

## ПЕТРОЛОГИЯ, ВУЛКАНОЛОГИЯ

УДК 551.21

### К вопросу о генезисе пемзовых отложений района гор Тарбаганья и Пемзовая на Камчатке

О.М. Топчиева<sup>а</sup>, Т.В. Мостовая<sup>а</sup>, В.А. Петровский<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9. E-mail: topchieva2011@mail.ru

<sup>б</sup>Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. 167982, Сыктывкар, ул.Первомайская, 54. E-mail: petrovsky@geo.komisc.ru

(Статья поступила в редакцию 4 июля 2014 г.)

В работе обсуждаются результаты изучения пемзовых отложений, расположенных в промежутке между вулканами Горелый и Мутновский на Камчатке. Приведены схема распространения пемзовых покровов и результаты петрохимических и геохимических исследований пемз и кислых лав. Выявлен ряд петрогеохимических особенностей пемз, указывающих на их вероятную генетическую обособленность.

Ключевые слова: горы Тарбаганья, Пемзовая, вулканы Горелый, Мутновский, Камчатка.

#### Введение

Район исследуемых пемзовых отложений расположен в юго-восточной части полуострова Камчатка (рис. 1). Пемзы приурочены к покровам в районе гор Пемзовая и Тарбаганья. Относительные высоты этих гор – 60 и 50 м, абсолютные – 1076 и 997 м. Общая площадь пемзовых отложений – около 8 км<sup>2</sup>.

Вулкан Мутновский по форме и геологическому строению представляет собой хребтообразный горный массив, состоящий из четырех усеченных небольшими вершинными кальдерами конусостратовулканов (Мутновский-1–4) [5]. Три ранних конуса вулкана Мутновский сложены породами ряда базальт – андезит – риодацит, четвертый – базальтами.

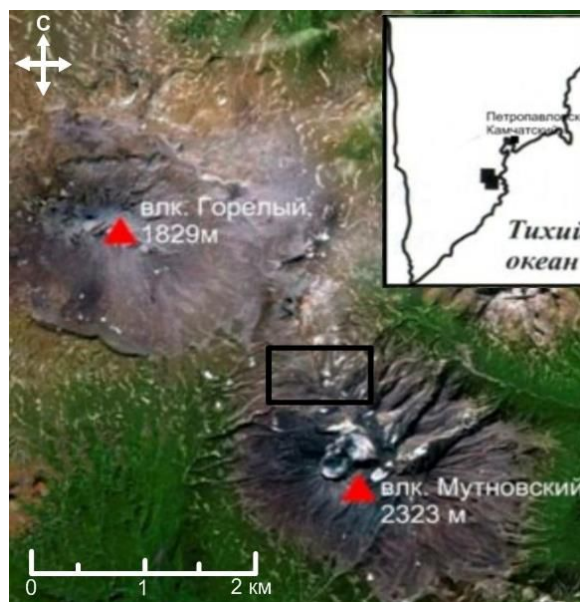


Рис. 1. Карта района вулканов Горелый и Мутновский, исследуемый участок отмечен прямоугольником

Он состоит из трех главных, длительно действовавших конусов (Горелый-1–3) и более чем трех десятков конусов одноактных прорывов.

Все сооружение располагается в обширной вулканотектонической впадине – кальдере, имеющей овальную, удлиненную к северо-западу форму. Сохранившиеся части докальдерной постройки сложены комплексами пород, по составу варьирующих от базальтов до риодацитов. Кальдерный и посткальдерный комплексы сложены соответственно пемзовыми туфами, игнимбритами и базальтами, андезитами. Современный вулкан Горелый имеет три конуса, состоящих соответственно из базальтов–андезитов, базальтов–дацитов и андезибазальтов.

### Предварительные данные

Образование пемзовых покровов в рассматриваемом районе связывают с эксплозивной деятельностью вулкана Мутновский, характеризующегося двойным кратером [3]. Макроскопически пемзовые туфы представляют собой породы, сложенные преимущественно угловатыми, реже округло-угловатыми обломками пемзы, в меньшей степени обломками лав андезитового и дациандезитового состава. Размер обломков колеблется от 3 до 8 мм. В качестве связующей массы выступает тонкоизмельченный материал, местами слабо и неравномерно ожелезненный. Горки Пемзовая и Тарбаганья – типичные трещинные (экструзивные) образования, верхняя часть которых состоит из застывших вспененных лав [7]. Считается, что пемзовые покровы на рассматриваемом участке образовались в ходе кальдерообразующего извержения вулкана Мутновский-3. По составу пемзы определяют как дациты [4, 5].

Пемзовые покровы, обнаруженные вблизи кальдеры на вулкане Горелый, по химическому составу отождествляются с пемзами у подножия вулкана Мутновский [2]. Это, по мнению наших предшественников, свидетельствует о принадлежности

пемз в обоих покровах к одному извержению.

### Результаты исследований

Пемзовые покровы (см. рис. 1) территориально и морфологически привязаны, скорее всего, к Мутновскому вулкану. На основе результатов дешифрирования аэрофотоснимков на участке гор Пемзовая и Тарбаганья выделяются два покрова восточно-северо-восточного простирания, располагающиеся субпараллельно и очень близко друг к другу (рис. 2).

