



УДК 551.214

В. И. Андреев¹, О. М. Топчиева²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
e-mail*

² *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга*

Гора Поворотная — фрагмент стратовулкана, расположенного к северо-востоку от вулкана Плоский Толбачик

Приведены геологические, минералого-петрографические характеристики горы Поворотной, являющейся фрагментом древнего стратовулкана. Сделана реконструкция истории развития объекта исследования.

Введение

Гора Поворотная расположена к северо-востоку от вулкана Плоский Толбачик на абсолютной высоте ~ 1500 м, её относительная высота ~ 200 м, объём $\sim 0,5$ км³. В плане г. Поворотная образует подобие четырехугольной звезды, чем отличается от множества расположенных в окрестностях Толбачинских вулканов моногенных шлако-лавовых конусов (рис. 1). Повышенный интерес к горе Поворотной связан с тем, что в течение короткого, даже в историческом масштабе времени, происходит уже третье извержение в окрестностях Толбачинских вулканов (первое — 1941 г., второе — 1975–76 гг., третье — 2012–13 гг.). Поэтому исследование строения, состава, истории развития и генезиса горы Поворотной представляются заслуживающим внимания.

Строение г. Поворотной

В строении г. Поворотной выделяется один лавово-пирокластический комплекс, представленный четырьмя толщами; пачкой вулканогенно-осадочных пород (кратерно-озёрных) и субвулканическим комплексом (?).

Нижняя лавово-пирокластическая толща представлена девятью потоками пироксеновых андезибазальтов, переслаивающимися с пирокластическими потоками. Видимая мощность толщи ~ 45 м, коэффициент эксплозивности 50%, падение северное, $\angle 30^\circ$.

Выше залегает пирокластическая толща мощностью ~ 50 м. Нижние горизонты сложены лапилливыми туфами, сменяющимися вверх по разрезу агломератовыми туфами. Цемент гравийный.

На этой пирокластической толще расположена вторая лавово-пирокластическая толща, включающая 14 андезибазальтовых лавовых потоков переслаивающихся с пирокластикой. Мощность толщи порядка 40 м, падение северо-западное, $\angle 10 - 15^\circ$.

Выше расположена толща из восьми потоков стекловатых пироксеновых андезибазальтов, переслаивающихся с пирокластикой. Мощность верхней толщи и её отдельных потоков не выдержана. Средняя мощность толщи ~ 100 м. На северном склоне падение верхнего потока северное, $\angle 3^\circ$, на восточном и южном юго-западное, \angle до 10° .

На вершине горы Поворотной встречены развалы темных стекловатых обломков вулканических бомб.

Предполагаемый субвулканический комплекс представлен пятью параллельными дайками, рассекающими северо-западный отрог горы Поворотной на высоте ~ 1550 м. Дайки сложены пироксеновыми габбро, обладают тонкоплитчатой отдельностью. Простирает даек 105° , падение вертикальное. Расстояние между дайками с юго-запада на северо-восток — 50–40 — 60–100 м. Мощность даек 5–7 м. Самая мощная (средняя) образует в рельефе скалу высотой 4 м. Мощность её в верхней части немного увеличивается.

Вулканогенно-осадочная пачка представлена приклонными к склону гидротермально-изменёнными пестроцветными породами, песчаниками и алевролитами, развитыми на северном склоне горы Поворотной. Эти породы резко выклиниваются к востоку и западу. Падение пород пачки северное, $\angle 10 - 15^\circ$, на северном склоне наблюдаются горизонтальные борозды глубиной 3–6 см, возникшие, очевидно, в результате водной эрозии. На обнажении мощностью 0,5 м насчитывается восемь подобных борозд. Общая мощность (по склону) вулканогенно-осадочной пачки порядка 15 м.

Гора Поворотная окружена глыбовыми потоками (курумником) мезоплагиафировых лав ареальных конусов, под которыми просматриваются не расчлененные терминальные лавовые потоки Плоского Толбачика, налегающие на подножье Поворотной.

