

**ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ — ТРЕТИЧНЫХ ПЛУТОНИЧЕСКИХ
И ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАМЧАТКИ**

Петрохимические особенности третичных магматических образований Центральной Камчатки уже обсуждались в ряде статей, опубликованных в сборнике «Петрохимические особенности молодого вулканизма» (1963). Так, в статье М. И. Попковой приводилась очень краткая характеристика разновозрастных интрузивных образований Центральной Камчатки и их сравнение с подобными образованиями Западной и Восточной Камчатки, основанное на очень небольшом по объему материале (всего 44 анализа по всей Камчатке). Основной упор в статье был сделан на сравнение петрохимических особенностей интрузивного магматизма разных структурно-фациальных зон Камчатки и разных районов южной части Дальнего Востока. В статье В. К. Ротмана рассматривалась петрохимическая эволюция лав Срединного Камчатского хребта от верхнего мела до нижнечетвертичного времени, а в статье В. Н. Бондаренко и М. Ю. Хотина — петрохимия неогеновых вулканических пород. Наконец, материал по петрохимии плиоценовых экструзий Юго-Восточной Камчатки приводится в работе С. Е. Апрелькова и В. С. Шеймовича (1963).

В настоящей главе, основанной на проведенном авторами в результате детальных многолетних геолого-петрографических работ формационном расчленении развитых в Центральной Камчатке третичных магматических образований, обобщается весь имеющийся к настоящему времени фактический материал по петрохимии выделенных плутонических и вулcano-плутонических формаций.

Основные задачи, которые ставились при написании данной главы, вкратце сводятся к следующему: а) систематическое описание петрохимических особенностей каждой выделенной формации магматических пород и выявление критериев, позволяющих отличать их; б) оценка относительной роли процессов дифференциации, гибридизма и аккумуляции в образовании пород каждой формации; в) приблизительная оценка составов магматических расплавов, исходных для пород каждой формации, их генезиса и направления эволюции в истории развития формационного ряда пород; г) выяснение петрохимических критериев комагматичности (на примере вулcano-плутонической формации габбро-сиенитов—трахиандезитов).

Методика исследований

В настоящей главе использовано 214 полных силикатных химических анализов, причем 96 из них выполнены по материалам, собранным авторами, в химической лаборатории Института вулканологии, а остальные заимствованы из опубликованных в печати работ и главным образом из материалов Камчатского геологического управления. Большинство анализов публикуются впервые. Все анализы сведены в таблицы, помещенные в разделах, посвященных описанию пород соответствующих формаций. Изучение петрохимических особенностей пород разных формаций, их характерных параметров и особенностей эволюции производилось путем пересчетов химических анализов и нанесения их на диаграммы по методам А. Н. Заварицкого (1950), Ф. Уокера и А. Полдерварта (1950), А. Штейнера (Steiner, 1958), Х. Куно (Kuno, 1959), М. Ямасаки (Yamasaki, 1956), А. Ритмана (1964) и др.

Перечисленные методы были использованы как для отнесения пород каждой формации к определенным химическим сериям, так и для решения ряда важных петрологических задач: определения направления эволюции, выяснения относительной роли процессов дифференциации и аккумуляции и т. д. Необходимо отметить, что все диаграммы (за исключением диаграммы А. Н. Заварицкого) построены на основе использования весовых содержаний окислов.

Кроме того, для каждой формации рассчитаны частоты встречаемости пород по содержанию SiO_2 с интервалом в 4% и вычислены составы средних типов пород. Сравнение рассчитанных средних типов со средними, по Р. Дэли, позволяет установить специфику пород каждой формации и оценить степень контаминации расплавов веществом вмещающих пород, роль глубинного гибридизма, значение аккумуляции кристаллического материала и т. д.

Были подсчитаны также средние, взвешенные по площадям составы некоторых интрузивных массивов и площади распространения на изученной территории интрузивных образований различного типа, относящихся к каждой формации (на основе данных авторов и обобщения материалов по государственной геологической съемке, проведенной Камчатским геологическим управлением).

Допустив, что рассчитанные средние составы изученных интрузивных массивов соответствуют таковым для остальных массивов и, зная площади распространения интрузивных массивов разного типа для каждой формации, можно примерно оценить состав исходных расплавов для каждой формации. Попытка оценки среднего состава исходных расплавов была предпринята и с помощью другой методики: расчета содержаний окислов как средних арифметических из имеющихся анализов.

Проведенные исследования позволили выявить характерные петрохимические особенности каждой формации, дающие возможность достаточно четко отличать их одну от другой, а сравнительный анализ полученных данных ПОЗВОЛИЛ проследить эволюцию магматических расплавов в ходе становления верхнемеловой — третичной геосинклинали данного региона.

Результаты наблюдений

Формация габбро-плагиогранитов (Cr_2 —Pg)

Петрохимические особенности пород формации габбро-плагиогранитов рассматриваются на основании 36 анализов, из которых 8 относятся к породам массивов, дифференцированных в интрузивных камерах,

¹ Названия пород, предложенные авторами анализов, сохранены в приведенных нами таблицах.

а остальные — к породам массивов, дифференцированных по фазам внедрения. Породы массивов разного типа по особенностям химизма практически не отличаются и вследствие этого рассматриваются в дальнейшем совместно.

Все изученные плутонические образования данной формации относятся к известково-щелочной серии пород (по классификации Пикока). Щелочно-известковый индекс Пикока для них равен 57,5 (см. рис. 52), т. е. они занимают промежуточное положение между сериями Крендолл и Сан-Хуан (Барт, 1956). По классификации А. Ритмана, породы формации относятся к тихоокеанскому (известково-щелочному) ряду со средним характером родственной группы. Величина показателя родства b для большинства из них лежит в пределах от 1,8 до 3; среднее значение его 2,04 (подсчитанное как среднее арифметическое из частных определений σ для каждого анализа). Щелочно-известковый индекс Куно для пород формации — 20,5 при значении $\text{CaO} = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, равном 5,5—6,0, т. е. и по этому показателю исследуемые плутонические образования относятся к известково-щелочному ряду. Наконец, породы габбро-плагиогранитовой формации достаточно близки к средним типам нормальных известково-оелочных пород, по Дэли, отличаясь от них не сколько повышенным содержанием щелочей, что наиболее отчетливо видно на диаграмме А. Н. Заварицкого (рис. 48).

Содержание кремнезема в породах исследуемой формации меняется от 43 до 75%, одняко преобладающими являются породы, где SiO_2 60% и более (см. рис. 56, табл. 31). Содержание щелочей закономерно и постепенно возрастает от 1,0—1,5% в наиболее основных разностях до 6,8—7,5% в породах с 65—67%-ным содержанием кремнезема, а в дальнейшем, при увеличении количества SiO_2 вплоть до 75%, остается практически постоянным. В группе щелочей натрий заметно преобладает над калием, причем с ростом кислотности пород относительная роль калия увеличивается. Наиболее наглядное представление о характере изменения щелочности пород можно получать на тройной диаграмме $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} : \text{CaO}$ (см. рис. 53). Здесь отчетливо видно, что на первых этапах дифференциации содержание щелочей в породах увеличивается преимущественно за счет натрия, затем количества натрия и калия возрастают пропорционально и, наконец, на заключительных этапах дифференциации общая щелочность пород растет за счет калия. Такой характер эволюции щелочности всего ряда пород в минералогическом их составе выражается в увеличении содержания альбитового компонента в плагиоклазах от габбро до кварцевых диоритов, тогда как калиевый полевой шпат в них практически отсутствует, затем в появлении и постепенном увеличении содержания калишпата при одновременном увеличении роли альбитовой составляющей в плагиоклазах от гранодиоритов до гранитов и, наконец, в появлении автометасоматического калишпата в лейкократовых гранитах.

Сумма алюмощелочных окислов ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{AlKAl}$) в большинстве пород формации колеблется довольно незначительно (от 20 до 24%), хотя в целом наблюдается некоторое общее уменьшение этой величины в сторону наиболее кислых разностей (см. рис. 54). Лишь 4 анализа заметно отличаются от остальных. Это анализы пород Крутоговского массива: горнблендит (14,09), габбро (25,50), диорит (24,48) и двуслюдяной гранит (26,03). По-видимому, это обусловлено заметной аккумуляцией кристаллов темноцветных в горнблендите и полевого шпата во всех остальных разностях, хотя не исключено, что образование горнблендитов связано с процессами метасоматоза и обогащение темноцветными имеет метасоматический генезис.

В противовес алюмощелочным окислам, сумма кальциево-фемических окислов ($\text{CaO} + \text{FeO} + \text{MgO}$) с ходом дифференциации постоянно

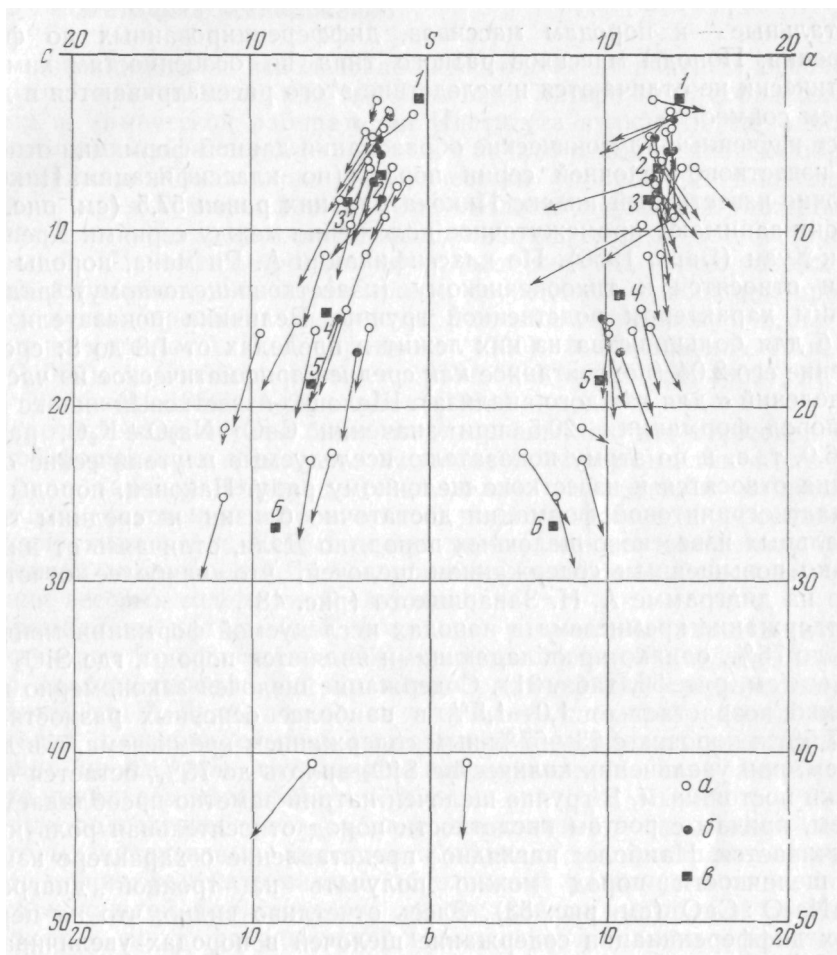


Рис. 48. Диаграмма химических составов пород верхнемеловой-палеогеновой габбро-плагиогранитовой формации (по методу А. Н. Заварицкого).

a, б — породы массивов, дифференцированных: *a* — по фазам внедрения, *б* — в интрузивных камерах; *в* — средние типы пород, по Р. Дэли (цифры на диаграмме): 1 — аляскит, 2 — послекембрийский гранит, 3 — гранодиорит, 4 — диорит, 5 — кварцевое габбро, 6 — габбро

уменьшается, а количество кремнезема возрастает, причем не происходит обогащения железом на начальных и средних этапах дифференциации, а вместо этого весь период кристаллизации сопровождается постепенным накоплением щелочей (вместе с кремнеземом) в последовательно сменяющихся один другого дифференциатах (см. рис. 55). Большая часть СаО входит в состав полевых шпатов, так что в 14 анализах из 36 в составе цветной части пород кальций вовсе отсутствует, и они пересыщены алюминием. Минералогически такой дефицит кальция выражается в том, что среди темноцветных минералов в породах много слюд, а среди аксессуарных — таких высокоглиноземистых соединений, как гранат, андалузит, кордиерит. Относительная роль магния в цветной части постепенно уменьшается при переходе от основных разностей пород к кислым.

Таким образом, эволюция химического состава пород формации в целом несколько отличается от таковой для производных нормальных известково-щелочных магм. Отклонения эти вызваны прежде всего несколько необычным ходом эволюции в породах щелочей и повышенной ролью натрия среди них. Разделение щелочных окислов, когда Na_2O

Химические составы пород формации габбро-плагиигранитов

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	43,24	46,36	46,52	50,68	51,92	54,14	54,36	55,12	60,02	60,06	60,88	61,06	61,36	63,18	64,10	64,83	66,68	66,86
TiO ₂	1,37	0,77	1,01	2,03	2,28	0,75	0,57	0,84	1,17	0,85	0,73	0,76	0,96	0,71	0,25	0,58	0,33	0,65
Al ₂ O ₃	20,53	12,82	21,68	17,28	16,17	19,52	17,73	17,26	16,08	16,93	15,08	14,62	14,69	16,67	20,13	15,95	12,86	16,51
Fe ₂ O ₃	8,59	7,51	5,16	2,63	1,34	4,68	0,66	2,46	2,68	1,61	0,82	0,96	3,21	0,95	1,73	2,22	1,17	1,40
FeO	4,92	4,16	2,78	5,60	8,05	1,68	7,40	5,49	3,37	4,44	4,43	5,88	2,80	2,08	0,89	2,61	2,46	2,81
MnO	0,15	0,06	0,03	0,05	0,16	0,09	0,09	0,15	0,08	0,12	0,14	0,11	0,16	0,03	—	0,10	0,04	0,03
MgO	5,73	14,26	5,29	5,45	6,45	3,96	3,45	3,44	4,38	2,63	4,55	3,60	5,11	2,25	0,55	1,85	1,36	0,99
CaO	9,12	12,30	11,36	9,00	7,64	8,82	5,67	6,37	5,18	5,17	5,90	5,20	6,00	5,01	3,59	4,25	2,10	2,27
Na ₂ O	2,34	0,56	3,27	4,25	3,35	3,45	2,88	4,05	4,19	3,89	3,34	4,72	4,37	3,92	4,37	4,55	4,21	4,64
K ₂ O	0,87	0,71	0,55	1,34	0,87	1,51	2,22	1,41	2,02	1,92	1,70	1,61	1,11	2,84	1,58	1,92	3,33	2,76
P ₂ O ₅	0,38	0,10	0,27	0,34	0,75	0,05	0,31	0,17	0,36	0,55	—	0,30	0,08	0,16	—	0,15	0,12	0,17
H ₂ O ⁻	0,35	0,33	0,23	0,06	0,22	0,21	0,44	0,19	0,16	0,32	0,16	0,08	0,10	0,16	0,22	0,22	—	—
H ₂ O ⁺	—	—	—	0,96	0,31	—	—	—	0,57	—	1,63	1,08	—	—	—	1,22	—	—
П.п.п.	1,52	1,34	1,12	—	—	1,58	3,68	2,43	—	1,80	—	—	0,60	0,71	1,20	—	—	—
SO ₃	0,28	0,15	0,09	CO ₂ =0,42	—	0,29	0,08	—	—	0,38	CO ₂ =0,10	CO ₂ =0,65	0,26	0,25	0,17	—	—	—
Σ	99,39	101,43	99,36	100,09	99,51	100,73	99,54	99,38	100,26	100,67	99,46	100,63	100,76	98,92	98,78	100,45	94,66	99,09

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	7,2	2,1	8,7	12,4	8,72	10,3	10,3	11,6	12,0	12,4	9,8	12,5	10,9	13,0	12,1	12,8	13,8	14,3
<i>c</i>	11,6	6,7	11,5	5,4	6,6	8,5	7,4	6,4	4,7	5,8	5,0	3,4	4,0	4,9	4,4	4,3	2,5	3,4
<i>b</i>	25,0	40,5	21,1	22,5	22,92	15,7	15,1	15,6	14,3	11,2	14,8	15,4	16,8	8,1	9,5	8,5	9,1	6,3
<i>s</i>	56,1	50,8	58,6	59,7	61,77	65,5	67,2	66,4	69,0	70,5	70,4	68,7	68,3	74,0	73,9	74,4	74,6	75,9
<i>a'</i>	—	3,2	—	—	—	—	3,0	—	—	—	—	—	—	—	65,9	10,5	39,7	11,8
<i>f'</i>	36,6	51,6	36,8	33,9	39,30	54,1	55,0	50,0	37,93	52,2	33,8	42,0	31,9	43,7	49,7	52,4	35,3	61,2
<i>m'</i>	46,5	45,2	46,3	41,2	48,33	43,2	42,0	39,0	51,16	41,5	53,0	39,1	50,1	50,0	35,7	37,1	25,0	26,9
<i>c'</i>	16,9	—	16,9	24,9	12,38	2,7	—	11,0	10,90	6,3	13,2	18,9	18,1	6,2	—	—	—	—
<i>n</i>	78,7	59,0	89,0	75,7	84,1	77,6	67,0	81,0	76,25	75,9	75,0	81,7	85,3	67,4	80,4	78,6	65,7	71,3
<i>Q</i>	-13,7	-8,1	-11,6	-10,8	-0,6	+1,9	+6,4	+3,2	+9,3	+10,5	+16,2	+9,0	+10,8	+17,1	+19,3	+18,9	+19,1	+19,9
<i>a/c</i>	0,76	0,41	0,75	2,3	1,3	1,2	1,4	1,8	2,55	2,1	1,9	2,7	2,7	3,4	2,7	2,98	5,5	4,2

Таблица 31 (окончание)

Компоненты	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO ₂	67,26	68,12	68,20	69,22	69,34	69,46	69,74	69,82	70,44	70,80	71,06	71,68	72,46	72,48	72,76	73,62	73,70	74,92
TiO ₂	0,46	0,60	0,52	0,43	0,40	0,30	0,27	0,43	0,43	0,36	0,92	0,38	0,36	1,00	0,22	—	0,46	0,20
Al ₂ O ₃	15,31	14,68	15,75	15,61	14,67	15,32	15,40	15,91	14,32	14,49	12,86	13,76	14,54	14,50	15,09	14,10	15,01	13,76
Fe ₂ O ₃	1,30	1,64	0,34	0,66	0,46	0,63	0,44	0,75	1,66	1,95	2,04	1,55	0,65	1,10	0,33	0,50	0,79	0,40
FeO	2,76	2,21	2,33	1,94	2,84	1,58	2,76	2,10	1,11	1,12	1,86	1,23	1,47	0,80	0,96	0,71	0,69	0,86
MnO	0,08	He опр.	0,06	0,06	0,06	0,03	0,03	—	0,03	0,07	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	—	0,05	0,02
MgO	1,36	1,74	1,30	1,36	1,00	1,25	0,60	1,42	0,92	1,12	1,37	1,22	1,19	0,45	0,33	0,06	0,82	0,37
CaO	3,22	3,00	2,88	2,66	3,03	4,15	3,12	1,74	3,06	2,49	3,06	3,08	2,26	1,87	1,88	3,22	0,95	0,74
Na ₂ O	4,56	4,26	4,20	4,53	5,14	4,80	4,12	3,52	3,88	3,73	4,09	4,45	3,88	3,97	4,22	4,48	3,59	3,02
K ₂ O	2,18	2,54	3,00	2,63	2,78	2,04	3,09	3,98	2,84	3,34	2,94	2,24	2,98	3,72	3,22	2,05	3,55	4,98
P ₂ O ₅	0,11	—	—	—	0,19	0,59	0,12	—	0,4	0,05	0,23	0,14	0,25	0,16	—	0,3	—	—
H ₂ O ⁻	0,23	0,35	0,08	0,14	0,29	0,12	0,24	0,38	—	0,29	—	0,69	0,02	0,13	0,01	0,08	0,05	0,03
H ₂ O ⁺	—	0,68	0,78	0,55	—	0,44	—	0,63	—	—	—	0,05	0,68	—	0,50	—	0,81	0,53
П.п.п.	0,98	—	—	—	0,31	—	0,77	—	—	0,68	—	—	—	0,59	—	0,68	—	—
SO ₃	—	—	—	CO ₂ =0,08	0,04	—	0,09	—	—	0,74	—	—	—	0,24	CO ₂ =0,06	0,24	—	—
Σ	99,81	99,82	99,44	99,87	100,55	100,71	100,79	100,68	99,09	101,23	100,46	100,50	100,76	101,05	99,63	100,04	100,47	99,27

Числовые характеристики по А. Н. Заварцкому

<i>a</i>	13,1	12,9	13,5	13,6	14,9	13,1	13,4	12,8	12,6	12,8	12,8	12,7	13,7	13,7	13,8	12,6	12,3	14,5
<i>b</i>	3,6	2,9	3,2	3,1	2,0	3,4	3,5	2,6	3,1	3,0	1,8	2,60	2,5	2,2	2,2	2,9	1,1	0,9
<i>c</i>	11,2	7,1	5,1	5,1	6,2	5,9	4,2	8,0	4,6	4,7	7,3	5,5	4,0	3,1	3,3	2,5	7,0	3,2
<i>s</i>	76,7	77,1	78,2	78,2	76,8	77,6	78,9	76,6	79,7	79,5	78,1	79,2	79,8	80,9	80,7	82,0	79,6	81,4
<i>a'</i>	—	—	6,8	1,8	—	—	—	42,5	—	4,3	—	—	—	23,0	48,0	—	63,3	43,0
<i>f'</i>	59,5	49,0	50,6	47,4	49,0	39,1	71,0	30,0	63,0	57,1	45,1	43,9	47,5	58,2	38,0	48,5	18,4	37,0
<i>m'</i>	36,2	40,5	42,6	40,8	26,6	35,6	24,0	27,5	32,4	38,6	30,6	36,6	49,2	23,4	14,0	9,1	18,3	20,0
<i>c'</i>	4,2	10,6	—	—	24,4	25,3	5,0	—	4,6	—	24,3	19,5	3,3	—	—	42,4	—	—
<i>n</i>	75,0	71,4	68,0	72,4	73,4	80,2	71,0	57,0	60,8	66,4	67,7	75,3	62,1	62,1	67,0	76,8	60,7	43,3
<i>Q</i>	+24	+25,5	+24,3	+21,7	+21,4	+25,6	+27,5	+25,0	+31,0	+30,4	+28,8	+30,40	+29,7	+32,3	+31,6	+35,9	+33,5	+32,9
<i>a/c</i>	3,6	4,4	4,2	4,4	7,45	3,9	3,8	4,9	4,1	4,27	7,1	4,9	5,5	6,23	6,3	4,3	11,2	16,1

Примечание. 1 — обр. 265-е, габбро, бассейн р. Крутогоровой, Я. В. Илечко (1959 г.); 2 — горнблендит, там же; 3 — обр. 261-г, габбро, там же; 4 — обр. 958, габбро, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1963 г., анализитик И. М. Бендер; 5 — обр. 676/4, габбро-диорит, там же, колл. авторов, 1962 г., анализитик М. О. Вельская; 6 — обр. 262-а, диорит, бассейн р. Крутогоровой, М. М. Горяев (1959); 7 — обр. 517, габбро-диорит, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1962 г., анализитик В. Котова; 8 — обр. 561-а, диорит, р. Перевозная, С. Е. Апрельков (1964 г.); 9 — обр. 620, диорит с гнейсовой текстурой, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1962 г., анализитик М. О. Вельская; 10 — обр. 1493-е, диорит, бассейн р. Крутогоровой, Я. В. Илечко (1959 г.); 11 — обр. 1278, кварцевый диорит, р. Средняя Воровская, колл. авторов, 1965 г., анализитик О. М. Табакова; 12 — обр. 992/8, кварцевый диорит, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1962 г., анализитик И. М. Бендер; 13 — обр. 1253, гранит, гора Острая, А. Ф. Марченко (1956 г.); 14 — обр. 1177, гранодиорит, бассейн р. Крутогоровой, Я. В. Илечко (1959 г.); 15 — обр. 1643, двуслюдной гранит, там же; 16 — обр. 779, гранодиорит, р. Озерная, колл. авторов, 1963 г., анализитик Н. В. Воронкова; 17 — обр. 335-а, плагиогранит, р. Левый Хейван, Я. В. Илечко, М. М. Лебедев (1962 г.); 18 — обр. 320-б, плагиогранит, там же; 19 — обр. 572, плагиогранит, р. Правая Перевозная, С. Е. Ап-

релков (1964 г.); 20 — обр. 367/64, гранодиорит, р. Средняя Воровская, колл. авторов, 1965 г., анализитик Т. В. Долгова; 21 — обр. 1275, то же, анализитик О. М. Табакова; 22 — обр. 375, биотитовый гранит, там же, колл. авторов, 1965 г., анализитик О. М. Табакова; 23 — обр. 150/1, гранит, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1962 г., анализитик В. Котова; 24 — обр. 1014, то же, 1963 г., анализитик И. М. Бендер; 25 — обр. 748, то же, колл. авторов, 1962 г., анализитик В. Котова; 26 — обр. 1243/6, гранодиорит, р. Средняя Воровская, колл. авторов, 1965 г., анализитик Т. В. Долгова; 27 — обр. 322, плагиогранит, р. Левый Хейван, Я. В. Илечко, М. М. Лебедев (1962 г.); 28 — обр. 970, гранит, бассейн р. Средней Воровской, А. Ф. Марченко (1956 г.); 29 — обр. 345-д, плагиогранит, р. Левый Хейван, Л. В. Илечко, М. М. Лебедев (1962 г.); 30 — обр. 612, гранит, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1962 г., анализитик М. О. Вельская; 31 — обр. 146, гранит, р. Утудумец, колл. авторов, 1962 г., анализитик Л. С. Мазалова; 32 — обр. 133, гранит, р. Озерная, А. Ф. Марченко (1956 г.); 33 — обр. 1276/1, двуслюдной гранит, р. Средняя Воровская, колл. авторов, 1965 г., анализитик О. М. Табакова; 34 — обр. 1229, гранит, бассейн р. Крутогоровой, Я. В. Илечко (1959 г.); 35 — обр. 63/2, мусковитовый гранит, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1962 г., анализитик И. М. Бендер; 36 — обр. 536, то же, анализитик Л. С. Мазалова.

накапливается преимущественно на начальных этапах дифференциации, а K_2O — на конечных, на наш взгляд, достаточно уверенно объясняется гипотезой дифференциальной подвижности щелочей в магм. Конкретным примером дифференциального разделения щелочей является изученный нами Кагнисинский интрузивный массив, где существенно нагретые разности пород II фазы внедрения (плагиограниты) концентрируются в области наиболее глубокого вреза, а обогащенные калием — в областях апикального и пологого бокового контакта. Обогащение пород калием происходит в позднематематическую стадию.

Другое отклонение от нормального хода эволюции связано с возникновением аккумулятивной серии пород (например, накопление полевого шпата в породах Крутогоровского массива, о котором говорилось выше).

Следует заметить, что существование аккумулятивных (обогативных) плагиоклазами или темноцветными) разностей пород нередко четко устанавливается при полевых наблюдениях. Так, для I фазы внедрения массива у ручья Кагнисин наличие лейкократовых и меланократовых пород, чередующихся одна с другой, является обычным.

Специфические особенности пород формации отчетливо выступают при сравнении рассчитанных средних типов их со средними, по Дэгли (см. табл. 32). К числу таких особенностей принадлежит повышенная нагретость пород исследуемой формации: значения параметра n (по А. Н. Заварицкому) в них выше, чем в соответствующих средних типах примерно на 10% в кислых разностях и на 5% в основных и средних. Общая щелочность также несколько повышена: параметр a больше, чем в средних типах, по Дэгли, на 0,3—0,5%, а в габброидах эта разница даже более 1,0%. Немногие замечательным является лейкократовый характер пород, что выражается в уменьшении величины b на 1,2—2,5% по сравнению со

Химические составы средних типов пород формации габбро-плаггиогранитов

Компоненты	Габбро	Габбро-диориты и кварцевые габбро	Диориты и кварцевые диориты	Гранодиориты	Граниты
SiO ₂	48,09	54,54	60,68	65,50	70,73
TiO ₂	1,67	0,72	0,89	0,52	0,43
Al ₂ O ₃	18,91	18,17	15,48	16,55	14,69
Fe ₂ O ₃	4,43	2,60	1,86	1,57	0,94
FeO	5,34	4,84	4,18	2,11	1,64
MnO	0,10	0,11	0,12	0,04	0,04
MgO	5,73	3,62	4,05	1,55	0,96
CaO	9,28	6,96	5,49	3,81	2,47
Na ₂ O	3,30	3,46	4,10	4,33	4,14
K ₂ O	0,91	1,71	1,67	2,21	3,08
Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому					
<i>a</i>	9,1	10,7	11,4	12,8	13,4
<i>c</i>	8,8	7,5	4,6	4,7	3,0
<i>b</i>	22,8	15,3	14,5	6,4	3,8
<i>s</i>	59,3	66,5	69,5	76,1	79,8
<i>a'</i>	—	—	—	5,4	—
<i>f'</i>	41,5	47,6	38,0	52,8	59,7
<i>m'</i>	44,6	42,4	47,9	41,8	40,3
<i>c'</i>	13,9	10,0	14,1	—	0,0
<i>n</i>	84,1	75,6	78,5	75,0	66,7
<i>Q</i>	—8,4	+4,1	+11,2	+21,9	+29,8
<i>a/c</i>	1,03	1,43	2,48	?,7	4,45
<i>φ</i>	17,1	15,2	10,3	19,4	19,7
<i>t</i>	2,62	1,0	1,1	0,5	0,4
Число анализов для подсчета среднего	4	3	5	5	18

средними типами. Исключение из этого правила составляют только диориты — кварцевые диориты. Указанные черты, присущие громадному большинству пород формации, определяются, очевидно, первичной специализацией магмы, в то время как другие особенности, отличающие каждую конкретную разность пород от соответствующего среднего типа, по Дэли, могут быть связаны с рядом наложенных факторов, к числу которых относятся особенности дифференциации магматического расплава, контаминация его веществом вмещающих пород и т. д.