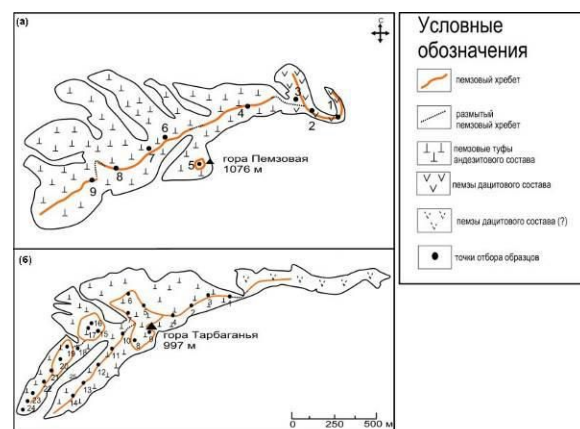


Рис. 2. Схемы расположения пемзовых покровов в окрестностях гор Пемзовая (а) и Тарбаганья (б)

Особенностью покрова пемзовых отложений в районе горы Пемзовая является то, что его восточная часть сложена пемзами дацитового состава, западная – пемзовыми туфами андезитового состава (табл. 1). Горообразующий пемзовый покров здесь в значительной степени эродирован.

Покров горы Тарбаганья сложен пемзовыми туфами андезитового состава (табл. 1) и тоже сильно эродирован. Однако в ходе полевых исследований установлено, что и здесь, в восточной части покрова, пемзы имеют дацитовый состав. Визуально эти породы ничем не отличаются от дацитовых пемз, расположенных у подножия горы Пемзовая. Все исследованные нами пемзы представляют собой легкую, пористую породу светло-серого

цвета с участками волокнистого строения  
(рис. 3, а).



**Рис. 3.** Вулканиты из пемзовых покровов: а – пемза дацитового состава, б – пемзовый туф андезитового состава

**Таблица 1.** Химический состав пемз и лав из районе вулканов Мутновский и Горельий, мас. %

№ образца	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
1	67.1	0.74	14.3	3.04	2.62	1.09	4.78	3.12
2	67	0.73	14.6	3.08	2.65	1.13	4.98	3.09
3	68.4	0.72	14.4	2.93	2.45	1.06	4.79	3.21
4	61	0.91	15.8	4.59	3.61	1.88	2	2.43
5	59.9	0.91	15.2	4.72	4.43	2.32	3.53	2.15
6	60.5	0.87	15.7	4.45	4.29	2.03	2.95	2.29
7	60.5	0.87	15.7	4.45	4.29	2.03	2.95	2.29
8	61.5	0.88	15.1	4.69	4.89	1.72	2.11	2.55
9	61.3	0.87	14.6	4.92	4.66	2.13	2.48	2.25
Среднее	63.02	0.83	15.04	4.10	3.77	1.71	3.40	2.60
СКО	3.41	0.08	0.59	0.82	0.96	0.49	1.18	0.42
10	60.2	0.84	16.0	4.37	4.36	1.60	2.33	2.22
11	61.1	0.87	16.0	4.62	4.75	1.64	2.13	2.33
13	59.4	0.88	16.9	4.40	3.85	1.79	3.16	2.46
14	59.9	0.87	16.4	4.65	4.96	1.73	2.24	2.23
15	60.3	0.89	16.1	4.66	4.85	1.70	3.16	2.24
16	60.0	0.90	16.2	5.10	4.83	1.95	2.16	2.29
17	59.7	0.97	16.5	5.26	5.06	2.14	2.94	2.26
18	58.9	0.96	16.0	5.70	4.70	2.47	2.30	2.14
19	59.7	0.90	16.6	4.85	4.80	1.91	2.64	2.27
20	59.3	0.95	15.6	5.18	4.80	2.17	2.51	2.11
21	58.9	0.92	16.6	5.14	5.10	1.95	2.20	2.22
22	59.9	0.92	16.5	5.11	5.06	1.76	2.36	2.27
23	60.6	0.86	15.8	4.72	4.95	1.58	2.60	2.34
24	59.6	0.87	16.1	4.35	4.48	1.54	3.15	2.26
25	59.1	0.89	16.1	4.82	5.02	1.80	3.22	2.25
26	59.7	0.90	15.7	4.99	4.90	1.97	3.04	2.23
27	60.7	0.86	15.2	5.16	5.34	1.75	1.99	2.30
28	60.6	0.85	16.1	4.54	4.45	1.57	2.09	2.56
29	60.9	0.83	15.8	4.38	4.83	1.59	2.53	2.27
Среднее	59.92	0.89	16.12	4.84	4.79	1.82	2.57	2.28