В структурном отношении гора Поворотная приурочена к месту пересечения двух крупных разломов линейного простирания: 1) р. Студеная —

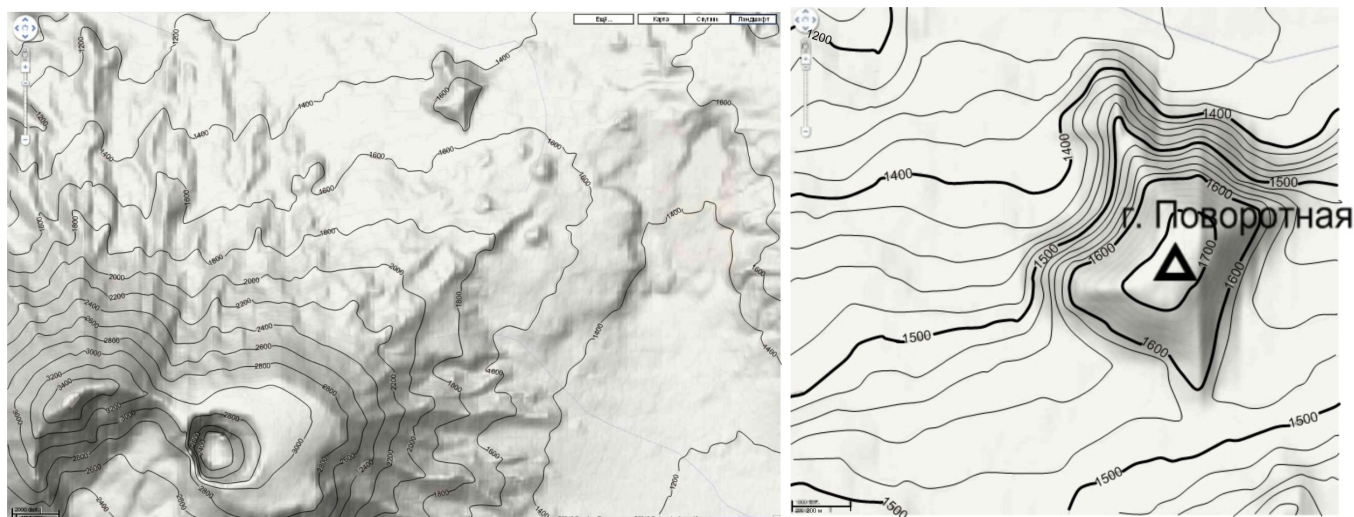


Рис. 1. Гора Поворотная к северо-востоку от вулкана Плоский Толбачик.

р. Плотина — р. Сухая Хапица; 2) перевал между вулканами Ключевским и Ушковским — граница вулканов Острога и Плоского Толбачиков.

Второй разлом менее выражен по сравнению с первым. В опубликованной работе [9] приведено множество разломов, выделенных многими авторами, исследовавшими Ключевскую группу вулканов.

Химический состав пород, слагающих гору Поворотную

Породы, слагающие гору Поворотную представлены базальтами, андезибазальтами, трахиандезитами и габбро (таблица). Для базальтов и андезибазальтов характерно немного повышенное содержание TiO_2 , что свойственно базальтам Острога и Плоского Толбачика [5], относящимся к известково-щелочным породам. Выделяются по высокому содержанию MgO — 10,87% габброидные породы субвулканического комплекса (?) и трахиандезиты — SiO_2 — 58,6%, по повышенному содержанию K_2O — 3,43%, представленными осколками вулканических бомб. В пестроцветных образованиях вулканогенно-осадочной пачки (песчаниках и алевролитах) отмечено преобладание Fe_2O_3 — 5,37% над FeO — 3,89%, что не характерно для неизменённых вулканогенных пород. Содержание H_2O^+ в этих породах составляет 2,53%. Эти признаки убедительно показывают, что данные породы подверглись гидротермальному изменению.

