

Н. В. ОГОРОДОВ, О. Н. ВОЛЫНЕЦ,
А. В. КОЛОСКОВ, Э. И. ПОПОЛИТОВ

ДИКИЙ ГРЕБЕНЬ

Дикий Гребень представляет собой голоценовое многофазное сложное по составу и строению лаво-экструзивное образование и является наиболее крупным вулканическим сооружением такого типа, не имеющим себе равных на Камчатке. Дикий Гребень расположен на территории Южной Камчатки, на западном берегу Курильского озера. Абсолютная высота его около 1070 м, относительная — колеблется от первых сот метров до 900 м. Площадь, занимаемая собственно экструзивными образованиями, составляет около 40 км², а вместе с explosивно-пирокластическими отложениями оценивается примерно в 90–100 км², объем вулканитов Дикого Гребня около 15 км³, а общий объем, включающий explosивно-пирокластические образования, оценивается в 20 км³.

О геологическом строении Дикого Гребня имеются очень краткие и самые общие сведения (Пийп, 1947; Святловский, 1959).

Ниже излагаются результаты проведенного авторами геолого-петрологического изучения лавовых и экструзивных образований этого уникального сооружения.

Вулканогенный комплекс Дикого Гребня характеризуется сложным сочетанием экструзивных, экструзивно-лавовых, лавовых и пемзово-пирокластических образований различного генезиса. Благодаря очень молодому облику самого вулканического сооружения и его хорошей обнаженности в рельефе прекрасно сохранены и ярко выражены различные морфоструктурные формы: центральная постройка (гора Неприятная), экструзивные куполы, воронки взрыва и, наконец, отдельные лавовые потоки с краевыми и бортовыми валами течения и сложным рисунком прото- и посттектонических разрывов и нарушений. В период формирования Дикого Гребня на определенном этапе его развития произошла серия крупных взрывов, поэтому, естественно, выделены следующие два комплекса вулканогенных проявлений: дозрывные и постзрывные образования.

Среди дозрывных образований можно выделить две возрастные подгруппы. К первой относятся отдельные разобщенные останцы наиболее ранних образований вулканогенного комплекса Дикого Гребня. Они отмечаются в виде фрагментов лавовых потоков и экструзивных образований в различных частях постройки (рис. 1-3). Наиболее крупный фрагмент начальной стадии развития вулканической постройки располагается в северной части. Морфологически он выражен линейным крутосклонным гребнем, представляет собой монолитное тело дацитового состава и, по-видимому, является частью взорванной экструзии. К этой же подгруппе также относятся краевые, наиболее удаленные склоны (к западу и северо-востоку) горы Неприятной и непосредственное основание воронки взрыва. Здесь они представлены небольшими потоками дацитового и андезитового состава и плохо выражены морфологически. Возможно, что к ранним этапам формирования относятся две экструзии дацитового состава на южном склоне г. Неприятной.

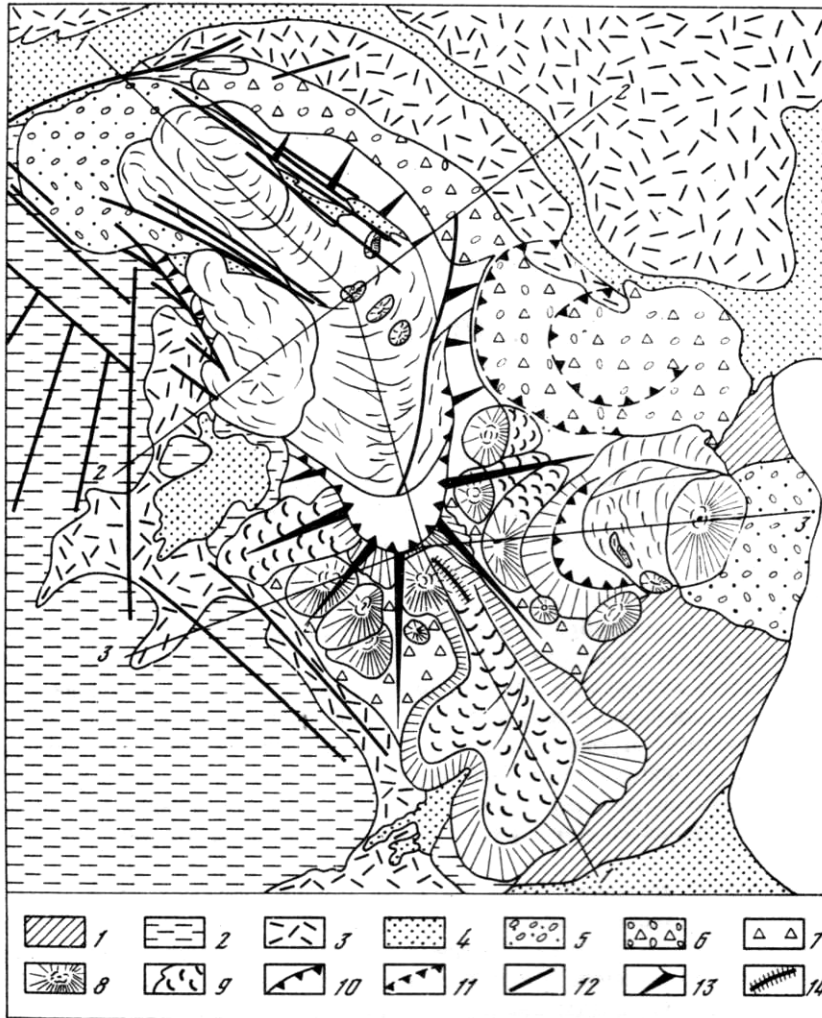


Рис. 1. Морфоструктурная схема вулканического образования Дикий Гребень
 1 — лаво-пирокластические образования фундамента; 2 — озерно-осадочные образования фундамента; 3 — взрывные пемзы; 4 — нерасчлененные рыхлые четвертичные отложения; 5 — агломератовые отложения; 6 — взрывные отложения; 7 — обвально-осыпные отложения; 8 — экструзивные купола; 9 — лавовые потоки; 10 — борта воронок взрыва; 11 — предполагаемые воронки взрыва; 12 — разломы; 13 — купол главной постройки; 14 — предполагаемая область питания лавового потока

Вторая, более молодая подгруппа дозрывных образований объединяет вулканические тела с отчетливо выраженными элементами морфоструктуры. Последовательность формирования в этой подгруппе наметить трудно, но ориентировочно можно представить следующее: к наиболее ранним образованиям относится небольшой экструзивный купол дацитового состава на западном склоне вулканической постройки. По-видимому, более молодой возраст имеет лавовый поток андезитового состава на западном склоне г. Неприятной, верхняя часть которого оборвана воронкой взрыва. И наконец, самыми молодыми образованиями дозрывного комплекса являются крупное экструзивное тело дацитового состава на западном склоне горы Неприятной и ее вершинная часть, сложенная андезитами.