Окончание табл. 1

№ образца	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
СКО	0.66	0.04	0.41	0.37	0.33	0.24	0.42	0.10
30	59.6	1.42	16.11	7.5	4.13	2.4	4.5	2.52
31	59.89	1.37	16.58	7.34	4.15	2.79	4.39	2.48
32	63.88	0.76	16.45	4.46	4.78	1.44	4.7	2.61
33	64.63	0.97	16.83	4.53	3.21	1.47	4.88	2.56
34	65.33	0.91	16.36	4.05	2.95	1.26	4.91	3.05
35	66.76	0.6	15.85	3.33	0.84	2.41	5.36	3.46
36	66.39	0.88	15.16	4.53	3.68	1.48	4.92	2.87
37	63.93	0.96	14	4.32	2.66	1.91	5.24	3.12
38	64.45	0.96	15.38	4.47	2.8	1.72	4.36	2.84
39	64.83	1.03	15.63	5.27	3.13	1.19	4.75	3.01
40	65.43	1.06	15.36	4.78	2.67	1.69	4.99	3.56
41	65.61	0.82	16.15	4.3	3.57	1.24	4.71	2.56
42	65.76	0.78	16.05	4.12	3.16	1.39	5.11	2.76
43	67	0.93	13.94	4.68	3.85	0.67	5.25	2.79
44	67.6	1	15.27	4.53	2.85	0.91	4.69	2.69
45	67	0.54	13.5	7.06	2.24	0.87	4.86	3.46
46	67.44	0.7	16.23	3.38	1.87	0.67	5.42	3.31
47	57.26	1.13	16.09	8.93	5.77	3.38	4.14	2.05
48	57.39	1.09	16.89	7.3	6.75	2.98	4.12	2.07
49	58.54	1.2	15.71	8.13	6.01	3.2	3.76	2.11
50	57	1.3	16.03	8.47	6.24	2.87	3.66	2.49
51	57.02	1.39	16.83	8.52	6.6	3.25	3.58	2.47
52	57.06	1.18	16.66	7.99	6.3	2.72	3.96	2.73
53	57.2	1.19	16.14	8.59	6.1	3.27	3.44	2.61
54	57.22	1.21	16.26	7.8	6.5	3.15	3.85	2.65
55	57.31	1.36	16.03	8.47	6.47	2.61	3.62	2.43
56	57.26	1.12	16.88	7.81	6.29	3.43	4.16	2.08
Среднее	62.18	1.038	15.87	6.10	4.280	2.09	4.499	2.72
СКО	4.21	0.24	0.89	1.94	1.75	0.93	0.60	0.42
57	58.47	0.82	17.95	7.3	6.47	1.81	5.62	0.97
58	58.55	0.98	17.57	7.72	6.41	4.02	2.97	1.25
59	60.61	0.91	16.41	6.85	5.34	1.97	4.4	1.29
60	63	0.43	17.1	5.27	4.46	1.8	3.77	2.22
61	63.98	0.56	16.15	5.3	4.48	1.63	4	1.97
62	64.33	0.39	15.91	4.55	4.34	1.87	3.71	2.31
63	66.9	0.54	15.07	2.41	1.98	0.47	3.72	3.17
64	65.03	0.55	16.04	5.04	4.68	1.32	3.66	1.71
Среднее	62.61	0.65	16.53	5.55	4.77	1.86	3.98	1.86
СКО	3.09	0.22	0.951	1.72	1.42	1.0	0.77	0.71

*Примечание.* Данные о лавах приведены по [6]. 1–9 – пемзовые отложения, г. Пемзовая; 10–29 – пемзовые отложения, г. Тарбаганья; 30–56 – лавы на вулкане Горелом; 57–64 – лавы на вулкане Мутновском

Пемзовые туфы состоят из обломков размером до 3 см лав андезитового и дацит-андезитового состава и обломков размером до 1 см собственно пемз андезитового и дацитового состава. Связующая масса – мелкие обломки того же состава размером не более 1 мм (рис. 3, б).

### Петрохимические исследования

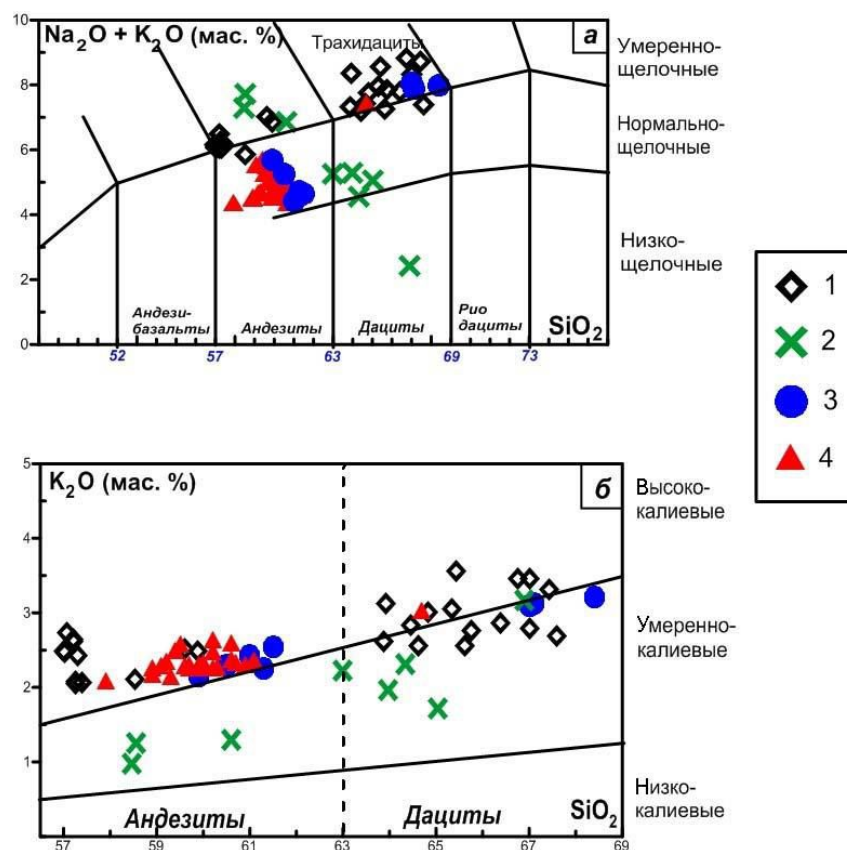
Петрохимические исследования пемз района гор Пемзовая и Тарбаганья показали, что их состав изменяется от андезитов до дацитов с варьированием содержания SiO<sub>2</sub> в пределах 57.9–68.4 % (табл. 1).

