

УДК 551.21

А. А. Овсянников, Н. А. Малик

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683 006;
e-mail: malik@kscnet.ru

Тефра извержения вулкана Кизимен в декабре 2010 – феврале 2011 гг.

В октябре 2010 г. после длительной сейсмической подготовки началось извержение вулкана Кизимен, последнее извержение которого отмечалось в 1928–1929 гг. В статье приведены предварительные результаты исследования пока единственно доступного продукта начального этапа извержения вулкана Кизимен — тефры.

Введение

Вулкан Кизимен расположен на левобережье р. Левая Щапина, в зоне сочленения Щапинского грабена и горста хребта Тумрок [3, 4]. Он представляет собой одиночный конус высотой 2376 м с выступами экструзивных куполов и выделяющимися на склонах крупно глыбовыми мощными лавовыми потоками.

Для него характерны эксплозивно-эффузивно-экструзивные извержения. Изверженные продукты представлены плагиоклазовыми базальтами, плагиоклаз-пироксеновыми андезибазальтами иногда с амфиболом, двупироксеновыми, роговообманково-пироксеновыми и роговообманковыми андезитами, кварц-роговообманковыми дацитами [2].

На ССЗ склоне вулкана, в 300 м ниже вершины располагается постоянно действующая фумарола, известная с 1825 г. Предыдущее извержение, предположительно эксплозивное и единственное исторически зафиксированное, произошло в декабре 1928 г. – январе 1929 г. [1].

Подготовка и начало извержения

Сейсмическая подготовка извержения началась в июле 2009 г. Во второй половине октября 2010 г. в привершинной части вулкана образовалось два новых газовых жерла: одно — прямо под вершиной на восток-юго-восточном склоне, а второе — метров на 70 ниже кромки Восточного кратера на юго-восточном склоне. Из второго жерла иногда происходили незначительные выбросы вулканической пыли. Первое выпадение её за пределами конуса вулкана было отмечено в районе Тумроцких источников (рис. 1) в ночь с 12 на 13 ноября 2010 г. (здесь и далее время местное).

10–14 декабря произошло усиление активности вулкана. 10 декабря с кордона «Ипуин» (23 км к западу от вулкана) наблюдали пепловые выбросы на высоту до 1000 м над вершиной вулкана, сопровождаемые пирокластическими потоками. Наиболее мощные эксплозии произошли 13 декабря; пепловый

шлейф распространился в северо-северо-западном направлении, пепел выпадал в посёлках Козыревск, Тигиль, Атласово, Лазо, Анавгай. В это время произошла основная проработка эруптивного жерла — возможно, с образованием кратера, о чём говорит также сравнительно крупнозернистый состав пепла (рис. 2а).

Пирокластические потоки, отложения которых, вероятно, достигли озера Теплякова, вызвали сход мощного лахара по долине вытекающего из озера ручья Поперечный (рис. 1). Свидетели с Тумроцких источников наблюдали сильное парение по всей его долине. Отложения лахара заполнили долину ручья глубиной 15–20 м, уничтожив на своём пути древостой и завалив всё огромными глыбами, и в его устье запрудили р. Лев. Щапина. 13 декабря в ней наблюдался паводок — по очень мутной воде понесло ломаные деревья. Вскоре запруду прорвало, и река разделилась на два рукава, образовав в центральной части русла остров.

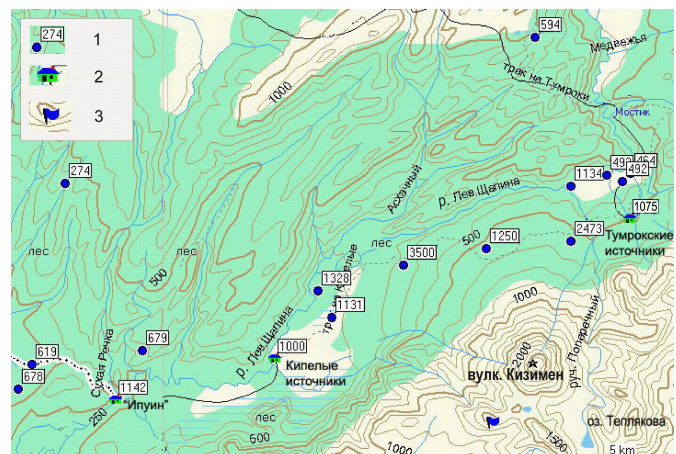


Рис. 1. Схема района вблизи вулкана Кизимен: 1 — точки отбора проб пепла и масса пепла ($\text{г}/\text{м}^2$), 2 — базы отдыха и кордоны, 3 — место отбора пемзовидных лапилли.