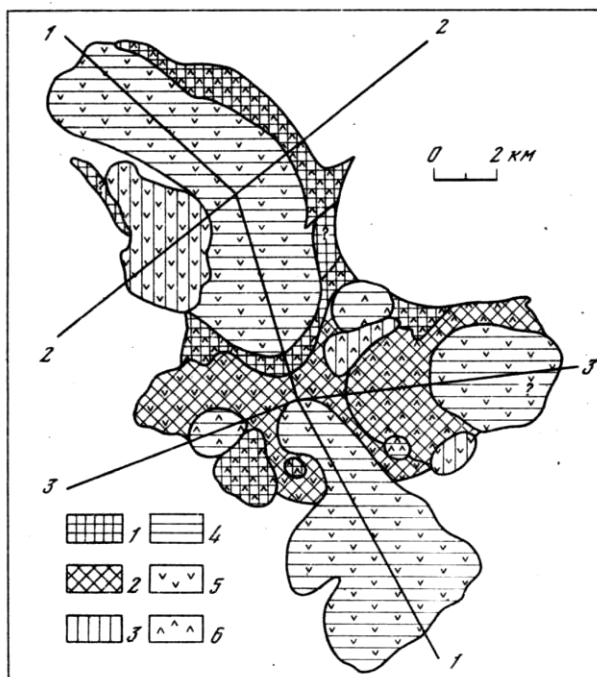


Рис. 2. Схема возрастного и петрографического расчленения вулканитов Дикого Гребня

1-2 — доэврывные отложения (1 — первая подгруппа, 2 — вторая подгруппа);
 3-4 — постэврывные отложения (3 — первая подгруппа, 4 — вторая подгруппа);
 5 — андезиты и андезито-дациты; 6 — дациты и липариты

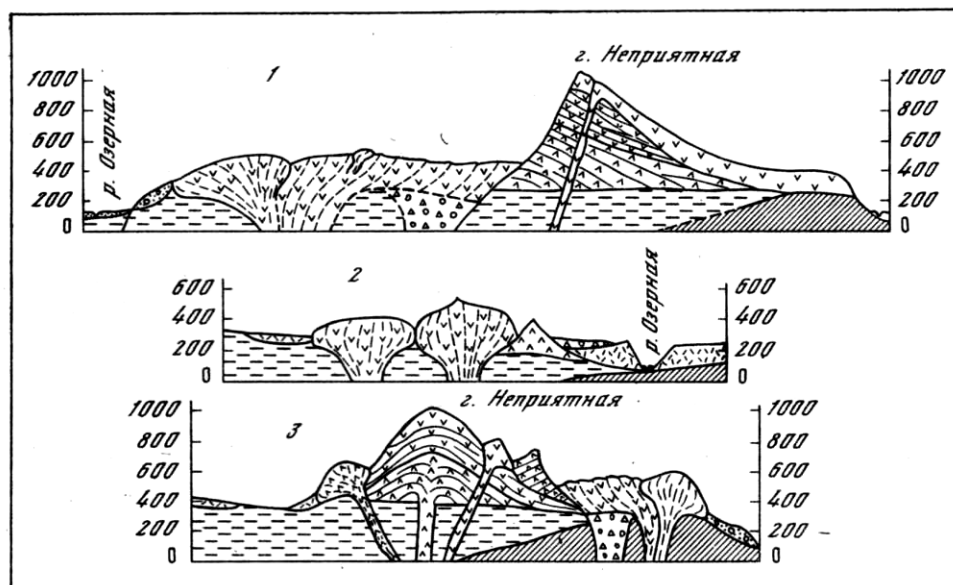


Рис. 3. Схематичный геологический разрез
 Условные обозначения см. на рис. 1 и 2

Формирование Дикого Гребня сопровождалось мощными взрывами, в результате которых возникло несколько различного размера воронок взрыва, усложнивших структуру постройки. Интенсивная взрывная деятельность по времени проявления укладывается в достаточно узкий интервал, хотя небольшие взрывы, по-видимому, имели место на протяжении всего формирования Дикого Гребня. Выделяются три центра взрывов, условно названные: северный, северо-восточный и восточный. Один из этих центров, а именно северо-восточный, расположенный у подножья горы Неприятной, имеет телескопическое строение, но выделяется недостаточно надежно.

Северная и восточная воронки взрыва по времени образования достаточно близки и морфологически составляют одну из характерных особенностей в строении постройки. Северная, самая большая по размерам, несколько вытянута в северном направлении, поверхность срыва пород достигает в современном рельефе 700 м, видимая ширина составляет около 2,5 км. Восточная воронка взрыва имеет несколько меньшие размеры, ширина ее 1200 м, наибольшая высота отрыва составляет 400 м.

Среди поствзрывных образований условно выделены также две возрастные подгруппы. Первую подгруппу составляют три экструзивных купола, один из них – дацитовый – расположен на восточном склоне вблизи вершины горы Неприятной. Второй – на юго-восточном склоне вблизи подножия. Он имеет несколько большие размеры и состав его отвечает андезитам; третий купол залегает на юго-восточном склоне, так же имеет андезитовый состав.