Содержание и распределение радиоактивных элементов в породах, слагающих гору Поворотную в общих чертах соответствует химическому составу и генезису этих пород. При этом трахиандезиты обладают повышенным содержанием и неравномерным распределением радиоактивных элементов [2, 3].

Количественно-минеральный состав и микроструктура пород

Среди пород, слагающую г. Поворотную, можно выделить три группы: 1) базальты и андезибазальты, 2) габбро, 3) андезиты.

Базальты и андезибазальты — это плотные тёмные стекловатые лавы, иногда имеющую плитчатую, обычно глыбовую отдельность. Породы пирокластических потоков по микроструктуре существенно не отличаются от лав.

Структура пород серийно-порфировая. Структура основной массы базальтов и андезибазальтов интерсерральная, гиалопилитовая, редко пилотакситовая. Фенокристаллы представлены плагиоклазом, пироксенами, оливином и развивающимся по нему хризотилом, реже хлоритом и рудными минералами [4, 5].

Среди фенокристаллов плагиоклаза можно выделить три генерации:

1. Корродированные табличатые кристаллы с концентрически расположенными микровключениями стекла. Размер кристаллов — 1,2–0,8 мм.
2. Лейстовидные кристаллы, обычно с полисинтетическими двойниками. Размер — 0,6–0,4 мм.
3. Табличатые кристаллы, свежие, обычно не обнаруживают двойникового строения. Размер — 0,3–0,2 мм.

Фенокристаллы 1-й генерации обычно содержат An -молекул на 5–7% больше, чем второй, и на 10–12% больше, чем фенокристаллы третьей генерации.

Моноклинный пироксен образует изометричные фенокристаллы размером 0,3–0,8 мм. Состав моноклинных пироксенов, определённый на диаграмме Веселовской колеблется в пределах: Ca — 29–31%, Mg — 47–48%, Fe — 22–23%.

Ромбический пироксен наблюдается в длинно-призматических кристаллах размеров 0,5–0,2 мм. Плеохроизм по Ng — светло-зелёный, Np — светло-розовый. Состав ромбического пироксена меняется от 18 до 26% $FeSiO_3$.

Оливин встречается в виде корродированных ксеноморфных кристаллов, обычно окруженных опацитовой или хризотиловой каймой с кристалла-

Химический состав пород г. Поворотная (вес. %).

Компоненты	Нижняя лавово-пирокластическая толща		Верхняя лавово-пирокластическая толща	Вершина горы (развалы)	Вулканогенно-осадочная пачка	Субвулканический комплекс (?)
	андезит-базальт	базальт	трахиандезит	трахиандезит	базальт	габбро-порфирит
SiO ₂	52,4	49,72	54,74	58,62	49,59	51,3
TiO ₂	1,05	1,13	1,2	1,15	1,12	1
Al ₂ O ₃	15,6	17,67	18,28	16,4	16,39	14,8
Fe ₂ O ₃	3,79	3,99	3,14	2,13	5,37	3,13
FeO	5	5,57	4,23	4,81	3,89	5,04
MnO	0,14	0,16	0,15	0,19	0,17	0,14
MgO	6,45	6,05	3,33	2,16	7,5	10,87
CaO	8,58	9,22	7,61	5,64	8,93	9,1
Na ₂ O	3,14	2,94	4,77	4,55	2,5	3,24
K ₂ O	1,46	1,47	1,8	3,43	1,02	1,54
H ₂ O ⁻	0,1	0,86	0,16	0	1,1	0,1
H ₂ O ⁺	1,87	0,5	0,61	0,55	2,53	0,31
P ₂ O ₅	0,32	0,34	0,14	0,19	0,27	0,13
∑	99,9	99,65	100,08	99,82	100,37	100,7
Th*	-**	—	—	1,8	—	—
U*	0,8***	—	—	4 (8***)	—	1,6***

Примечания: * — торий и уран в г/т; ** — не определялось; *** — трековый метод.

ми рудных минералов. Размер кристаллов оливина 0,1–0,4 мм.