Для сопоставления с пемзами приведены данные по кислым комплексам пород вулканов Мутновский и Горелый.

Судя по петрохимическим диаграммам (рис. 4), пемзы преимущественно отвечают нормально-щелочным высококалиевым андезитам, реже встречаются умеренно-высококалиевые трахидациты. Лавы на вулкане Горелый соответствуют главным образом умеренно-высококалиевым трахидацитам, в меньшей степени они представлены высококалиевыми андезитами-трахиандезитами. На Мутновском вулкане чаще встречаются низко-нормально-щелочные умереннокалиевые дациты, несколько реже отме-

чаются умеренно-калиевые трахиандезиты.

Некоторые петрохимические особенности вулканических пемз и лав выявляются по результатам корреляционного анализа. Так, титанистость, железистость, глиноземистость, магниальность и известковость как пемз, так и лав закономерно снижаются по мере роста в породах содержания  $\text{SiO}_2$ . Натриевость, напротив, с ростом кремнеземистости пород увеличивается (рис. 5). В целом вся эта картина вполне комплементируется с малоко-нтрастным переходом от андезитов к дацитам.



**Рис. 4.** Диаграммы TAS (а) и  $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$  (б). Границы раздела областей низкой, нормальной и умеренной щелочности (б), а также границы полей калиевости (б) приведены в [1]. Условные обозначения: 1, 2 – лавы с вулканов Горелый и Мутновский соответственно; 3, 4 – пемзы с гор Пемзовая и Тарбаганья соответственно

Проведенные петрохимические исследования показали, что лавы на вулканах и пемзы петрохимически различаются. Если в лавах преобладают высоко-умереннокалиевые умеренно-щелочные дациты и

трахидациты, то пемзы преимущественно сложены умеренно-щелочными высококалиевыми андезитами. Таким образом, на основании только петрохимических данных приписать пемзы конкретному вулка-

ну – Горелому или Мутновскому – не представляется возможным. Не исключено, что пемзы и лавы в рассматриваемом случае вообще принадлежат разным фазам или стадиям извержения, что и могло повлечь за собой расхождения в пропорциях между андезитами и дацитами.

### Геохимические исследования

В составе исследуемых пород определено содержание семи микроэлементов (табл. 2), три из которых – Cr, Ni, V – относятся (по Ю. Г. Щербакову) к феррическим гетерофилам, накапливающимся в магматитах ультрамафитового и мафитового состава, а четыре – Sr, Ba, Nb, Zr, Rb –

к сиалическим оксифилам, тяготеющим к магматитам среднего и кислого состава. Это подразделение элементов хорошо оправдывается и на примере исследуемых пород. Так, хром, никель и ванадий обратно коррелируются с содержанием в пемзах и лавах  $\text{SiO}_2$  (рис. 6), а барий, ниобий, цирконий и рубидий, напротив, прямо коррелируются с  $\text{SiO}_2$  (рис. 7). Исключение составляет стронций, который относится к оксифилам, но ведет себя в исследуемых породах как феррический гетерофил. Это можно объяснить сходством геохимического поведения стронция и гетерофилов в процессах глубинного магматизма.