В целях хотя бы приблизительной оценки состава исходного магматического расплава были подсчитаны средние взвешенные по площадям составы пород двух интрузивных массивов: массива у ручья Кагнисин (дифференцированного по фазам внедрения) и массива в бассейне р. Средняя Воровская (дифференцированного в интрузивной камере), для которых составлены детальные геолого-петрографические карточки и имеется достаточно большое количество химических анализов, характеризующих все выделенные фации пород.

Сравнение полученных данных показывает, что средний состав I фазы внедрения массива у ручья Кагнисин отвечает диориту, II фазы внедрения — граниту, а массива в бассейне р. Средняя Воровская — разности, промежуточной между гранитом и гранодиоритом. Осреднение по площадям состава для массива у ручья Кагнисин в целом дает цифры, близкие к среднему составу для массива бассейна р. Средняя Воровская

Средневзвешенные составы пород интрузивных массивов формации
габбро-плагиогранитов, вес. %

Компоненты	Массивуручья Кагнисин			Массив в бассейне р. Средняя Воровская
	I фаза	II фаза	Массив в целом	
SiO ₃	57,63	71,41	66,00	68,18
TiO ₂	1,35	0,34	0,79	0,57
Al ₂ O ₃	16,16	14,59	15,20	15,24
Fe ₂ O ₃	1,80	0,84	1,22	0,94
FeO	5,45	1,48	3,03	2,31
MnO	0,12	0,03	0,07	0,06
MgO	4,66	1,11	2,51	1,54
CaO	6,12	2,87	4,15	2,94
Na ₂ O	4,15	4,27	4,21	4,26
K ₂ O	1,55	2,70	2,24	2,77

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	11,4	13,0	12,3	13,3
<i>c</i>	5,1	3,0	3,8	3,5
<i>b</i>	17,0	4,3	9,2	5,0
<i>s</i>	66,5	79,7	74,7	77,6
<i>a'</i>				
<i>f'</i>	39,8	49,2	41,9	52,4
<i>m'</i>	46,6	41,5	45,6	46,3
<i>c'</i>	13,6	9,3	12,5	1,3
<i>n</i>	80,3	70,3	74,9	69,9
<i>Q</i>	5,1	+30,4	-20,6	+25,1
<i>a/c</i>	2,24	4,34	3,24	3,80
Площадь, км ²	15,0	23,1	38,1	24,7

(табл. 33). И в том, и в другом случае средний состав пород был близок к составу гранодиорита.

В то же время полученные данные позволяют рассмотреть некоторые различия в среднем составе пород массивов разного генезиса. Они заключаются прежде всего в несколько более лейкократовом и более щелочном характере среднего состава пород массива, дифференцированного в камере (в бассейне р. Средней Воровской), чем массива, дифференцированного по фазам внедрения (ручей Кагнисин). Интересно отметить, что роль калия в среднем составе пород массивов первого из упомянутых типов несколько выше, чем второго, так же как и коэффициент общей железистости.

Как уже говорилось, гибридность в камерах проявлен весьма незначительно, а дифференциация магмы в глубинном источнике направлена в сторону повышения общей ее щелочности, увеличения относительной роли калия в группе щелочей и роста коэффициента общей железистости, одновременного с повышением содержания кремнезема в следующих один за другим дифференциатах. Перечисленные отличия средних составов пород массивов разного типа позволяют, на наш взгляд, высказать, хотя и в весьма предварительной форме, предположение о более позднем времени внедрения массивов, дифференцированных в интрузивных камерах, по сравнению с массивами, дифференцированными по фазам внедрения.

Подсчет по геологическим данным площадей, занятых массивами разного типа (на основе геологосъемочных работ, проведенных Камчатским геологическим управлением), и распространение данных, получен-

ных по среднему составу для массивов у ручья Рагнисин и в бассейне р. Средняя Воровская, на соответствующие по генезису массивы, дает возможность хотя бы приближенно оценить состав магматического расплава, родоначального для плутонических образований формации в целом. Общая площадь, занятая породами формации составляет 550 км^2 . На массивы, дифференцированные по фазам внедрения, приходится 370 км^2 (I фаза — 120 , II фаза — 250 км^2), а на массивы, дифференцированные в интрузивных камерах, — 180 км^2 .

Расчет средних взвешенных по площадям дает следующий состав исходного расплава: $\text{SiO}_2 = 67,35$; $\text{TiO}_2 = 0,63$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15,14$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,08$; $\text{FeO} = 2,61$; $\text{MnO} = 0,06$; $\text{MgO} = 2,02$; $\text{CaO} = 3,60$; $\text{Na}_2\text{O} = 4,24$; $\text{K}_2\text{O} = 2,47$.

Пересчет по методу А. Н. Заварицкого показал следующие значения параметров: $a = 12,8$; $c = 3,7$; $6 = 7,4$; $5 = 76,1$; $f' = 45,5$; $c' = 9,0$; $m' = 45,5$; $n = 72,1$; $Q = 22,9$; $a/c = 3,46$.

Попытка оценить состав исходного для пород формации магматического расплава была предпринята также и с помощью иной методики. Допустив, что распространенность анализов пропорциональна частоте встречаемости пород, мы рассчитали средние арифметические значения содержания кремнезема и щелочей для всего ряда анализов. Полученные данные ($\text{SiO}_2 = 64,07$, $\text{Na}_2\text{O} = 3,91$ и $\text{K}_2\text{O} = 2,34\%$) достаточно близки к содержаниям этих компонентов, рассчитанным как средневзвешенные по площадям (см. выше). Некоторое занижение данных в первом случае, очевидно, связано с тем, что кривые распределения окислов имеют правостороннюю асимметрию. Однако и при наличии указанных расхождений сходимость результатов, полученных разными методами, следует признать удовлетворительной.

Итак, исходный магматический расплав, за счет которого сформировалось все многообразие пород формации, по-видимому, содержал от 64 до 67% кремнезема и от 6,25 до 6,75% щелочей при заметном преобладании натрия над калием и по составу был близок к гранодиориту, вернее, учитывая роль натрия, — к плагиогранодиориту.

Такой состав исходного расплава при наличии широкого ряда пород от горнблендитов и габбро до лейкократовых гранитов, а также некоторые особенности петрохимии и петрографии пород (повышенная лейкократовость, повышенная натровость, обилие апатита, присутствие, особенно в породах I фазы внедрения, глубоко переработанных ксенолитов при весьма слабом проявлении гибризма в интрузивных камерах, такситовые текстуры и т. д.) приводят к мысли о глубинном гибрилизме и заставляют предполагать гибридный генезис исходного расплава.

Формация габбро-сиенитов — трахиандезитов (Pg)

Петрохимическая характеристика пород формации габбро-сиенитов — трахиандезитов дается на основании 86 силикатных химических анализов, из которых 32 соответствует эффузивным, 4 — субвулканическим, 11 — метасоматическим образованиям эффузивной фации и 39 анализов характеризуют интрузивные образования.

В целом породы формации относятся к щелочно-известковой серии (по Пикоку), при этом эффузивный ряд представлен породами от трахибазальтов до трахиандезитов. Он имеет более щелочной характер, чем интрузивный и соответствует ассоциации магматических образований гор Креси-Литл-Белт (Барт, 1956). Щелочно-известковый индекс Пикока (см. рис. 52) равен 52,0. В свою очередь, в общем эволюционном ряду эффузивов намечается более щелочная ветвь пород с индексом Пикока 50,5, приближающаяся к щелочной серии Хайвуд. Характерным представителем этой ветви являются эпилейцитовые шонкиниты.

Щелочно-известковый индекс Пикока интрузивных образований фор-

магии несколько повышен относительно пород эффузивной фации. Он равен 55,2, что соответствует серии пород Абсарока (Барт, 1956).

Величина показателя родства σ (Ритман, 1964) пород формации сильно колеблется. Для большинства пород эффузивной фации наиболее часто встречающиеся значения σ лежат в пределах 4—6, реже в интервале 6—14 и лишь немногие опускаются до 3,5. Среднее арифметическое значение σ равняется 6,1. Учитывая наблюдаемые колебания отношения K_2O/Na_2O при преимущественном значении его выше I, можно считать, что образования эффузивной фации соответствуют слабовыраженному средиземноморскому типу с отклонением в основных разностях к переходному до средневыраженного атлантическому типу (σ — от 3,5 до 15,4 при $K_2O/Na_2O = 0,1—0,90$).

К определению характера родственной группы пород интрузивной фации следует относиться осторожно ввиду довольно широкого развития среди них ультраосновных и основных разностей с низким содержанием SiO_2 , что не дает компетентного определения значения σ , так как при подобных значениях параболы диаграммы (Ритман, 1964) сходятся.

Расчеты для более кислых разностей пород показывают, что габброиды отвечают $\sigma_{cp} = 3,86$ при $K_2O/Na_2O = 0,15—0,87$. Около 50% значений отвечают интервалу 4,0—10,0, характерному для серий пород атлантического типа. Для кварцевых сиенитов $\sigma_{cp} = 4,3$ при $K_2O/Na_2O = 0,63—1,48$ с преобладающим значением этого отношения выше 1. Таким образом, характер родственной группы ряда пород интрузивной фации меняется от слабовыраженного, переходного атлантического типа к слабовыраженному средиземноморскому.

Согласно классификации Куно, породы формации габбро-сиенитов — трахиандезитов также относятся к щелочной серии со значениями щелочно-известкового индекса 22,5 для пород эффузивной фации и 20,5 для интрузивных образований (Кипо, 1959).

На диаграмме А. Н. Заварицкого (рис. 49) фигуративные точки интрузивных и эффузивных пород пространственно сближены и образуют полосу, протягивающуюся правее линии средних типов пород, по Дэли: пироксенит — габбро — гранит и базальт — андезит — риолит. При этом породы интрузивной фации ряда пироксенит — габбро — сиенит и основная масса эффузивов, образующих ряд трахибазальт — трахиандезит, ложатся в промежуточное поле между кривыми Этны и Йеллоустонского парка (Заварицкий, 1950). Однако в области диаграммы, отвечающей составу трахибазальта ($b = 20—30$), полоса фигуративных точек пород эффузивной фации значительно смещается вправо, отражая тем самым появление более щелочных разностей, попадающих в поле развития пород ассоциации Йеллоустонского парка и Марос-Хайвуд. Отдельные точки располагаются даже правее последней. Наличие подобных щелочных пород подтверждается петрографическим изучением. В частности, отмечаются полнокристаллические разности, в минералогическом составе которых появляется лейцит (эпилейцитовые шонкиниты).

Эффузивы по составу близки к среднемировым типам, по Дэли — абсарокиту, кринаниту, шошониту, эссекситу, тефриту, базальту, трахидолериту, трахиандезиту (Четвериков, 1956).

Содержание кремнезема в магматических образованиях формации (табл. 34, 35) колеблется от 43,5 до 60% в породах эффузивной фации и от 42 до 66% — в интрузивной. По классификации А. Н. Заварицкого, большинство трахибазальтовых, основные трахибазальтовые порфирита и субвулканические шонкиниты относятся к классу пород, слегка недосыщенных SiO_2 , и к группам бедных и умеренно богатых щелочами пород. В меньшей степени развиты породы, насыщенные либо недосыщенные SiO_2 , причем среди последних отмечаются разности, богатые щелочами.

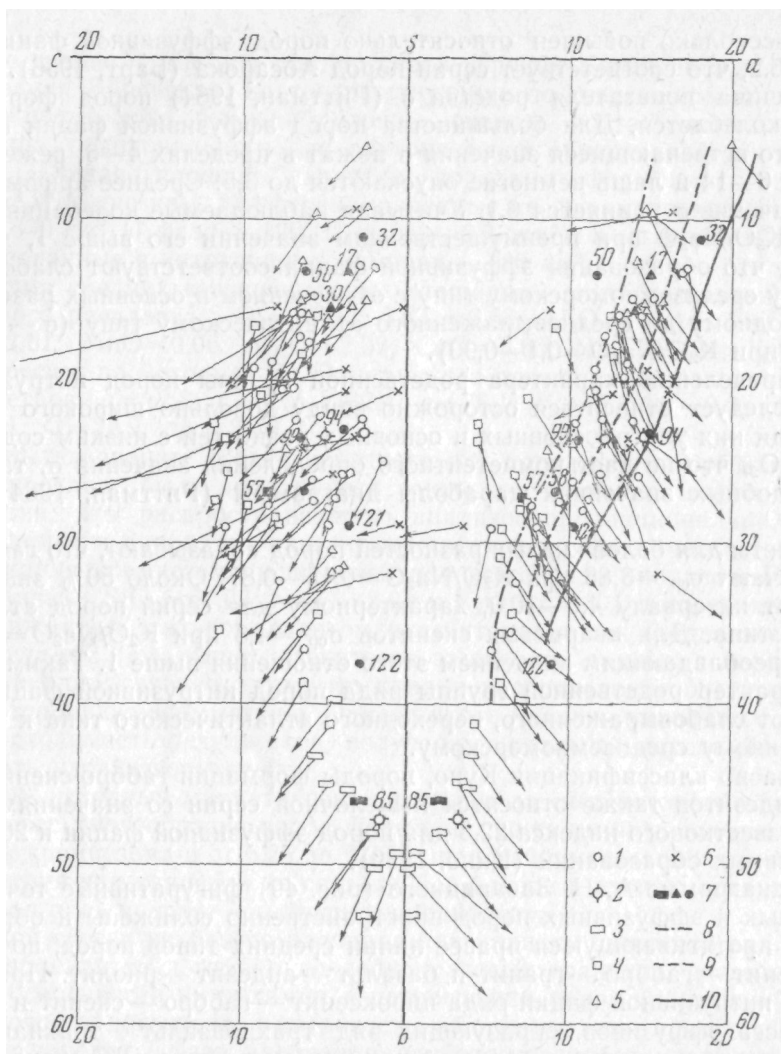


Рис. 49. Диаграмма химических составов пород палеогеновой габбро-сиенит-трахиандезитовой формации (по методу Н. А. Заварицкого).

1—2 — породы эффузивной фации: 1 — эффузивы, 2 — субвулканические тела; 3—5 — породы интрузивной фации; 3 — фаза пироксенитов, 4 — фаза габбро, 5 — фаза сиенитов; 6 — метасоматические образования; 7 — средние типы пород, по Дэли (номера возле значков соответствуют номерам анализов средних типов пород в книге С. Д. Четверикова; 1956); 5—10 — вариационные линии различных ассоциаций пород, по А. Н. Заварицкому; 8 — тип Этны. 9 — тип йеллоустонского парка, 10 — тип Марос-Хайвуд

Дальнейшее изменение кислотности в ряду трахибазальты — ортоклазовые трахиандезиты идет по пути постепенного насыщения пород SiO_2 и увеличения отношения характеристики a/c . Если трахиандезито-базальтовые порфиры относятся к классам слегка недосыоенных и насыщенных пород и к группам бедных и умеренно богатых щелочами, то конечные члены ряда (ортоклазовые трахиандезиты) представляют собой насыщенные SiO_2 , умеренно богатые и богатые щелочами породы. Аналогичная картина наблюдается и при сравнении характеристик средних типов порфиритов (табл. 36). Преобладающее значение среди пород эффузивной фации имеют разности с содержанием кремнезема 49—54% (см. рис. 56) и суммой щелочей 6—7%.

Химические составы пород эффузивной фаши формации габбро-сиенитов—трахиандезитов

Компоненты	Эффузивные образования										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	43,54	43,80	44,36	44,44	45,50	46,56	47,25	47,44	48,04	48,48	48,76
TiO ₂	0,88	1,78	1,34	0,76	0,8	0,52	0,88	0,61	0,74	0,50	0,76
Al ₂ O ₃	20,37	15,77	14,13	5,05	13,3	17,15	20,25	15,82	14,87	12,88	14,47
Fe ₂ O ₃	4,50	7,33	5,63	5,24	8,49	7,61	4,50	6,60	5,83	7,41	5,72
FeO	6,97	6,37	5,98	6,06	4,70	3,48	5,53	4,32	4,87	4,50	4,26
MnO	0,10	—	—	0,15	0,27	0,22	0,39	0,26	0,26	0,23	0,30
MgO	7,86	7,06	8,12	13,27	9,60	9,51	4,23	5,42	6,15	7,57	5,23
CaO	8,20	11,80	14,34	15,65	12,35	7,44	7,60	8,00	9,69	10,50	6,63
Na ₂ O	1,59	2,08	1,67	1,01	1,47	2,02	4,44	4,60	2,96	1,70	5,10
K ₂ O	0,75	1,15	1,88	0,88	1,52	1,83	0,45	2,47	2,76	3,52	3,80
H ₂ O ⁻	0,81	1,04	0,44	0,85	—	—	0,13	0,29	0,30	—	0,25
H ₂ O ⁺	—	2,60	2,24	2,97	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	—	—	—	0,46	0,29	0,26	—	0,63	0,31	0,47	0,37
П. п. п.	4,65	—	—	—	2,01	3,77	3,07	2,96	2,38	2,53	3,37
SO ₃	—	—	—	CO ₂ =3,84	—	—	—	—	—	—	—
Σ	100,22	100,78	100,13	100,63	100,3	100,37	98,72	99,42	99,16	100,29	99,02

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	5,1	6,5	6,3	3,3	5,3	7,5	11,5	14,2	10,8	8,7	16,8
<i>c</i>	10,9	7,8	6,3	1,6	6,1	8,4	9,2	3,8	4,7	4,2	1,4
<i>b</i>	29,1	33,5	35,5	47,1	36,7	27,8	19,3	25,9	28,0	31,9	25,1
<i>s</i>	54,9	52,2	51,9	48,0	51,9	56,3	60,0	56,1	56,5	55,2	56,7
<i>a</i> ¹	10,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>m</i> '	50,1	37,2	38,9	44,8	43,8	48,2	40,7	36,3	37,9	39,9	35,7
<i>f</i> '	39,6	41,3	29,5	20,5	32,2	38,3	53,9	39,6	36,0	33,5	37,1
<i>c</i> ¹	—	21,5	31,6	34,7	24,0	13,5	5,4	24,1	26,1	26,6	27,2
<i>n</i>	76,5	72,5	57,6	62,7	59,5	62,5	94,2	73,7	61,6	42,2	67,2
<i>Q</i>	-11,3	-16,4	-15,27	-12,02	-12,9	-10,8	-12,2	-20,0	-13,3	-11,2	-21,6
<i>a/c</i>	0,46	0,83	1,0	2,13	0,87	0,89	1,25	3,74	2,30	2,07	12,0

Компоненты	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
SiO ₂	48,87	49,12	49,28	49,36	49,76	49,85	50,06	50,42	50,46	50,78	51,18	51,20
TiO ₂	0,95	0,65	0,62	0,6	0,44	0,53	1,20	0,62	0,49	0,69	0,58	0,70
Al ₂ O ₃	14,54	20,99	11,72	15,20	16,33	12,94	16,89	19,41	18,93	14,49	16,19	14,16
Fe ₂ O ₃	5,68	2,54	4,79	5,86	3,54	3,10	4,92	3,60	2,26	5,61	5,97	6,43
FeO	5,39	3,73	5,95	4,60	4,55	3,95	5,14	3,73	5,13	5,46	4,02	4,00
MnO	0,15	0,18	0,20	0,17	0,14	0,11	0,18	0,13	0,11	—	—	0,19
MgO	5,70	5,07	8,38	6,96	6,78	7,78	5,48	4,91	5,56	3,68	5,20	6,59
CaO	9,25	9,13	11,00	9,34	9,97	12,75	7,92	8,65	8,78	7,60	8,42	7,00
Na ₂ O	2,28	3,42	1,39	1,64	2,12	2,78	2,61	3,20	1,40	2,26	2,64	2,72
K ₂ O	4,10	3,52	4,71	3,88	3,90	1,20	2,78	3,85	5,32	6,40	4,13	4,04
H ₂ O ⁻	0,06	—	0,30	0,63	0,38	—	0,36	0,33	—	0,50	0,44	—
H ₂ O ⁺	—	—	1,12	2,36	—	—	—	—	—	2,01	1,71	—
P ₂ O ₅	0,098	—	—	—	0,40	0,13	—	0,35	0,03	—	—	0,37
П. п. п.	2,70	—	0,43	—	—	3,97	—	—	1,42	—	—	2,44
SO ₃	—	—	—	—	0,24	0,22	2,45	0,11	0,21	—	—	—
Σ	99,77	98,35	99,89	100,60	98,55	99,31	99,99	99,31	100,10	99,48	100,48	99,84

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	11,2	13,4	9,60	9,3	10,1	8,0	10,3	13,2	11,4	14,6	12,1	11,9
<i>c</i>	4,3	8,1	2,76	5,7	5,8	4,8	6,7	6,9	7,5	2,6	4,9	3,5
<i>b</i>	27,3	18,9	33,0	27,5	26,2	29,1	22,6	19,8	20,6	23,3	23,5	25,8
<i>s</i>	57,2	59,6	53,98	57,5	58,0	58,0	60,4	60,1	60,5	59,5	59,5	58,8
<i>a</i> ¹	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>m</i> '	35,8	48,6	40,9	43,4	45,3	40,0	42,9	43,9	47,5	27,1	38,0	43,5
<i>f</i> '	38,0	32,2	28,57	36,4	29,7	22,2	42,3	35,9	34,8	43,7	39,0	37,2
<i>c</i> ¹	26,2	19,2	30,58	21,2	25,0	37,8	14,8	20,2	17,7	29,2	23,0	19,3
<i>n</i>	45,0	59,7	31,5	38,8	45,7	77,6	58,3	56,2	29,0	34,5	49,1	50,6
<i>Q</i>	-12,3	-15,7	-13,57	-9,3	-10,1	-4,7	-6,5	-13,1	-9,3	-12,8	-10,1	-9,7
<i>a/c</i>	2,6	1,7	3,5	1,6	1,7	1,6	1,53	1,9	1,5	5,6	2,4	3,40

Компоненты	Эффузивные образования										
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
SiO ₂	51,50	51,56	51,64	51,94	50,98	52,8	53,08	53,44	53,85	54,30	54,10
TiO ₂	0,53	0,64	0,55	0,37	0,62	0,49	0,45	0,64	0,70	0,53	0,31
Al ₂ O ₃	17,79	16,45	18,93	18,27	14,60	17,73	18,82	14,28	17,91	18,81	18,94
Fe ₂ O ₃	3,8	5,57	2,80	3,69	2,90	3,78	3,87	3,93	5,08	3,98	2,31
FeO	4,27	3,84	2,51	3,0	6,16	5,30	4,03	4,91	3,43	2,88	3,96
MnO	0,12	0,18	0,14	0,01	0,16	0,12	0,10	0,19	0,17	0,10	0,11
MgO	5,23	5,67	3,30	4,05	5,63	2,80	4,11	5,17	4,30	3,38	3,77
CaO	8,11	7,19	7,62	6,62	8,55	7,86	6,45	6,90	6,26	6,81	6,13
Na ₂ O	2,15	3,09	2,28	2,69	2,94	3,95	2,80	2,98	3,44	3,50	2,82
K ₂ O	4,26	3,45	5,75	4,00	4,42	2,46	4,10	4,95	2,76	3,86	5,69
H ₂ O ⁻	—	0,28	—	0,64	0,26	0,41	0,43	0,31	0,26	0,22	0,29
H ₂ O ⁺	—	—	—	—	1,73	—	—	1,44	—	—	—
P ₂ O ₅	—	0,33	—	0,34	CO ₂ =0,99	0,41	0,30	—	—	0,34	0,44
П. п. н.	—	2,03	—	—	—	1,77	—	—	1,88	—	—
SO ₃	—	0,45	—	—	—	—	—	—	—	0,14	—
Σ	97,85	100,73	95,52	95,62	99,84	99,88	98,54	99,14	100,07	98,85	98,87

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	11,4	12,0	14,3	12,8	13,02	12,8	12,8	13,7	12,1	13,8	15,1
<i>c</i>	6,8	5,2	6,3	6,8	3,31	6,0	6,8	2,7	6,5	6,3	5,7
<i>b</i>	20,5	22,3	15,9	15,9	25,2	17,8	16,4	22,5	17,2	14,9	14,8
<i>s</i>	61,3	59,9	63,5	64,5	58,9	63,4	64,0	61,1	64,2	65,0	64,5
<i>a'</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>m'</i>	45,0	44,0	44,7	46,5	38,0	27,8	45,9	38,7	44,4	40,1	45,2
<i>f'</i>	37,9	39,3	32,7	41,0	33,8	49,6	46,5	35,9	46,9	43,1	40,8
<i>c'</i>	17,1	16,7	22,6	12,5	28,4	22,6	7,6	25,4	8,7	16,8	14,0
<i>n</i>	43,1	57,1	37,1	51,1	50,1	71,0	50,6	47,9	65,4	58,0	42,9
<i>Q</i>	-7,0	-8,8	-7,9	-3,4	-12,52	-4,8	-4,4	-7,9	-2,3	-3,9	-7,0
<i>a/c</i>	1,7	2,3	2,2	1,9	3,95	2,0	1,9	5,1	1,86	2,1	2,7

Метасоматические образования

Компоненты	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
SiO ₂	56,99	59,59	44,18	45,28	49,2	49,22	50,26	51,00	51,65	58,80	62,12	63,44	68,14
TiO ₂	0,49	0,43	0,90	1,71	0,75	0,81	0,58	0,71	0,64	0,23	0,23	0,12	0,16
Al ₂ O ₃	16,70	15,59	12,60	18,98	15,91	15,12	20,16	16,96	14,26	15,50	10,69	19,48	10,53
Fe ₂ O ₃	2,91	3,76	7,42	8,53	1,29	1,57	2,67	2,24	5,71	6,82	12,90	0,17	5,83
FeO	3,60	2,67	5,24	7,18	6,03	7,48	2,48	3,73	2,98	4,22	4,99	2,02	2,23
MnO	0,17	—	—	0,11	0,13	0,14	0,18	0,14	0,18	0,05	0,03	0,03	0,19
MgO	3,21	2,64	4,91	4,44	8,36	3,36	4,41	8,01	5,22	2,14	1,43	0,74	2,27
CaO	4,49	3,94	9,44	4,80	7,63	5,58	8,26	4,63	7,61	0,36	0,23	2,69	0,11
Na ₂ O	4,91	4,12	1,40	4,21	1,88	0,96	1,01	2,13	0,87	1,84	0,36	2,68	1,24
K ₂ O	4,04	5,34	8,30	2,42	6,00	7,76	7,09	7,61	7,70	6,05	1,84	7,35	4,40
H ₂ O ⁻	0,19	0,41	0,06	0,02	1,48	0,46	0,36	0,38	0,02	0,37	0,66	0,67	0,62
H ₂ O ⁺	1,60	0,96	1,84	2,76	—	3,79	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0,45	—	3,72	—	1,24	—	0,79	0,53	0,44	0,25	0,28	сл.	0,18
П. п. н.	—	—	—	—	—	—	—	—	2,47	—	—	—	—
SO ₃	—	—	—	—	0,26	3,79	0,13	0,24	0,23	—	0,20	0,15	—
Σ	99,75	99,45	100,04	100,44	100,15	100,05	98,38	98,31	98,98	96,63	95,96	99,53	95,90

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	17,11	16,9	15,4	13,5	13,0	14,7	14,1	15,9	13,4	12,6	3,3	16,3	8,6
<i>c</i>	2,9	2,0	0,9	6,2	4,5	3,8	7,8	3,7	2,9	0,5	0,5	3,2	0,1
<i>b</i>	13,0	13,1	31,9	24,1	25,9	19,3	15,5	20,7	23,5	20,7	27,9	9,4	15,6
<i>s</i>	67,0	68,0	51,8	56,2	56,6	62,2	62,6	59,7	60,2	66,2	68,3	71,1	75,7
<i>a'</i>	—	—	—	4,2	—	—	—	—	—	35,7	36,9	65,8	30,7
<i>m'</i>	42,5	34,5	26,3	33,2	54,6	32,1	51,1	64,4	38,3	17,2	8,1	12,8	24,1
<i>f'</i>	47,3	44,0	36,0	66,6	26,2	48,5	48,1	25,9	34,3	47,1	55,0	21,4	45,2
<i>c'</i>	10,2	21,5	37,7	—	19,2	19,4	18,8	9,7	27,4	—	—	—	—
<i>n</i>	65,0	54,2	20,7	73,1	32,6	16,2	17,7	29,5	14,9	31,0	22,0	35,6	28,8
<i>Q</i>	-3,1	0,2	-28,1	-20,8	-17,3	-8,8	-10,8	-16,1	-9,3	6,7	29,6	6,4	34,0
<i>a/c</i>	5,3	8,4	17,1	2,1	2,9	4,0	1,8	4,3	4,5	25,5	7,2	5,1	86,0