Хризотил встречается в реакционной кайме вокруг кристаллов оливинов и пироксенов, часто полностью замещает эти кристаллы. Цвет бледно-зелёный и жёлто-зелёный; плеохроизм отсутствует. Иногда наблюдаются петельчатое строение. При скрещённых николях хризотил обычно выглядит как изотропный минерал. Описанный минерал определён как хризотил по морфологии, отсутствию плеохроизма, кажущейся изотропности в поляризованном свете и парагенетическим признакам. Для однозначного определения необходимо провести дальнейшие исследования.

Хлорит наблюдается в реакционных каемках по пироксенам и оливинам, часто встречается в ксеноморфных кристаллах. Плеохроизм Ng — зелёный, Np — жёлто-зелёный.

Рудные минералы по форме кристаллов и приуроченности к границам кристаллов оливинов и пироксенов в виде каймы можно отнести к магнетитам, титаномагнетитам.

Габбро — тёмно-серые полнокристаллические породы. Структура пород долеритовая. Количественно-минералогический состав габбро (в %): плагиоклаз — 77,0; пироксен — 10,1; оливин — 9,0; хризотил — 2,4; рудный минерал — 1,5.

Плагиоклаз представлен лейстовидными гипидиморфными кристаллами размером 0,4–0,6 мм. Часто кристаллы плагиоклаза зональны, зональность обычно ритмичная. Состав — 36–85% An, обычно 55–60%.

Пироксен преимущественно ромбический, форма кристаллов призматическая, плеохроизм по обычной схеме, FeSiO₃ — 20–25%.

Моноклинный пироксен образует многоугольные или каплевидные кристаллы размером 0,2–0,3 мм. С: Ng=40–42° Ng–Np=0,020.

Оливин слагает ксеноморфные кристаллы размером 0,2–0,7 мм. С: Ng=0° Ng–Np=0,025.

Хризотил аналогичен описанию выше.

Рудный минерал подробно не определялся.

Следует отметить большие колебания в составах плагиоклаза и пироксена, не свойственные обычным интрузивным породам. Ритмичную зональность плагиоклазов можно объяснить многостадийным внедрением интрузий (экструзий).

Трахиандезиты — оскольчатые породы гиалиновой микроструктуры с редкими микрокристаллами плагиоклазов размером в пределах 0,1 мм.

История развития горы Поворотной

Формирование г. Поворотной, очевидно, началось задолго до второго оледенения, происходившего одновременно с опусканием восточной части вулкана Плоский Толбачик и образованием его кальдеры [8].