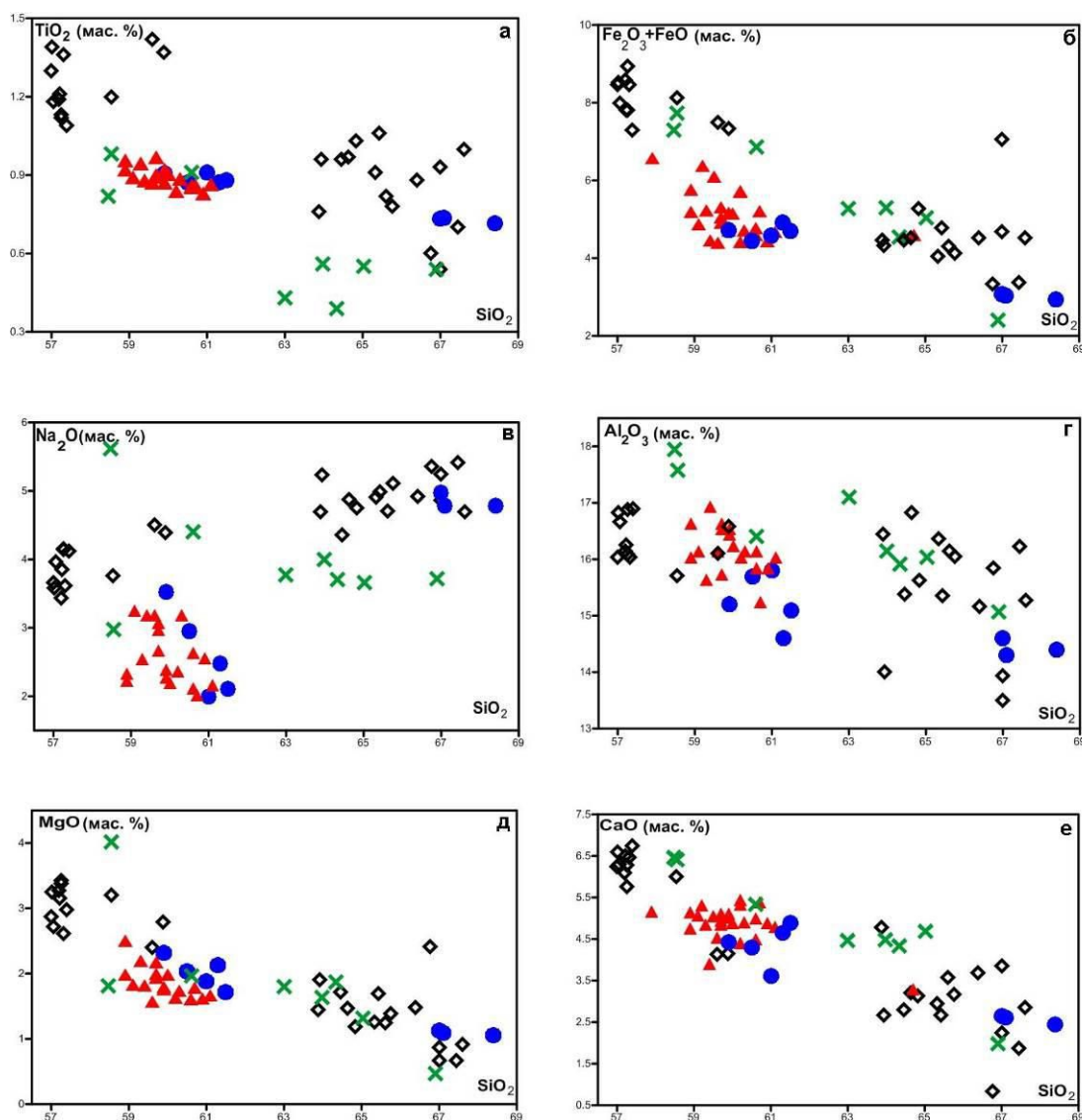


Рис. 5. Корреляции важнейших породообразующих компонентов с содержанием  $\text{SiO}_2$  в вулканических пемзах и лавах. Условные обозначения см. на рис. 4

Для сравнительного анализа исследуемых пород по геохимическим свойствам мы использовали кларки по А. П. Виноградову для магматитов среднего (условно – диориты) и кислого (условно – гранитоиды) состава. Проведенный анализ показал следующее.

Пемзы по сравнению с лавами несколько обогащены Cr, Nb, Ba, но обеднены Ni. По содержанию V, Sr, Zr, Rb пемзы и лавы примерно одинаковы. Хромом пемзы и в несколько большей степени лавы обеднены относительно диоритов. По сравнению с гранитоидами пемзы хромом обогащены, а лавы обеднены. Никелем пемзы и в меньшей степени лавы обеднены относительно диоритов. По сравнению

с гранитоидами пемзы обеднены, а лавы, напротив, обогащены никелем. Ванадием пемзы и лавы обогащены как относительно диоритов, так и гранитоидов. По содержанию стронция пемзы и лавы примерно отвечают диоритам, но преобладают над гранитоидами. По ниобию пемзы и в несколько большей степени лавы уступают как диоритам, так и гранитоидам. Содержание циркония в пемзах находится примерно на уровне диоритов, но превышает таковое в гранитоидах. Относительно диоритов лавы обеднены цирконием, а относительно гранитоидов несколько обогащены в случае вулкана Горелый и существенно обеднены в случае вулкана Мутновский.

Таблица 2. Содержание микроэлементов в пемзах и лавах, г/т [6]