Примечание. **Эффузивные образования.** 1 — плагиопорфирит, р. Жупанка. Б. К. Ротман, 1963 г.; 2— обр. 3307, основной трахибазальтовый порфирит, Кирганикский перевал, колл. авторов, 1964 г., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР; 3— обр. 3304, основной трахибазальтовый порфирит, Кирганикский перевал, колл. авторов, 1964 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 4— обр. 3060-1, ортоклазовый пироксенит (силл.), Кирганикский перевал, колл. авторов; 1960—1963 гг., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 5— плагиопорфирит, р. Правая Андриановка, В. К. Ротман, 1963 г.; 6—авгитовый порфирит, р. Андриановка, В. К. Ротман, 1963 г., 7— плагиопорфирит, р. Жупанка, В. К. Ротман, 1963 г.; 8—авгитовый порфирит, р. Правая Андриановка, В. К. Ротман, 1963 г.; 9— плагиоавгитовый порфирит, р. Добрая, В. К. Ротман, 1963 г.; 10— авгитовый порфирит, р. Андриановка, В. К. Ротман, 1963 г.; 11—плагиоавгитовый порфирит, р. Кирганик, В. К. Ротман, 1963 г.; 12— обр. 3048/1, трахибазальтовый порфирит, р. Андриановка, колл. авторов, 1961 г., аналитик Цимбалит, ИГГ СО АН СССР; 13— обр. 512/1, пироксен-плагиоклазовый порфирит, Кирганикский перевал, Я. Ш. Геворкян, 1961 г.; 14— обр. 4160, порфировидный шонкинит, Кирганикский перевал, колл. авторов, 1965, аналитик Е. Д. Лялькова, ИГЕМ; 15— обр. 3316, трахибазальтовый порфирит, перевал Кирганикский, колл. авторов, аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 16—обр. 73/1, пироксен-плагиоклазовый брекчированный порфирит, р. Шаромская, А. И. Байков, 1964 г.; 17— обр. 2056, порфирит, р. Озерновская, коллек. авторов, 1961 г., аналитик В. Котова, КГУ; 18— порфирит, р. Добрая, В. К. Ротман, 1963 г.; 19— обр. 186-к, плагиоклаз-пироксеновый порфирит, Кирганикский перевал, Я. Ш. Геворкян, 1961 г.; 20— обр. 3048, трахибазальтовый порфирит, р. Андриановка, колл. авторов, 1961 г., аналитик В. Котова, КГУ; 21—обр. 3310, эпидеитовый шонкинит (субвулканическое тело), Кирганикский перевал, колл. авторов, 1964 г., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР; 22— обр. 3318, габбро-сиенит (субвулканическое тело), Кирганикский перевал, колл. авторов, 1964 г., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР; 23— порфирит, р. Кирганик, В. К. Ротман, 1963 г.; 24— обр. 512/2, пироксен-плагиоклазовый порфирит, Кирганикский перевал, Я. Ш. Геворкян, 1961 г.; 25— обр. 1009, базальтовый порфирит, Кирганикский перевал, колл. авторов, 1959 г., лабор. МГУ; 26— обр. 456/8, плагиоклаз-пироксеновый порфирит, Кирганикский перевал, Я. Ш. Геворкян, 1961 г.; 27— обр. 2561, пироксен-плагиоклазовый брекчированный порфирит, р. Шаромская, А. И. Байков, 1964 г.; 28— обр. 285, трахиандезито-базальтовый порфирит, р. Андриановка, Н. К. Дмитриенко, 1964 г.; 29— обр. 3044, трахиандезито-базальтовый порфирит, р. Андриановка, колл. авторов, 1961 г., аналитик В. Котова, КГУ; 30— обр. 2186-а, пироксен-плагиоклазовый порфирит, Р. Шаромская, А. И. Байков, 1964 г.; 31—обр. 3274-5, трахиандезито-базальтовый порфирит, р. Жупанка, колл. авторов, 1964 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 32— амфиболовый порфирит, р. Добрая, В. К. Ротман, 1963 г.; 33— обр. 2193-а, пироксен-плагиоклазовый порфирит, р. Шаромская, А. И. Байков, 1964 г.; 34— обр. 128/2, пироксен-плагиоклазовый порфирит, р. Шаромская, А. И. Байков, 1964 г.; 35— обр. 3065-36, ортоклазовый трахиандезитовый порфирит, Кирганикский перевал, колл. авторов, 1960—1963 гг., аналитик З. И. Белятская, ИВ СО АН СССР; 36— обр. 3340, ортоклазовый трахиандезитовый порфирит, Кирганикский перевал, колл. авторов, 1964 г., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР. **Метасоматические образования.** 37— обр. 3901, метасоматит, Кирганикский перевал, колл. авторов, 1960—1963 гг., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР; 38— обр. 3525, метасоматически измененный порфирит, р. Кувагдач, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 39— обр. 790, биотит-калишпатовый метасоматит, Кирганикский перевал, Я. Ш. Геворкян, 1961 г.; 40— ортоклазит, Кирганикский перевал, М. П. Василевский, 1964 г.; 41— обр. 186, пироксен-ортоклазовый метасоматит, Кирганикский перевал, Я. Ш. Геворкян, 1961 г.; 42— обр. 166-а, биотит-пироксен-ортоклазовый метасоматит, Кирганикский перевал, Я. Ш. Геворкян, 1961 г.; 43— обр. 1062, пироксен-ортоклазовый метасоматит, Кирганикский перевал, колл. авторов, 1959 г., лабор. МГУ; 44— обр. 335/35, метасоматит бластопорфировый, р. Шаромская, А. И. Байков, 1964 г.; 45— обр. 335/25, метасоматит, р. Шаромская, А. И. Байков, 1964 г.; 46— обр. К-176, калишпатовый метасоматит, Кирганикский перевал, Я. Ш. Геворкян, 1961 г.; 47— обр. 335/9, метасоматит, р. Шаромская, А. И. Байков, 1964.

Среди метасоматических образований наиболее высокие отношения суммы щелочей к кремнезему отмечаются в метасоматитах перевала Кирганикского, относящихся к ненасыщенным SiO_2 (богатым щелочами, щелочным) и слегка недонасыщенным SiO_2 (бедным и умеренно богатым щелочами породам). Содержание SiO_2 варьирует от 44 до 51% при соответствующем колебании $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ в пределах 9,7—8,5%. По петрографическому составу это — биотит-пироксен-ортоклазовые и ортоклазовые разности метасоматитов.

По кислотности от них существенно отличаются метасоматические образования района р. Шаромской и гидротермально измененная порода центральной зоны массива метасоматитов перевала Кирганикского (табл. 34, обр. К-176), характеризующиеся слабой пересыщенностью или пересыщенностью SiO_2 при богатом содержании щелочей (содержание SiO_2 от 58 до 68%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ — от 2,2 до 10%). Такая пересыщенность кремнеземом отражается в минералогическом составе этих пород появлением в значительных количествах альбита, ортоклаза, кварца.

В интрузивной фации преобладают породы с содержанием кремнезема 44—54% (см. рис. 56), что отвечает составу пород фаз габбро и пироксенитов. Ультраосновные и габброидные породы распределяются по трем классам кислотности А. Н. Заварицкого: ненасыщенные, слегка недосыщенные и насыщенные SiO_2 — и характеризуются бедностью содержания щелочей. Сумма щелочей сильно варьирует: в пироксенитах 0,1%—4,0%, в габброидах 2,5—6,0% при среднем значении в последних — 3,0—3,5% (табл. 35).

Кварцевые сиениты и гибридные монцититы являются наименее распространенными породами интрузивного комплекса; количество кремнезема в них колеблется от 48,5 до 66,0% при сумме щелочей от 4,0 до 11,0%. Среднее содержание SiO_2 в монцититах — 51,2% ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5,4\%$), в кварцевых сиенитах — 60,8% при сумме щелочей 8,7% (см. табл. 36). Кварцевые сиениты относятся к классам насыщенных, а в отдельных случаях пересыщенных SiO_2 , умеренно богатых щелочами пород. При этом крайние члены дифференциации — «кислые» пегматитовые жилы наиболее пересыщенные и богатые щелочами разности. В то же время монцититы относятся в равной мере к слегка недосыщенным SiO_2 , бедным щелочами породам и к породам, насыщенным SiO_2 — от бедных до умеренно богатых щелочами. Последние более характерны для пород области контакта монцититов с габброидами и являются продуктом наиболее контаминированного расплава.

Учитывая установленную последовательность этапов интрузивной деятельности, можно видеть, что изменение химического состава пород интрузивной фации идет по пути все большего насыщения SiO_2 и обогащения щелочами (преимущественно калием) более поздних по времени образования дифференциатов.

Величина $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (в вес. %) в ходе эволюции растет постепенно, однако в отдельных разностях пород формации она заметно колеблется. Относительно стабильное преобладание K_2O над Na_2O свойственно лавам с содержанием SiO_2 выше 48% и кварцевым сиенитам. В то же время среди трахибазальтовых порфиритов с содержанием $\text{SiO}_2 = 48—52\%$ есть разности, характеризующиеся резким увеличением отношения $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, достигающим 2,8—4,8. Наряду с этим в более основных лавах ($\text{SiO}_2 < 48\%$) и силле пироксенита с ортоклазом, а также в отдельных разностях трахибазальтовых и трахиандезито-базальтовых порфиритов отношения этих окислов бывают обратными. Отмеченные особенно в распределении щелочей в породах эффузивной фации, по-видимому, являются следствием дифференциальной подвижности их в расплаве. Это способствовало образованию щелочных, обогащенных калием расплавов, а в дальнейшем — растворов, которые имели первостепенное

Химические составы пород интрузивной фации формации габбро-сиенитов—трахиандезитов

Компоненты	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
SiO ₂	42,04	44,12	44,16	44,70	47,18	48,90	50,46	52,99	39,26	42,78	43,74
TiO ₂	0,84	0,64	0,90	1,00	0,57	0,52	0,39	0,05	0,51	1,27	0,82
Al ₂ O ₃	11,45	10,48	11,86	8,70	4,96	5,25	3,54	1,54	19,27	13,72	19,00
Fe ₂ O ₃	10,28	3,75	11,54	3,89	1,94	2,49	2,57	0,79	5,13	6,76	3,09
FeO	7,01	6,81	4,92	7,61	5,21	6,56	3,66	2,46	7,81	7,40	4,81
MnO	0,25	0,21	0,23	0,14	0,08	0,20	0,08	—	0,14	0,30	0,20
MgO	9,24	14,48	8,06	12,51	15,56	16,42	17,75	17,11	7,54	8,84	7,48
CaO	15,49	15,90	13,98	17,52	23,96	17,90	22,20	23,65	15,79	14,25	15,94
Na ₂ O	1,16	1,01	1,80	1,19	0,09	0,65	0,07	0,36	1,44	1,87	1,84
K ₂ O	1,04	0,76	2,20	1,14	—	0,67	0,09	0,16	0,92	0,96	0,86
H ₂ O ⁻	—	0,23	0,24	0,22	0,15	0,04	—	—	0,21	0,09	0,23
H ₂ O ⁺	0,38	1,87	—	—	—	0,53	—	0,30	—	1,24	—
P ₂ O ₅	—	0,46	0,08	0,13	0,06	—	—	0,07	0,51	—	0,47
П. п. п.	1,50	—	1,04	0,77	0,66	—	—	—	1,47	CO ₂ =0,11	1,09
SO ₃	0,58	—	0,16	0,11	—	—	—	—	0,08	—	0,05
Σ	101,26	100,72	100,17	99,63	100,42	100,13	100,81	99,48	100,18	99,59	99,64

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	3,4	3,2	6,6	3,9	0,2	2,0	0,1	0,8	4,8	5,6	5,6
<i>c</i>	5,5	4,9	4,0	3,4	2,7	2,0	1,9	0,5	11,3	6,3	10,5
<i>b</i>	43,9	45,0	42,5	45,3	50,6	48,0	50,2	49,3	35,6	38,7	30,9
<i>s</i>	47,2	46,9	47,0	47,4	46,5	48,0	47,8	49,4	48,3	49,4	53,0
<i>m'</i>	31,5	50,6	29,5	42,9	44,6	49,7	49,6	48,0	38,7	38,3	43,0
<i>f'</i>	47,7	20,3	43,0	21,4	11,2	15,5	9,4	5	35,6	33,6	25,1
<i>c¹</i>	20,8	29,1	27,5	35,7	44,2	34,8	41,0	47,0	25,7	28,1	31,9
<i>n</i>	64,0	64,0	55,7	61,1	100,0	60,0	0,5	79,0	70,0	73,2	74,3
<i>Q</i>	-17,9	-17,5	-16,1	-16,4	-10,20	-10,3	-2,4	-3,1	-24,3	-18,7	-15,7
<i>a/c</i>	0,6	0,6	1,6	1,2	0,08	1,05	0,05	1,63	0,42	0,9	0,5

Компоненты	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
SiO ₂	44,72	44,74	45,12	45,34	46,00	47,00	49,16	49,46	49,88	52,94	52,98	53,20
TiO ₂	1,07	0,89	1,05	1,22	1,42	0,92	0,97	1,01	0,61	0,31	1,27	0,61
Al ₂ O ₃	12,59	17,46	10,56	18,8	19,76	17,46	15,78	19,37	18,58	17,86	19,42	18,18
Fe ₂ O ₃	6,27	5,30	6,16	7,19	5,12	5,42	2,58	6,17	2,65	3,05	2,84	2,20
FeO	8,01	6,35	7,18	5,47	5,26	7,04	5,65	5,68	6,95	4,51	5,32	6,80
MnO	0,23	0,24	0,22	0,16	0,19	0,22	0,12	0,19	0,08	0,15	0,15	0,30
MgO	5,60	7,39	10,74	5,70	5,54	7,12	7,38	5,08	5,24	4,80	3,68	4,23
CaO	13,53	12,8	14,94	10,70	12,70	9,89	13,40	10,32	11,84	7,05	8,75	10,83
Na ₂ O	1,82	2,34	1,16	2,61	2,46	2,62	1,61	1,74	1,25	2,80	3,55	2,45
K ₂ O	1,57	1,34	1,18	0,62	0,49	1,61	1,36	0,26	0,76	4,05	0,63	1,14
H ₂ O ⁻	—	0,07	1,76	1,53	0,08	0,21	—	0,10	0,18	0,42	1,36	0,24
H ₂ O ⁺	—	1,52	—	—	1,22	—	—	—	—	0,89	—	2,40
P ₂ O ₅	0,23	—	—	—	—	—	0,60	0,25	0,21	0,61	—	—
П. п. п.	1,70	—	—	—	—	0,27	0,63	0,10	1,24	—	0,15	—
SO ₃	—	—	—	—	—	—	—	0,13	0,11	—	—	—
Σ	97,34	100,44	100,07	99,34	100,24	99,78	99,24	99,86	99,49	99,44	100,10	102,58

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	6,4	7,2	4,2	6,9	6,5	8,2	5,7	4,4	4,2	12,5	9,1	7,3
<i>c</i>	5,5	8,5	4,7	9,8	10,9	7,9	7,8	11,7	11,1	6,2	9,2	8,9
<i>b</i>	34,8	31,0	41,3	27,9	25,7	28,5	29,0	22,7	23,7	18,5	16,7	21,0
<i>s</i>	53,3	53,3	49,8	55,4	56,9	55,4	57,5	61,2	61,0	62,8	65,0	62,8
<i>m'</i>	28,2	41,5	41,6	37,2	39,7	43,0	43,6	40,8	39,3	45,8	39,8	35,0
<i>f'</i>	38,8	35,7	23,2	43,2	38,3	41,0	26,4	51,5	43,3	39,6	47,6	42,6
<i>c¹</i>	33,0	22,8	30,2	19,6	22,0	16,0	30,0	7,7	17,4	14,6	12,6	22,4
<i>n</i>	63,7	72,5	59,4	88,0	88,8	71,0	63,4	90,0	69,0	51,0	90,0	76,9
<i>Q</i>	-11,7	-16,6	-13,7	-12,8	-10,1	-13,5	-4,2	1,9	2,5	-5,6	2,6	2,1
<i>a/c</i>	1,16	0,86	1	0,7	0,6	1	0,7	0,36	0,38	2,0	0,99	0,8

Компо- ненты	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
SiO ₂	56,16	48,42	48,62	50,10	50,86	51,10	53,66	53,72	56,32	56,74	58,04	59,06
TiO ₂	0,25	1,05	0,67	0,68	0,95	0,81	0,44	0,16	0,36	0,19	0,52	0,53
Al ₂ O ₃	17,25	17,67	14,05	12,45	17,08	17,23	19,68	17,90	19,02	16,40	16,12	18,91
Fe ₂ O ₃	3,96	4,27	2,53	4,47	4,35	3,94	2,03	6,37	1,73	5,36	2,35	1,87
FeO	4,87	7,32	5,16	5,45	5,52	5,72	4,15	4,22	3,12	3,55	3,41	2,21
MnO	0,16	0,17	0,15	0,19	0,21	0,23	0,11	0,14	0,11	0,09	0,27	0,12
MgO	3,09	6,28	8,37	8,13	5,65	5,34	3,18	2,31	3,11	4,02	3,50	2,27
CaO	6,55	10,40	13,09	11,02	10,10	9,75	7,90	5,83	6,78	4,92	6,12	5,54
Na ₂ O	5,06	2,19	2,25	2,18	2,97	3,23	4,44	3,61	4,48	3,39	3,79	3,98
K ₂ O	0,82	1,92	3,29	2,78	1,27	2,58	2,79	3,17	2,23	3,85	4,27	4 02
H ₂ O	1,04	—	0,32	0,67	1,15	0,75	0,14	0,16	0,17	0,13	1,33	0,15
H ₂ O+	—	—	—	1,94	—	—	—	1,50	—	0,96	—	—
P ₂ O ₅	—	—	0,43	0,42	—	—	0,16	—	0,18	—	0,87	0,26
П.п.п.	0,37	—	2,18	1,58	—	—	—	0,84	—	0,51	—	—
SO ₃	0,04	—	0,08	—	—	—	0,07	—	—	—	—	—
Σ	99,61	99,69	101,19	102,06	100,14	100,73	98,75	99,93	97,6	100,11	100,59	98,9

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	12,7	7,7	9,4	8,6	8,6	11,0	14,5	13,3	13,8	12,7	14,5	15,1
<i>c</i>	5,5	4,5	4,4	3,8	7,4	6,2	6,5	6,1	6,4	4,9	3,6	5,5
<i>b</i>	16,2	30,5	31,9	31,5	24,2	23 8	15,1	15,7	12,4	16,3	15,3	9,4
<i>s</i>	65,6	57,3	54,3	56,1	59,8	59,0	63,9	64,9	67,4	66,1	66,6	70,0
<i>m'</i>	32,5	35,8	43,1	42,3	40,2	38,0	37,3	26,4	44,2	42,3	39,0	42,1
<i>f'</i>	51,0	36,6	22,1	23,4	38,5	38,0	39,1	64,8	38,0	50,4	35,4	42,1
<i>c'</i>	16,5	27,6	34,8	29,3	21,3	24,0	23,6	8,8	17,8	7,3	25,6	15,8
<i>n</i>	90,0	63,6	50,7	53,9	77,4	65,0	70,5	63,0	75,0	60,4	57,0	60,5
<i>Q</i>	0,3	-5,3	-14,6	-8,9	-5,0	-10,2	-7,7	-2,9	0,9	1,9	0,6	4,3
<i>a/c</i>	2,3	1,7	2,1	2,2	1,2	1,7	2,2	2,0	2,15	2,65	4,03	2,7

Компо- ненты	83	81	85	86
SiO ₂	59,16	62,96	65,97	72,02
TiO ₂	0,51	0,17	0,25	0,25
Al ₂ O ₃	15,69	18,56	14,87	13,11
Fe ₂ O ₃	3,38	1,58	2,03	0,73
FeO	3,07	1,10	1,95	0,78
MnO	0,16	0,20	0,11	0,08
MgO	3,30	0,85	1,30	2,53
CaO	5,25	3,01	4,20	1,08
Na ₂ O	4,26	4,68	3,40	1,44
K ₂ O	4,46	6,50	5,05	8,56
H ₂ O	0,11	0,16	0,10	0,24
H ₂ O+	1,0	0,46	1,08	0,07
P ₂ O ₅	—	0,24	0,28	—
П.п.п.	—	—	—	—
SO ₃	—	—	—	—
Σ	100,35	100,47	100,59	100,58

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	15,6	19,8	14,6	14,6
<i>c</i>	2,6	2,5	2,5	1,0
<i>b</i>	15,0	5,2	9,1	6,0
<i>s</i>	66,8	72,5	73,8	78,4
<i>m'</i>	36,6	27,3	23,3	70,0
<i>f'</i>	38,4	50,7	49,0	23,3
<i>c'</i>	25,0	22,0	27,7	6,7
<i>n</i>	61,4	52,5	50,4	20,6
<i>Q</i>	-0,2	2,8	15,8	26,6
<i>a/c</i>	6,0	7,92	5,84	14,6

Примечание. 48 — обр. 2004, пироксенит, р. Яковская, А. Ф. Марченко, 1957; 49 — обр. 3660-2, пироксенит, р. Озерная Камчатка, колл. авторов, 1963 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 50 — обр. 52, ультраосновная порода, р. Яковская, А. Ф. Марченко, 1957; 51 — пироксенит, р. Кинкиль (гора Лысая), В. П. Вдовенко, 1964 г.; 52 — обр. 173, пироксенит, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик В. Котова, КГУ; 53 — обр. 3623/1, оливиновый пироксенит, р. Озерная Камчатка, колл. авторов, 1963 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 54 — обр. 1-475, пироксенит, р. Евсейчиха, М. И. Горяев, 1960 г. 55 — обр. 3001/63-п, пироксенит, р. Левая Андриановка, колл. авторов, 1963 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 56 — обр. 3520/3, габбро-диорит, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик В. Котова, КГУ; 57 — обр. 126-61, амфиболитизированное габбро, р. Евсейчиха, колл. авторов, аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 58 — обр. 1030, габбро, р. Кинкиль, В. П. Вдовенко, 1964 г.; 59 — обр. 3212/3, габбро с ортоклазом, р. Андриановка, колл. авторов, 1961 г., аналитик Цимбалит, ИГГ СО АН СССР; 60 — обр. 205, габбро, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 61 — обр. 110/2, амфиболитизированное габбро, р. Евсейчиха, колл. авторов, аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 62 — обр. 3002/7, габбро-диорит, р. Кувагач, колл. авторов, 1962 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 63 — обр. 3512, габбро-диорит, р. Кувагач, колл. авторов, 1962 г., аналитик Л. С. Мазалова, ИВ СО АН СССР; 61 —

значение в образовании метасоматических пород с наиболее высокими содержаниями щелочей и отношениями K_2O/Na_2O .

В породах интрузивной фации подобная дифференциация проявлена значительно слабее. Габброиды характеризуются заметным преобладанием Na_2O над K_2O . В направлении к конечным членам кристаллизационного ряда идет уменьшение величины y , при этом в кварцевых сиенитах отношение K_2O/Na_2O (в вес %) больше 1. В то же время в монцонитах отношение $K_2O/Na_2O > 1$, что, вероятно, может быть объяснено гибридным генезисом этих пород.

Основная масса фигуративных точек эффузивных и субвулканических образований равномерно располагается в интервале $b = 30-13$. Однако отдельные разности трахибазальтовых порфиритов значительно более меланократовы ($37,5 < b < 47,5$).

В цветной части пород железисто-магнезиальный компонент всюду преобладает над кальциевым. Значение параметра c' в большинстве случаев резко повышенное по сравнению со средними типами известково-щелочных пород, по Дэли, и больше соответствует щелочным ассоциациям. Последнее хорошо согласуется с полученными нами данными о высокой кальциевости моноклиновых пироксенов лав (см. ч. 1, гл. 2) и субвулканических образований. В направлении к более кислым дифференциатам параметр c' несколько уменьшается, что связано с увеличением железистости клинопироксенов и появлением в составе фенокристаллов ортопироксена и амфибола.

Содержание полевошпатовой извести c (см. рис. 49) в магматических образованиях эффузивной фации ниже, чем в средних типах пород щелочноземельной ассоциации базальт — андезит — риолит (по Дэли), и выше, чем в средних типах щелочных пород, или соответствует ему; при этом по мере повышения щелочности расплава роль ее уменьшается, а в минералогическом составе пород появляется щелочной полевошпат.

Продолжение окончания

обр. 103/1, амфиболитованное габбро, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик В. Котова, КГУ; 65 — обр. 500, габбро, р. Евсейчиха, колл. авторов, аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 66 — обр. 3593, габбро-диорит, р. Кувагдач, колл. авторов, 1962 г., аналитик В. Котова, КГУ; 67 — обр. 3611, габбро-диорит, р. Кувагдач, колл. авторов, 1962 г., аналитик В. Котова, КГУ; 68 — обр. 3644, габбро, р. Озерная Камчатка, колл. авторов, 1963 г., аналитик З. И. Белятская, ИВ СО АН СССР; 69 — обр. 3626, габбро, р. Кувагдач, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 70 — габбро щелочное, р. Колпакова, А. В. Щербаков, 1936 г.; 71 — обр. 3579, габбро, р. Кувагдач, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 72 — обр. 132, монцонит, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 73 — обр. 1164, монцонит, р. Кинкиль, В. П. Вдовенко, 1964 г.; 74 — авгитовый сиенит, р. Пахача, А. Г. Погожев, А. М. Садреев, 1951 г.; 75 — обр. 132/1, монцонит, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 76 — обр. 133, монцонит, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 77 — сбр. 2496, кварцевый диорит, гора Белая, Л. Лапшин, 1962 г.; 78 — обр. 3019, кварцевый диорит, р. Кувагдач, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 79 — обр. 2508, кварцевый диорит, Л. Лапшин, 1962 г.; 80 — обр. 3523-а, сиенит, р. Кувагдач, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 81 — обр. 3616, монцонит, р. Озерная Камчатка, колл. авторов, 1963 г., аналитик З. И. Белятская, ИВ СО АН СССР; 82 — обр. 2564, гранодиорит, р. Кувагдач, Я. В. Илечко, 1962 г.; 83 — обр. 112, кварцевый сиенит, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 84 — обр. 3075/63-п, сиенит, р. Левая Андриановка, колл. авторов, 1963 г., аналитик З. И. Белятская, ИВ СО АН СССР; 85 — обр. 3102, кварцевый сиенит, р. Озерная Камчатка, колл. авторов, 1963 г., аналитик З. И. Белятская, ИВ СО АН СССР; 86 — обр. 3802, кварц-полевошпатовая пегматоидная жила, р. Евсейчиха, колл. авторов, 1961 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР.

Химические составы средних типов пород эффузивных и интрузивных образований формации

Компоненты	Эффузивная фация						Интрузивная фация				
	Осцилло-трахибазальтовые порфириты	Трахибазальтовые порфириты	Грахино-базальтовые порфириты	Ортоклазовые трахиандезитовые порфириты	Габбро-ситовит	Эпителиновый шонкингит	Пироксениты, перидотиты	Габбро-габбро-диориты	Моноцититы	Снегитов-диориты	Кварцевые снейциты
SiO ₂	44,75	49,76	53,60	58,29	51,18	50,78	46,81	47,65	51,19	54,65	60,77
TiO ₂	1,06	0,65	0,52	0,46	0,58	0,69	0,61	0,89	0,78	0,32	0,33
Al ₂ O ₃	16,14	16,61	17,74	16,15	16,19	14,49	7,22	17,19	15,78	18,91	16,89
Fe ₂ O ₃	6,71	4,66	3,83	3,34	5,97	5,61	4,66	4,62	3,65	3,38	2,84
FeO	5,50	4,30	4,09	3,14	4,02	5,46	5,53	6,19	5,60	3,83	2,38
MnO	0,12	0,18	0,13	0,09	—	—	0,15	0,19	0,21	0,12	0,14
MgO	8,43	5,65	3,92	2,93	5,20	3,68	13,91	6,22	6,21	2,87	2,35
CaO	10,82	8,60	6,74	4,22	8,42	7,60	18,82	11,83	10,08	6,84	4,58
Na ₂ O	1,77	2,84	3,25	4,52	2,64	2,26	0,79	2,29	2,77	4,18	3,94
K ₂ O	1,43	3,50	3,97	4,69	4,13	6,40	0,76	1,16	2,69	2,73	4,77
Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому											
<i>a</i>	6,24	11,6	13,42	16,9	12,1	14,6	2,4	6,9	9,9	13,8	15,7
<i>c</i>	8,08	5,7	5,64	2,5	4,9	2,6	3,1	8,5	5,6	6,4	3,6
<i>b</i>	31,82	23,6	17,3	13,5	23,5	23,3	46,6	27,6	25,8	14,2	10,6
<i>s</i>	53,86	59,1	33,7	67,1	59,5	59,5	47,9	57,0	58,7	65,6	70,1
<i>f'</i>	36,1	56,4	43,6	43,7	39,0	43,7	17,8	37,1	33,6	48,5	43,8
<i>m'</i>	46,3	42,1	39,8	56,5	38,0	27,1	45,1	39,7	40,7	35,3	37,3
<i>c'</i>	17,6	21,6	16,6	19,8	23,0	29,2	37,1	23,2	25,8	16,2	18,9
<i>n</i>	65,9	54,9	56,0	59,5	49,1	34,5	60,0	74,2	60,9	69,7	55,5
<i>Q</i>	-12,8	-10,7	-5,1	-1,9	-10,1	-12,8	-12,1	-8,3	-8,0	+2,8	+5,2
<i>a/c</i>	0,7	2,0	2,4	6,8	2,5	5,6	-0,8	0,8	1,8	2,2	4,4
<i>φ</i>	18,7	17,4	19,7	21,3	22,1	20,8	7,6	14,9	12,1	21,2	22,2
<i>t</i>	1,9	1,0	0,7	0,6	0,8	1,0	1,0	1,3	1,0	0,4	0,4
Число анализов для подсчета среднего	5	18	6	2	1	1	8	16	6	3	5

Метасоматические образования характеризуются существенными колебаниями параметров *s*, *m'*, *f'* и *c'* (см. табл. 33 и рис. 49). В породах различных зон метасоматитов перевала Кирганикского наблюдается, с одной стороны, более высокое содержание кальциевого и магниезиального компонента (относительно большая роль в составе пород пироксена), с другой — повышенное значение *m'* и *f'*, что выражается в большем содержании биотита и магнетита в составе пород. Это, вероятно, объясняется различной интенсивностью метасоматоза, а также некоторыми различиями в химических составах поступающих растворов. Содержание полевошпатовой извести в метасоматитах невысокое и соответствует таковому более щелочных разностей эффузивов и субвулканических образований. На диаграмме А. Н. Заварицкого обращает на себя внимание сильная пересыщенность алюминием при сравнительно малом содержании магниезиального компонента и почти полном отсутствии полевошпатовой извести метасоматических образований района р. Шаромской и гидротермальных пород центральной зоны массива метасоматитов перевала Кирганикского (см. табл. 34). Это свидетельствует о почти полном выно-

се из пород кальция и большого количества магния: как следствие, в минералогическом составе пород отсутствуют темноцветные минералы.