Во вторую подгруппу (более обширную) включены отдельные экструзии, лавовые потоки и своеобразные лавово-экструзивные образования, заполняющие воронки взрыва. Последние столь специфичны, что на рассмотрении их необходимо остановиться подробнее. По внутреннему строению они представлены совершенно бесструктурными (в отношении элементов прототектоники) массивными андезито-дацитами, которые залегают в виде отдельных, закономерно ориентированных в пространстве "блоков-чешуй". Разделяющие их нарушения имеют вид дуг, изогнутых в сторону воронки взрыва, являются своеобразной особенностью строения рассматриваемых образований. Северный, наиболее крупный "поток" имеет вначале меридианальное, а затем северо-западное простирание. Такая же смена ориентировки происходит и в разных нарушениях, обрамляющих "поток". Длина его около 6,5 км, ширина от 2,0 до 1,0 км. По общему морфологическому строению лавово-экструзивное образование напоминает лавовый поток, но своеобразие его заключается в наличии изогнутых "блоков-чешуй", как бы вложенных друг в друга и в воронку взрыва. Относительная высота "блоков-чешуй" 30–40 м. На поверхности "потока" по его центральной части разбросаны отдельные, небольшие по размерам крутосклонные купола, представляющие собой, по-видимому, отдельные экструзивные центры. Вдоль восточного борта фиксируются также обособленные участки, напоминающие краевые валы, однако в отличие от обычных форм подобного рода они представляют собой линейно-вытянутые и резко опущенные блоки пород. К этому же лавово-экструзивному образованию с запада и севера примыкают андезитовые пологонаклонные локальные тела, несколько отличные по морфологическому строению. Они не имеют аналогичных "блоков-чешуй", а характеризуются более плавными "сглаженными" валами течения, которые имеют общую тенденцию концентрироваться вокруг центральной части. По-видимому, эти два тела представляют собой самостоятельные "расплывшиеся" экструзии. Особенности строения северного лавово-экструзивного образования в несколько уменьшенном масштабе повторяются и для восточного тела.

К поствзрывным проявлениям также относится довольно крупный лавовый поток, расположенный на южном склоне горы Неприятной, состав его представлен андезитами. Морфологически лавовый поток выражен достаточно четко, и прекрасная сохранность его форм свидетельствует о сравнительно молодом воз-

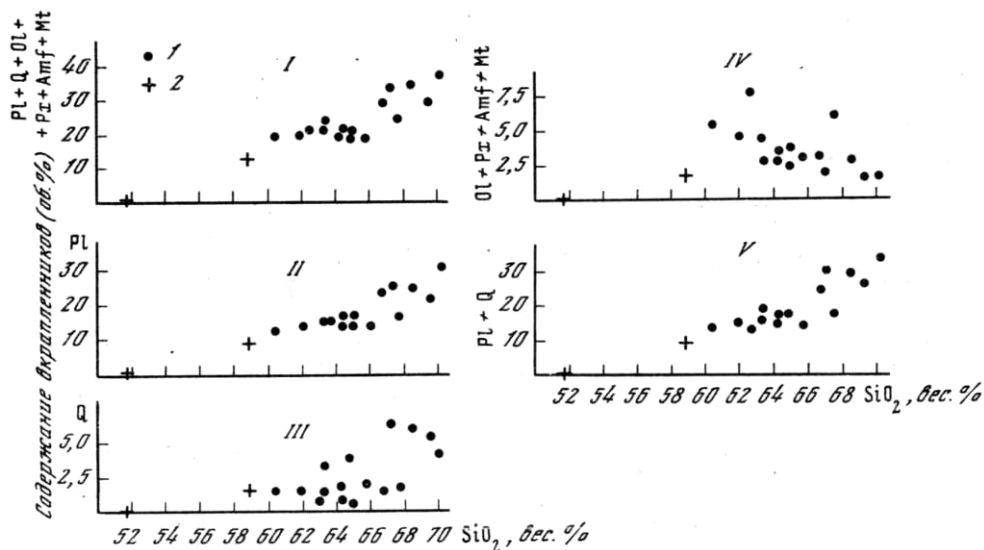


Рис. 4. Вариации содержаний вкрапленников в лавах (I) и включений в них (II) в зависимости от содержания в породах

расте. Излияние потока происходило непосредственно в привершинной части горы Неприятной.

Наиболее молодыми образованиями рассматриваемого комплекса являются три небольшие дацитовые экструзии по периферии подножья горы Неприятной.

В целом возраст Дикого Гребня соответствует голоценовому времени, так как никаких следов ледниковой экзорации он не имеет. Несколько радиоуглеродных определений абсолютного возраста органических остатков из-под пемзово-пирокластических образований, обрамляющих Дикий Гребень, дали возраст 8 тыс. + 500 лет.

В составе пород Дикого Гребня выделяются две четкие петрографические группы: 1) андезиты и андезито-дациты, 2) дациты и липарито-дациты. На долю первой приходится 60–70% общего объема вулканитов. Породы указанных групп отличаются между собой прежде всего структурой основной массы. Андезиты и андезито-дациты характеризуются гиалопилитовой основной массой, где в свежее или полуразложженное вулканическое стекло погружены многочисленные микролиты и микрофенокристаллы плагиоклаза, орто- и клинопироксена, магнетита, реже – амфибола. В дацитах и липарито-дацитах основная масса сложена преимущественно бесцветным стеклом, микролитов мало, хотя микрофенокристаллы плагиоклаза и амфибола обычны.

Вкрапленники в породах обеих групп представлены плагиоклазом, кварцем, амфиболом, орто- и клинопироксеном, магнетитом, кроме того, в андезитах обычно, а в дацитах в единичных случаях отмечаются вкрапленники оливина. Общее содержание вкрапленников в андезитах заметно меньше, чем в дацитах, и закономерно увеличивается с ростом кислотности пород (рис. 4), главным образом за счет плагиоклаза, в меньшей степени кварца, тогда как суммарное содержание вкрапленников темноцветных минералов убывает. Вместе с тем относительное количество вкрапленников в пределах одного потока или экструзии может заметно колебаться, особенно в андезитах и андезито-дацитах. Размеры вкрапленников изменяются в широких пределах, от 0,3–0,5 до 3,0–5,0 мм, а иногда даже до 8,0–10,0 мм.

