

И. М. ВОЛОВИКОВА

**ИГНИМБРИТЫ КУРАМИНСКОГО ХРЕБТА  
(СЕВЕРНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)**

Среди верхнепалеозойских эффузивных пород южного склона Кураминского хребта большую роль играют своеобразные пирокластические породы, именуемые игнимбритами. В геологической литературе по Средней Азии до сих пор нет еще описания игнимбритов<sup>1</sup>. Местными исследователями они относились ранее то к кварцевым или дацитовым порфирам, то к туфам. Впервые игнимбриты были обнаружены нами в районе Тереклиса (фиг. 1) в 1947 г. Всего на южном склоне Кураминского хребта в течение 1947—1953 гг. нами было выявлено и изучено семь разрозненных толщ игнимбритов. Все они имеют дацитовый или липаритовый состав. Возраст их соответствует акчинской или оясайской свитам верхнего карбона. Площадь распространения отдельных толщ игнимбритов не одинакова. Наибольшую территорию они занимают в районе Тереклиса (45 км<sup>2</sup>) и по Долоньсаю (40 км<sup>2</sup>). В других районах ими сложены участки меньшей площади. Мощности отдельных толщ колеблются от 50 до 350 м. Какой-либо зависимости между площадью распространения и мощностью толщ нами не установлено. Залегание игнимбритов обычно горизонтальное или слабонаклонное. Контакты подошвы неровные и отражают рельеф подстилающих толщ. Заполняя все впадины рельефа, игнимбриты сглаживают его неровности, и поэтому контакты кровли игнимбритов обычно очень ровные. Вмещающими толщами игнимбритов являются эффузивные породы, представленные как лавовыми, так и туфовыми породами (андезитовые порфириты по Тереклисаю, фельзиты по Кармазарсаю).

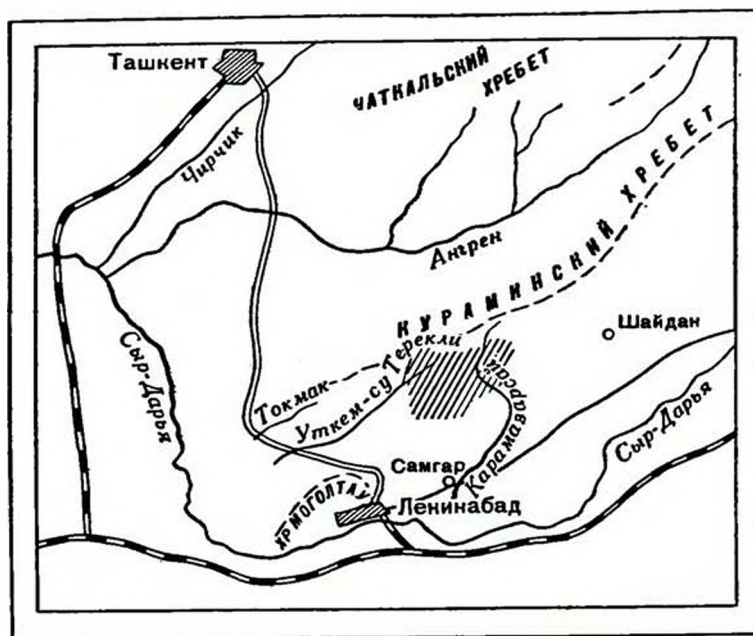
В обнажениях игнимбритов можно видеть, что им свойственна вертикальная или столбчатая отдельность (фиг. 2). Особенно отчетливо она проявлена в Саттарских игнимбритах кварцевых порфиров, где по вертикальному разрезу толщи снизу вверх наблюдается увеличение высоты столбов от 0,5 м до 2—2,5 м.

По внешнему облику игнимбриты — плотные, массивные породы, обычно красного или зеленого цвета. Определяющим и наиболее характерным признаком игнимбритов является наличие в них многочисленных включений, имеющих линзовидную форму в вертикальном разрезе обнажений и более или менее изометричную — в горизонтальной плоскости (фиг. 3). Они всегда отличаются по цвету от всей массы породы и чаще всего имеют более темную окраску, например, на фоне зеленой породы — темно-зеленые включения или на фоне розовой породы — темно-красные. Но в ряде случаев наблюдалось различие не только оттенков, но и самих цветов включений и всей массы породы, например, на фоне красной породы — зеленые включения. Размер включений колеблется от микроско-

<sup>1</sup> У Н. П. Васильковского (1952) имеется упоминание о возможности нахождения игнимбритов в этом районе.