В отличие от пород эффузивной фации, интрузивные образования на диаграмме А. Н. Заварицкого (см. рис. 49) образуют два участка сгущения фигуративных точек, характеризующие выделенные нами фазы габбро ($b = 26-32$) и сиенитов ($b = 14-16$). В то же время в нижней части диаграммы наблюдается довольно постепенный переход наиболее меланократовых разновидностей габбро к габбро-пироксенитам, пироксенитам и перидотитам (значение величины b изменяется от 32 до 53). Подобное положение основных и ультраосновных пород, очевидно, отражает единый последовательный процесс кристаллизационной дифференциации. Однако поскольку часть пород габбро представляет собой амфиболизированные разновидности с наложенной роговой обманкой, не исключена возможность, что столь высокая меланократовость и при этом низкая кислотность связаны частично также и с процессами метасоматоза. В сравнении со средним типом габбро, по Дэли, габброиды несколько более меланократовые (см. рис. 49). Значение величины b кварцевых сиенитов варьирует в пределах от 5 до 15; характерны лейкократовые разновидности (относительно средних типов, по Дэли), иногда отвечающие составу граносиенита. Повышенная лейкократовость связана с увеличением в составе кварцевых сиенитов плагиоклаза, калиевого полевого шпата.

В цветной части пород в кристаллизационном ряду пироксениты — габбро — кварцевые сиениты отмечается общая тенденция к постепенному уменьшению количества кальция, магния и увеличению железистости (табл. 35, 36). Минералогически это выражается в появлении более железистых разновидностей пироксенов (диопсид-салитов, кальциевых салитов), амфиболов.

Отмеченные закономерности изменения химизма свойственны породам интрузивной фации в целом и тем самым отражают процессы глубинной кристаллизационной дифференциации. В то же время наблюдаются заметные колебания химизма пород, слагающих каждую отдельную фазу внедрения, которые, как установлено, являются следствием различных условий кристаллизации расплавов в камере, где существенное влияние на состав пород оказывают дополнительные факторы (гибридизм, метасоматоз).

Ассимиляцией габброидным расплавом вмещающих вулканогенных пород объясняется образование большинства разновидностей пород массива в бассейне р. Кувагдач. Породы, слагающие этот массив, представлены преимущественно роговообманковыми габбро, габбро-диоритами, диоритами, фигуративные точки которых в правой части диаграммы А. Н. Заварицкого (см. рис. 49) занимают крайнее левое положение, что свидетельствует о значительном обеднении их щелочами. При этом уменьшается величина b , возрастает роль полевошпатовой извести (c), увеличивается относительное содержание железа в цветной части. Сравнение средних взвешенных составов пород по массивам (см. табл. 37) показывает, что расплав в таком случае обогащается Al_2O_3 , SiO_2 , Na_2O за счет MgO , CaO , K_2O ; уменьшается отношение K_2O/Na_2O .

Большая интенсивность процесса «усвоения» внедрившимся расплавом вмещающих пород отмечается в дифференцированных двухфазовых массивах, где в основные породы внедрился расплав состава, близкого кварцевому сиениту. Резкие различия в составах вмещающих пород и внедрившегося расплава, большая насыщенность последнего щелочами и летучими компонентами — все это способствовало активным химическим реакциям между ними и привело к образованию серии контактово-реакционных пород: монцонитов и метасоматитов, образовавшихся

Средние химические составы пород отдельных фаз внедрения, интрузивных массивов и средний взвешенный состав интрузивных образований формации в целом

Компоненты	Фаза пироксенитов. Массивы в бассейнах рек Евсейчи, Левой Андриановки	Фаза габбро				Фаза сиенитов					Метасоматиты, массив в бассейне р. Левая Андриановка		Средневзвешенный состав		
		дифференцированный массив				дифференцированный массив					фаза габбро	фаза сиенитов в дифференцированных массивах	исходный расплав интрузивных образований		
		р. Озерная Камчатка	р. Евсейчи	р. Кувагад	недифференцированный массив р. Средняя Андриановка	р. Евсейчи		р. Озерная Камчатка ***	р. Кувагад *	недифференцированный массив р. Левой Андриановки ***				кальцевые	пирровые
						монциты *	кварцевые сиениты ***								
SiO ₂	50,21	48,65	44,67	49,97	45,85	50,18	59,16	58,04	56,74	62,96	52,72	49,16	47,74	55,43	49,30
TiO ₂	0,34	0,49	0,94	0,96	0,81	0,94	0,51	0,52	0,19	0,17	0,49	0,93	0,88	0,50	0,63
Al ₂ O ₃	3,35	11,32	15,70	18,86	14,44	17,34	15,69	16,12	16,40	18,56	16,62	16,51	16,44	16,53	11,68
Fe ₂ O ₃	1,77	3,09	5,23	4,65	4,60	4,19	3,38	2,35	5,36	1,58	3,30	4,43	4,62	4,17	3,54
FeO	3,77	6,45	6,90	5,59	6,77	6,19	3,07	3,41	3,55	1,10	4,71	5,09	6,23	4,22	5,17
MnO	0,05	0,18	0,21	0,15	0,20	0,21	0,16	0,27	0,09	0,20	0,18	0,09	0,18	0,17	0,13
MgO	16,80	11,90	8,19	4,72	9,30	5,76	3,30	3,50	4,02	0,85	3,02	8,51	7,19	4,31	10,42
CaO	23,27	13,61	13,51	10,14	13,54	10,08	5,25	6,12	4,92	3,01	7,81	10,44	11,98	6,65	15,43
Na ₂ O	0,17	1,49	1,58	2,78	1,55	2,80	4,26	3,79	3,39	4,68	2,09	2,75	2,11	3,40	1,52
K ₂ O	0,08	1,83	1,23	0,60	1,44	1,92	4,46	4,27	3,85	6,5	7,12	0,67	1,04	3,50	1,07

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	0,4	5,4	4,9	7,4	4,9	9,1	15,16	14,5	13,1	19,8	15,2	6,9	0,3	12,7	4,5
<i>c</i>	2,2	9,8	7,6	9,7	6,5	7,3	2,6	3,6	4,7	2,5	3,9	7,7	8,2	4,8	5,1
<i>b</i>	49,5	32,8	38,3	21,7	39,3	24,7	15,0	15,3	16,4	5,2	18,3	28,3	29,2	18,4	30,8
<i>s</i>	47,9	52,0	49,2	61,2	49,3	58,9	66,8	66,6	65,8	72,5	62,6	57,1	50,3	04,1	53,0
<i>f'</i>	8,5	24,9	28,2	45,4	24,9	39,5	38,4	35,4	49,3	50,7	39,2	30,7	34,7	41,7	20,3
<i>m'</i>	48,1	57,5	34,4	39,2	37,4	39,8	36,6	39,0	42,1	27,3	28,6	51,4	42,2	40,2	45,3
<i>c'</i>	43,4	17,6	37,4	15,4	37,7	20,7	25,0	25,6	8,6	22,0	32,2	17,9	23,1	18,1	34,4
<i>n</i>	71,4	55,2	65,3	88	61,5	69,2	61,4	57,0	57,4	52,5	29,9	88,0	75,5	59,7	68,5
<i>Q</i>	-6,12	-16,6	-19,0	-2,1	-17,7	-7,7	-0,2	0,6	0,7	2,8	-9,1	7,3	8,2	2	0,9
<i>a/c</i>	0,18	0,55	0,64	0,76	0,75	1,24	6,0	4,03	2,78	7,92	3,87	0,89	0,70	2,64	0,88

* Рассчитано методом среднего арифметического.

** Анализы Г. Б. Флёрова и Д. В. Колоскова (3965).

*** Единичные анализы из табл. 35.

в результате процессов ассимиляции и магматического замещения. Роль этих процессов отчетливо видна при сравнении средних типов пород формации — габбро, монцонитов, кварцевых сиенитов и особенно их средних составов для отдельных двухфазовых массивов (табл. 37): расплав кварцевого сиенита в процессе гибридизма постепенно обогащается Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO за счет компонентов замещаемой породы, одновременно падает его кислотность, уменьшается содержание щелочей и в особенности K_2O . Поведение Al_2O_3 остается неясным. Усвоение отмеченных компонентов влечет за собой повышение основности расплава и параллельно с этим увеличение активности сильных оснований и щелочей (Коржинский, 1956; Жариков, 1960). Это находит свое отражение в химическом и петрографическом составе монцонитов: появляются более высокотемпературные парагенетические ассоциации — роговая обманка + пироксен + плагиоклаз № 41—45 (плагиоклаз кварцевых сиенитов — № 36—45) + ортоклаз; по сравнению с кварцевыми сиенитами (см. табл. 35, 36) увеличивается магнезиальность амфибола (m') и его количество, возрастает роль анортитовой составляющей в плагиоклазах (незначительные изменения c при меньшем значении величины a).

Различия в химическом составе монцонитов массивов у рек Озерная Камчатка и Евсейчиха, с одной стороны, как следует из геологических данных, могут быть объяснены различной глубинностью фаций, образующихся в процессе замещения расплавом кварцевых сиенитов вмещающих пород, с другой — различным составом замещаемых пород, отвечающих габбро-пироксенитам в массиве р. Озерная Камчатка и габбро — в массиве р. Евсейчихи. Подтверждением последнего положения служит наличие наиболее щелочных петрографических разностей пород метасоматических фаций, образующихся по ультраосновным породам массива у р. Левая Андриановка (Флеров, Колосков, 1965).

Характер процессов дифференциации и эволюции химизма исходного расплава для пород формации наиболее наглядно проступает на диаграммах (см. рис. 53—55) и при сравнении средних составов пород эффузивной и интрузивной фаций, отдельных интрузивных фаз и массивов (см. табл. 37, 38). При анализе диаграмм прежде всего обращает на себя внимание обособленная группа пород, по петрографическому составу отвечающих перидотитам, пироксенитам, габбро-пироксенитам интрузивной фации. Они характеризуются наибольшими содержаниями Са и Mg — компонентов, являющихся главными составляющими пироксенов и оливинов, и образуют, очевидно, аккумулятивную серию. Подобное положение вполне согласуется с геологическими и петрографическими наблюдениями (Флеров, Колосков, 1966), свидетельствующими о роли процессов фракционной кристаллизации как в глубинных источниках, о чем говорит существование отдельных самостоятельных ультраосновных интрузивов (реки Левая Андриановка и Евсейчиха), так и в интрузивных камерах, о чем свидетельствует наличие пироксенитов, перидотитов, слагающих отдельные фации в массивах фазы габбро (р. Озерная Камчатка). Этот процесс также подчеркивается наличием интрузивных габброидных массивов, сложенных породами переходного состава: от перидотитов, пироксенитов до габбро-пироксенитов и габбро (массив в бассейне р. Озерная Камчатка) и габбро, габбро с роговой обманкой (массив в бассейне р. Евсейчихи). Наблюдаемые при этом изменения химического состава особенно четко проступают при сравнении рассчитанных средних химических составов пород фазы пироксенитов и фазы габбро (см. табл. 37). Процесс отделения из магмы Са-Mg пироксенов и оливинов ведет к постепенному обогащению остаточных расплавов TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 + FeO , MnO щелочными металлами при уменьшении содержания SiO_2 , MgO , CaO (см. рис. 54, 55 и табл. 37). При этом в сравнении со средними мировыми типами, по Дэли, средний состав по-

род фазы пироксенитов ближе всего стоит к диаллагитам, отличаясь от них завышенным содержанием CaO , MgO и пониженным $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, Al_2O_3 , в то время как состав наиболее типичных петрографических разновидностей габбро (массив р. Евсейчихи), равно как и средний взвешенный состав фазы габбро, также характеризуются по сравнению со среднемировым габбро более высоким содержанием CaO , MgO и, в отличие от пироксенитов, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, K_2O (Четвериков, 1956).

Фракционирование, хотя и в меньшей степени, отмечается при формировании некоторых разновидностей пород эффузивной фации — основных трахибазальтовых порфиритов с резко преобладающим содержанием клинопироксена, силлов пироксенитов с ортоклазом, что также отражено на диаграммах (см. рис. 49, 54, 55). Присутствие в лавах включений пироксенитов и перидотитов подчеркивает наличие такого процесса.

Дальнейшие пути кристаллизации пород эффузивной и интрузивной фаций в целом совпадают и идут в направлении увеличения в составе сменяющихся расплавов роли щелочных металлов и кремнезема при уменьшении кафемических компонентов CaO , MgO , FeO (см. рис. 54, 55). На общем фоне увеличения суммы щелочей в ходе дифференциации магмы в составе пород все больше увеличивается отношение K к Na (см. рис. 53). При этом среди эффузивных образований отмечается две ветви развития; одна из них (трахибазальт — ортоклазовый трахиандезит) соответствует эволюционной линии интрузивных образований, а другая — отличается более высокой щелочностью пород (отношение

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2$, большей недосыщенностью кремнеземом, увеличением содержания $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ и уменьшением Al_2O_3 , повышенной ролью K в общем балансе щелочей (табл. 35, 36). Появление подобного рода щелочных пород связано, вероятно, с особенностями глубинной дифференциации магмы на одном из ее этапов, когда выделяющиеся из магмы летучие компоненты и щелочи (в особенности K) концентрировались в определенных областях магматического источника.

Эволюция серий пород габбро-кварцевые сиениты и трахибазальты — трахиандезито-базальты — ортоклазовые трахиандезиты идет по пути постепенного насыщения их кремнеземом и отражает ряд обычной кристаллизационной дифференциации, однако сохраняя общую тенденцию к увеличению в более поздних дифференциатах роли K , что особенно ярко подчеркивается составом остаточных расплавов, образовавшихся при кристаллизации магмы в камерах и фиксирующихся в виде пегматоидных шпиров и жил (см. табл. 35).

Логическим завершением подобного рода дифференциации является образование обогащенных калием расплавов и растворов. Последние, поднимаясь по системе трещин и, возможно, по вулканическим каналам, проникали в верхние структурные горизонты земной коры, где, взаимодействуя с окружающими породами, способствовали образованию метасоматических пород (Флеров, Колосков, 1966; Вольнец и др., 1963).

Поведение алюмощелочных окислов (см. рис. 54) говорит о постепенном по мере кристаллизации магмы их накоплении на начальных и средних этапах дифференциации пород формации. Согласно исследованиям Н. Л. Боуэна (1934), подобный характер изменения этих окислов свойствен ассоциациям пород, образовавшимся в результате фракционной кристаллизации. Таким образом, представленная на рис. 54 диаграмма подтверждает полученные нами данные о существенной роли процессов фракционирования при дифференциации магматических расплавов формации. В то же время поздние этапы кристаллизации характеризуются постоянством содержания алюмощелочных окислов, что отражает, по-видимому, уже иной механизм дифференциации.

Определение приближенного химического состава исходного расплава для пород эффузивной фации проводилось с учетом площадей их распространения:

	Площадь распространения, км ²
Интрузивная фация в целом (сложные и простые массивы)	70,8
Фаза пироксенитов	24,5
Фаза габбро	38,2
Фаза сиенитов, монцонитов*.	8,1
Эффузивная фация в целом	234,4
Трахибазальтовые, трахиандезито-базальтовые порфириты	231,4
Ортоклазовые трахиандезитовые порфириты	1,0
Метасоматиты	2,0
Породы формации	305,2

* Площадь распространения пород фазы сиенитов, вероятно, несколько завышена, так как сюда вошли монцониты, образованные в результате магматического замещения габброидов.

При этом использовались химические анализы пород двух изученных нами районов — рек Жупанки и Андриановки и перевала Кирганикского (табл. 38). В связи с различным стратиграфическим положением, заметными отличиями в химизме и различной степенью дифференцированности эффузивов этих районов средний состав их рассчитывался отдельно.

Таблица 38

Средние химические составы* эффузивов отдельных районов и вулканических образований формации в целом

Компоненты	Эффузивы р-на рек Жупанки и Андриановки	Эффузивы р-на пер. Кирганикского				Средневзвешенный состав исходного расплава вулканических образований
		трахибазальтовые, трахиандезито-базальтовые порфириты	ортоклазовые трахиандезитовые порфириты	метасоматиты	средневзвешенный состав	
SiO ₂	48,58	49,02	58,29	51,27	49,12	48,85
TiO ₂	0,72	0,79	0,46	0,64	0,78	0,75
Al ₂ O ₃	16,55	16,64	16,15	16,35	16,63	16,63
Fe ₂ O ₃	5,44	5,08	3,34	3,01	5,06	5,25
FeO	5,03	4,33	3,14	4,23	4,32	4,71
MnO	0,20	0,15	0,09	0,11	0,14	0,17
MgO	6,26	5,77	2,93	5,00	5,74	6,03
CaO	8,62	8,89	4,22	6,55	8,84	8,72
Na ₂ O	2,64	2,90	4,52	1,56	2,91	2,76
K ₂ O	2,74	3,46	4,69	7,40	3,47	3,14

Числовые характеристики А. И. Заварицкого

<i>a</i>	10,1	11,8	16,95	14,7	11,7	10,9
<i>c</i>	6,4	5,7	2,5	4,1	5,7	6,1
<i>b</i>	25,4	24,1	13,5	19,9	24,1	24,8
<i>s</i>	58,1	58,4	67,1	61,3	58,5	58,2
<i>л</i>	39,4	36,1	43,7	34,6	36,0	37,7
<i>m'</i>	43,2	41,4	36,5	44,3	41,4	42,6
<i>c'</i>	17,4	22,5	19,8	21,1	22,6	19,7
<i>n</i>	52,1	56,6	59,5	23,3	56,6	57,1
<i>Q</i>	-10,4	-12,5	-1,9	-10,9	-8,5	-11,5
<i>a/c</i>	1,57	2,07	6,8	3,58	2,05	1,78
<i>φ</i>	19,0	18,1	21,3	13,57	18,1	18,8
<i>t</i>	1,1	1,1	0,6	0,94	1,1	1,1

* Рассчитаны как средние арифметические.

Как следует из данных табл. 38, средние составы эффузивов этих двух районов в общем были близки, но в породах перевала Кирганикского содержится больше щелочей и меньше MgO. Вместе с этим они несколько обогащены SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, CaO и обеднены Fe₂O₃ + FeO, MnO. При этом более ранними являются менее дифференцированные трахибазальтовые и базальтовые лавы района рек Жупанки и Андриановки, в минералогическом составе которых встречается оливин; более поздними — обогащенные щелочными металлами вулканические и субвулканические продукты, широко развитые в районе перевала Кирганикского (Флеров, Колосков, 1966; Вольнец и др., 1963), в их минералогическом составе отмечаются эгиринсодержащие пироксены, ортоклаз во вкрапленниках, лейцит.

Средневзвешенный химический состав вулканических образований формации в целом (см. табл. 38) ближе всего соответствует составу тефрита, по Дэли (Четвериков, 1956), отличаясь от последнего меньшим содержанием TiO₂, CaO, MnO и большим — MgO. По содержанию MgO он занимает промежуточное положение между тефритом и щелочным оливиновым базальтом (Йодер, Тилли, 1965; Kushiro, Kuno, 1963).

Расчет среднего химического состава методом средневзвешенного по площадям распространения интрузивных образований проводился нами по массивам, поскольку петрографические и химические составы пород каждой отдельной фазы сложно дифференцированных массивов заметно отличаются. За основу расчета брались средние арифметические из числа анализов, отвечающих той или иной фазе внедрения без учета площадей, занимаемых отдельными петрографическими разностями, что связано в большинстве случаев с трудностью выделения зон, сложенных породами одного состава. Однако там, где это было возможно, площади, занимаемые отдельными разностями, учитывались (см. табл. 37).

Как показали расчеты, средневзвешенный состав исходного расплава интрузивных образований не отвечает ни одному из среднемировых типов пород, по Дэли, занимая промежуточное положение между габбро и диаллагитом. По сравнению с габбро расплав обеднен Al₂O₃, TiO₂, Na₂O и обогащен MgO, CaO, K₂O, а по сравнению с диаллагитом — содержит меньше TiO₂, Fe₂O₃ + FeO, MnO, MgO, CaO и больше SiO₂, K₂O и Na₂O.

Как уже говорилось, анализ геологического, петрографического и петрохимического материала приводит нас к выводу, что ассоциации пород интрузивной фации, равно как и эффузивной, являются производными магмы типа щелочного оливинового базальта. В этой связи интересно провести сравнение полученных нами средних составов пород формации с производимыми подобного типа магм, развитыми на океанических островах (табл. 39). В табл. 39 также приводится средний взвешенный состав магматических образований для формации в целом, рассчитанный с учетом площадей распространения пород эффузивной и интрузивной фаций. Наиболее близок он к среднему щелочному оливиновому базальту Японии и Кореи (Kushiro, Kuno, 1963), отличаясь от последнего меньшим содержанием TiO₂, MgO и большим K₂O. Из данных табл. 39 видно, что средний состав пород интрузивной фации обеднен по сравнению со средним химическим составом пород всей формации Al₂O₃, Fe₂O₃ + FeO, K₂O, Na₂O и обогащен MgO, CaO. Для пород эффузивных образований отмечаются обратные соотношения компонентов, что как бы компенсирует общий баланс химического состава пород формации в целом. В чем же причина подобного несоответствия?

Как следует из анализа всего материала, направление эволюции и характер соотношений окислов магматических дифференциатов эффу-

Средние химические составы пород отдельных интрузивных этапов внедрения, интрузивной, эффузивной фации, формации в целом и средний состав щелочного оливинового базальта

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	50,21	48,65	44,67	49,30	48,85	48,95	48,11
TiO ₂	0,34	0,49	0,94	0,63	0,75	0,72	1,72
Al ₂ O ₃	3,35	11,32	15,70	11,68	16,63	15,47	15,55
Fe ₂ O ₃	1,77	3,09	5,23	3,54	5,25	4,85	2,99
FeO	3,77	6,45	6,90	5,17	4,71	4,82	7,19
MnO	0,05	0,18	0,21	0,13	0,17	0,16	0,16
MgO	16,80	11,90	8,19	10,42	6,03	7,05	9,31
CaO	23,27	13,61	13,51	15,43	8,72	10,28	10,43
Na ₂ O	0,17	1,49	1,58	1,52	2,76	2,47	2,85
K ₂ O	0,08	1,83	1,23	1,07	3,14	2,65	1,13

Примечание. 1 — фаза пироксенитов; 2—3 — фаза габбро: 2 — массив р. Озерная Камчатка; 3 — массив р. Евсейчихи; 4—6 среднезвешенный состав: 4 — plutonических образований; 5 — вулканических образований; 6 — формации в целом; 7—средний состав щелочного оливинового базальта Японии и Кореи (Kushiro, Kuno, 1963).

зивной и интрузивной фаций очень сходны. Интрузивная фация при этом объединяет серию пород от ультраосновных и габброидных разностей, которые проявлены достаточно широко и при образовании которых существенное значение имели процессы фракционирования, до кварцевых сиенитов, развитых незначительно. В то же время главная масса продуктов вулканической деятельности представлена трахибазальтовыми, трахиандезито-базальтовыми порфиритами и лишь в виде исключения встречаются здесь ультраосновные разности — силлы пироксенитов — и более кислые — ортоклазовые трахиандезитовые порфириты. Учитывая наличие, хотя и в малых масштабах, аккумулятивной серии пород среди эффузивных образований, а также принимая во внимание то, что состав пород эффузивной фации (см. табл. 39) далеко не соответствует первичному базальту, отличаясь от последнего в первую очередь пониженным содержанием CaO, MgO, эффузивные образования формации, скорее всего, следует рассматривать лишь как часть единого ряда дифференциации пород исходной базальтовой магмы, не исключая тем самым возможность существования больших масс пород, образовавшихся в процессе аккумуляции. Отмеченные положения наряду с другими многочисленными геологическими, петрографическими, петрохимическими данными, свидетельствующими о парагенетических соотношениях вулканических и plutonических образований формации и, наконец, наблюдаемые несоответствия в средних химических составах пород интрузивной и эффузивной фаций по сравнению со средним составом пород формации в целом и средним щелочным оливиновым базальтом (см. табл. 39) — все это позволяет высказать предположение, что исходные расплавы эффузивной и интрузивной фаций являются результатом дифференциации единой магмы общего магматического источника. Последовательное фракционирование ранних кристаллических фаз, обогащенных Ca-Mg компонентами, с одной стороны, и как следствие этого накопление щелочей и летучих — с другой, способствовали дифференциации магмы в магматическом источнике и образованию расплавов, явившихся исходными для пород эффузивной и интрузивной фаций. Отмеченный процесс дифференциации исходной магмы формации в целом можно пронаблюдать при сравнении средних составов пород эффузивных образований и

ранних фаз внедрения отдельных интрузивных массивов (табл. 39), отличных по составу. Из данных табл. 39 видно, как постепенно от пироксенитов (фаза пироксенитов) через габбро-пироксениты (фаза габбро массива р. Озерная Камчатка) и габбро (фаза габбро р. Евсейчихи) к тефритам (эффузивные образования) в средних составах увеличивается содержание Al_2O_3 , Na_2O , K_2O и уменьшается MgO , CaO .

Кварцевые сиениты и ортоклазовые трахиандезиты, наиболее поздние и наименее распространенные продукты кристаллизационной дифференциации исходной магмы, по-видимому, представляют собой производные остаточных расплавов. При этом не исключена роль ассимиляции остаточными расплавами вещества сиала.

Формация габбро-гранодиоритов (N_1)

В табл. 40 приведено 69 химических анализов пород формации. Из них 45 относятся к породам массивов, дифференцированных по фазам внедрения (10—I фаза и 35—II фаза), а остальные 25 — к породам массивов, дифференцированных в интрузивных камерах¹. Несмотря на ряд отличий, наиболее общие характерные черты химического состава пород этих массивов сходны, что позволяет рассматривать их совместно.

Все интрузивные породы формации независимо от типа массивов, которые они слагают, относятся к известково-щелочной серии (по Пикоку), почти точно соответствуя серии Сан-Хуан (Барт, 1956). Щелочно-известковый индекс Пикока для них 59,5 (см. рис. 52) при значении $CaO = Na_2O + K_2O$, равном 6,0%. Величина показателя родства (по Ритману) для большинства пород формации лежит в пределах от 1,8 до 3,0, т. е. породы относятся к тихоокеанскому ряду со средним характером родственной группы. Среднее значение величины σ (среднее арифметическое из частных определений) равно 2,04, при $\sigma = 2,06$ для пород массивов I из указанных типов и $\sigma = 2,01$ для пород массивов II типа. Щелочно-известковый индекс Куно равен 19 при значении $CaO = Na_2O + K_2O = 5,5\%$. Следовательно, и по классификациям этих авторов породы формации относятся к известково-щелочной серии.

На диаграмме А. Н. Заварицкого (рис. 50) фигуративные точки пород формации образуют ряд, вытягивающийся вдоль фигуративных точек средних типов пород (по Дэли) по линии габбро-кварцевое габбро — диорит — гранодиорит — послекембрийский гранит — аляскит. Вместе с тем для пород основного и среднего состава довольно обычны отклонения от средних типов в сторону несколько повышенной щелочности и особенно повышенного содержания полевошпатовой извести. Минералогически это выражается в наличии калиевого полевого шпата и обилии высокоосновного интрателлурического плагиоклаза.

Содержание кремнезема в породах формации колеблется в широких пределах — от 44 до 74%, причем относительная роль основных и существенно кислых разностей в массивах разного типа неодинакова. Судя по анализам, в массивах I типа основные и переходные к средним разности пород, соответствующие I фазе внедрения и содержащие от 46 до 57% SiO_2 , составляют лишь 20%, а судя по площадям распространения пород и того меньше — всего около 10%. В массивах же II типа разности с содержанием SiO_2 до 57% составляют 50%. Так же различна и роль существенно кислых пород: если в массивах II типа породы, содержащие более 68% SiO_2 , неизвестны, то в массивах I типа они составляют до 20%.