Главный минерал вкрапленников — плагиоклаз. В андезито-дацитах, дацитах и липарито-дацитах состав его изменяется в одинаково-широких пределах: от олигоклаза до битовнит – анортита, в среднем отвечает андезину ($An_{38,5-39,5}$

Таблица 1

Содержание главных и малых элементов в плагиоклазах лав вулкана Дикий Гребень

Компоненты	Измеренные					
	5831	ДГ-1	1378	5352	5359	5874
Ca	11,43	12,21	4,35	4,00	3,72	5,21
Na	1,00	1,31	3,78	3,52	3,22	4,57
K	0,11	0,20	0,70	0,46	0,39	0,52
Ba	—	—	—	320	390	530
Sr	695	695	—	530	500	660
Fe	0,42	0,47	0,36	0,22	0,29	0,26
Mn	62	78	—	31	46	39
Mg	480	—	—	190	220	660
K/Rb	1400	1670	—	3280	2160	2600
Ca/Sr	165	176	—	75,4	74,5	79,0
Ba/Sr	—	—	—	0,60	0,78	0,80
мол. % { An	79,4	84,8	30,2	27,8	25,8	36,2
Ab	11,4	14,9	43,1	43,1	36,7	52,1
Or	0,8	1,4	5,0	2,8	2,8	3,7
Σ	91,6	101,1	78,3	70,7	65,3	92,0

Таблица 1 (окончание)

Компоненты	Пересчитанные					
	5831	ДГ-1	1378	5852	5359	5874
Ca	12,48	12,21	5,56	5,65	5,70	5,66
Na	1,09	1,3	4,88	4,98	4,93	4,97
K	0,12	0,2	0,89	0,65	0,60	0,56
Ba	—	—	—	450	600	575
Sr	760	685	—	750	765	720
Fe	0,46	0,47	0,46	0,31	0,44	0,28
Mn	68	77	—	44	70	42
Mg	530	—	—	270	330	720
K/Rb	1400	1670	—	3280	2160	2600
Ca/Sr	165	176	—	75,4	74,5	79,0
Ba/Sr	—	—	—	0,60	0,78	0,80
мол. % { An	86,7	83,9	38,6	39,3	39,5	39,4
Ab	12,4	14,7	55,0	56,2	56,2	56,6
Or	0,9	1,4	6,4	4,0	4,3	4,0
Σ	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Примечание: Обр. 5831, ДГ-1 – мегакристаллы из дацитов; обр. 1378, 5852 – вкрапленники из андезито-дацитов; обр. 5359 – вкрапленники из дацита; обр. 5874 – вкрапленники из липарито-дацита. Анализ обр. 1378 выполнен в хим. лаб. Института вулканологии Т.В. Долговой методом мокрой химии (в нем, кроме перечисленных компонентов, определены (%): $\text{SiO}_2 = 67,78$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 19,41$, $\text{TiO}_2 = 0,20$, $\text{H}_2\text{O}^- = 0,40$, при пересчете это дает: $\text{SiO}_2 = 59,60$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 24,80$, $\text{TiO}_2 = 0,26$. Остальные анализы выполнены в ГЕОХИ СО АН СССР Г.И. Селивановой. Содержание Ca, Mn, Mg определено методом атомной абсорбции, Na, K, Rb, Li – методом пламенной фотометрии. Во всех образцах, за исключением ДГ-1, присутствует примесь кварца. При соответствующих пересчетах смеси на плагиоклаз, пересчитаны содержания главных и малых компонентов. Содержание Ca, Na, K, Fe дано в %, остальных элементов в частях на млн.

(табл. 1). При этом наиболее крупные мегакристы даже в дацитах имеют состав битовнит–анортита (см. табл. 1), а кристаллы размером 2–4 мм, судя по измерениям их удельного веса, андезин–лабрадора $An_{40} - An_{53}$. Независимо от состава плагиоклазы характеризуются крайне высокими K/Rb отношениями, много превышающими таковые в породах, и более низким, чем в породах, Ba/Sr отношением. При этом абсолютные содержания K, Rb, Li в кислых плагиоклазах по сравнению с основными более высокие, а содержания Fe, Mn и величины Ca/Sr отношений более низкие.

Зерна кварца обычно округлые, оплавленные с бухтообразными заливами основной массы, либо же наблюдаются в виде угловатых и трещиноватых обломков. В андезитах и андезито–дацитах вкрапленники этого минерала иногда окружены каймой из шестоватых и призматических кристаллов орто– и клинопироксена. Отмечаются сростки кварца с плагиоклазом, амфиболом и ортопироксеном. Удельный вес кварца колеблется от 2,642 до 2,654 и составляет в среднем 2,650 (из 48 замеров).

Амфибол вкрапленников зеленый, буровато–зеленый, принадлежащий, судя по оптическим константам, к ряду обыкновенной роговой обманки, либо бурой базальтической. При этом в дацитах и липарито–дацитах может присутствовать и та, и другая разновидность, хотя чаще всего встречается обыкновенная роговая обманка. Оба типа амфибола в дацитах могут встречаться в пределах одного образца. Неизменный амфибол сохраняется редко; как правило, он в той или иной мере, а чаще полностью диссоциирован с образованием тонкозернистого агрегата рудного минерала, ортопироксена и плагиоклаза, либо опациitized. В дацитах в ряде случаев наблюдалось обрастание вкрапленников амфиболов мелкими шестоватыми кристаллами ортопироксена. Судя по измерениям удельного веса амфиболов, магнезиальность их в пределах разного состава одинаково изменяется от 62,5 до 72,5% (в среднем 67–69%).

Среди вкрапленников пироксена ромбические разности заметно преобладают над моноклинными, особенно в дацитах и липарито–дацитах. Судя по измерениям показателей преломления ортопироксенов (Mg), состав их отвечает гиперстену — $En_{53,5-61,0}$ в среднем (для пород разного состава) — En_{58-59} .

