  т. Для извержения в июне-июле 1985 г. объем магматической системы получим

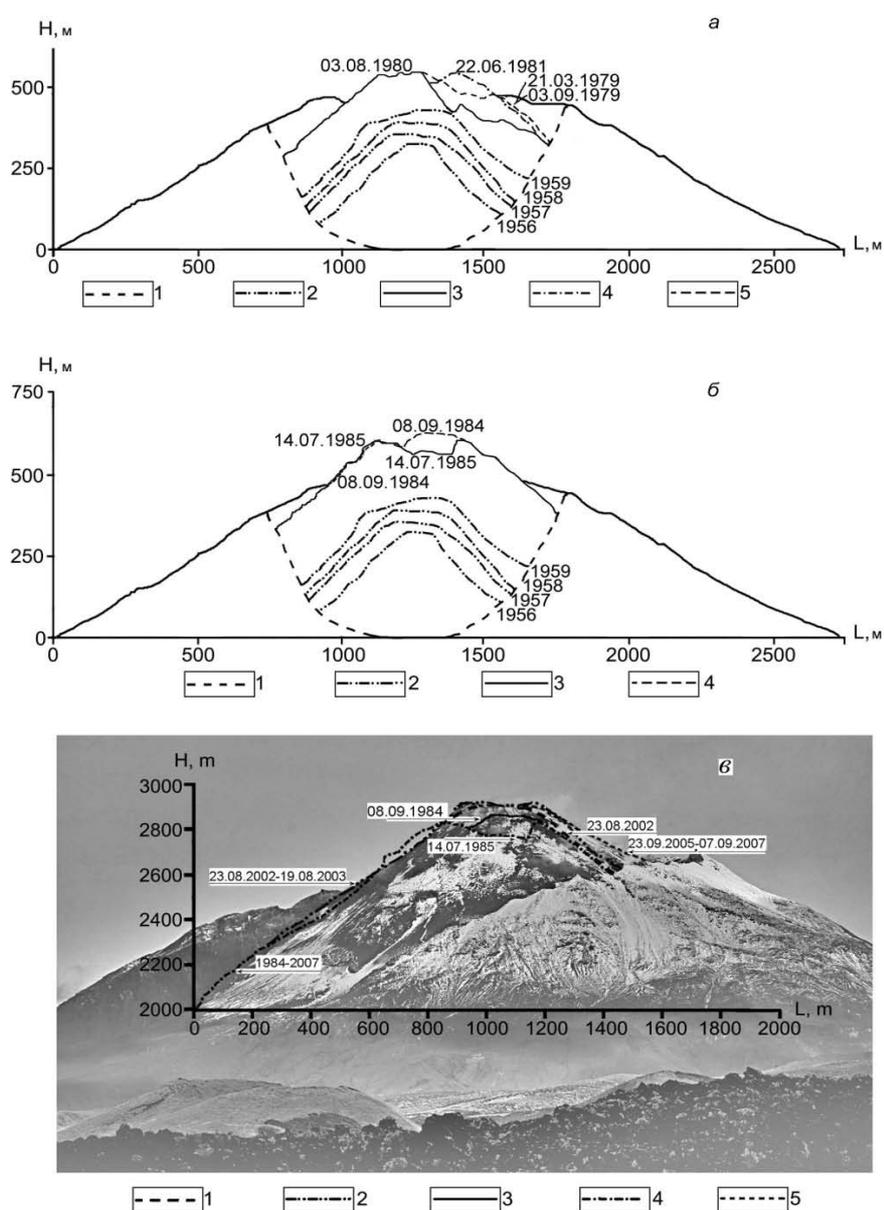


Рис. 2. Профили лавового купола на разных этапах его образования: *а* – начальный этап формирования (1956-1959 гг.), рост и разрушения в 1979-1981 гг. (данные фототеодолитных съемок-НФТС); 1-профиль основания нового купола, 2-профили по теодолитным наблюдениям 1956-1959 гг., 3-НФТС 1980 г., 4-НФТС 1979 г., 5-НФТС 1981 г.; *б* – рост купола до 1984 г. и разрушение в результате извержения в июне-июле 1985 г. (по видеосъемкам); *в* – изменения профиля купола в 1984 – 2009 гг. (по видеосъемкам).

близким  $48-144 \text{ км}^3$  (изменение избыточного давления во время извержения принималось меняющимся в диапазоне от 75 до 25 бар).