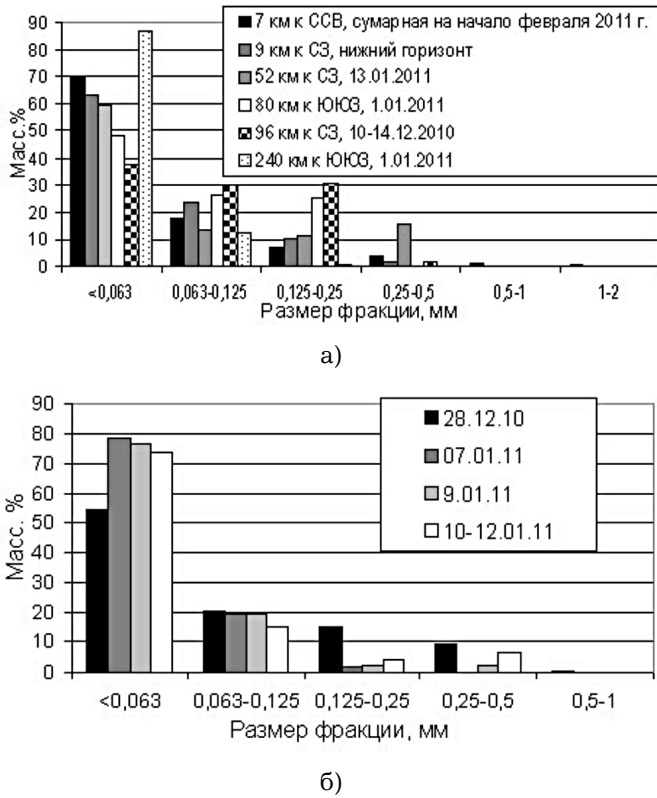


Рис. 2. Гранулометрический состав пеплов вулкана Кизимен: а – на разных расстояниях от вулкана, б – разных пеплопадов на базе «Ипуин».

В дальнейшем практически непрерывно отмечались пепловые шлейфы разной длины и насыщенности (ниже описаны некоторые наиболее значительные из них).

Пепловые шлейфы

К началу извержения территория Камчатки была покрыта тонким слоем снега, т. е. в снежной толще сохранялись все горизонты прошедших пеплопадов. С декабря 2010 г. по март 2011 г. пеплопадами была охвачена территория полуострова от п. Тигиль до г. Петропавловск-Камчатский общей площадью около 300 тыс. км². В результате полевых работ было проведено шурфование снежной толщи примерно в 100 точках (рис. 3) и отобрано около 200 проб пепла. Большую часть горизонтов пепла удалось привязать к определённым эруптивным событиям (рис. 4) и составить карты отдельных пеплопадов.

Так, 28 декабря пепловый шлейф распространился на запад от вулкана. Его отложения образовали в этом секторе нижний и наиболее мощный горизонт пепла в снежном разрезе. В 23 км от вулкана выпало более 0,5 кг пепла на м² (рис. 4). Интересно также, что вытяжки из материала этого пеплопада имеют наибольшую минерализацию, около 1,5 г на 100 г пепла, несмотря на более крупнозернистый состав (рис. 2б).

Утром 1 января (по данным КФ ГС) произошла серия сейсмических событий, сопровождавших