¹ В дальнейшем для удобства изложения массивы, дифференцированные по фазам внедрения, именуются массивами I типа, а дифференцированные в интрузивных камерах — массивами II типа.

Содержание щелочей в породах формации изменяется от 2,5—4% в наиболее основных разностях до 6,5—7% в наиболее кислых, причем относительная роль калия и натрия постепенно изменяется с ростом кислотности пород. Необходимо также отметить, что породы массивов II типа отличаются от соответствующих по основности пород массивов I типа несколько повышенной ролью Na_2O в группе щелочей (см. табл. 40).

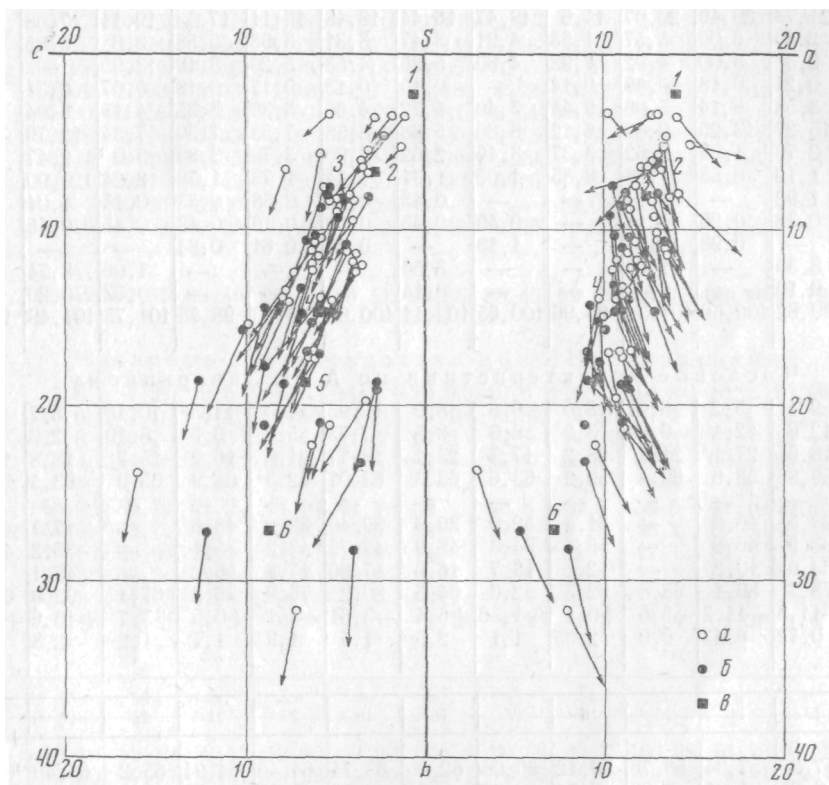


Рис 50. Диаграмма химических составов пород миоценовой габбро-гранодиоритовой формации (по методу А. Н. Заварицкого).

a — породы массивов, дифференцированных по фазам внедрения; *б* — породы массивов, дифференцированных в интрузивных камерах; *в* — средние типы пород, по Р. Дэли.

1 — аляскит, 2 — послекембрийский гранит, 3 — гранодиорит, 4 — диорит, 5 — кварцевое габбро, 6 — габбро

Большинство пород формации имеет лейкократовый характер: только в 9 анализах из 69 значение *в*, по А. Н. Заварицкому, более 20. Повышенная лейкократовость пород связана со значительным содержанием в породах плагиоклаза, максимальное количество которого достигает 65—75% в породах с содержанием SiO_2 52—54%. Высокое содержание плагиоклаза отражается в повышенном значении характеристики *c* и отчетливо видно в левой части диаграммы А. Н. Заварицкого (см. рис. 50), где фигуративные точки более чем половины анализируемых пород располагаются левее линии средних типов пород, по Дэли. В цветной части пород количество кальция приблизительно такое же, что в средних типах пород.

Эволюция пород формации по щелочности и железистости соответствует обычной эволюции нормальных щелочноземельных серий и весь ма близка к таковой перечисленных средних типов пород от габбро до гранита (см. рис. 53, 55). В ходе дифференциации происходит

Химические составы пород габбро-гранодиоритовой формации

Породы интрузивных массивов, дифференцированных в камерах

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	44,36	45,44	50,08	52,06	52,20	52,68	53,46	53,66	53,77	55,48	55,64	55,74
TiO ₂	0,15	0,51	0,7	0,92	0,94	1,00	1,06	1,27	0,84	0,63	0,61	0,43
Al ₂ O ₃	21,73	20,49	20,07	14,6	19,47	16,44	18,48	16,11	17,45	19,11	7,08	19,19
Fe ₂ O ₃	2,33	6,00	5,57	1,53	4,91	3,47	3,31	3,56	5,58	3,8	5,85	2,15
FeO	2,30	5,00	4,02	7,93	4,80	5,86	4,53	5,20	3,40	3,95	—	5,13
MnO	0,24	0,18	0,09	0,14	—	0,15	0,13	0,17	0,18	0,67	0,31	0,11
MgO	3,58	6,14	5,08	9,44	3,40	5,72	4,66	5,30	3,35	4,15	6,04	3,86
CaO	15,27	13,25	9,89	6,12	8,80	5,68	8,58	7,55	7,30	7,34	12,79	7,16
Na ₂ O	2,76	1,94	2,62	3,37	3,46	2,62	3,90	3,70	3,80	3,0	2,47	3,03
K ₂ O	1,12	0,53	1,88	0,85	1,05	1,91	1,44	1,73	1,78	2,24	0,90	1,41
P ₂ O ₅	1,92	—	0,14	—	—	0,43	0,50	0,58	0,33	0,14	1,01	0,25
H ₂ O ⁻	0,38	0,25	0,17	—	0,49	0,45	0,60	0,16	0,43	0,45	0,45	0,23
H ₂ O ⁺	—	0,93	—	—	1,13	—	0,20	0,61	0,84	—	—	—
П.п.п.	3,30	—	1,00	—	—	3,56	—	—	—	1,06	8,74	—
SO ₃	0,16	He обн.	—	—	—	0,14	—	—	—	0,33	0,20	—
Σ	99,62	100,66	101,31	96,96	100,65	100,11	100,85	99,60	98,75	101,75	101,49	98,69

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	9,1	5,2	8,9	8,0	9,8	8,9	10,95	11,0	11,5	10,10	5,7	9,2
<i>c</i>	12,6	12,1	9,6	3,9	8,9	3,5	7,75	5,7	6,5	8,10	2,0	8,9
<i>b</i>	18,6	27,1	21,1	28,2	17,7	23,2	18,77	21,0	16,9	15,7	18,8	14,4
<i>s</i>	59,8	55,6	60,4	59,9	63,6	63,3	63,01	62,3	64,9	65,9	63,5	67,4
<i>a'</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>f'</i>	27,5	40,0	—	31,5	52,0	39,6	39,40	39,0	48,6	—	17,7	49,7
<i>m'</i>	33,9	40,8	—	56,4	34,3	48,9	42,75	43,2	35,1	—	35,2	48,2
<i>c'</i>	33,6	19,2	—	12,1	13,7	16,6	17,86	17,8	16,2	—	47,1	2
<i>n</i>	78,7	86,1	68,8	92,3	82,0	64,5	80,2	76,9	76,2	67,1	92,9	96,5
<i>Q</i>	-11,3	-11,3	-5,6	+0,1	+1,30	+6,4	-3,61	-3,1	+0,5	+3,7	+13,6	+7,6
<i>a/c</i>	0,72	0,43	0,9	2,05	1,1	2,5	1,4	1,9	1,7	1,2	2,8	1,03

Компо- ненты	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	57,26	57,34	58,76	59,12	60,00	62,0	63,74	64,40	64,94	65,2	65,40	67,84
TiO ₂	0,75	1,05	0,80	0,70	0,83	0,60	0,52	0,68	0,56	0,38	0,45	0,34
Al ₂ O ₃	17,21	17,65	17,91	15,60	12,44	18,34	16,45	17,40	14,83	16,98	16,22	14,17
Fe ₂ O ₃	4,97	3,69	1,26	4,39	1,45	2,67	2,23	2,14	0,76	2,21	2,09	2,89
FeO	3,33	3,79	5,16	5,24	4,05	2,02	2,79	3,16	3,33	2,76	3,18	1,43
MnO	0,07	0,17	0,15	0,06	0,13	0,22	0,15	0,16	0,10	0,07	0,08	0,05
MgO	3,06	3,16	3,17	3,45	5,68	3,34	2,87	1,50	2,87	1,40	1,73	1,56
CaO	5,82	7,08	6,80	7,07	5,78	5,83	5,18	4,61	4,18	5,56	4,30	2,86
Na ₂ O	3,96	3,61	3,55	2,80	4,17	5,05	3,22	3,56	3,50	3,62	3,48	3,92
K ₂ O	2,51	1,76	1,80	1,16	1,61	0,29	2,40	2,25	1,90	1,68	2,36	3,27
P ₂ O ₅	—	—	0,18	—	0,32	0,17	—	0,16	—	—	—	—
H ₂ O ⁻	0,18	0,11	0,48	—	—	0,55	0,20	0,28	0,15	—	—	—
H ₂ O ⁺	1,41	1,06	0,04	—	—	—	0,58	—	1,48	—	—	—
П.п.п.	—	—	—	—	4,27	0,58	—	—	—	—	1,06	—
SO ₃	—	—	—	—	0,08	0,07	—	—	—	—	—	—
Σ	100,53	100,47	100,06	99,59	100,81	101,73	100,33	100,3	98,60	99,86	100,35	98,33

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	12,7	10,7	10,75	9	11,3	11,6	10,6	11,0	10,5	10,5	11,1	13
<i>c</i>	5,4	6,8	6,90	6	2,5	6,5	5,9	5,7	4,7	6,2	5,3	3
<i>b</i>	14,7	14,7	13,36	17	18,9	10,6	10,3	8,7	9,3	7,6	8,1	7
<i>s</i>	67,2	67,8	68,9	68	67,3	71,3	73,2	74,6	75,5	75,7	75,5	77
<i>a'</i>	—	—	—	—	—	—	—	13,4	—	—	2,6	—
<i>f'</i>	51,9	48,2	47,4	57,6	27,2	30,9	46,7	57,5	42,2	60,40	60,5	52,8
<i>m'</i>	36,2	37,4	41,1	34	49,8	53,9	48,0	29,1	53,4	31,5	36,8	36,8
<i>c'</i>	11,9	14,4	11,4	14,4	23,4	5,2	5,3	—	4,4	8,1	—	10,4
<i>n</i>	70,3	76	75,3	72	79,8	94,6	67,5	71	73,5	75,0	69,9	64,7
<i>Q</i>	3,6	+7,4	+9,5	+12	+9,5	+12,9	+19,3	+21,5	+25,3	+24,2	23,4	+25,0
<i>a/c</i>	2,3	1,58	1,6	1,5	4,5	1,8	1,8	1,93	2,2	1,7	2,1	4,3

Породы интрузивных массивов, дифференцированных по фазам внедрения

Компоненты	15	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO ₂	44,20	46,30	42,48	53,46	53,53	55,44	55,84	56,16	56,52	56,82	56,86	57,50
TiO ₂	0,85	1,52	1,26	0,48	1,08	0,32	0,41	0,95	0,44	0,45	0,68	0,36
Al ₂ O ₃	23,02	16,25	16,13	20,74	15,90	17,72	17,32	16,92	19,09	16,86	17,95	20,12
Fe ₂ O ₃	5,47	6,35	5,31	2,58	5,11	2,16	2,77	4,71	1,02	2,94	2,79	1,44
FeO	5,23	5,91	4,68	4,42	4,33	4,11	4,48	3,42	4,24	4,62	3,16	4,95
MnO	0,07	0,16	0,18	0,06	0,18	0,06	0,05	0,11	0,07	0,06	0,07	0,07
MgO	5,04	7,68	5,03	4,49	4,37	5,18	4,79	3,12	3,62	5,01	3,34	2,98
CaO	14,00	11,55	8,68	7,97	8,35	6,81	6,54	8,30	8,11	6,20	6,56	6,06
Na ₂ O	0,88	2,96	3,35	2,85	3,60	3,00	2,75	3,75	3,76	3,13	3,07	2,93
K ₂ O	0,34	0,86	1,35	2,01	2,04	2,70	2,79	1,52	1,48	2,16	2,31	2,15
P ₂ O ₅	0,21	0,11	0,45	0,26	0,30	0,20	0,26	—	0,20	0,26	—	0,20
H ₂ O ⁻	—	0,20	0,30	—	0,20	—	—	0,08	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	0,16	0,02	0,26	0,24	0,52	0,46	0,45	0,65	—	0,24	—	0,28
П. п. п.	—	—	—	—	—	—	—	—	0,21	—	—	—
SO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	99,47	99,87	99,46	99,55	99,51	97,86	98,45	99,69	98,76	98,75	96,79	99,04

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	2,8	7,9	9,5	9,70	11,0	10,9	10,6	10,77	10,8	10,2	10,46	9,73
<i>c</i>	16,0	7,1	6,2	9,90	5,2	6,10	6,80	6,2	7,9	6,4	7,28	7,55
<i>b</i>	23,8	30,7	22,3	15,4	21,2	17,2	16,8	16,94	13,8	17,0	12,44	14,07
<i>s</i>	57,4	54,3	55,6	65,0	62,6	65,8	65,8	66,1	67,6	66,4	69,89	68,62
<i>a'</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,40
<i>f'</i>	46,0	36,7	41,2	44,10	41,1	34	40,8	43,8	36,8	41,10	44,89	43,78
<i>m'</i>	40,4	42,7	38,7	52,60	35,2	52	50,0	31,8	46,1	50,80	46,59	36,81
<i>c'</i>	13,6	20,6	20,1	3,30	23,6	14	9,2	21,4	17,1	7,8	7,99	—
<i>n</i>	83,3	83,3	78,9	68,7	73,0	62	59,8	79,2	72,5	69,2	68,1	67,62
<i>Q</i>	-6,8	-14,2	-7,6	+0,7	-2,0	+3,7	+3,60	+4,73	+5,4	+6,0	+11,51	+10,25
<i>a/c</i>	0,16	1,11	1,5	0,98	2,1	1,79	1,56	1,7	1,4	1,59	1,4	1,29

Компоненты	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
SiO ₂	59,10	59,30	59,42	59,60	59,90	60,58	60,66	60,72	60,98	61,78	61,99	62,0
TiO ₂	0,80	0,99	0,41	0,36	0,80	0,71	0,37	0,89	0,32	0,61	0,73	1,40
Al ₂ O ₃	16,61	15,78	19,48	18,86	17,36	16,64	17,78	15,51	18,31	16,13	15,00	15,65
Fe ₂ O ₃	3,57	3,35	1,88	1,50	2,43	1,64	0,33	4,60	1,17	0,68	3,41	2,07
FeO	3,44	3,97	4,35	4,32	3,54	4,56	5,25	3,45	2,81	4,21	2,73	3,33
MnO	0,11	0,14	0,06	0,03	0,14	0,04	0,07	0,16	—	0,07	0,10	0,15
MgO	3,08	3,37	2,26	2,61	3,22	2,55	2,52	2,68	3,40	2,86	2,58	3,04
CaO	6,18	6,04	5,02	5,57	5,92	5,77	5,41	5,70	4,82	4,60	5,20	5,50
Na ₂ O	3,10	2,83	3,58	3,77	3,80	2,80	3,83	3,60	3,23	4,05	3,70	3,53
K ₂ O	2,89	2,99	2,55	2,93	2,08	3,10	2,91	1,92	3,16	2,88	2,84	3,06
P ₂ O ₅	—	0,24	0,23	0,24	0,30	0,17	0,16	—	0,15	0,18	0,18	0,34
H ₂ O ⁻	0,16	0,22	—	—	0,30	0,29	—	0,08	0,39	—	0,21	0,07
H ₂ O ⁺	1,02	0,62	0,29	0,21	0,56	—	0,22	0,60	—	1,97	0,37	0,84
П. п. п.	—	—	—	—	—	0,73	—	—	1,40	—	—	—
SO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	100,06	99,84	99,53	100,00	100,35	99,58	99,51	99,91	100,14	100,02	99,04	100,98

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	11,24	10,9	12,0	12,9	11,5	11	12,9	10,7	11,8	13,4	12,4	12,1
<i>c</i>	5,70	6,6	6,20	6,5	6,2	6,1	5,8	5,1	6	4,2	3,8	4,4
<i>b</i>	13,9	13,50	12,10	10,5	12,3	11,2	10,6	14,0	10,7	11,0	12,4	12,1
<i>s</i>	69,02	69,0	69,60	70,10	69,9	71,7	70,8	70,2	71,5	71,4	71,3	71,4
<i>a'</i>	—	—	19,10	—	—	—	—	—	9,8	—	—	—
<i>f'</i>	45,8	51,90	48,50	52,0	45,8	53,8	51	53,5	35	41	44,3	39,3
<i>m'</i>	38,5	42,90	32,40	43,40	44,6	35	40	32,8	55	45	35,6	39,5
<i>c'</i>	14,5	6,10	—	4,70	9,6	11,2	8	13,7	—	13	21,0	17,1
<i>n</i>	54,9	58,9	67,80	66,28	73,5	57	66	74,0	60	68	66,3	63,2
<i>Q</i>	+10,6	+9,6	+9,10	+7,9	+10,7	+15,3	+9,9	+13,9	+13,4	+11,8	+14,1	+14,2
<i>a/c</i>	1,9	1,6	1,93	1,98	1,8	1,8	2	2,1	1,9	3	3,2	2,75

Компо- ненты	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
SiO ₂	63,10	63,86	63,96	64,12	64,88	64,94	65,08	65,36	65,56	66,12	66,14	68,64
TiO ₂	0,56	0,64	0,35	0,25	0,47	0,81	0,86	0,28	0,51	0,25	0,76	0,21
Al ₂ O ₃	15,94	16,99	17,40	16,49	17,07	15,80	16,31	17,46	14,07	18,24	15,48	16,11
Fe ₂ O ₃	2,64	0,84	2,38	1,21	0,47	2,38	2,40	1,20	3,06	1,79	2,55	1,21
FeO	2,59	3,93	1,44	1,41	2,82	2,28	1,89	2,36	3,44	1,19	1,72	1,72
MnO	0,08	0,09	0,05	—	0,05	0,10	0,11	0,03	0,13	0,14	0,11	0,04
MgO	2,64	1,20	3,22	1,70	1,86	1,96	1,86	1,30	2,01	1,37	1,85	0,38
CaO	5,20	5,34	3,18	5,70	4,25	5,06	5,44	3,22	5,31	5,26	4,44	2,52
Na ₂ O	4,68	3,98	3,09	4,52	4,82	3,86	3,94	3,37	4,06	4,93	4,09	2,99
K ₂ O	2,42	2,23	3,15	2,71	2,11	2,06	1,85	3,69	1,26	1,43	2,61	4,26
P ₂ O ₅	0,23	0,14	0,22	0,14	0,16	—	—	0,15	0,13	—	—	0,09
H ₂ O ⁻	0,12	0,16	0,46	0,02	—	0,11	0,13	—	—	—	0,11	—
H ₂ O ⁺	0,46	0,44	—	0,32	0,14	0,64	0,48	0,21	0,21	—	0,23	0,29
П. п. п.	—	—	1,38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	100,66	99,84	100,27	98,59	99,10	100,00	100,35	98,63	99,75	100,72	100,09	98,46

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	13,5	12,2	11,24	14,1	13,6	11,5	11,3	12,7	10,74	13,0	12,71	12,8
<i>c</i>	3,7	5,5	5,93	4,1	4,7	4,86	5,3	3,90	3,90	5,7	3,92	3,1
<i>b</i>	11,5	7,7	11,44	8,1	7,3	8,91	8,4	8,40	11,75	5,7	8,38	5,9
<i>s</i>	71,3	74,4	72,0	73,7	74,5	74,72	75,0	74,90	73,61	75,6	75,04	78,2
<i>a'</i>	—	—	—	—	—	—	—	35,80	—	—	—	43,8
<i>f'</i>	40,0	58,5	31,00	28,2	49	48,1	38,2	38,20	50,28	48,8	46,0	44,7
<i>m'</i>	38,0	27,2	49,69	35,9	44	36,6	46,9	26,00	28,57	39,3	37,1	11,5
<i>c'</i>	22,09	14,4	19,25	35,9	7,5	15,3	14,9	—	21,14	11,9	16,9	—
<i>n</i>	75,2	74	59,94	71,5	78	73,8	76,7	57,8	82,5	83,0	70,0	50,26
<i>Q</i>	+11,9	+19,10	+15,2	+15,1	+16,9	+21,53	+22,1	+20,6	21,86	+19,5	+20,7	+27,7
<i>a/c</i>	3,65	2,2	2,0	3,4	2,9	2,3	2,13	3,25	2,76	2,4	3,2	4,1

Компо- ненты	61	62	63	64	65	66	67	68	69
SiO ₂	69,56	70,02	70,20	70,77	71,36	71,42	71,80	74,38	74,64
TiO ₂	0,30	0,46	0,35	0,34	0,47	0,17	0,16	0,27	0,18
Al ₂ O ₃	16,10	15,11	14,79	15,46	13,66	14,08	13,49	13,79	12,94
Fe ₂ O ₃	0,91	1,66	0,62	0,75	—	0,69	0,98	0,59	0,85
FeO	0,66	1,78	2,37	2,06	2,82	2,40	1,92	1,47	0,86
MnO	0,18	0,10	0,09	0,04	0,09	0,04	0,02	0,08	0,04
MgO	1,14	0,80	0,91	0,32	1,07	0,18	0,18	0,30	0,75
CaO	2,80	2,82	2,68	4,57	2,04	2,26	2,29	1,54	1,66
Na ₂ O	3,67	3,78	3,97	2,15	3,56	3,71	4,44	3,71	3,80
K ₂ O	3,35	2,86	3,15	3,87	4,10	3,20	3,80	3,80	4,40
P ₂ O ₅	0,07	0,08	0,07	0,16	—	0,07	0,11	—	—
H ₂ O ⁻	—	0,04	0,73	0,90	—	—	—	0,32	0,07
H ₂ O ⁺	0,15	—	0,12	—	—	0,26	0,13	0,12	0,05
П. п. п.	—	0,69	—	0,45	—	—	—	—	—
SO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	98,89	100,20	100,05	101,84	99,17	98,48	99,32	100,37	100,24

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	12,90	12,4	13,33	10,3	13,5	12,76	14,8	13,1	14,1
<i>c</i>	3,5	3,4	3,1	5,2	2,2	2,71	1,40	1,77	1,1
<i>b</i>	5,2	5,4	4,4	3,4	4,7	3,60	4,30	3,48	3,6
<i>s</i>	78,4	78,8	79,0	80,9	79,6	80,85	79,5	81,52	81,1
<i>a'</i>	32,5	15,0	—	—	—	13,21	—	30,2	—
<i>f'</i>	31,1	60,0	63,6	76,0	55,9	77,35	60,5	56,5	42,2
<i>m'</i>	36,4	25,0	33,3	14,0	37,7	9,44	7,8	13,9	33,1
<i>c'</i>	—	—	3,0	10,0	6,3	—	31,8	—	27,4
<i>n</i>	62,4	66,2	65,7	45,7	56,4	64,62	61,4	60,0	56,4
<i>Q</i>	+27,9	+29,4	+28,4	+36,2	+30	+33,55	+28,0	+35,2	+33,0
<i>a/c</i>	3,7	3,6	4,03	2,0	6,1	4,70	10,87	7,4	12,8

Примечание. 1 — обр. 2500а, габбро, р. Кирганик, Ю. В. Макаров, 1957 г.; 2 — обр. 31/61, габбро, р. Жупанка, колл. авторов, 1961 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 3 — обр. 845, меланократовый диорит, р. Кирганик, Ю. А. Новоселов, 1962 г.; 4 — обр. 33, диорит, Кирганикский перевал, М. М. Василевский, Г. М. Власов, 1964 г.; 5 — обр. 3192/2, габбро-диорит, перевал Кирганикский, колл. авторов, 1965 г., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР; 6 — обр. 709, диорит, верховье р. Правый Кирганик, И. Н. Ильченко, 1957 г.; 7 — обр. 615, габбро-диорит, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1962 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 8 — обр. 926-4, габбро-диорит из контактовой зоны интрузий, ключ Начальный, бассейн р. Быстрой, колл. авторов, 1963 г., аналитик Н. В. Воронкова, ИВ СО АН СССР; 9 — обр. 54, габбро-диорит, ключ Начальный, бассейн р. Быстрой, колл. авторов, 1963 г., аналитик Н. В. Воронкова, ИВ СО АН СССР; 10 — обр. 152, диорит, р. Правый Кирганик, Ю. А. Новоселов, 1962 г.; 11 — обр. 869, сиенит, р. Правый Кирганик, И. Н. Ильченко, 1957 г.; 12 — обр. 9, диорит, гора Чаша, Ю. М. Слепов, М. Ю. Хотин, 1963 г.; 13 — диорит кварцевый, р. Банная, Б. И. Пийп, 1936—1937 гг.; 14 — обр. 25/61, кварцевый диорит, р. Жупанка, колл. авторов, 1961 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 15 — обр. 1179, кварцевый диорит, бухта Большая Саранная, К. В. Прохоров, 1960 г.; 16 — диорит, гора Глиняная, С. А. Апрельков, 1962 г.; 17 — обр. 1063, диорит, Кирганикский перевал, М. И. Горяев, 1960 г.; 18 — обр. 2497, диорит из бассейна р. Кирганик, Ю. В. Макаров, 1957 г.; 19 — обр. 3513, гранодиорит, перевал Кирганикский, колл. авторов, 1965 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 20 — обр. 70, гранодиорит, р. Жупанка, колл. авторов, 1961 г., аналитик Е. К. Серафимова, ИВ СО АН СССР; 21 — обр. 1008, гранодиорит, перевал Кирганикский, колл. авторов, 1965 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 22 — обр. 2369, гранодиорит, р. Озерновская, М. И. Горяев, 1960; 23 — обр. 32, диорит, бассейн р. Кирганик, Г. М. Власоз, М. М. Василевский, 1964 г.; 24 — гранодиорит, верховье р. Паратунка, С. Е. Апрельков, 1962 г.; 25 — обр. 3142-2, габбро, р. Кенсол, колл. авторов, 1962 г., аналитик В. Котова, КГУ; 26 — обр. 806, габбро, р. Юртиная, колл. авторов, 1923 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 27 — обр. 810, габбро-диорит, р. Юртиная, колл. авторов, 1963 г., аналитик Н. В. Воронкова, ИВ СО АН СССР; 28 — обр. 1383, габбро-диорит, р. Денахоник, Б. К. Долматов, 1964 г.; 29 — обр. 51-III, габбро-диорит, р. Юртиная, колл. авторов, 1963 г., аналитик Н. В. Воронкова, ИВ СО АН СССР; 30 — обр. 86, диорит, р. Сарыцын, С. Е. Апрельков, 1963 г.; 31 — обр. 1141, габбро-диорит, р. Сарыцын, Б. К. Долматов, 1964 г.; 32 — обр. 3141, габбро-диорит, р. Кенсол, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 33 — обр. 8, кварцевый диорит, бухта Ахомтен, Ю. М. Слепов, М. Ю. Хотин, 1963 г.; 34 — обр. 2227-6, габбро-диорит, р. Сарыцын, Б. К. Долматов, 1964 г.; 35 — монзонит, гора Кусапак, Н. Д. Соболев, 1936—1937 гг.; 36 — обр. 308-а, диорит, гора Скалистая, Б. К. Долматов, 1964 г.; 37 — монзонит, гора Кусапак, Н. Д. Соболев, 1940; 38 — обр. 44, монзонит кварцсодержащий, гора Кусапак, Н. Д. Соболев, 1940, аналитик Н. М. Некрасова; 1961 г.; 39 — обр. 311-а, диорит, гора Скалистая, Б. К. Долматов, 1964 г.; 40 — обр. 842, гранодиорит, 4-ый Авачинский ручей, Б. К. Долматов, 1964 г.; 41 — обр. 848/6, кварцевый диорит, р. Юртиная, колл. авторов, 1964 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 42 — обр. 1255, кварцевый диорит, оз. Безымянное, С. Е. Апрельков, 1964 г.; 43 — обр. 738, диорит, р. Тимановская, С. Е. Апрельков, 1963 г.; 44 — обр. 3735, гранодиорит, р. Кенсол, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 45 — обр. 370, диорит, р. Китхой, С. Е. Апрельков, 1964 г.; 46 — обр. 34, диорит, р. Сарыцын, Б. И. Пийп, 1936—1937 гг.; 47 — обр. 50-3, гранодиорит, р. Юртиная, колл. авторов, 1963 г., аналитик Н. В. Воронкова, ИВ СО АН СССР; 48 — обр. 710/1, гранодиорит, р. Утудумец, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 49 — обр. 791/1, гранодиорит, р. Юртиная, колл. авторов, 1963 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 50 — обр. 60, кварцевый диорит, бухта Ахомтен, К. В. Прохоров, 1960 г.; 51 — кварцевый диорит, гора Начикинское Зеркальце, Б. И. Пийп, 1939 г.; 52 — обр. 798, гранодиорит (жила), р. Юртиная, колл. авторов, 1964 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 53 — обр. 1237, гранодиорит, гора Скалистая, С. Е. Апрельков, 1963 г.; 54 — обр. 3139, гранодиорит, р. Кенсол, колл. авторов, 1962 г., аналитик Л. С. Мазалова, ИВ СО АН СССР; 55 — обр. 3718, кварцевый диорит, р. Кенсол, колл. авторов, 1962 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 56 — обр. 326-а, гранит, оз. Безымянное, Б. К. Долматов, 1964 г.; 57 — обр. 3736, гранодиорит, р. Кенсол, колл. авторов, 1963 г., аналитик В. Котова, КГУ; 58 — обр. 2155, гранодиорит, бассейн р. Облуковины, Ю. В. Макаров, 1957 г.; 59 — обр. 3704, гранодиорит, р. Кенсол, колл. авторов, 1946 г., аналитик М. О. Вельская, ИВ СО АН СССР; 60 — обр. 200-в, аплитовидный гранит, р. Тимановская, Б. К. Долматов, 1964 г.; 61 — обр. 4, гранит, бухта Ахомтен, Ю. М. Слепов, М. Ю. Хотин, 1963 г.; 62 — гранит, бухта Ахомтен, В. И. Степанов, 1937 г.; 63 — обр. 48, гранит, бухта Ахомтен, К. В. Прохоров, 1960 г.; 64 — обр. 926, гранодиорит, гора Бараба, В. Н. Лукьянов, И. А. Сидорчук, 1963 г.; 65 — обр. 715, гранит, р. Утудумец, колл. авторов, 1965 г., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР; 66 — обр. 212-а, аплитовидный гранит-порфир (дайка), р. Кавыча, Б. К. Долматов, 1964 г.; 67 — обр. 2372-а, аплитовидный гранит-порфир (дайка), гора Скалистая, Б. К. Долматов, 1964 г.; 68 — обр. 0-526, аляскит, бухта Ахомтен, К. В. Прохоров, 1960 г.; 69 — обр. 256-III, гранит (жила), р. Юртиная, колл. авторов, 1965 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР.