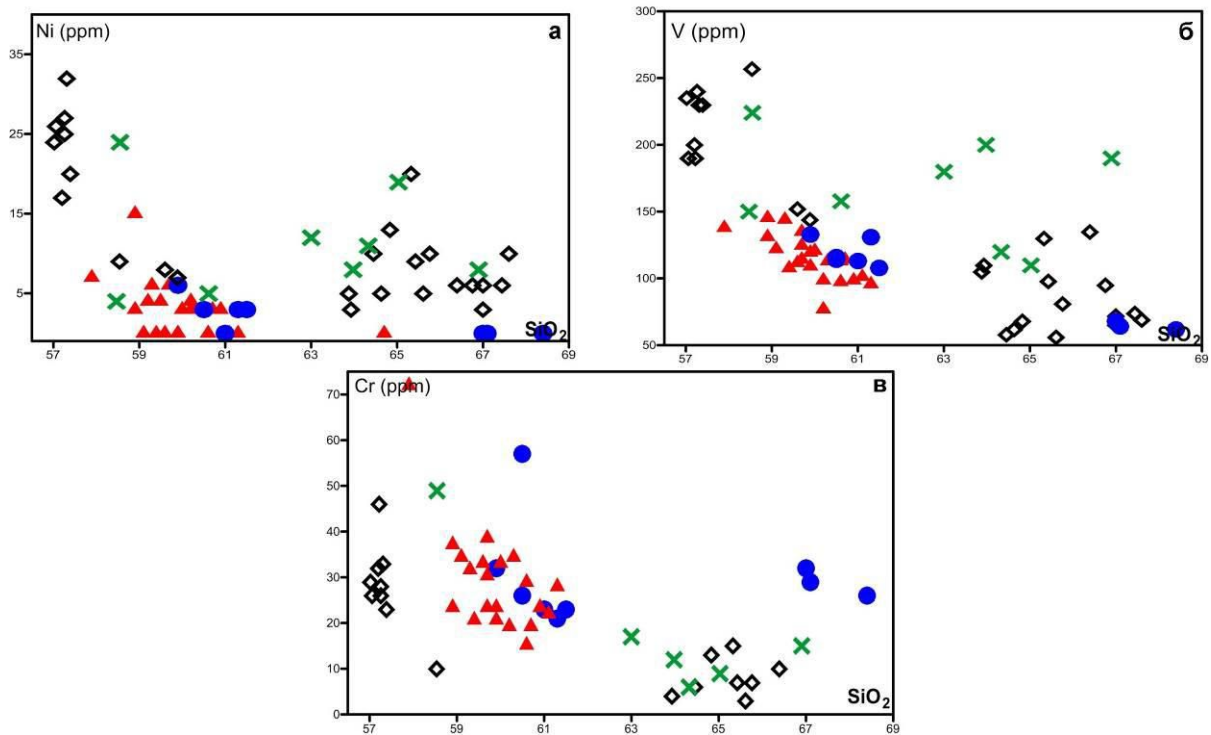
Район отбора проб	№ образца	V	Cr	Ni	Rb	Sr	Zr	Nb	Ba
Гора Пемзовая	1	64	29	0	54	270	347	12	1135
	2	68	32	0	56	270	326	10	1151
	3	62	26	0	58	284	353	12	1141
	4	113	23	0	46	343	248	6	1033
	5	133	32	6	35	406	232	10	883
	6	116	26	3	35	377	229	10	951
	7	114	57	3	38	353	225	6	945
	8	108	23	3	43	395	236	8	970
	9	131	21	3	38	389	238	10	907
	Среднее	101	30	2	45	343	270	9	1012
	СКО	28	11	2	9	55	55	2	105
Гора Гарбаганья	10	77	72	4	42	499	234	12	675
	11	138	28	4	44	490	228	10	645
	12	96	19	0	57	324	305	10	808
	13	99	22	4	44	490	240	14	657
	14	101	21	7	39	466	228	12	1112
	15	108	23	4	44	506	215	10	654
	16	109	35	0	35	357	261	10	1010
	17	113	33	3	38	350	236	6	1010
	18	121	30	0	40	384	254	10	980
	19	135	37	0	43	381	236	8	1019
	20	146	23	0	35	352	225	10	975
	21	114	32	3	38	374	241	8	950
	22	144	23	3	35	375	223	6	923
	23	131	21	6	33	349	229	8	913
	24	120	29	15	35	398	234	10	869
	25	113	33	6	35	370	247	6	960
26	112	35	6	35	377	236	8	892	