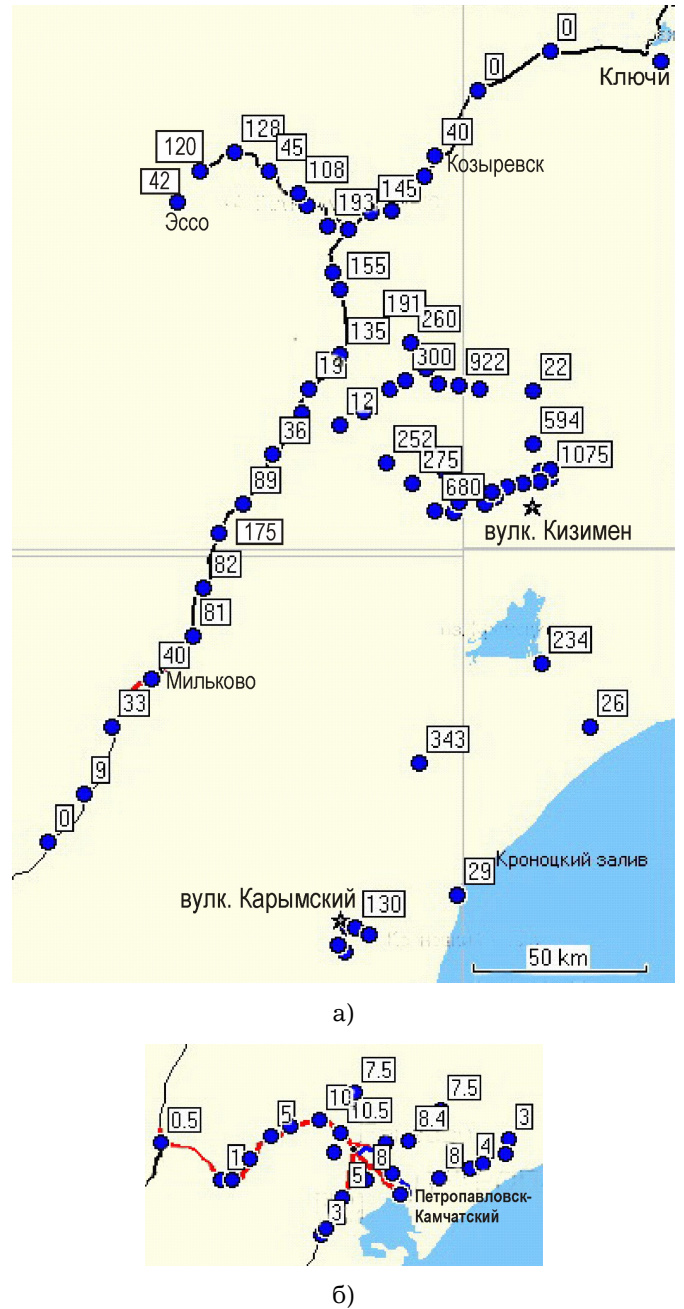


Рис. 3. Схема точек отбора проб пепла вулкана Кизимен с общей массой пепла (г/м²): а – общая, б – в районе г. Петропавловск-Камчатский. Для ближней зоны к вулкану см. рис. 1.

сильные эксплозии. Пеплопад достиг г. Петропавловск-Камчатский и Елизово (250 км от вулкана), где выпало до 10 г пепла на м² (рис. 3б).

7 января пепловый шлейф накрыл кордон Кроноцкого заповедника на источниках Кипелье (14 км к западу от вулкана). По рассказам очевидца, во время пеплопада стало темно, как ночью, выпало около 300 г на м², примерно столько же и на кордоне «Ипуин» (рис. 4).

13 января с 7:30 до 8:00 утра из Шапино авторы наблюдали формирующийся шлейф от вулкана в се-

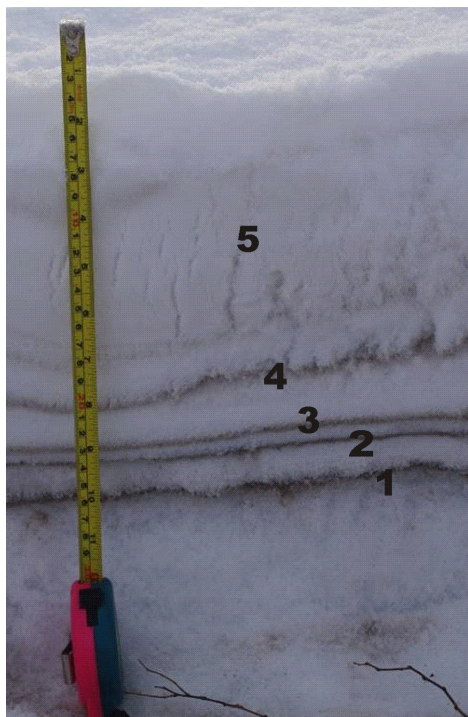


Рис. 4. Разрез снежной толщи в районе базы «Ипуин» 14 января 2011 г., цифры на рисунке — пепловые горизонты вулкана Кизимен: 1 — 28 января 2010 г. 510 г/м^2 , 2 — 7 января 2011 г. 320 г/м^2 , 3 — 9 января 2011 г. 150 г/м^2 , 4 — 11 января 2011 г. 110 г/м^2 , 5 — 9 см снега запылённого пеплом, 45 г/м^2 .

