

ЭКСПЛОЗИОННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ РАЙОНА РУДНИКА ЮЛИИ (Батеневский кряж)

Д. И. ЦАРЕВ

(Представлена научным семинаром кафедр минералогии, петрографии и полезных ископаемых)

За последние годы в геологической литературе стали часто появляться работы по эксплозионным брекчиям, слагающим секущие тела: дайки, трубы, разветвляющиеся жилы и т. д. [4, 8, 10, 16, 17, 24, 29]. Большая часть таких брекчий пространственно совмещается с рудными полями или непосредственно с рудоносными интрузивными телами [4, 8, 9, 16], а потому вызывает особый интерес. П. Ф. Иванкин [8] приводит несколько существующих взглядов на генезис брекчий, сопровождающих магматические тела. Рассматривать здесь эти взгляды мы не будем, а ограничимся изложением своей точки зрения, полученной при изучении геологического строения района рудника Юлии в Батеневском кряже.

Характерной особенностью района рудника Юлии, как и всего Батеневского кряжа, является наличие обособленных небольших участков вулканогенных пород, с резким угловым несогласием лежащих на верхнепротерозойско-нижнепалеозойском фундаменте. По аналогии с вулканическими образованиями обрамления Минусинской впадины эти породы отнесены к кембрию и девону (D_1-2). Интересно отметить то, что в большинстве случаев к участкам этих вулканических пород пространственно приурочиваются небольшие интрузивные тела сиенит-граносиенитового ряда (у д. Катюшкиной, близ озера Волчьего, к востоку от Хакасского зверосовхоза, у Баградского моста, на месторождении Карасук и т. д.). При изучении этих участков выяснилось, что связь поверхностных вулканических образований с интрузивными телами генетическая. В подтверждение этой связи остановимся на характеристике некоторых из вышеупомянутых участков вулканоплутонических образований.

Участок высоты 808,5 (близ д. Катюшкиной) представляет собою синклинальную складку, крылья которой сложены карбонатными, а замковая часть — вулканическими породами верхов нижнего — низов среднего кембрия. Эти породы прорваны небольшими телами кварцевых и бескварцевых сиенитов и сиенит-порфиринов, массой даек и эксплозионными брекчиями. Последние, кроме секущих тел (даек и труб), образуют совместно с туфами и игнимбритоподобными породами покровные образования, которые сохранились в виде пятен на кембрийских эффузивах.

Эксплозионные брекчии представляют собою несортированные обломки шлакоподобных плагиоклазовых порфиринов, сиенитов, орто-

фиров, мраморов, кварцитов, цементированных мелкообломочным материалом тех же пород в смеси с эпидотом и кальцитом, или фельзитом, который флюидальными струями огибает обломки. Среди остроугольных обломков пород встречаются округлые формы, которые возникли в результате оплавления или скола углов при движении по каналу вулкана. Размер обломков сиенитов и порфиритов достигает 40 см в поперечнике, а отдельные глыбы мраморов до 3 метров. Сиениты в обломках лейкократовые, кварцевые или бескварцевые, имеют структуры от мелко- до крупнозернистых; наблюдаются метасоматически разросшиеся порфиробласты ортоклаза. Петрографические петрохимические составы их близки к таковым сиенитов, прорывающих кембрийские эффузивы на юго-восточном склоне высоты 808,5 и на месторождении Юлии свинцовой. Величина обломков в верхних горизонтах эксплозионных брекчий уменьшается, уменьшается количество обломков плагиоклазовых порфиритов и сиенитов, совершенно исчезают обломки мраморов и кварцитов, эксплозионные брекчии сменяются красными туфами и спекшимися туфами с многочисленными взаимопараллельными линзовидными включениями коричневого фельзита (фьямме) [14]. Общие цветовые тона спекшихся туфов от бурых до коричневых, в деталях окраска пестрая из-за различного состава обломков пород. Преимущественное количество обломков составляют фельзиты и ортофиры. Плагиоклазовых порфиритов содержится до 5%. Сиениты встречаются в отдельных обломках. Форма обломков пород остроугольная и овальная, иногда в виде груши, что свидетельствует о пластичном состоянии некоторых из них при вылете из канала вулкана. Размер обломков варьирует в широких пределах: от долей мм до 2—3 см в одних разностях спекшихся туфов и до 10—15 см — в других. Количество ксеногенного материала (плагиоклазовых порфиритов, лейкократовых сиенитов и т. д.) содержится больше в нижних горизонтах спекшихся туфов, которые постепенно сменяются подстилающими их эксплозионными брекчиями.