Оливин достаточно редок, однако в небольших количествах встречается практически в каждом шлифе андезитов и андезито–дацитов. Это обычно мелкие (не превышающие 0,5 мм) округлые, реже с хорошими кристаллографическими очертаниями зерна. В дацитах оливин встречен только в одном шлифе в виде реликтового зерна, окруженного каймой рудного минерала. Состав оливина, судя по измерениям показателей преломления, отвечает хризолиту Fo_{72-86} , причем средние составы этого минерала в породах разной основности сходны: Fo_{78-79} (рис. 5). Колебания состава оливинов в отдельных образцах, как правило, незначительны, хотя в некоторых андезито–дацитах содержание Fo может достигать 9–11%. Многие кристаллы оливина зональны.

Все породы Дикого Гребня содержат довольно много включений того типа, который в вулканологической литературе обычно называется гомеогенным и для которого О.Б. Селянгин (1974) предложил, на наш взгляд, очень удачное название каркасного. Это — тонко–, мелко– и среднезернистые, хорошо раскристаллизованные породы с равномерной зернистостью. Количество включений в породах разного состава заметно колеблется, достигая максимума в андезито–дацитах (до 10–20%). Поперечник включений от 0,5–1,0 до 50–100 мм. Форма их может быть как округлой, так и угловатой.

Каркасные включения в лавах Дикого Гребня по химическому составу отвечают базальтам или андезитам. В шлифах это мелко–, реже среднезернистые породы с интерсертальной структурой основной массы и редкими крупными вкрапленниками плагиоклаза, реже амфибола, пироксена, кварца и оливина. Основная масса сложена многочисленными лейстовидными кристаллами плагио-

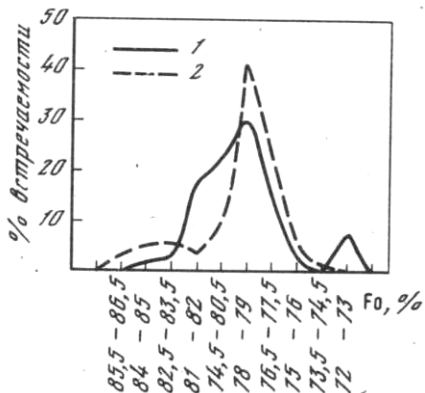
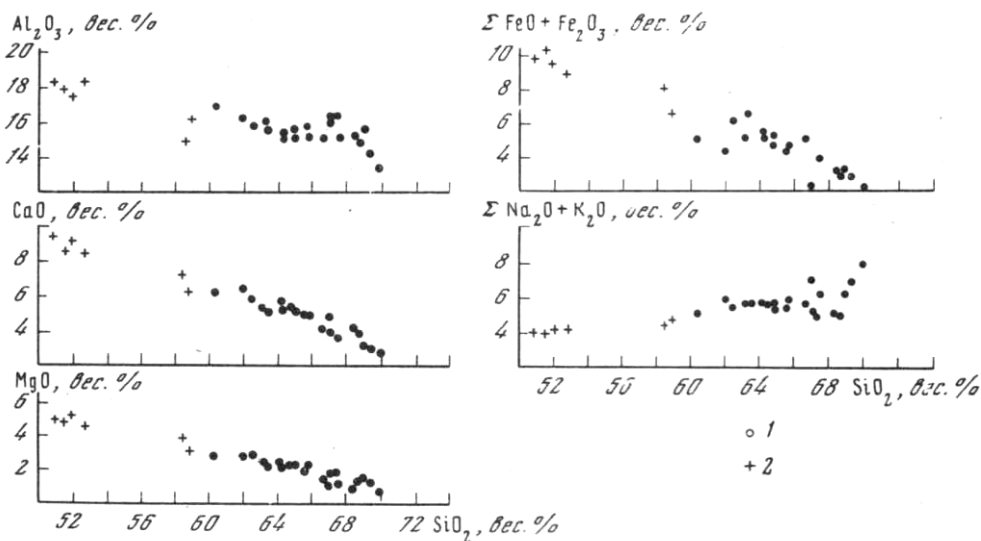


Рис 5. Вариации состава оливинов
1 — в лавах андезито-дацитового состава 40 замеров; 2 — в базальтах включений 55 замеров

Рис. 6. Зависимость между содержанием породообразующих окислов SiO₂ (диаграмма Харкера)
1 — в лавах; 2 — во включениях в лавах



клаза, амфибола, рудного минерала, в промежутках между которыми находится небольшое количество бесцветного стекла, реже отмечается кристобалит, а среди микролитов — оливин. Характерной особенностью основной массы пород включений являются удлиненные формы слагающих ее минералов, обилие скелетных кристаллов, наличие многочисленных прорастаний кристаллов с образованием жесткого каркаса, т.е. все те признаки, которые, как это принято считать, обычно свидетельствуют о высокой скорости кристаллизации.

В целом морфология и состав вкрапленников во включениях аналогичны таковым в лавах Дикого Гребня. Средние значения магнезиальности вкрапленников в лавах и включениях полностью идентичны. Близки также состав крупных вкрапленников плагиоклазов и удельный вес вкрапленников кварца. В соответствии с общей тенденцией убывания содержания вкрапленников в породах Дикого Гребня с увеличением основности пород количество вкрапленников во включениях, по сравнению с лавами, минимально; при этом во включениях базальтового состава вкрапленников меньше, чем во включениях андезитового состава (см. рис. 4).

Содержание кремнезема в лавах Дикого Гребня колеблется от 60,3 до 70,0%, а во включениях — от 50,9 до 58,9% (табл. 2). При этом распределение имеющихся анализов по SiO₂ неравномерно и соответствует двум выде-