пического до 3—4 см в длину. В вертикальной стенке обнажений наблюдается субпараллельно ориентированное расположение линзовидных включений (фиг. 3).

Макроскопически в породе, кроме линзовидных включений, встречаются остроугольные обломки пород из более древних толщ, а также осколки кристаллов. Так, в районе Уткем-су, в нижних частях толщи игнимбритов дацит-порфира, много обломков гранита. Размер их колеблется в пределах 2—3 см, иногда достигая 5—6 см. Форма их угловато-округлая. В более верхних частях толщи обломки гранита встречаются лишь в единичных случаях. Здесь наблюдается много обломков порфирита. Размер их еще более мелкий, чем гранитов, — до 3 см в поперечнике. Форма порфиритовых обломков чаще всего угловатая.



Фиг. 1. Схема распространения игнимбритов в бассейне рек Карамарсарсай и верховьев Уткем-су. Штриховкой показана площадь распространения игнимбритов.

По Дрешсаю, в саттарских игнимбритах кварцевых порфиров очень много угловатых обломков розового фельзита, полностью сходного с фельзитом подстилающей толщи. Размер обломков здесь в среднем равен 1—2 см и лишь изредка достигает 10 см в поперечнике. Кроме обломков и включений фельзита в породе присутствуют и обломки кристаллов.

Минералогический состав игнимбритов каждой из толщ более или менее постоянный. Так, в игнимбридах кварцевого порфира присутствуют кристаллы кварца и полевого шпата, а в игнимбридах дацитовых порфиров имеются еще и темноцветные минералы, из которых наиболее обычны биотит, но изредка встречается и роговая обманка. Размер кристаллов не превышает 2—3 мм в поперечнике. Они составляют во всех толщах от 25 до 40% объема всей породы. Кварц представлен прозрачными или мутноватыми угловатыми или угловато-округлыми зернами. Полевой шпат находится в призматических и таблитчатых кристаллах или их угловатых осколках. Окраска минерала белая, розовая или зеленоватая. Биотит почти всегда сохраняется в породе в виде шестиугольных пластинок,



Фиг. 2. Столбчатая отдельность игнимбритов.



Фиг. 3. Игнимбрит. Вид в штуфе.

окрашенных в темно-коричневый, или зеленый цвет. Роговая обманка образует столбчатые зерна. Все включения и кристаллы погружены в плотную массу, которая под микроскопом обнаруживает обломочную структуру. В игнимбритах кварцевого порфира она окрашена в светлые цвета — белый, розовый, а в игнимбритах дацитового состава — в зеленый, лиловый, а иногда бурый.

Внешне совершенно одинаковые или незначительно отличающиеся по цвету и по количеству включений игнимбриты каждой из толщ под микроскопом показывают некоторые вариации структур.

В шлифах игнимбритов кварцевых порфиров обнаружены: кварц, альбит-олигоклаз, ортоклаз и редкие чешуйки биотита. В игнимбритах дацитовых порфиров изменяются количественные соотношения минералов: кварца и ортоклаза становится меньше, зато возрастает количество биотита и роговой обманки, содержание в породе плагиоклаза почти не изменяется, но он становится более основным — андезин № 35 (табл. 1).

Таблица 1

Оптические свойства плагиоклаза в игнимбритах кварцевых порфиров

№ збс.	B			2V	Угол максимального угасания ⊥ (010)	№ плагиоклава
	Ng	Nm	Np			
835	20°	70°	87°	-84°	+17°	35
427	75°	33°	62°		+17°	36

Отмеченные при макроскопическом описании, обычно более темные участки игнимбритов (фиг. 3), как показало оптическое исследование, представляют собою стекловатые включения. Наряду с крупными стекловатыми включениями всегда присутствуют включения микроскопических размеров. Эти микроскопические стекловатые включения также имеют неодинаковую форму в различных направлениях: неправильно изометричную в горизонтальной плоскости и удлиненно-линзовидную — в вертикальных сечениях<sup>1</sup>.