Оценка глубины питающих магматических очагов выполнена тем же способом, как это было сделано в работе [17]. Полагая, что лавовая колонна с плотностью  $\rho_n$  и высотой  $h$  будет находиться в равновесии с перекрывающими породами с плотностью  $\rho_n$  и мощностью  $H$ , можно написать:

$$\rho_n g h = \rho_n g H. \quad (2)$$

Мощность перекрывающих пород или глубина магматического очага будет:

$$H = h \frac{\rho_l}{\rho_n} . \quad (3)$$

Высота лавовой колонны от основания (подошвы) купола:

$$h_0 = h - H. \quad (4)$$

Обозначив  $\beta = \frac{\rho_l}{\rho_n}$  и проведя вычитание из правой и левой частей равенства (3) величину

$H \frac{\rho_l}{\rho_n}$ , после преобразований получим:

$$H = \beta \frac{h_0}{1 - \beta} . \quad (5)$$

При  $\rho_l = 2.2 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_n = 2.4 \text{ г/см}^3$  и  $h_0 = 950 \text{ м}$  (понижение высоты при извержении 30.03.1956 г.) глубина магматического очага будет равна 10.4 км. В 1984 г. высота лавовой колонны была равна  $h_0 = 635 \text{ м}$ , после извержения 28.06–01.07.1985 г.  $h_0 = 580 \text{ м}$ ., глубина питающего магматического очага при этом могла быть в пределах 7.0–6.4 км.

### Заключение

Современная эруптивная деятельность вулкана имеет следующие особенности:

- Рост нового экструзивного купола во время нового цикла активности происходит неравномерно.
- Наибольшая скорость роста наблюдалась в первые четыре месяца и была равна 0.24 млн. м<sup>3</sup>/сутки.
- Наибольший прирост купола происходил в первые два десятилетия.
- С 1977 г. экструзивный процесс на вулкане замедлился. Активность вулкана проявлялась в виде взрывных извержений, сопровождаемых отложением пирокластических потоков и пепла. Появились потоки вязкой лавы, наметился переход извержения в эффузивную стадию.
- Общая масса изверженных продуктов с октября 1955 г. по декабрь 2009 г. составила 3.8 млрд. т, в том числе: в докульминационный период 400 млн.т пепловых отложений. Во время пароксизмального извержения пепловые отложения составили около 400 млн.т, отложения пирокластических потоков были равны 1416 млн. т. Объем изверженных продуктов во время экструзивно-взрывно-эффузивных извержений с апреля 1956 по декабрь 2009 г составил 1558 млн. т, в том числе: объем постройки нового лавового купола 941 млн.т, отложения пирокластических потоков 491 млн.т, отложения пеплов 117 млн.т и отложения вязких лавовых потоков 9.2 млн.т.
- Средний расход изверженных продуктов вулкана Безымянный равен 29 млн. т/год, что в два раза меньше подобного расхода на вулкане-гиганте Ключевском и в шесть раз больше расхода за тысячелетия жизни вулкана.

### Список литературы

1. *Алидибиров М.А., Богоявленская Г.Е., Кирсанов И.Т., и др.* Извержение вулкана Безымянный в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1988. №6. С 3-17.
2. *Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Жданова Е.Ю.* Деятельность вулканов северной группы (Камчатка) в 1990-1992 гг. // Вулканология и сейсмология. 1996. №2. С. 25-33.
3. *Белоусов А.Б., Фирстов П.П., Жданова Е.Ю.* Извержения вулкана Безымянный в 1993-1995 гг. // Вулканология и сейсмология. 1998. №3. С. 60-70.
4. *Богоявленская Г.Е., Иванов Б.В., и др.* Извержение вулкана Безымянный в 1977 г. // Бюлл. Вулканологических станций. 1977. №57. С.16-25.
5. *Богоявленская Г.Е., Брайцева О.А., Мелекесцев И.Т., и др.* Катастрофические извержения типа направленных взрывов // Вулканология и сейсмология. 1985 №2. С.3-26.
6. *Богоявленская Г.Е., Брайцева О.А., Меликесцев И.В. и др.* ДВК. М. Изд. «Наука», 1991. Т.1.С.168-197.
7. *Богоявленская Г.Е., Кирсанов И.Т.* Двадцать пять лет вулканической активности вулкана Безымянного // Вулканология и сейсмология. 1986. №2. С.3-20.
8. *Богоявленская Г.Е., Гирина О.А.* Вулкан Безымянный – 50 лет активности // Материалы конференции «Проблемы эксплозивного вулканизма». 25-30 марта 2006 г. Петропавловск-Камчатский. 2006. С. 11-16.
9. *Борисова В.Н., Борисов О.Н.* Наблюдения в кратере вулкана Безымянного летом 1960 г. // Бюлл.вулканологических станций. 1962. №32. С 14-19.
10. *Гирина О.А., Богоявленская Г.Е., Демянчук Ю.В.* Извержение вулкана Безымянный 2 августа 1989 г. // Вулканология и сейсмология. 1993 г. №2. С.8-15.
11. *Гирина О.А., Горбач Н.В.* Извержение вулкана Безымянный 11 января 2005 г. // Материалы международного симпозиума «Проблемы эксплозивного вулканизма» к 50 летию катастрофического извержения вулкана Безымянный. 25-30 марта 2006 г. П.-Камчатский. 2006. С. 87-97.
12. *Гирина О.А., Ушаков С.В., Малик Н.А. и др.* Действующие вулканы Камчатки и о-ва Парамушир Северных Курил в 2007 г. // Вулканология и сейсмология. 2009. №1. С. 3 – 20.
13. *Горшков Г. С., Богоявленская Г.Е.* Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения (1955-1956 гг.). М.: Наука, 1965. 165 с.
14. *Жаринов Н.А., Жданова Е.Ю., Белоусов А.Б. и др.* Активность северной группы вулканов Камчатки в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1988. №3. С.3-12.
15. *Жаринов Н.А., Горельчик В.И., Белоусов А.Б., и др.* Извержения и сейсмический режим северной группы вулканов в 1986-1987 гг. // Вулканология и сейсмология. 1990. №3. С. 3-20.
16. *Жаринов Н.А., Горельчик В.И., Жданова Е.Ю., и др.* Извержения северной группы вулканов Камчатки в 1988-1989 гг., сейсмологические и геодезические данные // Вулканология и сейсмология. 1991. №6. С. 3-33.