Т а б л и ц а 2

Химический состав пород вулкана Дикий Гребень

№ п/п	№ образца	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
1	5358/1	60,34	0,66	17,03	1,00	4,08
2	5362	61,98	0,62	16,35	0,86	3,50
3	5852	62,51	0,54	15,88	6,30*	–
4	1378	63,20	0,54	16,66	3,59	1,61
5	5850	63,34	0,51	15,67	6,64*	–
6	25	64,20	0,66	15,39	2,36	3,19
7	1379	64,32	0,62	15,25	4,82	0,51
8	8359	64,80	0,80	15,35	2,73	2,67
9	107	64,90	0,47	15,68	2,98	1,90
10	1468	65,60	0,30	15,86	2,47	2,06
11	8368	65,74	0,89	15,30	3,07	1,72
12	5849	66,73	0,45	15,18	2,47	2,33
13	5359	67,04	0,36	16,46	0,40	1,99
14	19	67,10	0,33	16,20	1,57	2,53
15	–	67,30	0,70	16,45	1,26	2,73
16	5853	67,59	0,35	15,18	3,94*	–
17	2165	68,54	0,28	15,35	1,60	1,72
18	1470	68,74	0,37	15,02	1,44	1,72
19	101	69,02	0,07	15,77	1,52	1,96
20	11/1	69,38	0,35	14,27	1,79	1,18
21	5359/9	70,08	0,36	13,46	1,61	0,55
22	8361/6	50,92	1,00	18,12	5,60	4,22
23	ПАЭ-1	51,47	1,07	18,05	5,33	4,94
24	8361/a	51,78	1,00	17,61	4,67	4,71
25	ПАЭ-2	52,72	0,99	18,43	4,83	4,13
26	6	58,42	0,76	15,04	5,14	2,99
27	9/7 3	58,90	0,67	16,29	3,25	3,55

* – общее железо в виде Fe₂O₃

ленным группам: андезиты и андезито-дациты, SiO₂ = 63–65%, дациты и липарито-дациты, SiO₂ 67–69%. Соответствующие им группы пород во включениях отвечают базальтам (SiO₂ = 51–53%) и андезитам (SiO₂ = 57–59%). Вместе с тем фигуративные точки пород на петрохимических диаграммах (например, диаграмма Харкера) ложатся в пределах единой узкой полосы (рис. 6), подчеркивая петрохимическое родство всего комплекса пород.

В целом, по особенностям химического (см. табл. 2), а также редкоземельного состава (табл. 3) вулканические породы Дикого Гребня относятся к нормальной известково-щелочной серии, обычной для пород островных дуг. (Рудич и др., 1974; Леонова, 1974; Jakes, White, 1972). При этом дациты Дикого Гребня отличаются от аналогичных пород Узонско-Семьячинского района Камчатки (Леонова, 1974) более высокими содержаниями Rb (при сходных содержаниях K) и соответственно более низкими значениями K/Rb отношений, а также более высокими содержаниями Ni и V и более высокими значениями Ni/Co отношений. От среднего известково-щелочного дацита П. Джейкса и Дж.Р. Уайта (Jakes, White, 1972) дациты Дикого Гребня отличаются повышенными содержаниями Ni и V и меньшими значениями V/Ni отношений. При этом содержание Rb, величины K/Rb и La/Yb отношений в них очень близки (см. табл. 3). Состав анализированных на редкие элементы включений в андезитах

Таблица 2 (окончание)

№ п/п	№ образца	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	5358/1	0,19	2,96	6,34	3,70	1,47
2	5362	0,37	2,86	6,49	4,01	1,98
3	5852	0,15	2,93	5,91	3,57	1,87
4	1378	0,10	2,43	5,41	3,95	1,85
5	5850	0,19	2,35	5,34	3,79	2,02
6	25	0,10	2,39	5,70	3,80	2,00
7	1379	0,09	2,29	5,52	3,85	2,00
8	8359	0,13	2,35	5,36	3,86	2,02
9	107	0,11	2,28	5,21	3,63	1,95
10	1468	0,60	2,08	5,04	3,33	2,32
11	8368	0,11	2,14	5,04	3,92	2,06
12	5849	0,11	1,48	4,19	3,59	2,20
13	5359	0,26	1,16	4,91	4,89	2,30
14	19	0,06	1,84	4,02	3,89	1,49
15	—	0,10	1,92	3,94	3,07	2,15
16	5853	0,10	1,33	3,76	3,98	2,37
17	2165	0,03	0,98	4,26	3,57	1,58
18	1470	0,03	1,37	4,00	3,16	1,98
19	101	0,01	1,52	3,33	4,08	2,41
20	11/1	0,07	1,43	3,18	4,40	2,69
21	5359/9	0,16	0,86	2,89	5,10	3,04
22	8361/6	0,14	4,91	9,61	3,08	0,97
23	ПАЭ-1	0,18	5,11	9,72	3,10	0,91
24	8361/a	0,15	4,11	9,19	3,06	1,20
25	ПАЭ-2	0,18	4,59	8,48	3,08	1,26
26	6	0,11	4,91	7,32	2,94	1,51
27	9/7 3	0,13	3,23	6,40	3,60	1,18

Примечание: Анализы 1–21 — лавы; 22–27 — включения; анализы 1–2, 4, 6–8, 11, 13, 20–22; 24, 26, 27 — выполнены в лаб. Института вулканологии ДВНЦ АН СССР; анализы 3, 5 и 16 выполнены рентгено-спектральным методом в ГЕОХИ СО АН СССР, остальные — методом классического сили-

и дацитах отвечает глиноземистому известково-щелочному базальту и по содержаниям K, Rb, V, Co, La, Y, Yb и величинам K/Rb, V/Ni, La/Yb отношений очень близок к высокоглиноземистому базальту других районов Камчатки (Леонова, 1974; Леонова, Кирсанов, 1974) и к среднему известково-щелочному базальту островных дуг (Jakes, White, 1972). Различия в содержаниях редких элементов в анализированных образцах андезито-дацитов и дацитов минимальны и выражаются в несколько пониженном содержании в первых Na, K, Rb, Ba, Ce и повышением Sr и элементов группы железа, однако отличия эти весьма невелики. Небольшие отличия устанавливаются также и в содержании фтора: в андезито-дацитах $\bar{x} = 330\gamma$ ($n = 3$), в дацитах — $\bar{x} = 250\gamma$ ($n = 13$).

Прежде чем касаться генезиса указанных образований, перечислим коротко основные особенности рассматриваемого комплекса.