постепенное уменьшение относительной роли CaO за счет пропорционального увеличения содержания калия и натрия и лишь в наиболее кислых разностях в общем балансе щелочей заметно возрастает относительное значение калия по сравнению с натрием. Накопления железа на начальных этапах дифференциации в породах формации как типичных предшественников нормальной известково-щелочной серии не отмечается, и процесс дифференциации направлен в сторону увеличения содержания щелочей и кремнезема за счет уменьшения количества железа, магния и кальция.

Вместе с тем в ходе дифференциации сумма алюмощелочных окислов ($Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$) несколько уменьшается (см. рис. 54), хотя для большинства пород формации она в общем лежит в пределах от 20 до 24%. Из 18 отмеченных случаев отклонения величины $Al_2O_3 + Na_2O + K_2O$ от указанных пределов в 13 случаях наблюдается превышение верхнего предела (сумма > 24) и только в пяти — сумма ниже нижнего предела < 20. Очевидно, что первый случай соответствует аккумуляции полевых шпатов, а второй — темноцветных. Действительно, накопление полевых шпатов и в первую очередь плагиоклаза в некоторых разностях пород формации отмечалось и при геолого-петрографических наблюдениях. Особенно этот процесс характерен для эндоконтактных разностей интрузивных массивов; для массива же верховьев р. Кенсол устанавливается даже особая, существенно плагиоклазовая (лабродоритовая) субфаза, предшествующая внедрению основной массы пород I фазы.

Особенности химизма пород формации отчетливо выступают при расчете средних типов пород (табл. 41). Сравнение рассчитанных средних составов со средними типами, по Дэли, показывает, что все разности пород формации, кроме самых кислых дифференциатов (гранитов для I и гранодиоритов для II типа массивов), обогащены глиноземом, причем в некоторых из них содержание Al_2O_3 на 2,0—2,5% выше, чем в соответствующих средних типах. Помимо того, основные и кислые разности содержат больше извести, чем средние типы, тогда как в средних по составу породах содержание CaO близко к стандартному. Указанные черты, характерные для всех разностей пород, независимо от того, к какому типу массивов они принадлежат, определяются, очевидно, особенностями глубинной специализации и глубинного гибридизма магмы.

Сравнение средних составов соответствующих разностей пород массивов разного генезиса позволяет выявить целый ряд особенностей, обусловленных именно генетическими причинами — условиями становления интрузий в камерах и характером взаимодействия их с вмещающими породами. Вкратце отличия в химическом составе пород массивов II типа от пород массивов I типа сводятся к следующему: 1) конечные члены ряда дифференциации массивов II типа (в данном случае гранодиориты) обеднены щелочами, алюминием, кальцием при более высоком содержании кремнезема, трехвалентного железа и марганца; 2) средние члены ряда (кварцевые габбро, габбро-диориты, диориты и кварцевые диориты) обеднены щелочами, но содержат больше железа (особенно Fe^{+3}), марганца, магния, титана; в группе диоритов, кроме того, больше кальция, но меньше алюминия, а в группе кварцевых габбро меньше кремнезема; 3) начальные члены ряда (габбро) обогащены щелочами, кремнеземом, алюминием, но обеднены железом, титаном и магнием; 4) роль натрия в группе щелочей в средних и конечных членах ряда заметно повышена, тогда как в габброидах наблюдается обратное соотношение.

Перечисленные особенности четко согласуются с представлениями, полученными на основе геолого-петрографических данных, судя по которым, становление интрузивных массивов I типа не сопровождалось сколько-либо заметной ассимиляцией вещества вмещающих пород, тогда как в массивах II типа степень контактового взаимодействия магматиче-

Химические составы средних типов пород формации габбро-гранодиоритов

Компоненты	Массивы, дифференцированные по фазам внедрения						Массивы, дифференцированные в интрузивных камерах			
	габбро	кварцевые габбро, габбро-диориты	диориты, кварцевые диориты	гранодиориты	граниты	жильные граниты (дайки I этапа)	габбро	кварцевые габбро, габбро-диориты	диориты-кварцевые диориты	гранодиориты
SiO ₂	45,25	54,99	59,17	63,54	70,69	72,62	46,62	53,63	59,08	65,25
TiO ₂	1,18	0,80	0,70	0,56	0,34	0,17	0,45	0,88	0,79	0,49
Al ₂ O ₃	19,63	17,58	17,34	16,64	15,00	13,50	20,76	17,61	16,51	16,00
Fe ₂ O ₃	5,91	3,32	2,71	1,77	0,82	0,84	4,63	3,54	3,07	2,05
FeO	5,57	4,29	3,93	2,81	1,84	1,73	3,77	5,06	3,93	2,77
MnO	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09	0,03	0,17	0,14	0,13	0,10
MgO	6,36	4,45	2,93	2,23	0,70	0,37	4,93	4,99	3,64	1,99
CaO	12,77	7,61	5,90	4,91	2,71	2,07	12,80	7,32	6,40	4,45
Na ₂ O	1,92	3,27	3,21	3,97	3,40	3,98	2,44	3,36	3,86	3,55
K ₂ O	0,60	2,00	2,50	2,55	3,63	3,80	1,18	1,55	1,52	2,31

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	5,4	10,4	11,1	12,8	12,6	14,0	7,7	10,2	10,8	11,3
<i>c</i>	11,2	6,9	6,7	4,8	3,2	1,8	11,3	7,1	5,7	5,2
<i>b</i>	27,8	17,7	12,1	9,2	4,4	3,6	23,0	19,0	15,5	8,3
<i>s</i>	55,6	65,0	70,7	73,2	79,8	80,6	58,0	63,7	68,0	75,2
<i>a'</i>	—	—	—	—	7,2	—	—	—	—	—
<i>f'</i>	39,7	40,9	52,0	46,3	56,2	61,8	36,7	43,1	47,2	54,5
<i>m'</i>	41,3	44,4	42,1	41,0	26,2	18,2	38,9	46,1	39,2	41,4
<i>c'</i>	19,0	14,7	5,9	12,7	—	20,0	24,4	10,8	13,6	4,1
<i>n</i>	83,8	71,6	65,8	69,9	59,1	61,9	75,0	76,4	79,7	70,7
<i>Q</i>	-10,8	+2,3	+11,3	+16,0	+31,2	+31,2	-10,7	-0,1	+8,7	+22,6
<i>a/c</i>	0,48	1,51	1,66	2,67	3,94	7,78	0,68	1,44	1,89	2,16
<i>φ</i>	23,4	16,7	19,9	16,4	15,6	18,2	18,6	16,3	17,0	21,5
<i>t</i>	1,95	1,08	0,9	0,75	0,34	0,25	0,76	1,22	1,01	0,55
Число анализов для подсчета среднего	2	8	8	17	7	3	3	8	6	6

ского расплава с боковыми породами была весьма интенсивной, что привело к образованию и широкому развитию гибридных фаций пород.

Вмещающими интрузивные массивы II типа породами в большинстве случаев являются осадочно-вулканогенные толщи (р. Кирганик и Жупанка, ключ Начальный), причем вулканиты имеют основной либо средний состав. Реже отмечаются кислые кремнистые (перевал Кирганикский) либо вулканогенные (р. Жупанка) пачки. Согласно геолого-петрографическим наблюдениям, процессы контактового взаимодействия внедрившегося расплава с веществом вмещающих пород наиболее интенсивно проявлены в том случае, когда последние имеют основной состав.

При этом в эндоконтактных зонах интрузий возникают гибридные разновидности пород типа кварц- и калишпатсодержащих биотитовых габбро-диоритов или двупироксеновых габбро-диоритов, а в экзоконтактах образуются зернистые пироксен-плаггиоклазовые роговики. Сравнение наиболее распространенных в массивах II типа разновидностей пород (группы диоритов — кварцевых диоритов и габбро-диоритов — кварцевых габбро)

Средневзвешенные составы пород отдельных фаз внедрения и формации в целом

Компоненты	I фаза внедрения			II фаза внедрения			Формация в целом (массивы I типа)	Массив перевала Кирганского (массивы II типа)
	Массив рек Юргиния и Утудумц	Массив р. Кен-сол	Среднее	Массив рек Юргиния и Утудумц	Массив р. Кен-сол	Среднее		
SiO ₂	52,59	51,03	52,12	63,13	63,99	63,41	62,26	58,01
TiO ₂	1,18	0,90	1,10	0,83	0,77	0,81	0,84	0,79
Al ₂ O ₃	16,02	19,55	17,07	15,57	15,42	15,52	15,66	15,53
Fe ₂ O ₃	5,27	5,03	5,20	2,32	3,14	2,58	2,82	2,38
FeO	4,59	4,19	4,47	2,97	2,76	2,90	3,05	4,72
MnO	0,18	0,09	0,16	0,11	0,13	0,11	0,12	0,10
MgO	4,88	3,94	4,60	2,61	2,14	2,46	2,67	4,89
CaO	8,70	10,74	9,32	4,99	5,36	5,11	5,51	5,88
Na ₂ O	3,43	2,52	3,16	3,89	3,86	3,88	3,80	3,45
K ₂ O	1,62	1,01	1,44	2,83	1,79	2,50	2,40	1,65

Числовые характеристики по А. Н. Заваричкому

<i>a</i>	10,0	7,4	9,3	12,7	11,0	12,2	11,8	10,4
<i>c</i>	5,9	10,3	7,1	4,0	4,8	4,2	4,6	5,4
<i>b</i>	22,4	19,7	21,7	11,2	10,8	11,0	12,0	16,3
<i>s</i>	61,7	62,6	61,9	72,1	73,4	72,6	71,6	67,9
<i>f'</i>	41,0	44,8	42,0	42,4	50,0	45,1	44,5	36,7
<i>m'</i>	37,4	36,3	36,8	39,4	33,5	37,0	38,2	51,7
<i>c'</i>	21,6	18,9	21,0	18,2	16,5	17,9	17,1	11,5
<i>n</i>	76,4	78,4	76,7	67,4	76,5	69,8	70,9	75,7
<i>Q</i>	-2,5	+0,1	-1,9	+14,8	+20,0	+16,6	+15,0	+9,6
<i>a/c</i>	1,69	0,72	1,31	3,17	2,29	2,90	2,57	1,93
<i>φ</i>	20,4	23,0	21,3	17,0	24,7	20,0	19,4	12,8
<i>t</i>	1,7	1,3	1,6	0,9	0,9	0,9	0,9	1,04

с соответствующими разностями пород массивов I типа по химическому составу (см. табл. 41) показывает, что в результате процессов гибридности внедрившиеся расплавы обогащались железом, магнием, марганцем и титаном, а щелочность их несколько понижалась, причем относительная роль натрия в группе щелочей возрастала. Обогащения кальцием, которого следовало бы ожидать, исходя из общих теоретических представлений о процессах нормального гибридности (Лазаренков, 1962), не наблюдается, по-видимому, вследствие первично высокого содержания его во внедрившемся расплаве.

При взаимодействии гранитоидной магмы с кислыми кремнистыми или вулканогенными пачками процессы гибридности проявлены менее интенсивно, однако в целом ряде случаев достаточно отчетливо. В зонах эндоконтакта возникают порфириовидные разности пород типа тоналитов-гранодиоритов, характеризующиеся обилием кварца в основной массе. Вмещающие породы преобразуются в зоне экзоконтакта в эпидоткварц-альбитовые роговики. В химическом составе таких эндоконтактовых порфириовидных гранодиоритов отмечается увеличение содержания кремнезема, при уменьшении содержания алюминия, кальция, магния и щелочей, причем роль натрия в группе щелочей возрастает. Следует заметить, что таким путем образуется только часть гранодиоритов, тогда как другая часть их возникла в результате кристаллизационной дифференциации внедрившегося расплава.

Для массивов I типа гибризм в интрузивных камерах крайне нехарактерен, и поэтому породы, слагающие их, могут рассматриваться как продукты «чистой дифференциации» магматического расплава, отражающие особенности его глубинной специализации. Из числа таких особенностей уже отмечалось повышенное содержание алюминия и кальция. К этому следует еще добавить, что преобладающие типы пород (кварцевые габбро и габбро-диориты среди I фазы и гранодиориты среди II фазы) обладают несколько повышенной щелочностью по сравнению с соответствующими средними разностями, по Дэли. Учитывая распространенность пород, можно говорить, по-видимому, и о несколько повышенной щелочности исходного магматического расплава. Следует заметить, что величина отношения натрия к калию в группе щелочей для всех пород формации весьма близка к таковой для средних типов.

Чтобы получить представление о составах исходных расплавов каждой порции внедрения, были посчитаны средневзвешенные по площадям составы отдельных фаз внедрения двух интрузивных массивов I типа: массива рек Юртиная и Утудумец и массива р. Кенсол (табл. 42). Результаты сравнения полученных данных показывают, что в обеих фазах внедрения массива р. Кенсол роль полевошпатовой извести (*c*) выше, относительная щелочность (*a*) и содержание темноцветных (*b*) ниже, чем в массивах рек Юртиная и Утудумц. В первом наблюдается также несколько повышенное значение роли натрия в группе щелочей (*n*) и трехвалентного железа в цветной части породы (*φ*), тогда как содержание CaO в цветной части (*c*) несколько занижено. Причина перечисленных различий заключается прежде всего в неодинаковой глубине эрозионного среза указанных массивов, заметно меньшей в массиве р. Кенсол, где эндоконтактные разности, обогащенные плагиоклазом (типа кварцевых диоритов во II фазе), значительно более широко распространены по сравнению с массивом рек Юртиная и Утудумц.

Осреднение по площадям рассчитанных средних составов каждой фазы внедрения указанных массивов дает возможность приблизительно оценить средний состав каждой фазы внедрения для формации в целом. Сравнение полученных составов со средними содержаниями отдельных окислов (SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O и K_2O), вычисленными как среднее арифметическое из имеющихся анализов (табл. 43), показывает большую

Таблица 43

Средние арифметические значения содержаний Si_2O , Al_2O_3 , Na_2O и K_2O в породах формации

Массивы	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	K_2O
Дифференцированные по фазам внедрения (I тип)				
I фаза	53,05	18,00	3,03	1,72
II фаза	64,01	16,54	3,65	2,77
Дифференцированные в интрузивных камерах (II тип)				
	57,11	16,87	3,38	1,63

сходимость данных, полученных разными методами, что, по-видимому, свидетельствует о близости рассчитанных составов к реальным.

В целом средний состав пород первой фазы внедрения занимает положение, промежуточное между нормальным габбро и кварцевым габбро, отличаясь от первых пониженным содержанием алюминия, магния и кальция и повышенным содержанием кремнезема и щелочей, а от вторых — большим содержанием кальция, магния и алюминия при пони-

женной величине кремнезема. Ближе всего состав первой фазы внедрения (первой порции внедрившегося расплава) отвечает кварц- и калишпатсодержащему габбро.

По среднему составу породы II фазы внедрения близки к гранодиориту, но содержат меньше, чем средний гранодиорит (по Дэли), кремнезема и больше железа, магния и кальция. От кварцевых же диоритов (по Дэли) породы II фазы внедрения отличаются заметно большим (почти на 1%) содержанием щелочей и кремнезема и несколько меньшим кальциево-фемических окислов. В целом они весьма близки к среднему гранодиориту формации (см. табл. 41), характерной чертой которого является монцитонитоидность.

Нами были подсчитаны площади распространения пород отдельных фаз внедрения:

	Площади распространения, км ²
Массивы, дифференцированные по фазам внедрения (I тип)	
I фаза37
II фаза344
Массивы, дифференцированные в интрузивных камерах (II тип)	312
Общая площадь693

Это позволило, используя данные табл. 42, рассчитать средневзвешенный состав пород массивов I типа. Учитывая весьма слабое проявление процессов гибридизма в интрузивных камерах при образовании массивов этого типа и существенную роль их в массивах II типа, можно принять рассчитанные величины в качестве характеристики среднего состава пород формации в целом.

Рассчитанный средний состав весьма близок по всем компонентам к кварцевому диориту (по Дэли), но отличается от него заметно большей суммой щелочей (на 0,83%).

Сравнение рассчитанного среднего состава неконтаминированных в интрузивных камерах пород формации со средним взвешенным составом пород одного из массивов II типа (массив перевала Кирганикского), для которых роль гибридизма в камере весьма существенна, еще раз показывает, что при взаимодействии внедрившихся расплавов с веществом основных вулканогенных пород (в данном случае состав их именно такой) происходит обогащение их магнием, железом, в значительно меньшей степени — кальцием и обеднение кремнеземом и щелочами (преимущественно калием).

По-видимому, рассчитанные как средневзвешенные составы отдельных фаз внедрения и формации в целом в какой-то мере отражают составы исходных магматических расплавов, как общего для формации, так и отдельных порций его для каждой фазы внедрения. Характерной особенностью исходного расплава (и отдельных его порций), как это видно из предыдущего, является несколько повышенная щелочность. При расчете средних типов пород формации было также показано, что все они отличаются от средних типов, по Дэли, также и большим содержанием алюминия и кальция.

Формация гранодиорит-порфиров — дацитов (N₂)

Химический состав пород формации гранодиорит-порфиров — дацитов из-за ряда причин охарактеризован значительно хуже, чем состав пород любой другой из изученных формаций. В нашем распоряжении имеется лишь 26 химических анализов пород интрузивной фации.

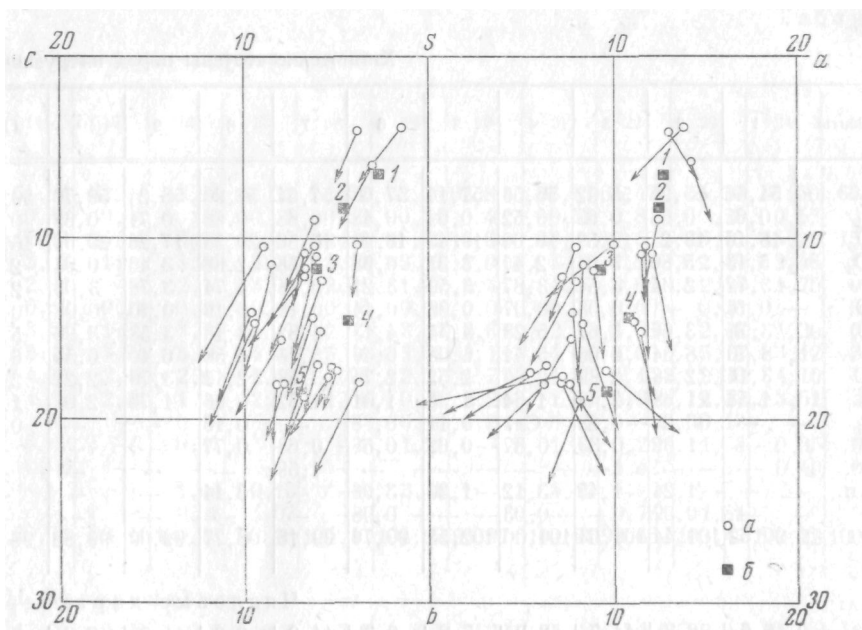


Рис. 51. Диаграмма химических составов интрузивной фации формации гранодиорит-порфиров — дацитов N_2 возраста.

a — породы интрузивной фации формации; *б* — средние типы пород, по Р. Дэли: 1 — послекембрийский гранит, 2 — гранодиорит, 3 — тоналит, 4 — диорит, 5 — кварцевое габбро

Поэтому в настоящей работе рассматриваются лишь самые общие черты химизма только пород интрузивной фации¹. Однако для сравнения на различные петрохимические диаграммы, использованные в данной работе, нанесен ряд химических анализов пород эффузивной фации, заимствованных из отчетов М. А. Фаворской, Л. И. Лапшина, Ю. А. Новоселова и др.

Породы интрузивной фации формации отличаются высокой кальциевостью. По классификации Пикока, они относятся к известковистой серии: индекс Пикока для них равен 62,7 (см. рис. 52). Для сравнения укажем, что породы так называемой алнейской серии, куда как одна из главных составных частей входят породы эффузивной фации данной формации, занимают положение, промежуточное между типичными известково-щелочными и кальциевыми сериями (индекс Пикока равен 60,5). По классификации А. Ритмана (1964), породы интрузивной фации формации относятся к Тихоокеанскому (известково-щелочному) ряду с сильным характером родственной группы. Величина показателя родства σ для них колеблется от 0,8 до 2,1 при среднем значении (среднем арифметическом) 1,41. Щелочно-известковый индекс Х. Куно равен 19 при $CaO = Na_2O + K_2O = 5,5\%$.

Характерные особенности пород (высокая кальциевость при низкой щелочности) отчетливо видны на диаграмме А. Н. Заварицкого (рис. 51), где фигуративные точки более 50% анализов отличаются от точек средних типов (по Дэли) и показывают более высокое содержание полевошпатовой извести и пониженное — щелочей.

Обращает на себя внимание также и то, что интервал основности пород очень узкий: в 23 анализах (из 26) содержание SiO_2 колеблется от 54,5 до 65,5% и только в трех остальных анализах SiO_2 больше 65,6% (табл. 44).

¹Вопросы же химизма пород эффузивной фации разбираются в диссертационной работе Д. И. Фрих-Хара (1966).

Химические составы пород интрузивной фации

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	54,66	55,20	55,92	56,56	57,14	57,60	57,64	57,90	58,24	59,70	59,84	60,34
TiO ₂	0,65	0,68	0,69	0,52	0,62	0,48	0,68	0,68	0,71	0,69	0,37	0,46
Al ₂ O ₃	18,16	19,23	19,59	18,60	19,45	18,40	16,56	20,54	17,26	20,69	15,69	17,87
Fe ₂ O ₃	5,13	5,86	3,01	2,43	3,35	0,68	2,58	2,88	3,49	0,91	2,00	4,73
FeO	3,72	2,04	4,54	3,87	3,59	3,21	3,18	4,74	3,76	3,03	2,80	2,50
MnO	0,16	—	0,08	0,07	0,08	0,14	0,14	0,16	0,10	0,08	0,08	0,09
MgO	3,70	3,66	3,68	5,28	4,34	4,13	4,82	3,13	3,58	3,96	5,27	1,63
CaO	8,70	8,04	6,68	5,41	8,08	6,40	5,76	6,56	6,40	6,54	6,20	5,40
Na ₂ O	3,16	2,38	2,89	2,60	2,52	2,74	3,68	2,15	3,70	2,22	2,06	3,88
K ₂ O	1,58	1,68	2,49	1,64	1,35	1,01	1,92	0,96	1,76	2,00	1,59	1,77
P ₂ O ₅	—	0,25	0,28	Сл.	0,11	0,38	—	0,16	—	—	0,42	—
H ₂ O ⁻	—	1,09	0,33	0,87	0,62	0,55	0,63	0,77	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	—	—	—	—	—	—	1,59	—	—	—	—	—
П. п. п.	—	1,24	1,45	3,12	1,30	3,96	—	3,14	—	—	—	—
SO ₃	—	0,08	—	0,03	—	0,08	—	—	—	—	—	—
Σ	99,62	101,44	101,63	101,00	102,55	99,76	99,18	103,77	99,00	99,82	96,32	98,67

Числовые характеристики

<i>a</i>	9,6	8,3	11,7	8,2	7,8	8,3	11,2	6,2	11,0	7,6	7,24	11,5
<i>c</i>	7,9	9,5	8,9	6,7	9,7	8,5	5,8	8,1	6,3	8,0	3,68	6,6
<i>b</i>	18,1	14,8	10,5	18,8	14,2	11,5	15,2	18,3	14,5	15,6	18,03	10,9
<i>s</i>	64,4	67,4	69,5	66,2	68,3	71,7	67,8	67,6	68,2	68,8	71,05	71,0
<i>a'</i>	—	—	—	20,0	—	5,0	—	30,4	—	27,4	—	—
<i>f'</i>	46,3	24,7	33,3	31,3	44,3	33,1	35,9	40,0	45,9	28,8	25,20	60,1
<i>m'</i>	36,0	56,9	64,8	48,5	51,4	61,9	55,0	29,6	42,6	42,8	51,57	26,4
<i>c'</i>	17,7	18,5	1,4	—	4,3	—	9,1	—	11,5	—	22,83	1,3
<i>n</i>	75,0	70,0	—	71,1	73,4	80,0	75,0	76,6	77,2	62,5	66,67	77,0
<i>Q</i>	+1,7	+9,2	+5,5	+9,20	+4,3	+18,3	+7,4	+14,5	+8,1	+14,4	+23,84	+12,0
<i>a/c</i>	1,1	0,3	1,3	1,2	0,80	1,0	1,93	0,76	1,7	0,9	2,0	1,7

Примечание. 1—андезито-дацит, гора Диана, М. И. Горяев, 1960 г.; 2—обр. 49, диоритовый порфирит, гора Капитанская, Я. В. Илечко, 1959 г.; 3—обр. 320-1, диоритовый порфирит, бассейн р. Степановой, С. З. Горбачев, 1958 г.; 4—обр. 1974, диоритовый порфирит, р. Правый Кирганик, Ю. А. Новоселов, 1962 г.; 5—обр. 2856, диоритовый порфирит, р. Крюки, Л. И. Лапшина, 1959 г.; 6—обр. 756, диоритовый порфирит, р. Правый Кирганик, И. Н. Ильченко, 1957 г.; 7—обр. 1003, диорит-порфирит, перевал Кирганикский, колл. авторов, 1965 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 8—обр. 2900, диоритовый порфирит, р. Крюки, Л. И. Лапшина, 1959 г.; 9—обр. 1021, диоритовый порфирит, р. Озерновская, М. И. Горяев, 1960 г.; 10—обр. 1—302, гранодиорит-порфир, р. Ича, М. И. Горяев, 1960 г.; 11—андезитоидный диоритовый порфирит, перевал Кирганикский, И. Н. Ильченко, А. И. Байков, 1960 г.; 12—обр. 1049, андезито-дацит, близ Озерновского массива, М. И. Горяев, 1960 г.; 13—диоритовый порфирит, Озерновский массив, Я. Ш. Геворкян, 1959 г.; 14—обр. 3083, гранодиорит-порфир, перевал Кирганикский, колл. авторов, 1965 г., аналитик О. М. Табакова, ИВ СО АН СССР; 15—диоритовый порфирит,

Большинство пород формации характеризуются высоким содержанием глинозема, достигающим 18, 19 и даже 20%. Как следствие, половина проанализированных образцов пересыщена глиноземом. Минералогически избыток глинозема выражается в появлении в породах акцессорного граната, причем не только в субвулканических интрузиях, но и в дайках.