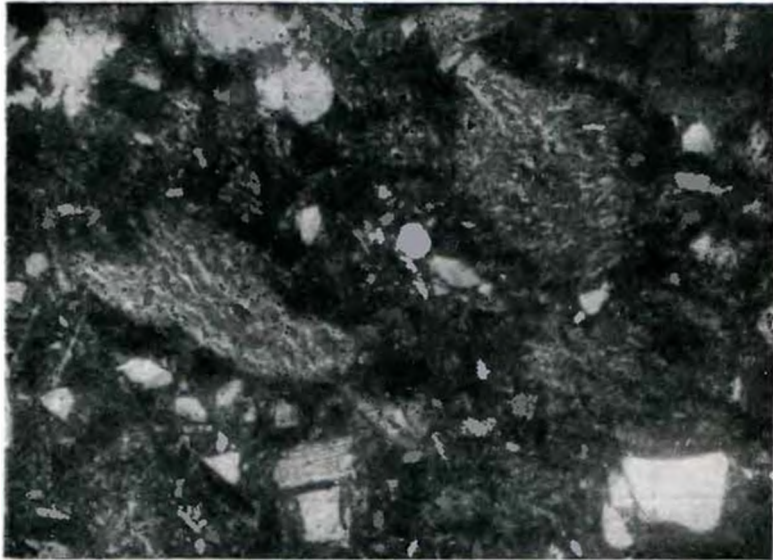
Другой характерной чертой этих стекловатых включений является изменение их соответственно мощности толщ<sup>2</sup>. По мере следования сверху вниз, т. е. от верхних толщ (фиг. 4) к подошвенной части, наблюдается вытягивание стекловатых включений и соединение их в полосы (фиг. 5).

Под микроскопом в составе угловатых обломков определены фельзиты, кварцевые порфиры, дацитовые порфиры, андезитовые порфириты и граниты. Размер таких обломков равен 0,5—1 мм. Эти обломки обычно составляют около 5—10% объема породы. Кристаллы и их обломки в игнимбритах кварцевого порфира занимают 25—40% объема породы, а в игнимбритах дацитовых порфиров нередко и больше — до 50—60%.

К в а р ц представлен угловато-округлыми зернами размером 0,5 мм и меньше, иногда оплавленными округлыми зернами с заливами в глубь зерен цементирующей массы.

П л а г и о к л а з образует чаще всего полисинтетически сдвоенные кристаллы и нередко представлен их осколками. В зоне симметричного угасания, установленной на Федоровском столике, угол ма-

<sup>1-2</sup> Изучались ориентированные шлифы.



Фиг. 4. Игнимбриты кварцевого порфира верхней части толщи.  
Видны линзовидные включения. Увел. 20, с анализатором  
(вертикальное сечение).



Фиг.5. Игнимбриты кварцевого порфира нижней части толщи.  
Видны слившиеся в полосы липзы. Увел. 20, без анализатора.

ксимального угасания равен  $+5$ ,  $+7^\circ$ , что соответствует олигоклазу № 23—25. В некоторых зернах наблюдается пятнистая альбитизация; местами она начинается с периферии зерна, а иногда неравномерно распределяется по всему кристаллу. Альбит отличается от олигоклаза более низким показателем преломления. Он чистый, в проходящем свете бесцветный.

К а л и е в ы й полевой шпат — ортоклаз — количественно подчинен плагиоклазу. Он представлен таблитчатыми зернами размером  $0,3$ — $0,4$  мм в поперечнике или осколками этих кристаллов. Изредка встречаются простые двойники. Во многих зернах заметна спайность в одном направлении по 001. В проходящем свете обычно видна бурая окраска зерен. При изменении на столике Федорова определена принадлежность калиевого полевого шпата к ортоклазу. Оптическая ориентировка:  $PNg=76^\circ$ ;  $PNm=14^\circ$ ;  $PNp=83^\circ$ .  $2V=-68^\circ$  ÷  $-72^\circ$ .

В Саттарской толще игнимбритов кварцевых порфиров обнаружены сапидиновидные ортоклазы, отличающиеся очень чистым стекловидным обликком и малым углом оптических осей  $2V=-20^\circ$  ÷  $-25^\circ$ .