1. Выделенный комплекс характеризуется сложным сочетанием лавово-экструзивных и пирокластических (главным образом, взрывных) образований. Нет сомнения в том, что периоды относительно спокойного излияния или выдавливания магматического материала чередовались здесь с импульсами быст-

Таблица 2 (окончание)

P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	П.п.п.	CO ₂	SO ₃	Σ
0,25	0,24	0,35	—	0,70	0,3	99,63
0,19	0,20	0,13	—	—	—	99,54
0,23	—	—	0,27	—	—	—
0,17	0,28	0,80	—	—	—	99,99
0,08	—	—	0,19	—	—	—
0,10	0,02	0,30	—	—	—	100,21
0,10	0,24	—	—	—	—	99,65
0,14	0,18	н/об	—	—	—	100,39
0,19	0,20	0,11	—	0,20	—	—
0,13	—	—	0,18	—	0,08	100,32
0,14	0,20	н/об	—	—	—	100,33
0,15	—	—	0,73	—	—	99,61
0,13	0,06	0,22	—	—	—	100,18
0,05	0,14	—	—	—	0,33	—
0,09	0,11	0,46	—	—	—	100,28
0,05	—	—	0,81	—	—	—
0,11	0,22	—	0,74	—	0,42	99,19
0,14	—	—	0,13	—	0,60	99,10
0,05	0,13	—	0,43	—	0,22	—
0,10	—	1,33	—	—	—	100,17
0,13	0,16	1,51	—	0,55	—	100,46
0,06	0,28	0,74	—	—	—	99,65
0,72	—	—	0,94	—	—	100,27
0,08	0,12	0,91	—	—	—	99,59
0,28	—	—	1,15	—	—	99,84
0,12	0,10	0,33	—	—	—	99,69
0,31	1,24	0,80	—	—	—	99,51

катного анализа; анализы 10, 17, 18 — по материалам С.А. Апрелькова (Эрлих, 1966); анализ 15 — по материалам Б.И. Пийпа (там же), остальные анализы — из коллекции авторов.

рого "взрывного" разрушения и выброса как уже сформировавшегося, так и ювенильного материала.

2. Достопримечательностью комплекса является наличие своеобразных "потоков", тесно ассоциирующих с воронками взрыва. Они обладают скрытой анизотропией внутреннего строения, а по особенностям морфологии и разрывной тектоники сходны как с обычными лавовыми потоками, так и с экструзиями. Основными элементами их строения являются "блоки-чешуи" с обращенными к взрывным воронкам симметричными дугами.

3. Состав вулканитов Дикого Гребня меняется от андезитов до липарито-дацитов; распределение пород по основности дискретно, с разрывом в интервале 65–67% SiO₂. Этот разрыв подчеркнут в отдельных образцах полосчатыми разноситями, сложенными полярными по составу породами. Характер смены пород во времени антидромный по схеме: дациты → андезиты; дациты → андезиты.

4. Все вулканиты содержат обильные включения типа гомеогенных, что, является характерной особенностью камчатских лав такого состава. По основности включения отвечают либо базальтам, либо андезитам, а включения андезито-базальтового состава (SiO₂ = 53–58%) не встречены.

Таблица 3

Содержание редких элементов в лавах вулкана Дикий Гребень и включения в них

Компоненты	5852	5850	ИЛЭ-17	5849	5853	ИЛЭ-16
SiO ₂	62,51	63,34	—	66,70	67,60	—
Na	2,50	2,81	2,90	2,95	2,95	2,42
K	1,56	1,68	1,68	1,62	1,66	0,94
Ba	650	650	710	660	800	480
Sr	340	330	290	300	300	440
F	—	280	220	330	270	620
B	—	—	25	46	42	24
Ni	51	33	30	12	20	80
Co	47	8,7	12	8	10	31
V	170	190	100	84	110	280
La	15	14	16	16	18	16
Ce	30	25	40	45	40	30
Nd	17	19	16	17	20	20
Y	11	10	11	10	11	18
Yb	2,0	2,0	2,2	2,0	2,3	3,0
K/Na	0,62	0,60	0,58	0,55	0,56	0,39
K/Rb	—	—	420	405	380	855
Ba/Sr	1,9	2,0	2,5	2,2	2,7	1,1
Ni/Co	1,1	3,8	1,7	1,5	2,0	2,6
V/Ni	3,3	5,8	5,0	7,0	5,5	3,5
La/Yb	7,5	7,0	7,3	8,0	7,8	5,3

Примечание: 5852, 5850 — андезито-дациты; ИЛЭ-17, 5849, 5853-дациты; ИЛЭ-16, ПАЭ-3 — включения в лавах; 1 — средний дацит, кальдера - Узон (Леонова, 1974); 2 — средний базальт, кальдера Узон (там же); 3 — средний глиноземистый известково-щелочной четвертичный базальт Камчатки (Леонова, Кирсанов, 1974); 4 — известково-щелочной дацит островных дуг

5. По петро-геохимическим особенностям все типы пород Дикого Гребня (в том числе и включения) относятся к типичной для Камчатки известково-щелочной серии.

6. Во всех типах пород наблюдается один и тот же набор минералов-вкрапленников: плагиоклаз, кварц, амфибол, орто- и клинопироксен, оливин, магнетит. Причем средний состав минералов, а также характерные генерации их одни и те же в породах разной основности. Отмечается резкая неравновесность ассоциаций минералов-вкрапленников: сосуществование относительно магнезиального оливина с кварцем; резко различающиеся по составу и морфологии генерации плагиоклаза (от олигоклаз-андезина до битовнит-анортита); амфибол с безводными темноцветными минералами без следов реакционных взаимоотношений.

7. Наблюдается существенное колебание количества вкрапленников в пределах конкретных магматических тел. Однако вариации содержаний вкрапленников закономерны и тесно связаны с изменением основности пород: с увеличением содержания SiO₂ в породах возрастает общее количество в них вкрапленников. При этом растет содержание плагиоклаза и кварца, а количество темноцветных минералов несколько уменьшается.

При обсуждении происхождения вулканического комплекса Дикого Гребня необходимо остановиться на двух аспектах: механизме образования таких необычных вулканических сооружений, как "обращенные потоки", и петрогенезисе изученных пород.