Количество щелочей в большинстве проанализированных пород колеблется от 3,5—4,0 до 5,6—6,0% и только в гранитных разностях (3 образца) оно повышается до 7,0—7,8%. На диаграмме А. Н. Заварицкого (см. рис. 51), а также на диаграмме Харкера (см. рис. 52) по щелочности достаточно четко выделяются две группы пород: одна (преобладающая) с содержанием щелочей заметно меньшим, чем в средних типах, по Дэли, другая (9 образцов), где щелочность близка к таковой средних типов. Различия может достигать 1% (при одинаковой основности срав-

формации гранодиорит-порфиров-дацитов

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
60,66	61,54	62,06	62,08	62,22	62,62	62,76	62,80	63,63	64,42	65,30	67,50	69,28	73,40
0,64	0,43	0,08	0,33	0,55	0,52	0,54	0,42	0,62	0,87	0,56	0,55	0,51	0,30
18,07	17,11	24,94	16,22	15,43	19,01	19,66	16,86	18,0	17,50	16,73	15,22	15,39	13,71
2,72	2,03	1,06	3,94	2,20	2,40	3,07	2,00	3,52	1,89	2,40	2,46	1,78	1,26
2,22	2,41	—	2,44	3,03	2,71	1,73	2,44	1,97	2,04	2,44	1,75	0,92	0,89
0,07	0,12	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,06	—	0,01	—
2,06	3,51	1,82	3,34	1,37	2,92	3,12	2,68	2,32	1,68	2,99	1,20	0,68	0,69
4,81	5,42	3,98	5,55	4,93	5,44	5,01	5,16	4,08	4,00	5,12	3,12	3,65	1,24
3,78	4,30	2,75	2,80	2,68	2,96	2,27	1,73	1,82	4,15	2,33	4,16	3,98	3,63
2,45	1,68	2,41	1,92	2,77	1,66	0,96	2,26	1,07	0,63	2,03	3,51	2,86	4,28
0,24	—	—	0,14	—	—	0,16	0,26	0,15	—	0,13	—	—	—
0,46	0,23	—	0,43	—	—	1,21	—	1,57	0,21	1,53	0,35	0,05	0,32
—	0,96	—	—	—	—	—	—	—	1,42	—	0,40	0,92	0,14
1,71	—	—	1,04	0,19	—	3,48	—	4,12	—	—	—	—	—
0,08	—	—	0,28	4,07	—	—	—	—	0,76	1,81	—	—	—
99,97	99,74	99,21	100,95	99,28	100,30	104,03	96,97	102,94	99,66	103,43	100,22	100,03	99,86

по А. Н. Заварицкому

12,4	12,0	9,20	9,0	9,6	7,9	6,3	7,32	5,5	10,0	8,0	14,0	13,0	13,7
6,1	6,0	5,30	6,6	5,1	5,8	6,0	6,56	4,9	4,9	6,2	3,0	3,8	1,4
9,0	11,0	17,70	11,8	17,3	12,4	17,0	12,10	17,4	10,4	11,4	6,0	4,3	4,0
72,5	71,0	68,45	72,6	68,0	73,9	70,7	74,02	72,2	74,7	74,4	77,0	78,9	80,9
7,9	—	77,61	—	—	26,5	44,7	25,98	49,4	37,1	17,3	—	—	27,9
52,0	36,3	5,87	48,8	26,8	36,0	24,8	34,71	28,4	35,1	38,7	58,4	57,1	44,2
40,1	54,4	13,0	48,2	35,4	37,5	30,4	39,41	22,2	27,8	44,0	31,2	27,0	27,9
—	9,3	—	7,9	37,8	—	—	—	—	—	—	10,4	15,9	—
70,0	79,4	64,03	69,8	60,0	72,8	77,4	53,84	71,5	91,8	63,8	64,5	68,1	55,6
+14,1	+12,0	+12,55	+20,6	+11,7	+26,2	+22,8	+26,84	+18,5	+24,5	+26,6	+23,0	+27,8	33,0
2,0	2	1,8	1,4	1,88	1,3	1,5	1,12	1,1	2,0	1,28	4,6	3,4	9,8

р. Быстрая, В. Н. Бондаренко, 1961 г.: 16 — обр. 974, диоритовый порфирит, р. Правый Кирганик, Ю. А. Новоселов, 1962 г.: 17 — обр. 701, гранодиорит-порфир, ключ Браконьерский (р. Сабля), В. Н. Лукьянов, 1963 г.: 18 — обр. 6682, диоритовый порфирит, гора Капитан, М. И. Горяев, 1960 г.: 19 — обр. 1347, диоритовый порфирит, р. Крюки, Л. И. Лалшина, 1959 г.; 20 — кварцевый диоритовый порфирит, перевал Кирганицкий, И. Н. Ильченко, А. И. Байков, 1961 г.; 21 — обр. 1340, диоритовый порфирит, р. Крюки, Л. И. Лалшина, 1959 г.; 22 — обр. 11, гранодиорит-порфир, ручей Кагнисин, колл. авторов, 1962 г., аналитик И. М. Бендер, ИВ СО АН СССР; 23 — обр. 1455-6, диоритовый порфирит, р. Крюки, Л. И. Лалшина, 1959 г.; 24 — обр. 1325, порфировидный гранодиорит, р. Касанга, колл. авторов, 1965 г., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР; 25 — обр. 582/3 гранодиорит-порфир, ручей Кагнисин, 1962 г., аналитик Л. С. Мазалова, ИВ СО АН СССР; 26 — обр. 1322, гранит-порфир, р. Касанга, колл. авторов, 1965 г., аналитик Т. В. Долгова, ИВ СО АН СССР-

ниваемых разностей). Относительная роль Na_2O и K_2O в группе щелочей часто резко различна даже в породах, близких по основности. Однако в целом наблюдается тенденция к некоторому увеличению роли калия с ростом содержания кремнезема.

На тройных диаграммах $\text{CaO} : \text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ (см. рис. 53) и $\text{MgO} : (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) : (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (см. рис. 55) фигуративные точки пород формации образуют рои, довольно беспорядочно разбросанные близ точек, отвечающих средним, по Дэли, кварцевым габбро, диоритам и кварцевым диоритам, и только наличие нескольких наиболее кислых пород гранитного состава дает возможность установить, что дифференциация приводит к накоплению щелочей и K_2O среди них в остаточных расплавах. Очевидно, что достаточно беспорядочное расположение точек на указанных диаграммах свидетельствует о малой дифференциро-

ванности большинства пород интрузивной фации формации, что подтверждается также небольшим интервалом основности для подавляющего большинства пород.

Сумма алюмощелочных окислов ($Al_2O_3 + Na_2O_3 + K_2O$) для большинства пород лежит в пределах 20—24%, причем наблюдается некоторое уменьшение указанной величины при переходе от более основных пород к более кислым (см. рис. 54). В четырех из пяти наблюдавшихся отклонений значение суммы ($Al_2O_3 + Na_2O + K_2O$) было больше 24 и только в одном случае — меньше 20, т. е. большинство отклонений связано с накоплением (аккумуляцией) полевого шпата.

Таблица 4

**Химические составы средних типов пород интрузивной фации формации
гранодиорит-порфиров—дацитов**

Компоненты	Кварцевые габбро-порфириды, габбро-диорит-порфириды	Диорит-порфириды и кварцевые диорит-порфириды	Гранодиорит-порфиры	Гранит-порфиры	Средний состав пород интрузивной фации (среднее арифметическое)
SiO ₂	55,59	60,18	62,70	70,06	61,19
TiO ₂	0,64	0,58	0,52	0,45	0,56
Al ₂ O ₃	18,90	18,17	18,29	14,77	17,92
Fe ₂ O ₃	4,11	2,73	2,05	1,83	2,68
FeO	3,54	2,93	2,02	1,19	2,61
MnO	0,08	0,09	0,08	0,03	0,08
MgO	4,08	3,48	2,24	0,96	2,98
CaO	7,21	5,90	4,71	2,67	5,45
Na ₂ O	2,76	2,66	3,33	3,92	2,97
K ₂ O	1,85	1,56	1,99	3,55	1,93

Числовые характеристики по А.Н. Заваричкому

<i>a</i>	9,3	8,6	10,3	13,6	9,5
<i>c</i>	8,6	7,4	5,9	3,0	6,9
<i>b</i>	15,1	13,1	10,6	4,5	11,6
<i>s</i>	67,0	70,9	73,2	78,9	72,0
<i>a</i> ¹	—	12,9	27,6	—	12,2
<i>f</i> ¹	48,1	40,3	36,1	58,2	43,0
<i>m</i> ¹	48,1	46,7	36,1	37,3	44,8
<i>c</i> ¹	3,8	—	—	5,9	—
<i>n</i>	69,2	72,1	71,6	62,3	70,5
<i>Q</i>	+6,8	+17,2	+19,9	+26,6	+18,1
<i>a/c</i>	1,08	1,16	1,77	4,59	1,38
<i>φ</i>	24,5	18,2	17,1	32,8	20,6
<i>t</i>	0,86	0,8	0,57	0,51	0,79
Число анализов для подсчета среднего	4	13	6	3	26

Расчет составов средних типов пород (табл. 45) и сравнение их с соответствующими средними типами, по Дэли, позволяет наглядно оценить те их характерные черты, которые уже упоминались. Это прежде всего повышенная глиноземистость пород. Количество Al_2O_3 в породах формации на 1,5—2,0% выше, чем в соответствующих средних типах, по Дэли. Исключение составляют только гранит-порфиры, где содержание Al_2O_3 близко к таковому в послекембрийском граните. В преобладающих разностях пород (диорит-порфирах, кварцевых диорит-порфиридах и гранодиорит-порфиридах) щелочей заметно меньше, чем в соответствующих средних типах, причем относительная роль натрия в группе щелочей несколько выше. Все породы характеризуются повышенной ро-

лю полевошпатовой извести вследствие высокого содержания Al_2O_3 при нормальном (по отношению к средним) количестве CaO . Как результат повышенной глиноземистости при пониженной щелочности и близком к стандартному содержанию извести преобладающие разности пород пересыщены глиноземом, а в остальных (кварцевых габбро-порфиритах и гранит-порфирах) роль CaO в цветной части пород очень невелика (c' колеблется от 3,8 до 5,9%). Характерной особенностью пород интрузивной фации формации является также некоторый дефицит железа (суммарного), особенно FeO , тогда как содержание Fe_2O_3 либо выше, чем в соответствующих средних типах, либо приблизительно такое же.

Нами была сделана попытка оценить состав магматического расплава, исходного для пород формации, путем расчета средних арифметических содержаний окислов из имеющихся анализов. Ранее (см. формацию габбро-гранодиоритов) было показано, что при нормальном законе распределения средние арифметические значения содержаний окислов дают хорошую сходимость с расчетными величинами как средневзвешенными по площадям распространения отдельных разностей пород. Результаты вычисления показывают, что средний состав пород формации занимает положение, промежуточное между средними типами диорит-порфиритов — кварцевых диорит-порфиритов, с одной стороны, и гранодиорит-порфириров, с другой. Ближе всего он отвечает составу тоналита (по Дэли), отличаясь меньшей ролью K_2O в группе щелочей, несколько повышенным содержанием глинозема и меньшим — суммарного железа.

Такой средний состав пород формации, отсутствие среди них основных разностей, а также высокая глинозевистость, вероятно, позволяют говорить о коровом происхождении исходных расплавов за счет плавления осадочно-метаморфической оболочки.

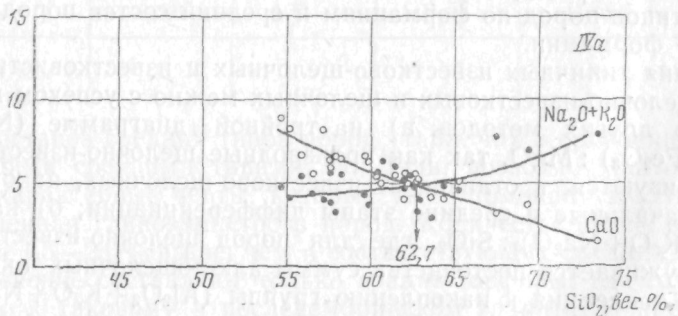
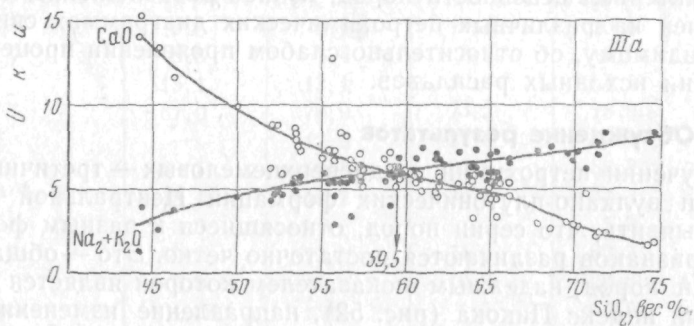
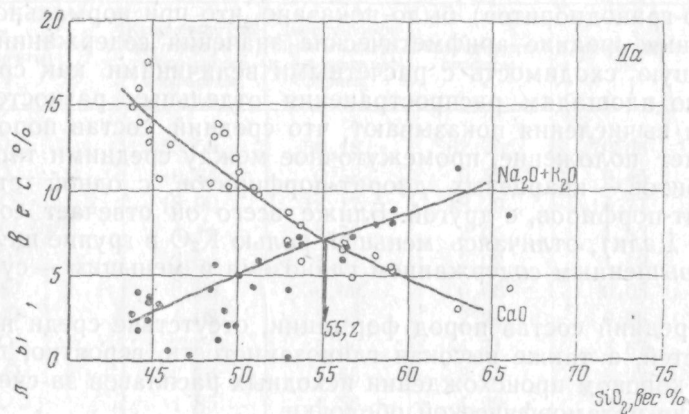
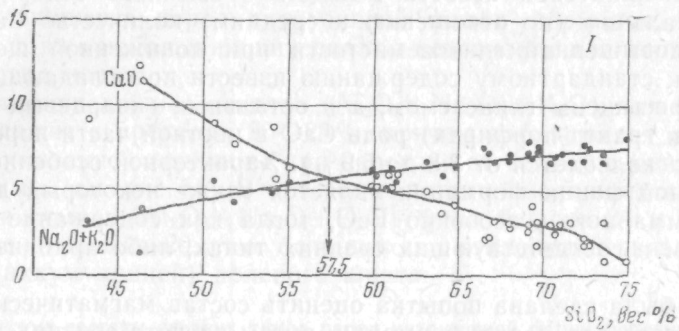
Узкий интервал основности пород, кучное расположение их фигуративных точек на различных петрохимических диаграммах свидетельствуют, по-видимому, об относительно слабом проявлении процессов дифференциации исходных расплавов.

Обсуждение результатов

При изучении петрохимии поздневерхнемеловых — третичных плутонических и вулканоплутонических формаций Центральной Камчатки удалось выявить, что серии пород, относящиеся к разным формациям, по ряду признаков различаются достаточно четко. Это — общая щелочность серий пород, надежным показателем которой является щелочно-известковый индекс Пикока (рис. 52), направленность изменения соотношения окислов в группе щелочей для каждой серии (рис. 53), состав средних типов пород по формациям и средний состав пород каждой выделенной формации.

Отличия типичных известково-щелочных и известковистых серий пород от щелочно-известковых и щелочных можно с успехом получить и, с помощью других методов: а) на тройной диаграмме $(Na_2O + K_2O) : (FeO + Fe_2O_3) : MgO$, так как производные щелочно-известковых серий характеризуются, в отличие от известково-щелочных, накоплением железа в начальные и средние этапы дифференциации; б) на диаграмме $(Al_2O_3 + K_2O + Na_2O) : SiO_2$, где для пород щелочно-известковых серий не обнаруживается постоянства суммы алюмощелочных окислов и проявляется тенденция к накоплению группы $(Al_2O_3 + K_2O + Na_2O)$ в поздних дифференциатах (рис. 54).

Изученные формации магматических пород подразделяются на две принципиально отличные группы: базальтоидную (формация габбро-сиенитов — трахиандезитов) и гранитоидную (формации габбро-плагиогранитов, габбро-гранодиоритов и гранодиорит-порфириров — дацитов).



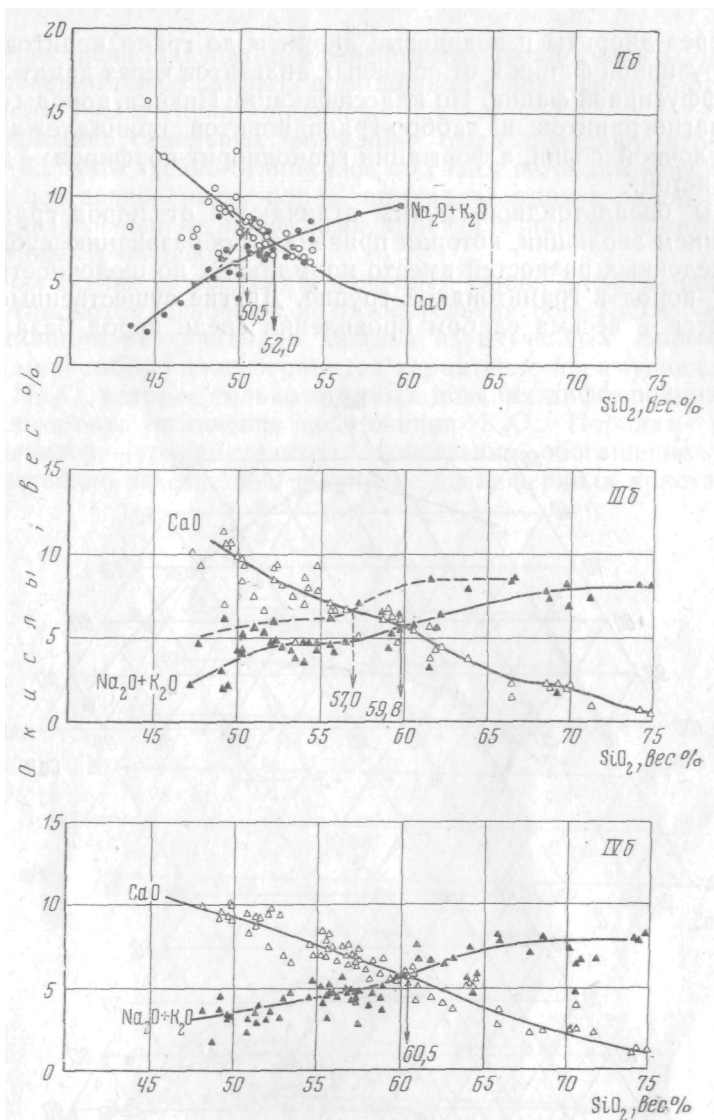


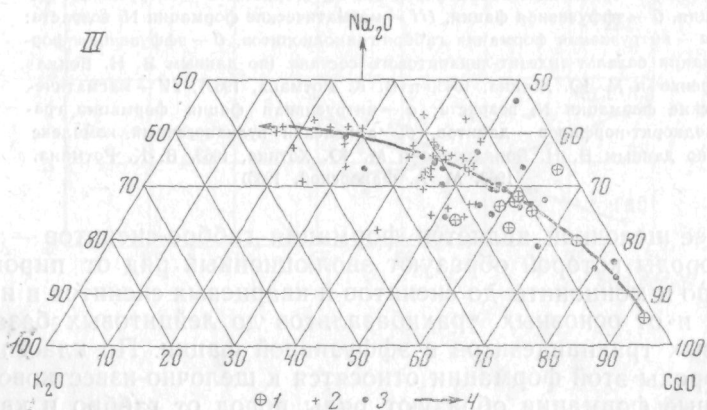
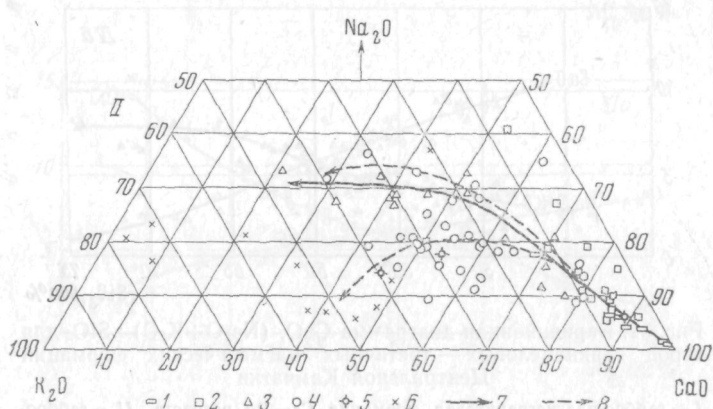
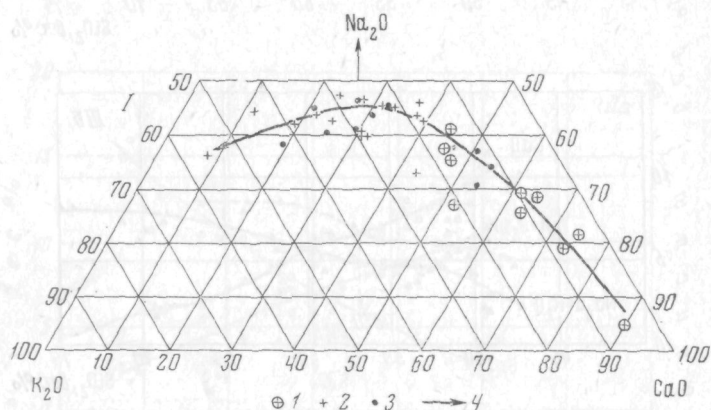
Рис. 52. Вариационная диаграмма CaO , $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) : \text{SiO}_2$ для пород верхнемеловых — третичных магматических формаций Центральной Камчатки

I — габбро-плагиогранитовая формация Cr_2 — Pg возраста, *II* — габбро-сиенит — трахиандезитовая формация Pg возраста: *a* — интрузивная фашия, *b* — эффузивная фашия, *III* — магматические формации N_1 возраста: *a* — интрузивная формация габбро-гранодиоритов, *b* — эффузивная формация базальт-андезит-липаритового состава (по данным В. И. Бондаренко и М. Ю. Хотина, 1963, и В. К. Ротмана, 1963), *IV* — магматические формации N_2 возраста: *a* — интрузивная фашия формации гранодиорит-порфир-дацитов, *b* — алнейский вулканогенный комплекс (по данным В. Н. Бондаренко и М. Ю. Хотина, 1963, В. К. Ротмана, 1963, М. А. Фаворской, 1965)

Наиболее щелочной является формация габбро-сиенитов — трахиандезитов, породы которой образуют эволюционный ряд от пироксенитов через габбро и монциты до сиенитов и кварцевых сиенитов в интрузивной фашии и от основных трахибазальтов до лейцитовых базальтов и ортоклазовых трахиандезитов в эффузивной фашии. По классификации Пикока, породы этой формации относятся к щелочно-известковой серии. Гранитоидные формации образуют ряды пород от габбро и кварцевых

габбро через диориты и кварцевые диориты до гранодиоритов и гранитов в интрузивной фации и от основных андезитов через дациты до липаритов в эффузивной фации. По классификации Пикока, породы формации габбро-плагиигранитов и габбро-гранодиоритов принадлежат к известково-щелочной серии, а формации гранодиорит-порфиров — дацитов к известковистой.

Породы базальтоидной группы отличаются от пород гранитоидной направлением эволюции, которая приводит к образованию субщелочных и даже щелочных разностей вместо нормальных по щелочности средних и кислых пород в гранитоидной группе. Другие существенные отличия заключаются в весьма слабом проявлении среди пород базальтоидной



группы существенно кислых дифференциатов (граносиениты, пегматиты, кварц-полевोшпатовые жилы), повышенной общей щелочности и повышенной роли K_2O в группе щелочей.

При списании отдельных формаций было показано, что исходные расплавы их существенно отличались по своим петрохимическим особенностям, а все разнообразие пород, принадлежащих к одной формации, обусловлено в основном процессами кристаллизационной дифференциации указанных расплавов.

В любом случае на средних и конечных этапах дифференциации расплавы обогащаются щелочами, но относительная роль K_2O и Na_2O в ходе дифференциации различна для каждой из изученных формаций. Так, для формации габбро-плагиигранитов характерно преимущественное накопление Na_2O , которое только в самых поздних дифференциатах изменяется в сторону увеличения содержания K_2O . Породам формации габбро-сиенитов — трахиандезитов свойственно обогащение щелочами преимущественно за счет K_2O в течение всего периода кристаллизации.

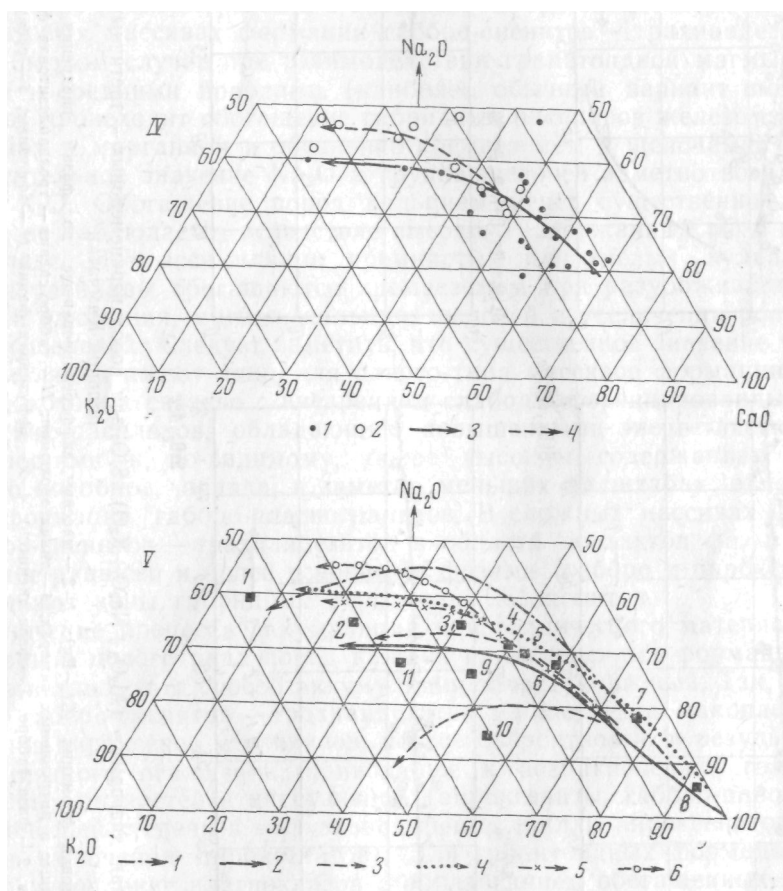


Рис. 53. Вариационная диаграмма $Na_2O : K_2O ; CaO$ для пород верхнемеловых третичных магматических образований Центральной Камчатки

I—IV — те же, что на рис. 54; *V* — пути эволюции пород: 1 — формация габбро-плагиигранитов, 2—3 — формация габбро-сиенитов — трахиандезитов (2 — интрузивная фация, 3 — эффузивная фация), 4 — формация габбро-гранодиоритов, 5—6 — формация гранодиорит-порфиров — дацитов (5 — интрузивная фация, 6 — эффузивная фация). Цифры на рисунке — средние типы пород, по Р. Дэли (1 — аляскит, 2 — послекембрийский гранит, 3 — гранодиорит, 4 — кварцевый диорит, 5 — диорит, 6 — кварцевое габбро, 7 — габбро, 8 — диаллагит, 9 — шоссонит, 10 — абсарокит, 11 — щелочнозе-

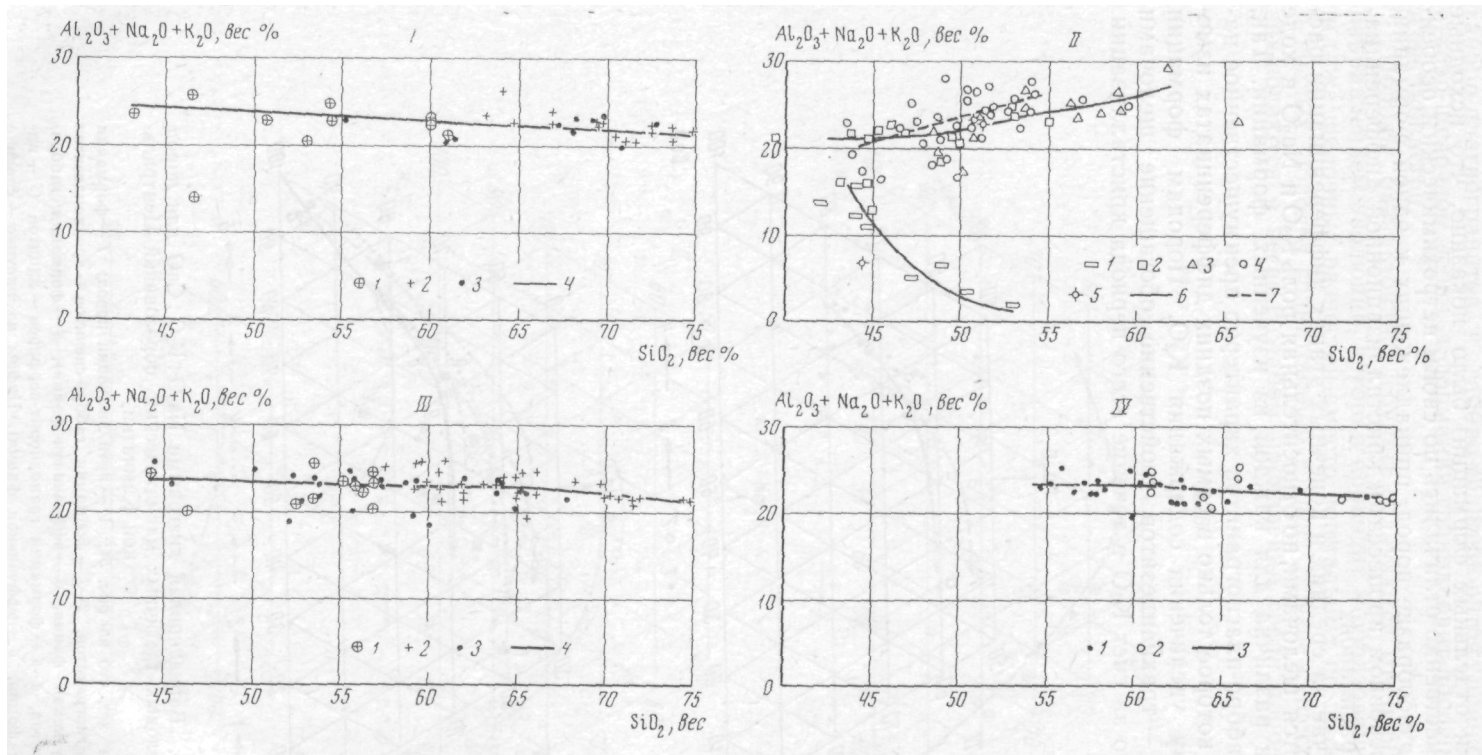


Рис. 54. Вариационная диаграмма $(Al_2O_3 + Na_2O + K_2O) : SiO_2$ для пород верхнемеловых - третичных магматических образований Центральной Камчатки

I — габбро-плагиигранитовая формация (Cr_2-Pg): 1-2 — массивы, дифференцированные по фазам внедрения (1 — I фаза, 2 — II фаза); 3 — массивы, дифференцированные в интрузивных камерах, 4 — линия эволюции; *II* — габбро-сиенит — трахиандезитовая формация (Pg): 1-3 — интрузивная фация (1 — фаза пироксенитов, 2 — фаза габбро, 3 — фаза сиенитов). 4-5 — эффузивная фация (4 — эффузивы, 5 — субвулканические тела), 6 — метасоматические образования, 7-8 — линии эволюции пород (7 — интрузивной) фации, 8 — эффузивной фации); *III* — габбро-гранодиоритовая формация (N_2): 1-2 — массивы, дифференцированные по фазам внедрения (1 — I фаза, 2 — II фаза). 3 — массивы, дифференцированные в интрузивных камерах, 4 — линия эволюции пород, *IV* — формация гранодиорит-порфиров — дацитов N_2-Q : 1 — интрузивная фация, 2 — эффузивная фация, 3 — линия эволюции

Наконец, в формациях габбро-гранодиоритов и гранодиорит-порфиров — дацитов накопление K_2O и Na_2O идет пропорционально (см. рис. 53). В формации габбро-сиенитов — трахиандезитов дифференциация приводит к накоплению железа на начальных этапах и щелочей и кремнезема на более поздних (рис. 55). В формациях гранитоидной группы весь процесс дифференциации сопровождается накоплением кремнезема и щелочей, причем наблюдается некоторое уменьшение суммы алюмощелочных окислов ($Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$), хотя в общем величина эта колеблется в довольно узких пределах — от 20 до 24%. В базальтоидной формации картина обратная: дифференциация сопровождается накоплением алюмощелочных окислов, особенно заметным на ранних и средних этапах.