Кварц и ортоклаз в игнимбригах кварцевых порфиров и в игнимбригах дацитовых порфиров тождественны. Плагиоклаз отличается только составом (в игнимбригах дацитовых порфиров — андезин № 35).

Встреченные только в игнимбригах дацитовых порфиров темноцветные минералы обладают следующими свойствами.

Б и о т и т образует пластинки или их обрывки, чаще всего прямоугольные, с четкой спайностью вдоль длинной стороны. Цвет свежих зерен коричневый, они плеохроируют до светло-желтого по  $Np$ . Обычно биотит обесцвечен или хлоритизирован. В таких зернах вдоль спайности концентрируются темно-бурые гидроокислы железа, а в промежутках между ними — светло-желтые чешуйки серицита или зеленые чешуйки хлорита. Роговая обманка образует удлиненные прямоугольные и шестиугольные сечения с пересекающейся под углами в  $56^\circ$  спайностью. Свежих зерен роговой обманки не обнаружено; все имеющиеся зерна определяются по реликтам кристаллов и по спайности.

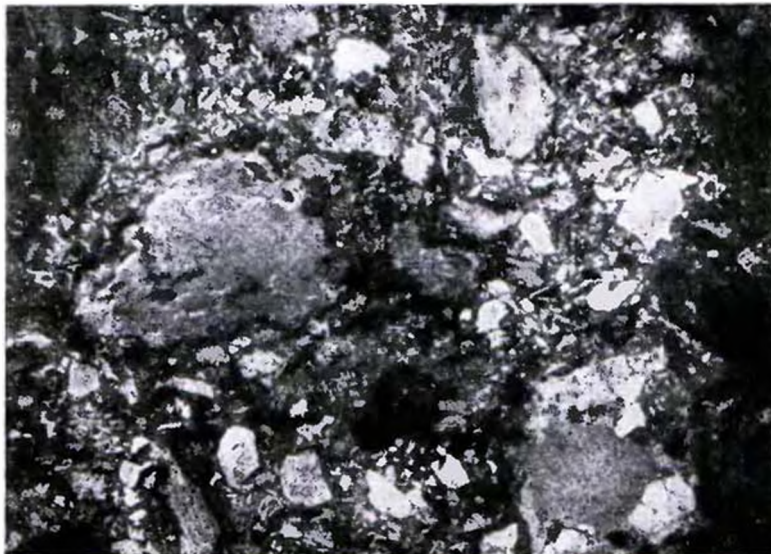
Линзовидные включения в шлифе всегда отличаются по цвету от цементирующей массы и имеют чаще всего зеленовато-бурую окраску при более светлых тонах цементирующей массы. Края включений часто неровные, пзвилистые; это объясняется, вероятно, коррозией их газами (фиг. 6). В скрещенных николях видно, что эти включения представляют собой слабополяризующее стекло, иногда с перлитовыми трещинками отдельности (фиг. 7, 8). Структура включений в большинстве случаев микрофельзитовая, а в более нижних частях толщи игнимбригов — фельзитовая и сферолитовая. Нередко эти стекловатые включения интенсивно пронизаны вторичными минералами — серицитом или хлоритом. Иногда они содержат порфиновые выделения кварца, плагиоклаза, ортоклаза и биотита, по своим оптическим свойствам тождественны вышеописанным. По периферии включений местами развиваются оторочки толщиной в  $0,1$  мм и меньше, состоящие из тонких волокон калиевого полевого шпата, растущих перпендикулярно к поверхности включения. Это так называемые гребенчатые структуры (фиг. 9).

Измерение показателей преломления стекловатых включений различной степени расстеклования дало следующие результаты.