веро-западном направлении. Позже оказалось, что это совпало с соответствующими сейсмическими событиями. Выпавший пепел удалось отобрать примерно в 15 точках (рис. 5), общая его масса оценена примерно в 1 млн. т.

Для подсчёта массы тefры, изверженной вулканом к концу февраля, на карту был нанесён суммарный вес пепла в каждой точке, территория вокруг вулкана разделена на секторы, в каждом из которых была посчитана общая масса по формулам [5], затем суммирована. В результате, масса изверженного за 3 месяца пепла, по предварительным оценкам, составила 10 млн. т.

Особенности извержения

В результате наземных наблюдений и облётов вулкана стало ясно, что мы имеем дело с очень необычным извержением и особенностью его является то, что пирокластические потоки образуются даже при слабых выбросах пирокластики. Временами наблюдалось практически непрерывное их формирование преимущественно в юго-восточном секторе вулкана (рис. 6), и очень редко на западных склонах. Накопление значительных объёмов отложений пирокластических потоков отмечались на юго-восточном склоне вулкана в декабре 2010 г. и январе 2011 г.

Пробы пепла, за исключением выпавших 10–14 декабря 2010 г., независимо от расстояния от вулкана,

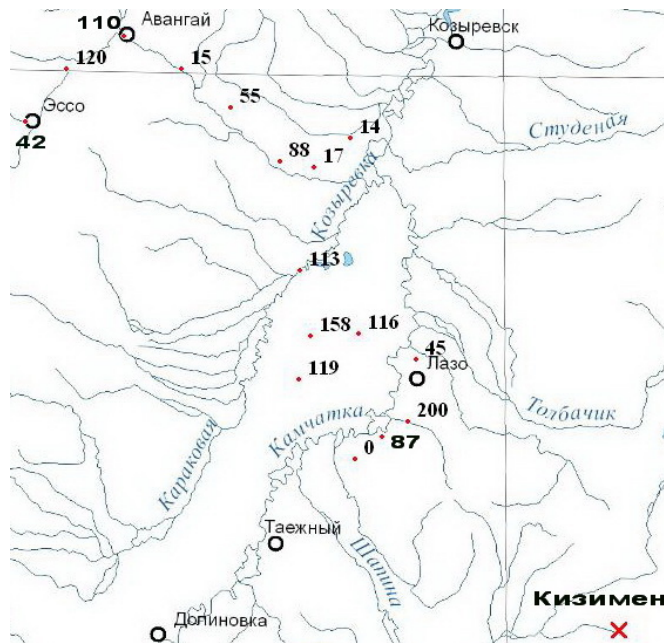


Рис. 5. Распределение отложений пепла выброса 13 января 2011 г. вулкана Кизимен по данным отбора проб, в г/м^2 .



Рис. 6. Пирокластический поток на восточном склоне вулкана Кизимен 26 января 2011 г. Фото Я. Д. Муравьёва.

на, содержат значительную долю (47–80%) пылеватой фракции ($<0,056^* \text{ мм}$) (рис. 2). Частично это объясняется отложением вблизи вулкана значительного количества пеплов из облаков пирокластических потоков.

В конце февраля на юго-восточном склоне вулкана был замечен небольшой вязкий лавовый поток.** Иногда борта потока обрушивались на северо-восточные склоны и с Тумроковских источников наблюдали небольшие раскалённые лавины. Интен-

* В соответствии с наименьшим размером ячеек сит для гранулометрического анализа

** По данным О.А. Гириной лавовый поток был отмечен в конце января (<http://www.ivs.kscnet.ru/ivs/kvert/current/kzm/index.html>)