Оставляя пока в стороне вопрос о генезисе и степени гибридности исходных расплавов каждой формации, можно отметить, что процессы, ассимиляции и гибридизма в интрузивных камерах оказывают весьма существенное влияние на состав пород только массивов II типа формации габбро-гранодиоритов и в сложных габбро-сиенитовых, пироксенит-сиенитовых массивах формации габбро-сиенитов — трахиандезитов.

В первом случае при взаимодействии гранитоидной магмы с основными и средними породами (наиболее обычный вариант вмещающих пород) происходит обогащение гибридных расплавов железом, магнием, титаном и марганцем и обеднение кремнеземом и щелочами. При этом относительное значение Na_2O в группе щелочей заметно возрастает за счет K_2O . Обогащение пород кальцием менее существенно либо оно вообще не наблюдается вследствие высокого содержания CaO в исходном расплаве. При ассимиляции кремнистых или кислых вулканогенных пород расплавы обогащаются кремнеземом при разубоживании содержаний алюминия, магния, кальция, щелочей и увеличении роли натрия среди щелочей. Следует заметить, что существенное значение процессы ассимиляции имеют лишь для одного типа массивов формации, образование которых связано с внедрением слабодифференцированных магматических расплавов, обладающих повышенными энергетическими возможностями и, по-видимому, более высоким содержанием летучих. Нечто подобное, правда, в заметно меньших масштабах отмечается и для формации габбро-плагιοгранитов. В сложных массивах формации габбро-сиенитов — трахиандезитов в области контактов фазы сиенитов с более ранними и более основными фазами (габбро и пироксенитами) возникают зоны гибридных пород типа монцонитов.

Значение процесса аккумуляции кристаллического материала в образовании целого ряда пород каждой из выделенных формаций достаточно велико, хотя способ аккумуляции зачастую разный. Так, в формациях габбро-сиенитов — трахиандезитов наблюдается накопление кристаллов пироксенов и оливинов, по всей вероятности, в результате гравитационного осаждения, приводящее к возникновению голомеланократовых разностей в интрузивной (пироксениты, габбро-пироксениты) и в меньшей степени в эффузивной фации (силлы пироксенитов, шонкинитов, включения пироксенитов). Для гранитоидных формаций характерно накопление плагιοклазов с образованием обогащенных этим минералом разностей пород (габбро-диориты формации габбро-плагιοгранитов), существенно лейкократовых полос (I фаза той же формации) и обогащенных плагιοклазом эндоконтактных зон (формация габбро-гранодиоритов). В породах наиболее молодых формаций (габбро-гранодиоритов и гранодиорит-порфиров — дацитов) накопление плагιοклазов происходит, по всей вероятности, вследствие их флотации в интрузивной магме, которая уже содержала значительное количество интрателлурического плагιοклаза при заполнении интрузивных камер.

Внутри гранитоидной группы сменяющие во времени одна другую формации магматических пород характеризуются закономерным изме-

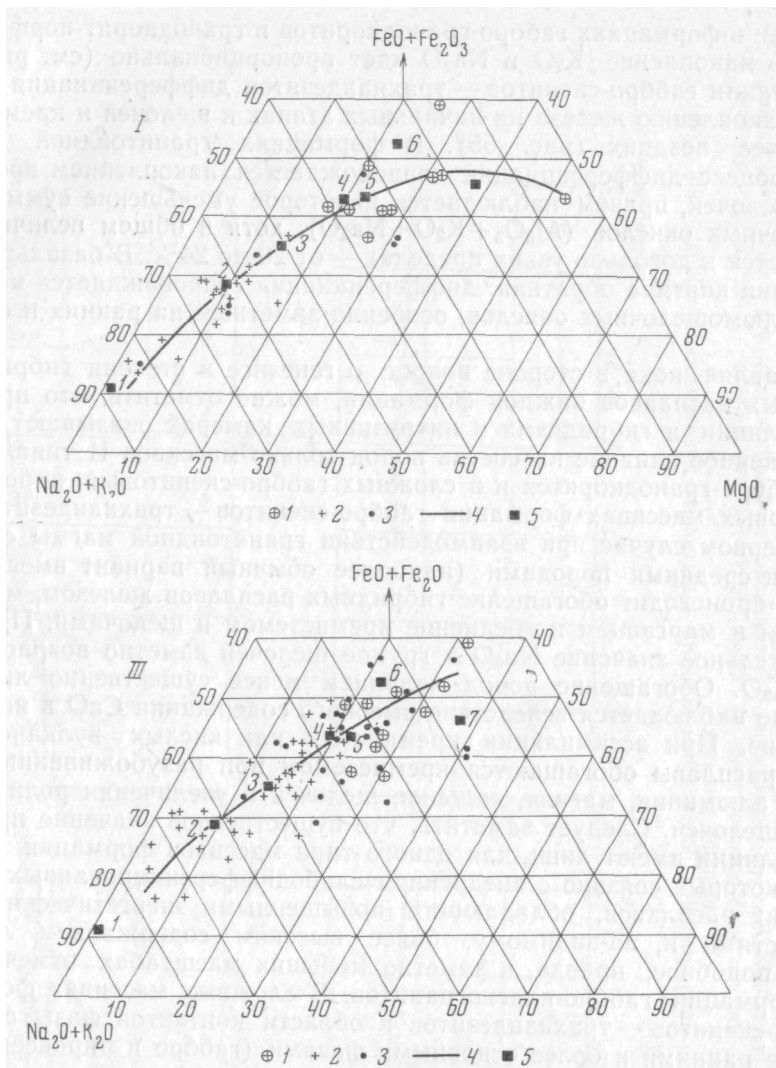
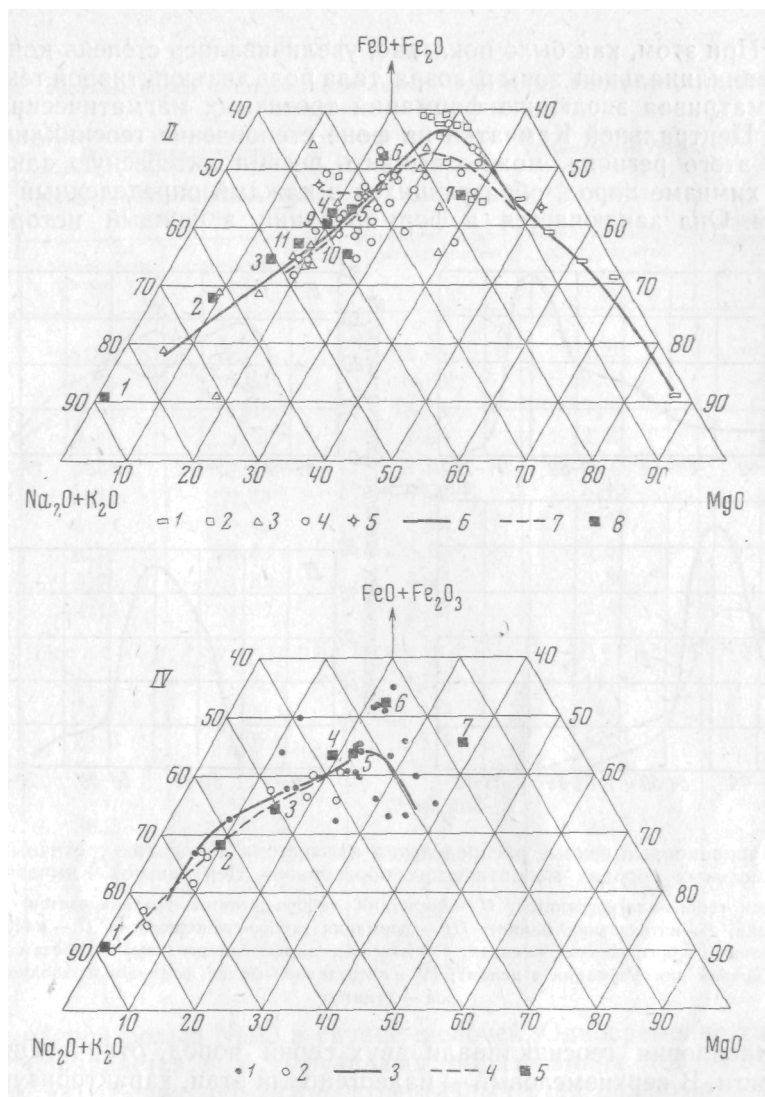


Рис. 55. Вариационная диаграмма MgO ($FeO + Fe_2O_3$) — $(Na_2O + K_2O)$ для третичных — верхнемеловых пород магматических образований Центральной Камчатки

Условные обозначения те же, что и на рис. 54. Черные квадратики с цифрами возле них — средние типы пород, по Р. Дэли (названия их см. в условных обозначениях на рис. 53)

нением химизма. Это отражается прежде всего в уменьшении относительной щелочности пород и увеличении их кальциевости: величина щелочно-известкового индекса Пикока изменяется от 57,5% для формации габбро-плаггиогранитов через 59,5% для формации габбро-гранодиоритов до 62,7% для интрузивной фации формации гранодиорит-порфиоров — дацитов (в эффузивной фации 60,5%). В том же направлении (в сторону более молодых формаций) уменьшается степень дифференцированности пород и относительная роль существенно основных и существенно кислых разностей (рис. 56). Кроме того, в породах формации габбро-плаггиогранитов относительная роль Na_2O в группе щелочей заметно выше, а характер эволюции щелочей существенно иной, чем в более молодых гранитоидных формациях (см. рис. 53). При общем повышенном содержании глинозема в породах изученных формаций по сравнению со среднемировыми типами, в более молодых формациях



наблюдается некоторое увеличение его относительной роли, что выражается в появлении пересыщенных глиноземом пород не только среди кислых, но и среди средних по составу разновидностей.

Наиболее наглядно различия в химизме пород разных формаций гранитоидной группы проявляются при сравнении рассчитанных средних типов их (см. табл. 34, 41, 45), а также при сравнении средних составов пород каждой формации (табл. 46). Последние, отражая в какой-то мере состав исходных расплавов, свидетельствуют об уменьшении со временем кислотности расплавов, общей щелочности их, роли Na_2O в группе щелочей и возрастании глиноземистости и известковистости. Интересно, что одна из перечисленных особенностей, а именно: уменьшение общей щелочности пород при переходе от более древних магматических образований к более молодым — свойственна также верхнемеловым — третичным вулканическим породам Центральной Камчатки, что было ранее отмечено В. К. Ротманом (1963).

Следует подчеркнуть, что наблюдающиеся изменения химизма сменяющих во времени одна другую гранитоидных формаций происходят на фоне уменьшения глубины формирования интрузивных тел и повышения содержания интрателлурического материала в интрузивных рас-

плавах. При этом, как было показано, увеличивалась степень консолидации геосинклинальной зоны и возрастала роль дизъюнктивной тектоники.

Рассматривая эволюцию формаций третичных магматических образований Центральной Камчатки на фоне становления геосинклинальной области этого региона, можно выявить весьма интересную закономерность в химизме пород, образующихся в каждый определенный этап ее развития. Она заключается в формировании в каждый исторический

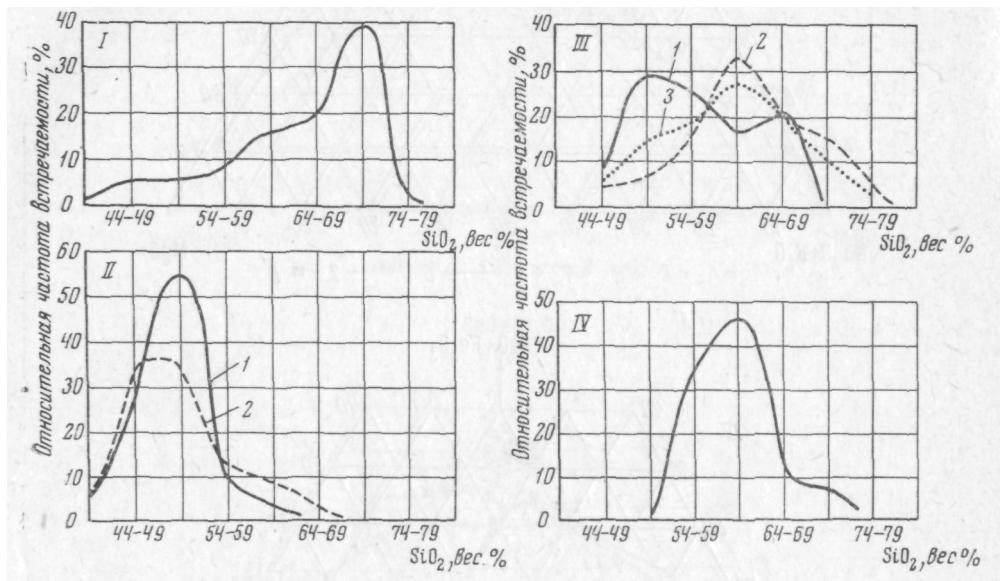


Рис. 56. Вариационные кривые распределения кремнезёма в породах третичных — верхнемеловых породах магматических образований Центральной Камчатки I — формация габбро-плагиогранитов; II — формация габбро-сиенитов-трахиандезитов (1 — эффузивная фация, 2 — интрузивная фация); III — формация габбро-гранодиоритов (1 — массивы, дифференцированные в интрузивных камерах, 2 — массивы, дифференцированные по фазам внедрения, 3 — общая кривая для формации в целом); IV — интрузивная фация формации гранодиорит-порфиров — дацитов

этап становления геосинклинали двух серий пород, отличающихся по щелочности. В верхнемеловый — палеогеновый этап, характеризующийся инверсией геосинклинального трога, эта тенденция проявляется наиболее резко, что выражается в образовании двух магматических формаций: габбро-плагиогранитов и габбро-сиенитов — трахиандезитов. Они отличаются одна от другой не только по щелочности (вторая более щелочная), но и по относительной роли Na_2O и K_2O в группе щелочей. В породах формации габбро-плагиогранитов Na_2O резко преобладает над K_2O , а в породах формации габбро-сиенитов — трахиандезитов соотношение между ними обратное. Внутри формации габбро-сиенитов — трахиандезитов также наблюдаются серии пород, отличающиеся по щелочности: эффузивные образования в целом более щелочные и более калиевые, чем интрузивные. Кроме того, внутри эффузивной фации исходные расплавы эволюционируют по двум направлениям — в сторону субщелочных (ортотлазовые трахиандезиты) и щелочных (эпиллендитовые шонкиниты) разностей, причем отмеченная закономерность (более щелочные породы характеризуются большей ролью калия в группе щелочей) остается в силе (см. рис. 49, 53).

В олигоцен-миоценовый этап, в период широкого развития вулканических островов и слияния части из них в вулканические хребты, отмечается аналогичное разделение, но уже внутри одной формации (габбро-гранодиоритов) с образованием более щелочных и менее щелочных

**Средние составы пород поздневерхнемеловых—третичных магматических формаций
Центральной Камчатки**

Компоненты	Базальтоидная группа		Гранитоидная группа		
	формация габбро-сиенитов—трахиандезитов		формация габбро-плагиогранитов	формация габбро-гранодиоритов	формация гранодиорит-порфиров—дацитов
	эффузивная фация	интрузивная фация			
SiO ₂	48,85	49,30	67,35	62,26	61,19
TiO ₂	0,75	0,63	0,63	0,84	0,56
Al ₂ O ₃	16,63	11,68	15,14	15,66	17,92
Fe ₂ O ₃	5,25	3,54	1,08	2,82	2,68
FeO	4,71	5,17	2,61	3,05	2,61
MnO	0,17	0,13	0,06	0,12	0,08
MgO	6,03	10,42	2,02	2,67	2,98
CaO	8,72	15,43	3,60	5,51	5,45
Na ₂ O	2,76	1,52	4,24	3,80	2,97
K ₂ O	3,14	1,07	2,47	2,40	1,93

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	11,2	4,5	12,8	11,8	9,5
<i>c</i>	5,7	5,1	3,7	4,6	6,9
<i>b</i>	23,6	36,8	7,4	12,0	11,6
<i>s</i>	59,5	53,6	76,1	71,6	72,0
<i>a'</i>	—	—	—	—	12,2
<i>f'</i>	36,5	20,3	45,5	44,5	43,0
<i>m'</i>	42,1	45,3	45,5	38,2	44,8
<i>c'</i>	21,4	34,4	9,0	17,1	—
<i>n</i>	56,97	68,5	72,1	70,9	70,5
<i>Q</i>	-9,1	+6,9	-22,9	+15,0	+18,1
<i>a/c</i>	1,96	0,88	3,46	2,57	1,38

пород с разной ролью Na₂O в группе щелочей. Одновременно такая тенденция проявляется и в эффузивных образованиях того же времени (см. рис. 52). В плиоцен-нижнечетвертичный этап развития, характеризующийся общим подъемом горной страны и магматизмом орогенного типа, разделению на более щелочные и менее щелочные разности свойственно только интрузивным образованиям.

Общей особенностью параллельно развивающихся, но различных по щелочности типов пород является повышенная роль Na₂O в группе щелочей в породах с общей пониженной щелочностью.

Для одного из этапов (олигоцен-миоценового) удалось установить, что образование разных по щелочности серий пород связано с различной степенью гибридности в интрузивных камерах. Более гибридные разности обедняются щелочами, причем роль Na₂O в группе щелочей заметно возрастает (формация габбро-гранодиоритов). Аналогичные изменения в соотношении щелочей K₂O и Na₂O наблюдаются также в монзонитах сложных массивов формации габбро-сиенитов — трахиандезитов, представляющих собой гибридные контактово-реакционные образования. Вероятно, аналогичным механизмом можно объяснить образование пород разной щелочности и на других перечисленных этапах становления геосинклинальной области данного региона. Вместе с тем, в ряде случаев появление отличающихся по щелочности серий пород может быть связано с различным ходом процессов дифференциации, в частно-

сти, с перераспределением щелочей в расплаве (эффузивная фация формаций габбро-сиенитов-трахиандезитов).

В процессе эволюции геосинклинальной зоны происходит закономерное изменение химизма сменяющих во времени одна другую формаций магматических пород, выражающееся прежде всего в уменьшении щелочности родоначальных расплавов при переходе от более древних формаций к более молодым. Причины этого следует, по-видимому, искать в особенностях происхождения исходных расплавов пород, каждой формации.

Породы базальтоидной группы (формация габбро-сиенитов — трахиандезитов) образуются при дифференциации базальтовой магмы океанического типа слабо контаминированной сиалическим материалом. Это следует из результатов расчета средних составов пород как интрузивной, так и особенно эффузивной фаций формации, особенностей эволюции пород во времени (от основных в сторону субщелочных и щелочных разностей), низкого известково-щелочного индекса Пиккока (52,0% — для эффузивной фации и 55,2% — для интрузивной), особенностей петрографического состава пород и парагенетических ассоциаций минералов и т. д. В то же время наблюдаемые различия в химических составах комагматичных исходных расплавов эффузивной и интрузивной фаций, на наш взгляд, свидетельствуют о существенной роли в процессе дифференциации первичной магмы фракционной кристаллизации и газового переноса щелочей в более верхней области магматического источника, зона генерации которого располагалась за пределами гранитной оболочки земной коры. Следствием подобного механизма дифференциации и явилось образование базальтоидных расплавов, с одной стороны обогащенных CaO, MgO (интрузивная фация), с другой — Na₂O, K₂O (эффузивная фация).

Средние валовые составы пород гранитоидной группы формаций, отражающие, очевидно, в какой-то мере составы исходных магматических расплавов, лежат в пределах от тоналита до гранодиорита. Одно это, по-видимому, исключает возможность образования серий пород указанных формаций в результате кристаллизационной дифференциации как неконтаминированной базальтовой, так и Неконтаминированной гранитной магмы. Кроме того, большинство изученных магматических образований несет явные следы глубинного гибризма, выражающиеся в обилии глубоко переработанных ксенолитов (при отсутствии или весьма слабом проявлении гибризма в интрузивных камерах), нередко наблюдающихся такситовых текстурах пород, общей повышенной лейкократности, повышенном содержании глинозема и полевошпатовой извести. Последняя группа признаков (петрохимические особенности пород) с несомненностью указывает на существенную роль сиалической коры при формировании исходных расплавов. Вместе с тем, другая группа признаков — наличие основных разностей в породах формаций габбро-плагиогранитов и габбро-гранодиоритов, существенно натровый состав пород первой формации, наличие ядер основного плагиоклаза даже в самых кислых разностях второй — как будто свидетельствует об участии первичной базальтовой магмы в образовании исходных расплавов по крайней мере этих двух формаций.

Последовательное увеличение в сменяющих во времени одна другую гранитоидных формациях роли глинозема, а также уменьшение их щелочности указывает, по-видимому, на увеличение значения сиалической коры при образовании исходных расплавов. Петрохимические особенности пород формации гранодиорит-порфиоров — дацитов (отсутствие основных разностей, пересыщенность исходного расплава глиноземом, его низкая щелочность и т. д.) наводят на мысль, что в этом случае плавление осадочно-метаморфической оболочки происходило без непосредственного участия базальтовой магмы.

**Составы средних типов поздневерхнемеловых—третичных интрузивных пород
Центральной Камчатки**

Компо- ненты	Пироксе- ниты	Габбро	Кварцевые габбро и габбро-дио- риты	Диориты (включая кварцевые диориты)	Гранодио- риты	Граниты	Монцони- ты	Кварцевые сиениты
SiO ₂	46,81	47,38	54,56	59,84	63,98	70,68	51,19	60,77
TiO ₂	0,61	0,98	0,78	0,71	0,53	0,42	0,78	0,33
Al ₂ O ₃	7,22	18,08	17,89	17,31	16,80	14,73	15,78	16,89
Fe ₂ O ₃	4,66	4,69	3,33	2,66	1,84	1,01	3,65	2,84
FeO	5,53	5,71	4,51	3,55	2,56	1,64	5,60	2,38
MnO	0,15	0,16	0,11	0,10	0,08	0,05	0,21	0,14
MgO	13,91	5,99	4,48	3,45	2,10	0,90	6,21	2,35
CaO	18,82	11,61	7,34	5,93	4,62	2,56	10,08	4,5а
Na ₂ O	0,79	2,44	3,25	3,24	3,84	3,93	2,77	3,94
K ₂ O	0,76	1,07	1,73	1,80	2,44	3,27	2,69	3,77

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	2,4	7,25	10,32	10,07	12,0	13,18	9,9	15,7
<i>b</i>	3,1	9,11	7,68	6,80	5,6	3,04	5,6	3,6
<i>c</i>	46,6	26,24	14,86	12,43	7,8	4,05	25,8	10,6
<i>s</i>	47,9	57,4	67,13	70,70	74,6	79,12	58,7	70,1
<i>a'</i>	—	—	—	—	—	6,7	—	—
<i>f'</i>	17,8	37,8	33,0	47,02	50,89	56,7	33,6	43,8
<i>m'</i>	45,1	40,3	54,2	48,15	46,42	36,6	40,7	37,3
<i>c</i>	37,1	21,9	12,8	4,82	2,69	—	25,8	18,9
<i>n</i>	60,0	77,22	73,75	73,4	70,96	64,61	60,9	55,5
<i>Q</i>	—12,1	—8,81	+5,95	+14,46	+19,6	+30,01	—8,1	+5,2
<i>a/c</i>	0,8	0,79	1,34	1,48	2,14	4,33	1,8	4,4
<i>φ</i>	7,6	9,72	1,97	19,26	19,64	20,0	12,1	22,2
<i>t</i>	10,0	1,52	0,99	0,8	0,56	0,42	1,0	0,4
Число анали- зов	8	25	23	32	34	28	6	5

Направленная эволюция петрохимических особенностей пород при переходе от более древних формаций к более молодым, последовательное увеличение роли сиалической коры в генезисе исходных магматических расплавов по мере становления геосинклинали, возникновение в каждый тектонический этап двух серий пород, отличающихся по щелочности, наряду с целым рядом направленно изменяющихся признаков, как геологических, так и петрографических, — все это позволяет объединять охарактеризованные формации магматических пород в единый формационный ряд, развивающийся в пределах геосинклинальной зоны Центральной Камчатки за время от верхов верхнего мела до начала четвертичного периода.

Специфика интрузивных образований Центральной Камчатки отчетливо выступает при расчете составов средних типов пород для региона в целом (независимо от возраста интрузивных образований и принадлежности их к тем или иным магматическим формациям) (табл. 47) и сравнении их со среднемировыми типами, по Дэли.

Граниты сравнивались с гранитом всех периодов, по Дэли, пироксениты — с диалагитом (разностью, наиболее близкой по составу к пироксенитам Центральной Камчатки). К сожалению, для субщелочных пород провести такое сравнение не представляется возможным из-за отсутствия среднемировых данных по соответствующим типам пород.

Общими особенностями всех разновидностей пород являются повышенное по сравнению со среднемировыми типами содержание глинозема, полевошпатовой извести и большая лейкократовость (за исключением пироксенитов). Максимальные отклонения всех указанных признаков от среднемировых наблюдаются в средних и переходных к основным породам. Помимо того, во всех разновидностях пород, за исключением диоритов и пироксенитов, заметно повышено содержание СаО, а в породах, насыщенных и пересыщенных кремнеземом (за исключением гранодиоритов), больше свободного кварца.

Строгая зависимость обнаруживается между кислотностью пород и величиной отклонения характеристики n (по А. Н. Заварицкому) средних типов пород Центральной Камчатки от этой величины для среднемировых типов, по Дэли. В гранитах, гранодиоритах и диоритах n больше, чем в среднемировых типах, а в кварцевых габбро, габбро и пироксенитах — меньше. Аналогичная по типу, но менее строгая зависимость от кислотности устанавливается для величины отклонения щелочности (a), содержания СаО в цветной части пород (c') и отношения a/c . Граниты, гранодиориты и диориты содержат меньше щелочей, меньше СаО в цветной части и характеризуются меньшей величиной отношения a/c по сравнению со среднемировыми типами, тогда как в кварцевых габбро, габбро и пироксенитах щелочей несколько больше, так же как и СаО в цветной части, а отношение a/c близко к таковому для соответствующих средних типов.

Было бы очень интересно сравнить данные по средним типам интрузивных пород Центральной Камчатки с составом соответствующих разновидностей других регионов Тихоокеанского пояса. К сожалению, в нашем распоряжении имеются лишь данные по гранитам Японии (Nattori Nitoshi и др., 1960). Под гранитами здесь понимаются породы с содержанием $\text{SiO}_2 > 65\%$, возраст гранитов — от позднего палеозоя до неогена. По сравнению с японскими камчатские граниты содержат заметно больше Na_2O , отличаются большей глиноземистостью и меньшим содержанием кремнезема.

Указанные характерные особенности типов интрузивных пород Центральной Камчатки свидетельствуют, очевидно, о гибридности исходных магматических расплавов, тогда как установленная закономерная связь между кислотностью пород и характером и величиной отклонения от среднемировых типов ряда петрохимических параметров (n , a , c' , a/c) может быть, по-видимому, обусловлена спецификой процесса дифференциации этих расплавов.