Окончание табл. 2

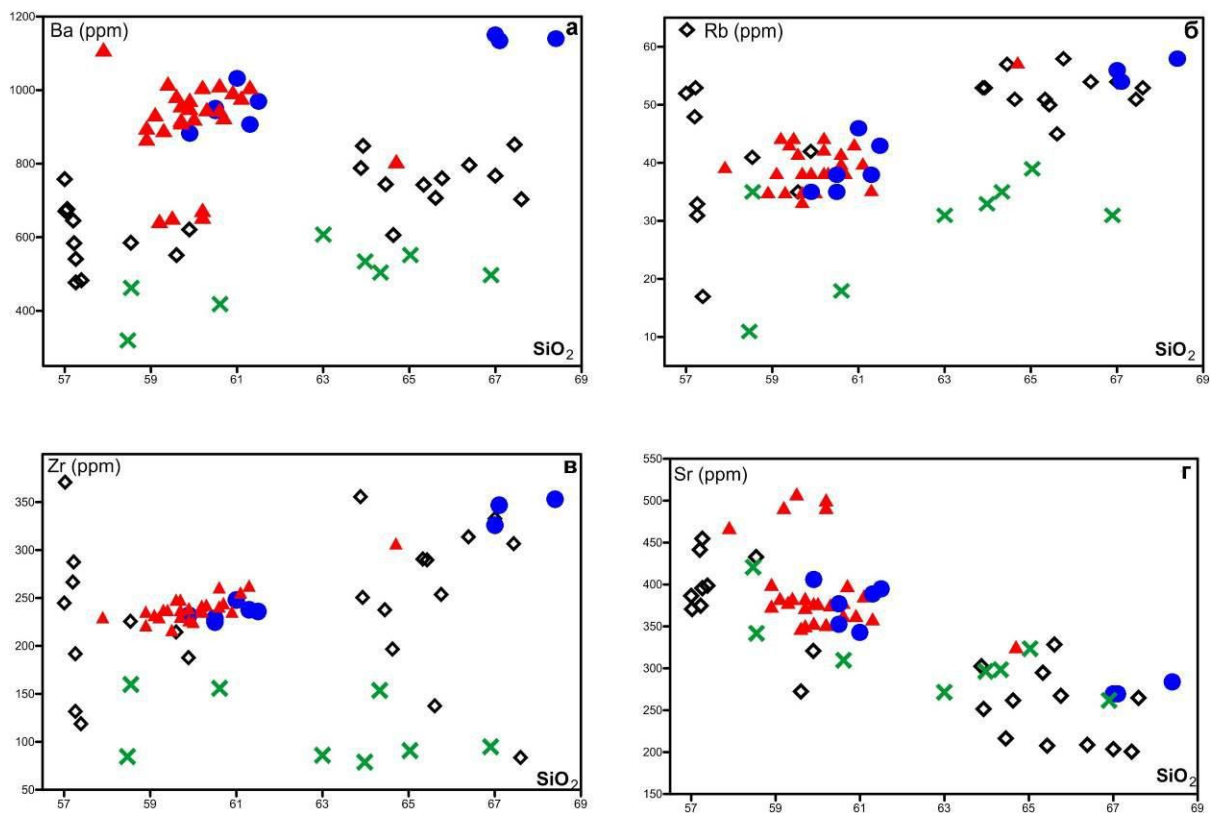
Район отбора проб	№ образца	V	Cr	Ni	Rb	Sr	Zr	Nb	Ba
	27	122	39	3	35	372	220	6	900
	28	125	19	0	38	375	238	8	953
	29	114	15	0	40	361	239	6	948
	30	98	23	0	41	346	247	8	985
	31	99	0	0	38	381	230	8	935
	Среднее	115	28	3	39	394	238	9	899
	СКО	17	13	4	5	56	18	2	131
Вулкан Горелый	32	152	15	8	35	273	215	7	552
	33	144	10	7	42	321	188	5	622
	34	105	4	5	53	303	356	9	789
	35	62	6	5	51	262	197	6	607
	36	130	13	20	51	295	291	9	744
	37	95	7	6	54	209	314	11	797
	38	135	3	6	53	252	251	7	849
	39	110	7	3	57	217	238	5	745
	40	58	28	10	50	208	290	11	708
	41	68	23	13	45	329	138	9	761
	42	98	10	9	58	268	254	4	704
	43	56	29	5	53	265	84	3	768
	44	81	26	10	54	204	333	6	853
	45	65	32	3	51	201	307	9	478
	46	69	46	10	31	396	132	н.а.*	484
	47	72	33	6	17	399	119	н.а.	586
	48	74	26	6	41	433	226	н.а.	759
	49	240	н.а.	27	52	387	245	н.а.	672
	50	230	н.а.	20	63	371	371	н.а.	678
	51	257	н.а.	9	48	442	267	н.а.	646
52	235	н.а.	24	53	375	288	н.а.	585	
53	190	н.а.	26	33	455	192	н.а.	542	
54	200	н.а.	17	н.а.	н.а.	н.а.	н.а.	н.а.	
55	190	н.а.	32	н.а.	н.а.	н.а.	н.а.	н.а.	
56	230	н.а.	25	н.а.	н.а.	н.а.	н.а.	н.а.	
Среднее	134	19	12	48	312	241	7	679	
СКО	68	13	9	11	84	78	3	111	
Вулкан Мутновский	57	150	49	4	11	421	85	4	320
	58	224	17	24	35	342	160	4	463
	59	158	12	5	18	310	156	2	419
	60	180	6	12	31	272	86	н.а.	608
	61	200	15	8	33	297	79	н.а.	535
	62	120	9	11	35	299	154	н.а.	504
	63	190	н.а.	8	31	262	95	н.а.	498
	64	110	н.а.	19	39	324	91	н.а.	552
	Среднее	165	18	11	29	316	113	3	487
	СКО	39	16	7	10	50	36	1	88

Примечание. Данные о лавах приведены по [6]. 1–9 – пемзовые отложения, гора Пемзовая; 10–31 – пемзовые отложения, гора Тарбаганья; 32–56 – лавы, вулкан Горелый; 57–64 – лавы, вулкан Мутновский; «н. а.» – не анализировалось.





**Рис. 6.** Корреляция содержаний фемических гетерофилов с составом лав и пемз. Условные обозначения см. на рис. 4



**Рис. 7.** Корреляция содержаний оксифилов с составом лав и пемз. Условные обозначения см. на рис. 4

Для пемз устанавливается обогащение *барием* относительно диоритов и гранитоидов, а для лав – примерное соответствие диоритам и обеднение по сравнению с гранитоидами. Наконец, и пемзы, и лавы обеднены *рубидием* относительно диоритов и особенно гранитоидов.

Таким образом, проведенный анализ показал, что исследованные породы по геохимическим свойствам близки между собой внутри групп пемз и лав, но имеют явные и достаточно сильные межгрупповые различия, не совпадая по тенденциям обогащения/обеднения большинством микроэлементов – Cr, Ni, V, Sr, Ba. Лишь по характеру поведения Nb и Zr пемзы и лавы более или менее сопоставимы. Следует отметить, что некоторые из выявленных геохимических тенденций выглядят необычно.

Например, таковой представляется тенденция к обогащению фемическим гетерофилом – никелем относительно гранитоидов не преимущественно андезитовых пемз, а лав, характеризующихся преимущественно дацитовым составом. С другой стороны, обогащение сиалическими оксифилами – барием и цирконием – по сравнению с гранитоидами устанавливается в не более кислых по составу лав, а в более основных по составу пемзах.

В целом же можно констатировать, что пемзы и лавы по геохимическим свойствам, как и по петрохимическим, не обнаруживают отчетливой когерентности.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что морфологически пемзовые покровы района гор Пемзовая и Тарбаганья привязаны к северо-западному подножию вулкана Мутновский, имеют восточно-северо-восточное простирание и не обнаруживают морфологической связи с вулканом Горелый.

Пемзовые покровы сложены преимущественно нормально-щелочными высококалийевыми андезитами с примесью

умеренно-высококалийевых трахидацитов. В отличие от пемз лавы на вулканах Горелый и Мутновский отвечают главным образом умеренно-высококалийевым трахидацитам.