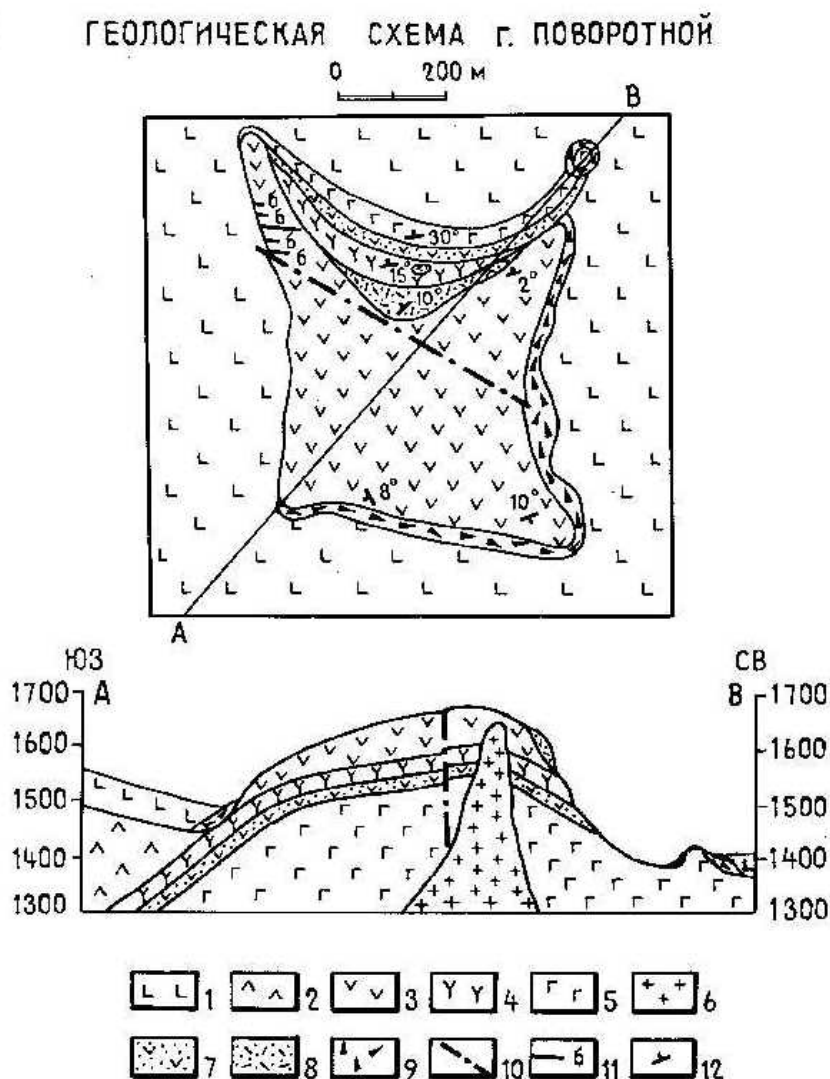


Рис. 2. Геологическое строение г. Поворотной. А — геологическая схема, Б — геологический разрез. Условные обозначения: 1 — лавовые потоки Плоского Толбачика; 2 — более древние лавовые потоки Острого и Плоского Толбачиков; 3 — верхняя лавово-пирокластическая толща; 4 — средняя лавово-пирокластическая толща; 5 — нижняя лавово-пирокластическая толща; 6 — предполагаемый субвулканический комплекс (?); 7 — пирокластическая толща; 8 — вулканогенно-осадочная пачка; 9 — брекчии; 10 — линия дислокации; 11 — дайки; 12 — элементы залегания.

Формирование трёх лавово-пирокластических, одной пирокластической толщ и одного субвулканического комплекса (?) происходило с перерывами, о чём свидетельствуют заметные угловые несогласия в залегании лавово-пирокластических толщ.

Фундамент Поворотной перекрыт лавами современных ареальных излияний и нерасчленёнными породами поздних извержений Толбачинских вулканов. Поэтому о времени заложения г. Поворотной можно говорить весьма предположительно. При оценке времени образования каждой из толщ горы Поворотной по аналогии с периодами формирования подобных отложений при исторических извержениях можно предположить, что каждая из них формировалась порядка 100 лет. Не меньши-

ми по продолжительности были и перерывы между активными периодами.

Появление трахиандезитов, аналогов которым на Толбачинских вулканах нет, также было, очевидно, связано с длительной эволюцией расплава. Продолжительным, видимо, был и период подготовки последнего акта деятельности горы Поворотной — внедрения серии даек магнезиальных габбро. При любых генетических взаимоотношениях высокоглинозёмистых и высокомагнезиальных базальтов [7] между появлением этих разновидностей вулканогенных пород на земную поверхность мог быть существенный перерыв.

Судя по полнокристаллической структуре габбро, кристаллизация этих пород происходила на неко-

торой глубине. Ориентировочно время заложения г. Поворотной — Q_{2-3} .

Во время формирования трёх лавово-пирокластических и одной пирокластической толщ преобладающий тип извержения — вулканостромболианский, пирокластических комплексов — вулканский.

Осколки бомб на вершине г. Поворотной образовались в заключительную стадию формирования третьей толщи. Пород такого состава (с 3,45% K_2O и высокой радиоактивностью) на вулканах Остром и Плоском Толбачиках и ареальных конусах этих вулканов неизвестно [5, 10].