17. *Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.* Рост экструзивного купола вулкана Шивелуч (Камчатка) в 1980-2007 гг. по геодезическим наблюдениям и видеосъемке // Вулканология и сейсмология. 2008. №4. С. 3-13.
18. *Иванов Б.В., Андреев В.Н., Богоявленская Г.Е., и др.* Активность вулканов Камчатки и Курильских островов в 1981 г. // Вулканология и сейсмология. 1982. №4. С.103-108.
19. *Иванов Б.В., Гавриленко Г.М., Двигало В.Н., и др.* Активность вулканов Камчатки и Курильских островов в 1983 г. // Вулканология и сейсмология. 1984. №6. С.114-121.
20. *Кадик А.А., Максимов А.П., Иванов Б.В.* Физико-химические условия кристаллизации и генезиса андезитов. М.: Наука, 1986. 158 с.
21. *Кирсанов И.Т.* Экструзивные извержения на вулкане Безымянном в 1965-1977 гг. и их геологический эффект // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука. 1979. С.50-68.
22. *Малик Н.А.* Импактный вклад вулканических извержений в формирование химического состава сезонного снежного покрова // Снег и лед. 2010.
23. *Маневич А.Г., Гирина О.А., Малик Н.А., и др.* Активность вулканов Камчатки и северных Курил в 2005 г. // Материалы международного симпозиума «Проблемы эксплозивного вулканизма» к 50 летию катастрофического извержения вулкана Безымянный. 25-30 марта 2006 г. П. Камчатский. 2006. С. 76-86.
24. *Мархинин Е.К., Баширина Л.А., О.Г.Борисов и др.* Изучение состояния Ключевской группы вулканов и вулкана Шивелуч в 1958-1959 гг. // Бюлл.вулканологических станций. 1961. №31. С.3-16.
25. *Мархинин Е.К., Токарев П.И., Пугач В.Б. и др.* Извержение вулкана Безымянный весной 1961 г. // Бюллетень вулканологических станций. 1963. №34. С.12-35.
26. *Озеров А.Ю., Демянчук Ю.В., Сторчеус А.В и др.* Извержение вулкана Безымянный 6-8 октября 1995 г. // Вулканология и сейсмология. 1996. №3. С. 107-110.
27. *Поляк Б.Г., Мелекесцев И.В.* Продуктивность вулканических аппаратов. // Вулканология и сейсмология. 1981. №5. С. 22-37.
28. *Свирид И.Ю., Шевченко А.В., Двигало В.Н.* Морфология кратера вулкана Безымянный по данным аэрофотограмметрических наблюдений 2006 г. // Материалы ежегодной конференции посвященной дню вулканолога. 28-31 марта. Петропавловск-Камчатский 2007. С. 95-100.
29. *Селезнев Б.В., Двигало В.Н., Гусев Н.А.* Развитие вулкана Безымянный по данным стереофотограмметрической обработки материалов аэросъемок 1950, 1967 и 1976 – 1981 гг. // Вулканология и сейсмология. 1983. №1. С.52-64.
30. *Сирин А.Н.* Извержение вулкана Безымянный в мае-июне 1962 г. // Бюллетень вулканологических станций. 1964. №38. С.45-61.
31. *Федотов С.А., Иванов Б.В., Двигало В.Н., и др.* Деятельность вулканов Камчатки и Курильских островов в 1984 г. // Вулканология и сейсмология. 1985. №5. С.3-23.
32. *Федотов С.А., Иванов Б.В., Гущенко И.И., и др.* Вулканическая деятельность в Курило-Камчатской зоне в 1980-1984 гг. // Вулканология и сейсмология. 1986. №2. С 3-20.
33. *Федотов С.А.* Магматические питающие системы и механизм извержений вулканов. М.: Наука, 2006. 456 с.

Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.

34. Максимов А.П., Фирстов П.П., Гирина О.А., Мальшев А.И. Извержение в Безымянный в июне 1986 г. // Вулканология и сейсмология. 1991. №1. С.3-20.
35. Zharinov N.A., Skuridin Yu. F. A study of the Dynamics of growth of extrusive domes using a method of Subaerial phototopographic survey // Generation of Major Basalt Types. Scientific Assembly. Reykjavik, Iceland, August 15-22/ 1982/ P.121.
36. Zharinov N.A., Dem'yanchuk Yu. V. Bezymianny // Bull. Of Volcanic Eruptions. March. 1992. №29. P.63-64.