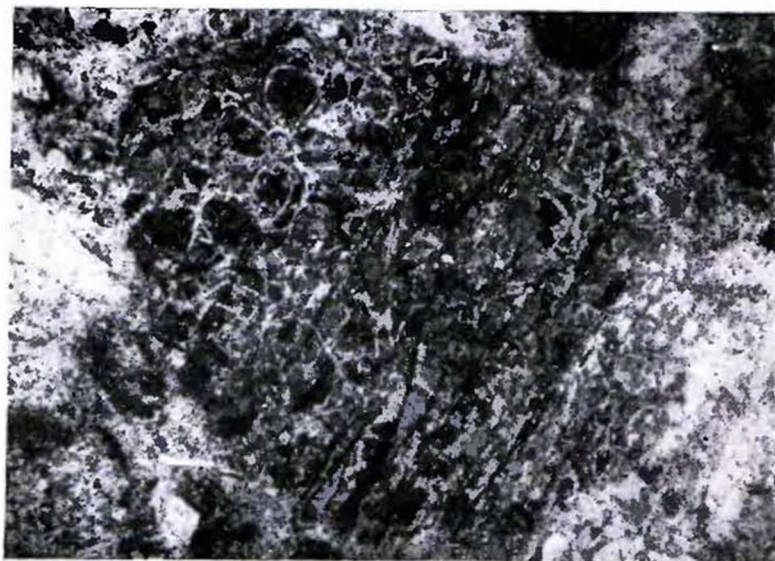
В игнимбригах кварцевых порфиров: с микрофельзитовой структурой  $N=1,512$ — $1,514$ ; с фельзитовой —  $N=1,514$ — $1,518$ .

В игнимбригах дацитовых порфиров: с фельзитовой структурой  $N=1,517$ — $1,522$ .

В ориентированных шлифах, параллельных вертикальному разрезу толщи, можно наблюдать, как стекловатые включения огибают кристаллы



Фиг. 6. Игнимбрит кварцевого порфира. Видны изометричные включения с извилистыми краями и пепловая структура основной массы.  
Увел. 10, без анализатора.



Фиг. 7. Стекловатое включение под микроскопом в горизонтальной плоскости. Видна перлитовая текстура. Увел. 46, без анализатора.



Фиг. 8. То же включение, что и на фиг. 6, только шлиф ориентирован в вертикальной плоскости. Увел. 46, с анализатором.



Фиг. 9. Гребенчатые оторочки в стекловатых включениях. Увел. 46, без анализатора.

и угловатые обломки пород, что может свидетельствовать о пластичном состоянии этих включений в момент образования породы.

Вся масса, цементирующая вышеописанные обломки, кристаллы и стекловатые включения, по своей структуре постоянно изменяется по разрезу толщи игнимбритов сверху вниз. В верхних частях толщи можно видеть пепловую структуру цементирующей массы; последняя состоит из мельчайших обломочных частиц, нередко имеющих выпуклую или вогнутую форму (фиг. 10).

К более нижним слоям толщи эти частицы все более уплотняются между собой (очевидно, спекаются), становятся менее заметными и в самых нижних горизонтах сливаются в почти единую массу, так что лишь по единичным реликтам мельчайших обломков можно судить о первоначальном строении породы.



Фиг. 10. Игнимбрит кварцевого порфира из верхней части толщи. Видна пепловая структура цементирующей массы. Увел. 20, без анализатора.

Такое изменение в строении цементирующей массы скорее всего может быть связано с генезисом игнимбритов, т. е. в целом они являются ширококластическим образованием, результатом вулканических выбросов. Продукты извержения в момент отложения были горячими и поэтому верхние части толщи быстрее остыли и остались более или менее рыхлыми, а нижние под влиянием сохранившейся температуры спеклись и слились в более или менее единую массу. Со временем и верхние части толщи уплотнились в единую породу, но под микроскопом еще видна сохранившаяся пепловая структура.

Во многих толщах игнимбритов в лавовых кусочках наблюдаются поры. Они имеют трубчатую форму, нередко с эллипсоидным сечением. Средний размер пор 0,5—2 мм, а иногда он достигает 2 см. В большинстве случаев поры выполнены вторичными гидротермальными минералами, такими, как кварц, кальцит, хлорит, реже барит; иногда они пустые. Наличие пористости свидетельствует о присутствии газов в момент образования породы.

Химический анализ игнимбритов Кураминского хребта обнаруживает их соответствие дацитовому порфиру, реже кварцевому порфиру и липарит-дацитовым порфирам (табл. 2).

Игнимбриты дацитовых порфиров отличаются от среднего дацита, по Дели, меньшим содержанием СаО и большей суммой щелочей, причем для всех игнимбритов характерно обратное соотношение щелочей, т. е. К преобладает над Na. По классификации А. Н. Заварицкого, породы относятся к пересыщенным кварцем и богатым щелочами.