Породы вулканогенно-осадочной пачки могли быть сформированы во время существования кратерного озера, типа существующего в настоящее время кратера Троицкого на вулкане Малый Семячик. Если вышеописанные горизонтальные борозды соответствуют годовым колебаниям уровня этого озера, то формирование пород этого комплекса происходило в течение нескольких сотен лет. Впоследствии северная часть кратера была уничтожена эрозией, возможно, ею была частично снесена и южная часть кратера, в таком случае мощность пород вулканогенно-осадочной пачки и время её формирования было значительно больше. О том, что озеро было кратерное, можно судить по сильной степени гидротермального изменения пород вулканогенно-осадочной пачки.

Последним этапом деятельности г. Поворотной явилось, вероятно, внедрение серии даек, а следствием — наличие зонального плагиоклаза в дайках и хризотила в лавах г. Поворотной. Этим объясняется отличный состав пород субвулканического комплекса (?), характеризующийся высоким содержанием магния и полнокристаллическая (долеритовая) микроструктура пород даек этого комплекса. Такая полнокристаллическая микроструктура могла возникнуть, если кристаллизация пород происходила на некоторой глубине. Появлению подобных пород на земной поверхности (или в приповерхностных условиях) могла способствовать продолжительная эрозия.

Особенности строения горы Поворотной и состава слагающих её пород согласуются с вторичными изменениями — серпентинизацией и с образованием хризотила развитого преимущественно в породах субвулканического комплекса. Согласно [1, 4] хризотил-асбест образуется главным образом при воздействии гидротермальных растворов, связанных с интрузиями.

Формирование горы Поворотной, очевидно, было многоактным продолжительным, и её полный объём мог многократно превышать 1 км^3 .

Выводы

1. Трахиандезиты горы Поворотной для Толбачинских вулканов необычны.

2. Полнокристаллическая структура габбро показывает, что кристаллизация этих пород происходила на некоторой глубине.

3. Судя по отложениям слоёв вулканогенно-осадочной пачки кратерное озеро могло существовать достаточно длительное время.

4. Вероятно, появление трахиандезитов с повышенным содержанием радиоактивных элементов связано с одним из циклов извержения [2, 3].

5. Гора Поворотная соответствует общепринятым представлениям о строении и развитии стратовулкана [6].

Список литературы

1. Горная энциклопедия 1984. Том. 1. С. 156 — 157.
2. Андреев В. И. Распределение урана в вулканических продуктах Большого трещинного Толбачинского извержения. — Вулканология и сейсмология, 1979, № 6, С. 54-61.
3. Андреев В. И. Распределение естественных радиоактивных элементов в твёрдых вулканитах и радиогенных газах из вулканов и гидротерм Камчатки и Курил. Изд-во: КамГУ им. Витуса Беринга. 2013. 160 с.
4. Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. 1965. Том. 2. 400 с.
5. Ермаков В. А., Важеевская А. А. Вулканы Острый и Плоский Толбачик. Бюллетень Вулканол. Станций. 1973. № 49. С. 43 — 54.
6. Лучицкий И. В. Основы палеовулканологии. Современные вулканы. М. «Наука», 1971. 479 с.
7. Озеров А. Ю., Арискин А. А., Бармина Г. С. К проблеме генетических взаимоотношений высокоглинозёмистых и высокомагнезиальных базальтов Ключевского вулкана (Камчатка) // Доклады Академии Наук, 1996, Том. 350, № 1, С. 104 — 107.
8. Пийп Б. И. Ключевская сопка и её извержения в 1944–1945 гг. и в прошлом. // Труды Лабор. Вулканол. АН СССР, 156, вып. 11. 1956.
9. Сирин А. Н. О соотношении центрального и ареального вулканизма // М. Наука. 1968. 196 с.
10. Флёров Г. Б., Андреев В. Н., Будников В. А. и др. Петрология продуктов извержения. // Кн. Большое трещинное Толбачинское извержение (Камчатка). М. Наука. 1984. С. 233–285.