По геохимическим свойствам исследованные породы близки между собой внутри групп пемз и лав, но имеют явные и достаточно сильные межгрупповые различия, не совпадая по тенденциям относительного обогащения/обеднения хромом, никелем, ванадием, стронцием, барием.

Обобщение полученных данных приводит к выводу о том, что приписать исследованные нами пемзы конкретному вулкану – Горелому или Мутновскому – пока не представляется возможным. Не исключено, что исследованные нами пемзы и лавы вообще относятся к разным фазам или стадиям извержения. Это и могло обусловить их некогерентность как по петрохимическим, так и геохимическим свойствам.

Исследования были проведены по программе научно-исследовательских работ, выполняемых в Камчатском государственном университете им. Витуса Беринга в рамках государственного заказа 2012 г. (регистрационный номер НИР: 5.3799.2011).

### Библиографический список

1. *Петрографический кодекс России*. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
2. Плечова А. А., Портнягин М. В., Пономарева В. В. и др. Петрохимическая характеристика пемз вулканического центра Горелый (Камчатка) как основа для их корреляции с тефрой из колонок северо-западной Пацифики // *Материалы XX Международной научной конференции (школы) по морской геологии*. Т. 1. М.: Изд-во «ГЕОС», 2013. С. 249–253.
3. Маренина Т. Ю. Геолого-петрографический очерк Мутновского вулкана // *Труды лаборатории вулканологии*. Петропавловск-Камчатский, 1956. Вып. 12. С. 3–52.
4. Селянгин О. Б. К вулканам Мутновский и Горелый: Вулканогеологический и туристический путеводитель. Петропавловск-

- Камчатский: Изд-во «Новая Книга», 2009. 108 с.
5. Селянгин О. Б. Новое о вулкане Мутновском: строение, развитие, прогноз // Вулканология и сейсмология. 1993. № 1. С. 17–35.
6. Чащин А. А., Мартынов Ю. А. Петрология пород вулканов Горелый и Мутновский (Южная Камчатка). Владивосток: Изд-во «Дальнаука», 2011. 270 с.
7. Шаранов В. Н., Симбирев И. Б., Третьяков Г. А. и др. Магматизм и гидротермальные системы Мутновского блока Южной Камчатки. Новосибирск: Изд-во «Наука», 1979. 152 с.

## About the Genesis of Pumice Deposits in the Region of Tarbagania and Pemzovaya Mountains in Kamchatka

O. M. Topchieva<sup>a</sup>, T. V. Mostovaya<sup>a</sup>, V. A. Petrovsky<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, Boulevard Piyp, 9. E-mail: topchieva2011@mail.ru

<sup>b</sup>Institute of Geology Komi SC RAS. 167982, Syktyvkar, Pervomayskaya Str., 54. E-mail: petrovsky@geo.komisc.ru

This paper discusses the results of study of pumice deposits between volcanoes Gorely and Mutnovskiy on Kamchatka. A scheme of the pumice sheets is presented. The results of petrochemical and geochemical studies of pumice and acidic lavas of Mutnovskiy and Gorely are discussed. A number of petrogeochemical pumice features indicating their possible genetic isolation are revealed.

Key words: *mountains of Tarbagania, Pemzovaya, Gorely and Mutnovsky volcanoes, Kamchatka.*

### References

1. *Petrografik* kodeks Rosii. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, im-paktnye obrazovaniya [Petrographic code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, and impact formations]. St. Peterburg, VSEGEI, 2009, p. 200.
2. Plechova A.A., Portnyagin M.V., Ponomaryova V.V., et al. 2013. Petrokhimicheskaya kharakteristika pemz vulkanicheskogo tsentra Gorely (Kamchatka) kak osnova dlya ikh korrelyatsii s tefroy iz kolonok severozapadnoy Patsifiki [Petrochemical characteristics of pumice stone of volcanic center Gorely (Kamchatka) as a basis for the correlation with tephra from coring samples of northwestern Pacific]. Proc. of XX Int. Sci. Conf. on Sea floor geology. Moskva, GEOS, T. 1, p. 249–253.
3. Marenina T.Yu. 1956. Geologo-petrograficheskiy ocherk Mutnovskogo vulkana [Geologo-petrographic description of Mutnovskiy volcano]. Trudy laboratorii vulkanologii. Petropavlovsk-Kamchatskiy. 12:3–52.
4. Selyangin O.B. 2009. K vulkanam Mutnovskiy i Gorely: Vulkanologicheskii i turisticheskii putevoditel [Toward the Mutnovskiy and Gorely volcanoes: Volcanologic and tourist guide]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, Novaya kniga, p. 108.
5. Selyangin O.B. 1993. Novoe o vulkane Mutnovskom: stroenie, razvitie, prognoz [New insight to Mutnovskiy volcano: structure, development, and forecast]. Vulkanologiya i seysmologiya. 1:17–35.
6. Chashchin A. A., Martynov Yu. A. 2011. Petrologiya porod vulkanov Gorely i Mutnovskiy (Yuzhnaya Kamchatka) [Petrology of rocks of Gorely and Mutnovskiy volcanoes (South Kamchatka)]. Vladivostok, Dalnauka, p. 270.
7. Sharapov V.N., Simbirev I.B., Tretyakov G.A., et al. 1979. Magmatizm i gidrotermalnye sistemy Mutnovskogo bloka Yuzhnoy Kamchatki [Magmatism and hydrothermal systems of the Mutnovskiy block of South Kamchatka]. Novosibirsk, Nauka, p. 152.