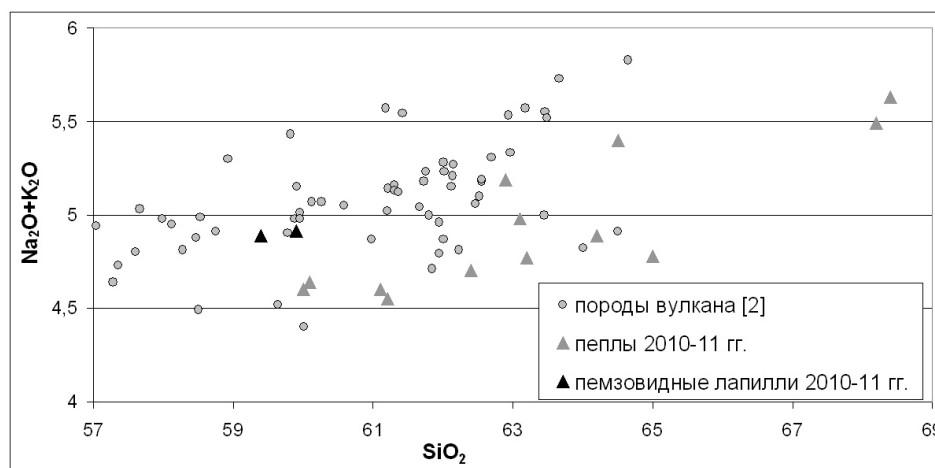


Рис. 7. Соотношение окислов (Na₂O + K₂O)–SiO₂ в породах, слагающих постройку вулкана Кизимен, и в продуктах извержения 2010–2011 гг. Породы базальтового состава по [2] не показаны, т. к. не определены в продуктах нового извержения.

Таблица 1. Химический состав тефры вулкана Кизимен извержения 2010–2011 гг., масс. %

Окис- лы	Дата пеплопада					пемзы
	13.XII.10	28.XII.10	11.I.11	13.I.11	10.II.11	
SiO ₂	60,00	63,10	68,40	64,50	65,60	58,80
TiO ₂	0,77	0,60	0,44	0,59	0,49	0,70
Al ₂ O ₃	17,10	15,80	13,90	15,30	15,10	17,50
Fe ₂ O ₃	2,75	3,34	2,21	3,02	2,72	2,09
FeO	3,23	2,90	2,40	2,53	2,35	4,17
MnO	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,13
MgO	2,42	1,97	1,51	1,89	1,86	2,69
CaO	6,22	4,68	4,14	4,99	4,76	6,98
Na ₂ O	3,26	3,39	3,44	3,53	3,66	3,56
K ₂ O	1,44	1,59	2,19	1,87	1,98	1,31
P ₂ O ₅	0,13	0,13	0,11	0,13	0,11	0,15
ппп*	2,13	2,35	1,03	1,05	0,95	0,73
Σ	99,55	99,95	99,86	99,50	99,68	98,81

Пробы пепла отобраны (соответственно, слева на право) на расстоянии 97, 23, 23, 52 км от вулкана, точку отбора пемз см. рис. 1. Химический анализ выполнен в Аналитическом центре ИВиС ДВО РАН на рентгенофлуоресцентном спектрометре «S4 PIONEER». Аналитики: Е.В. Карташова, Н.И. Чеброва, В.М. Рагулина, М.А. Назарова, Н.А. Соловьёва.
* потери при прокаливании.

сивность эксплозивной деятельности в это время понизилась.

Состав продуктов начальной стадии извержения

Пепел и лапилли текущего извержения, по химическому составу, относятся к высокоглинозёмистым андезитам и высоко- и весьма высокоглинозёмистым дацитам калиево-натриевой серии (табл. 1). В пепле отмечается явный недостаток щелочей по сравнению с химическими анализами пород, слагающих вулкан (рис. 7). Пемзовидные же лапилли отвечают среднему составу андезитов вулкана [2].

Таблица 2. Водорастворимый комплекс пеплов вулкана Кизимен извержения 2010–2011 гг., в мг на 100 г пепла

Компо- ненты	28.XII.10–15.I.11*	09.II.10–09.III.11**
F ⁻	4,5	4,6
Cl ⁻	59	242
SO ₄ ²⁻	679	312
Na ⁺	25	25
K ⁺	10	9
Ca ²⁺	244	128
Mg ²⁺	13	9
H ₄ SiO ₄ p.	9	42
Σ	1044	802
S/Cl	4,1	0,55

Анализ выполнен в Аналитическом центре ИВиС ДВО РАН, аналитики И. Ф. Тимофеева, Л.Н. Гарцева, В.В. Дунин-Барковская, С.В. Сергеева.
* среднее из 25 анализов.
** среднее из 3 анализов.