В целом можно наметить основные характерные признаки всех описанных нами игнимбритов.

#### Геологические признаки

1. Неровный контакт подошвы и горизонтальная кровля, что связано с выравниванием этими породами более древнего рельефа.
2. Вертикальная или столбчатая отдельность.

#### Петрографические признаки

1. Наличие в породе включений, имеющих линзовидную форму в вертикальном сечении и более или менее изометричную в горизонтальной плоскости.
2. Субполярная ориентировка линзовидных включений, заметная в вертикальных разрезах, причем ориентировка совпадает с горизонтальной кровлей, в то время как в плане видно хаотическое расположение включений.

Таблица 2

#### Химический состав игнимбритов

Химические компоненты	Весовые %					Кoeffиц.	Пересчеты по методу А. Н. Заварицкого				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	66,02	63,76	62,16	73,12	64,25	a	13,89	9,56	10,00	13,7	18,36
TiO <sub>2</sub>	0,29	0,55	0,60	0,10	0,66	c	4,58	4,3	3,4	0,47	1,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,35	17,22	16,84	13,08	18,83	b	4,80	13,04	16,20	4,74	6,73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,98	2,30	2,01	1,7	1,31	s	76,73	73,00	70,40	81,22	73,55
FeO	1,50	2,26	5,04	0,41	0,43	a'	—	37,65	35,20	53,50	58,60
MnO	—	—	0,09	0,06	0,13	c'	7,94	—	—	—	—
MgO	3,65	1,87	2,40	0,38	0,74	г'	52,36	38,17	39,80	35,18	23,23
CaO	0,97	3,56	2,80	0,43	1,11	m'	39,7	24,04	25,00	12,6	18,20
Na <sub>2</sub> O	2,18	1,60	2,50	1,35	2,95	n	38,5	37,13	54,50	21,6	35,35
K <sub>2</sub> O	5,26	4,13	3,12	7,51	8,31	φ	14,00	22,2	10,00	30,9	16,20
H <sub>2</sub> O	—	—	—	1,35	0,2	t	0,68	0,72	0,73	0,82	—
S общ.	—	—	0,16	—	—	Q	28,5	22,96	17,40	34,83	9,18
CO <sub>2</sub>	—	—	—	—	0,88	a/c	2,9	2,3	2,94	28,50	13,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	0,17	—	0,32	c	—	—	—	—	—
BaO	—	—	0,39	—	—	—	—	—	—	—	—
П. п. п.	3,60	1,00	2,00	0,55	—	—	—	—	—	—	—
С у м м а	99,80	99,25	100,28	99,74	100,12	—	—	—	—	—	—

1— игнимбрит дацитового порфира, аналитик А. М. Миненкова.

2— то же, аналитик Н. Н. Сокова.

3— то же, аналитик А. Н. Томилина.

4— игнимбрит кварцевого порфира, аналитик О. П. Острогорская.

5— игнимбрит липарит-дацитового порфира, аналитик А. Н. Разживина.

3. Обломочная структура породы, свидетельствующая о пирокластическом ее происхождении.

4. Наличие пористости в стекловатых включениях и во всей массе игнимбритов, свидетельствующее о присутствии газов в момент отложения вулканического матерпала.

5. Постепенное вытягивание линзовидных включений по мощности толщ сверху вниз и слияние их в слои наподобие флюидалной текстуры.

6. Постепенное исчезновение обломочной структуры в толще игнимбритов сверху вниз и превращение цементирующей массы породы в единую, монолитную.

7. Присутствие слоя тонкого песка или пепла в основании залежей игнимбрита.

Все указанные признаки позволяют сравнивать игнимбриды Кураминского хребта с игнимбридами<sup>1</sup> Армении, впервые выявленными и описанными А. Н. Заварицким (1947). Подобного же рода породы встречены М. А. Фаворской (1949) в Приморье и описаны под названием туфолавы<sup>2</sup>. В зарубежной литературе такие породы разными исследователями даны под разными названиями. Например, пиперио Италии<sup>3</sup> по Л. Буху, сваренные туфы Калифорнии по Джильберту, игнимбриды Новой Зеландии по Маршаллу и т. д.