Таблица 3 (окончание)

ПАЭ-1	ПАЭ-3	ПАЭ-3	1	2	3	4	5
51,50	52,70	—	66,80	52,00	51,90	63,00	52,00
2,45	2,48	2,50	—	—	2,60	—	—
0,91	0,81	1,00	1,60	0,75	1,00	—	—
300	340	370	—	—	600	520	115
300	360	340	—	—	360	460	330
650	420	560	—	—	500	—	—
20	23	19	15,60	21	20	—	—
30	66	18	13	26	38	5	25
30	29	21	9	31	35	—	—
310	220	250	58	250	300	68	255
10	12	10	—	—	—	14	9,6
30	30	30	—	—	—	19	19
20	20	16	—	—	—	—	—
18	21	17	—	—	—	20	20
3,5	3,2	3,6	—	—	—	1,4	2,7
0,37	0,37	0,40	—	—	—	—	—
910	850	690	530	750	670	380	340
1,0	0,94	1,09	—	—	1,65	1,1	6,35
1,0	2,3	0,9	1,4	0,8	1,0	—	—
10,3	3,3	13,9	4,5	9,6	8,0	13,6	10,2
2,9	3,7	2,8	—	—	—	10,0	3,5

(Jakes, White, 1972); 5 — известково-щелочной базальт островных дуг (там же).

Анализы выполнены в ГЕОХИ СО АН СССР, содержание Na, K, определялось методом пламенной фотометрии, остальных микроэлементов спектральным методом; содержание SiO₂, Na, K в %, микроэлементов в частях на млн.

Анализируя особенности строения "обращенных потоков", отметим, что каждый из них представляется морфологически единым образованием со своим общим для всего тела планом расположения структурных элементов. Хотя в краевых (наиболее удаленных от взрывных воронок) частях этих потоков отмечаются структурные неоднородности, которые могут интерпретироваться как экстрезии, в целом образование "потоков" не может быть следствием излияния из многих, расположенных на одной трещине центров. В противном случае мы имели бы иной план расположения морфоструктурных элементов. Таким образом, можно предположить, что формирование "обращенных потоков" связано с движением относительно вязкого магматического материала, а дугообразная ориентировка "блоков-чешуй" отражает направление этого движения. В таком случае механизм образования "обращенных потоков" сходен с таковым для "нормальных" потоков.

Принадлежность всех разновидностей пород Дикого Гребня к единой петрохимической серии, закономерное и направленное изменение петро-геохимических характеристик в породах разной основности, близость минерального состава — все это свидетельствует о том, что изученные образования представляют собой генетически единый ряд пород. Формирование пород изученного комплекса связано с короткими антидромными циклами вулканической активности, в течение которых состав расплавов менялся от дацитового до андезитового. Увеличение содержания вкрапленников от более основных разновидностей вулкаников к более кислым при постоянном валовом составе их исключает, на наш взгляд,

ведущую роль кристаллизационной дифференциации как механизма, обусловившего разнообразие наблюдаемых пород.

Очевидно, что в данном случае работает какой-то иной механизм. В связи с этим обращает на себя внимание неоднократно отмечавшаяся резкая гетерогенность состава вкрапленников (сосуществование кварца с магнезиальным оливином, натрового и кальциевого плагиоклаза и т.д.), а также относительно натровый валовый состав плагиоклаза в андезитах (по сравнению с аналогичными по составу породами из других вулканов Камчатки и Курил) и довольно магнезиальный состав оливина. Отметим, что средний валовый состав оливина в породах Дикого Гребня (F_{078-79}) аналогичен таковому в низкокальциевых базальтах Восточной Камчатки (Рудич и др., 1974). То же можно сказать относительно генерации крупных кристаллов плагиоклаза битовнит–анортитового состава, отвечающих среднему составу плагиоклаза из тех же базальтов. Указанные наблюдения позволяют предположить, что в образовании изученной ассоциации вулканических пород принимают участие и кислые (дацитовые, липарито–дацитовые) и основные (базальтовые) расплавы и что все разнообразие пород обусловлено большей или меньшей примесью базальтового материала к преобладающему объему кислых расплавов.

С этих позиций обильные в лавах Дикого Гребня так называемые гомогенные включения (имеющие преимущественно базальтовый состав) могут рассматриваться как "недосмешавшиеся" линзы базальтового материала. Ряд петрографических наблюдений как будто подтверждает такую трактовку. Действительно, такие факты, как взаимные затеки материала по границе лавы и включений, а также наличие в дацитах неправильных участков пузыристой основной массы, сходной по петрографическим особенностям с основной массой включений, могут, по-видимому, указывать на то, что в определенный период времени включения представляли собой жидкие "капли" основного материала в кислом. Согласуется с этим также наблюдавшееся для ряда включений зональное строение, когда внешние зоны включений заметно более тонкозернистые, чем внутренние; это может быть обусловлено закалкой более нагретого базальтового расплава в менее нагретом дацитовом.

Предложенная гипотеза удовлетворительно объясняет большинство минералогическо–петрографических особенностей изученной ассоциации вулканических пород, однако авторы сознают, что она не лишена слабых мест.

ЛИТЕРАТУРА

- Леонова Л.Л.* Геохимическая характеристика основных и кислых вулканитов Узонско–Гейзерной депрессии. – В сб.: Вулканизм, гидротермальный процесс и рудообразование. М., "Наука", 1974.
- Леонова Л.Л., Кирсанов И.Т.* Геохимия базальтов Ключевского вулкана (Камчатка). – Геохимия, 1974, № 6.
- Пийн Б.И.* Маршрутные геологические наблюдения на юге Камчатки. – Труды Камчатской вулканостанции, 1947, вып. 3.
- Рудич К.Н., Волынец О.Н., Ермаков В.А., Колосков А.В.* Многообразие вулканических пород Камчатки и проблемы их генезиса. – В сб.: Геодинамика, магмообразование и вулканизм. Петропавловск–Камчатский, 1974.
- Святловский А.Е.* Атлас вулканов СССР. М., "Наука", 1959.
- Селянгин О.Б.* Гомогенные включения и возможности реконструкции механизма дифференциации магмы в недрах вулканических аппаратов. – Бюл. вулканол. станций АН СССР, 1974, № 50.
- Эрлих Э.Н.* Петрохимия кайнозойской Курило–Камчатской вулканической провинции. М., "Наука", 1966.
- Jakes P., White A.J.R.* Major and trace elements abundances in volcanic rocks of orogenic areas. – Bull. Geol. Soc. America, 1972, v. 83, № 1.