По составу частиц пепел вулкана Кизимен, выпавший с декабря 2010 г. по 15 января 2011 г., относится к кристаллокластическому. Преобладают кристаллы плагиоклаза с присутствием роговой обманки и редкими зёрнами кварца, пироксена и зеленато-бурого вулканического стекла. В пробах пепла присутствуют также кристаллы, зёрна, чешуйки, агрегаты пёстроокрашенных вторичных минералов. Их количество варьирует в пределах 35%. В пеплах, выпавших в феврале, появляется заметное количество полупрозрачного вулканического стекла.

Вытяжки из пеплов в. Кизимен, имеют сравнительно большую минерализацию — 0,5–2 г на 100 г пепла (табл. 2), за исключением пеплов начальных эксплозий 10–14 декабря 2010 г. (0,1–0,5 г), которые, вероятно, оказались промыты дождями из-за оттепели в те дни. В анионной части водораствори-

мого комплекса пеплов, выпавших в конце декабря 2010 г. – первой половине января 2011 г., сульфат-ионы значительно преобладают над хлорид- и фторид-ионами (среднее отношение S/Cl около 4). В вытяжках из пеплов, отобранных в феврале-марте 2011 г. происходит значительное увеличение содержания хлорид-иона, уменьшение сульфат-иона и, соответственно, уменьшение отношения S/Cl до 0,5 (табл. 2).

Выводы

1. С начала извержения наблюдались периоды парогазовой эмиссии, умеренной эксплозивной деятельности в сопровождении пирокластических потоков и с конца февраля эффузивный период в сопровождении ослабшей эксплозивной активности.

2. В зимнее время удалось исследовать только отложения пеплопадов, так как вулкан располагается в труднодоступном месте: общая масса тефры за три месяца извержения составила примерно 10^7 т; возможно, объём изверженного материала на порядок больше, если учесть отложения пирокластических потоков (их объём можно будет оценить после завершения активной фазы извержения).

3. Состав тефры – от андезитового до дацитового, с тенденцией увеличения содержания SiO_2 со временем; по вещественному составу пеплы начальной эксплозивной стадии извержения (декабрь – 15 января) относятся к резургентным

4. Изменения в анионной части водорастворимого комплекса пеплов во времени отражают типичную эволюцию газовой составляющей извержения при участии ювенильного вещества.

5. Все пеплы содержат не менее 47% пылеватой фракции, что связано с отложением вблизи вулкана пеплов облаков пирокластических потоков. Авторы выражают благодарность сотрудникам АЦ ИВиС за выполнение

Авторы выражают благодарность сотрудникам АЦ ИВиС за выполнение химических анализов пеплов и водных вытяжек из пеплов: Е. В. Карташёвой, В. В. Дунин-Барковской, Л. Н. Гарцевой, И. Ф. Тимофеевой, Н. И. Чебровой, В. М. Рагулиной; сотрудникам ИВиС, принимавшим участие в сборе материала в ходе полевых работ: Я. Д. Муравьёву, С. Б. Самойленко, А. В. Сокоренко, И. И. Тембрелу и др.; сотрудникам Кроноцкого заповедника: Е. С. Власову и др. за предоставленные фотографии и сведений об извержении.

Список литературы

1. *Влодавец В. И., Пийп Б. И.* Каталог действующих вулканов Камчатки // Бюл. вулканол. станции. 1957. № 25. С. 5–95.
2. *Иванов Б. В.* Андезиты камчатки (Справочник химических анализов вулканитов и основных породобразующих минералов). М: Наука, 2008. 364 с.
3. *Мелекесцев И. В., Пономарёв В. В., Вольнец О. Н.* Вулкан Кизимен (Камчатка) – будущий Сент-Хеленс? // Вулканология и сейсмология. 1992. № 4. С. 3–32.
4. *Пийп Б. И.* Вулкан Кизимен // Бюл. вулканол. станции на Камчатке. 1946. № 13. С. 22–32.
5. *Широков В. А.* Оценка массы и объёма тефры при вулканических извержениях // Вулканология и сейсмология. 1985. № 5. С. 24–34.