Наиболее полно выявил все признаки этих пород и разработал гипотезу их образования Маршалл (1935), основываясь на данных Феннера о катмайском извержении 1912 г.

Большинство признаков, определяющих игнимбриды, присущи вышеописанным породам Кураминского хребта. Здесь не наблюдалось только рыхлого слоя вулканического песка или пепла в основании.

Образование игнимбридов Маршалл представляет себе следующим образом. Благодаря разломам магма подходит довольно близко к поверхности и содержащиеся в ней газы начинают выделяться, распыляя лаву на мелкие частицы, которые несутся в массе сжатого газа и дают начало потоку пепла или песка. При отложении лавовых частиц и песка образуется порода типа игнимбрита.

Мы считаем, что игнимбриды Кураминского хребта образовались подобным же образом. Название «игнимбрита» нам кажется более приемлемым в данном случае, чем «туфолава», так как оно лучше подчеркивает пирокластическую природу последней, т. е. то, что в игнимбриде кусочки лавы цементируются туфом, в то время как термин «туфолава» относится к лавам, насыщенным мельчайшим обломочным материалом разного состава. Детальное изучение таких же игнимбридов было проведено Джильбертом (1938) в Восточной Калифорнии. Джильберт назвал эти породы сваренными туфами. Они также содержат пемзовые включения, которые постепенно сверху вниз по толще сплющиваются.

Учитывая все существующие гипотезы в целом, механизм образования игнимбридов Кураминского хребта можно представить себе в следующем виде.

Игнимбриды образовались при осаждении обломочного материала из раскаленных газовых потоков, насыщенных раскаленным пирокластическим материалом. При охлаждении обломочного материала температура газового потока падала, но незначительно, так как кусочки лавы не успевали затвердеть и в пластичном состоянии осаждались; при этом они расплющивались, так что в разрезе мы видим липзы, а в плане — изометричные «лепешки». Эти кусочки лавы затвердевали в таком виде и в дальнейшем, уплотняясь вместе с осколками кристаллов и обломками чуждых пород, превращались в более компактную горную породу. Это уплотнение происходило

<sup>1-3</sup> Шлифы этих пород сравнивались с нашими.

довольно быстро под влиянием веса вновь осаждающегося материала. В результате нижние части толщи приобрели более вытянутую форму кусочков лавы и многие из них как бы спеклись между собой. Цементирующая масса в этих участках также сильно уплотнилась, превратившись как бы в единую массу, в которой лишь изредка наблюдаются реликты обломочной структуры.

В разрезе порода имеет часто полосчатый вид, сходный с флюидалльной структурой, и даже в плане иногда отмечается некоторая ориентированность составных частей породы. Но если постепенно подняться вверх по мощности толщи, то обнаруживается полная хаотичность в расположении кусочков лавы в горизонтальной плоскости, что всегда позволяет отличить игнимбриты от флюидалльной лавы.

О присутствии газа при образовании породы свидетельствует наличие пористости как в стекловатых кусочках, так и в цементирующей массе.

Объем извергающегося материала, вероятно, был большой, о чем можно судить по значительным мощностям толщ игнимбритов.

Таким образом, игнимбриты — это пирокластические породы, несущие, однако, некоторые черты лавовых пород, как, например, столбчатая отдельность, которая возникла вследствие того, что осаждение и уплотнение обломочного материала происходило в нагретом состоянии.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- З а в а р и ц к и й А. Н. Некоторые черты новейшего вулканизма Армении. «Изв. АН СССР», серия геол., № 1, 1945.
- З а в а р и ц к и й А. Н. О некоторых данных вулканологии в связи с изучением четвертичных туфов и туфолав Армении. «Изв. АН Арм. ССР», № 10, 1946.
- З а в а р и ц к и й А. И. Игнимбриты Армении. «Изв. АН СССР», серия геол., № 3, 1947.
- Ф а в о р с к а я М. А. Третичные туфолавы южного приморья. «Изв. АН СССР», серия геол., № 5, 1949.
- G i l b e r t M. Welded tuff in eastern California. «Bull. Geol. Soc. Amer.», vol. 49, 1938.
- M a r s h a l l P. Acid Rocks of the Taupo-Protorus District. «Trans. a. Proc. Roy. Soc. New. Zeal.», vol. 64, 1935.