Фьямме в общем линзовидной формы, местами имеет причудливые очертания с расщепленными концами; количество его до 50% от общего объема породы, размеры в верхнем пределе достигают 40 см в длину, 20 см в ширину и 6 см в толщину, наиболее часто встречающиеся — 1—10 см в длину. Крупные фьямме по периферии имеют темно-коричневый цвет, который ближе к середине сменяется розовато-бурым. В центральной части по длине идет полоска шириною около 2 мм, которая в середине имеет также темно-коричневый цвет, а по краям — светло-розовый. Эта полоска разветвляется согласно ветвлению фьямме, но никогда не доходит до его конца. В месте разветвления полоска расширяется, образуя темно-коричневое треугольное поле с вогнутыми сторонами. Некоторые фьямме содержат обломки кристаллов полевых шпатов, вкрапленники эпидота. По всей вероятности, срединная полоска является границей встречи двух энергетических уровней, которые возникли при разогревании в результате экзотермических процессов пластичного куска щелочной лавы, находящейся среди массы раскаленных обломков горных пород, вынесенных из канала вулкана в момент эксплозионного извержения. Как указывают многие авторы работ, посвященных изучению спекшихся туфов (игнимбритов), последние образовались в результате отложений палящих туч (*puees ardentes*) при пелейском типе извержений [8, 11, 14, 15, 28]. Отложенные таким путем большие массы пирскластического материала долгое время сохраняют внутри себя высокую температуру, которая поддерживается теплом, образующимся при дегазации и кристаллизации этих отложений. По результатам экспериментов, проведенных Ф. Р. Бойдом [3], минимальная

температура спекания риолитового стекла составляет 600°C. Эта температура зависит от давления, времени и содержания H₂O в стекле.

Таким образом, вышеупомянутый кусок пластичной полузастывшей лавы под действием высокой температуры и давления вышележащих раскаленных пирокластов сплющивался и растекался, периферия и центральная часть его обогащались сыпью гематита. Это обстоятельство свидетельствует о физико-химических процессах в куске лавы, способствующих вытеснению железа. Железо скапливалось в месте разветвления фьямме, так как здесь встречались три энергетических уровня. Таким образом, процесс вытеснения железа из куска лавы нашел свое отражение в более темной окраске поверхности фьямме, его срединной линии и треугольных площадках в месте разветвления. Появление многочисленных причудливой формы отростков и расщепленных концов фьямме свидетельствует о том, что под действием давления расщепленный материал внедрялся между твердых обломков. На поверхности фьямме можно часто наблюдать поперечные трещинки, подобные трещинам усыхания. Эти трещинки не проходят глубже темноокрашенного слоя. В мелких же разностях фьямме, которые полностью окрашены в темно-коричневый цвет, трещинки иногда пересекают их поперек. Это обстоятельство подтверждает данные о том, что кусочки полузастывшей лавы после их отложения частично или полностью расплавились, а при застывании объем их сокращался и возникали поперечные трещинки.

Микроскопическое изучение спекшихся туфов подтверждает их образование из отложений палящих туч, несших раскаленные твердые обломки горных пород в перемешку с обрывками лавы. После отложения мелкие обломки спекались и совместно с обрывкам лавы цементировали обломочную массу, образуя псевдофлюидальную текстуру мезостазиса. Крупные обломки меньше подвергались спеканию. Степень спекания данных туфов отличает их от распространившегося в настоящее время в геологической литературе понятия «игнимбрит», предусматривающее спекание обломков стекла почти до однородной массы [14, 19]. Но сам термин «игнимбрит» (огненный ливень) с генетической точки зрения вполне приемлем к спекшимся туфам высоты 808,5.

Фьямме под микроскопом обнаруживает фельзитовую, криптофельзитовую или микросферолитовую структуры основной массы, в которой размещаются редкие зерна и гломерокристы альбит-олигоклаза, кристаллы и обломки кристаллов пертитизированного ортоклаза ($2V = 68—72^\circ$). Некоторые из зерен плагиоклаза полностью замещены эпидотом и серицитом с небольшой примесью рудной пыли. При микросферолитовой структуре основной массы фьямме наблюдается большое количество микроминдалинок, выполненных зеленым хлоритом. Микроминдалинки располагаются хаотически или в виде флюидальных полос, но как правило, приурочиваются к центру наиболее крупных микросферолитов. Микросферолиты, несомненно, автопневматолитового происхождения и указывают на высокую степень насыщения газом магмы, породившей данное извержение. К автопневматолитовым образованиям, по всей вероятности, следует также отнести лучистые минеральные агрегаты, образующие гребенчатую структуру по поверхности некоторых обломков кристаллов полевых шпатов. Р. К. Мартин считал подобные минеральные агрегаты комбинацией кремнезема и полевого шпата [15]. Следует отметить, что по фьямме и мезостазису, как правило, развиваются красноватые карбонаты.

В данной статье не будем останавливаться на характеристике всех разновидностей эксплозионных образований участка высоты 808,5, отметим лишь то, что сложенные ими дайкоподобные тела (трещинные

вулканические каналы) обычно сопровождаются дайками ортофиоров, микросиенитов, альбитофиоров. Дайки или секут эксплозионные брекчии по простиранию, или же располагаются рядом, параллельно их контакту с вмещающими породами. Породы даек по петрографическому составу тождественны большей части обломков эксплозионных брекчий. Местами наблюдаются переходы обломочных даек в обычные ортофиоровые дайки. Эти обстоятельства свидетельствуют о генетической связи даек с эксплозионными брекчиями.

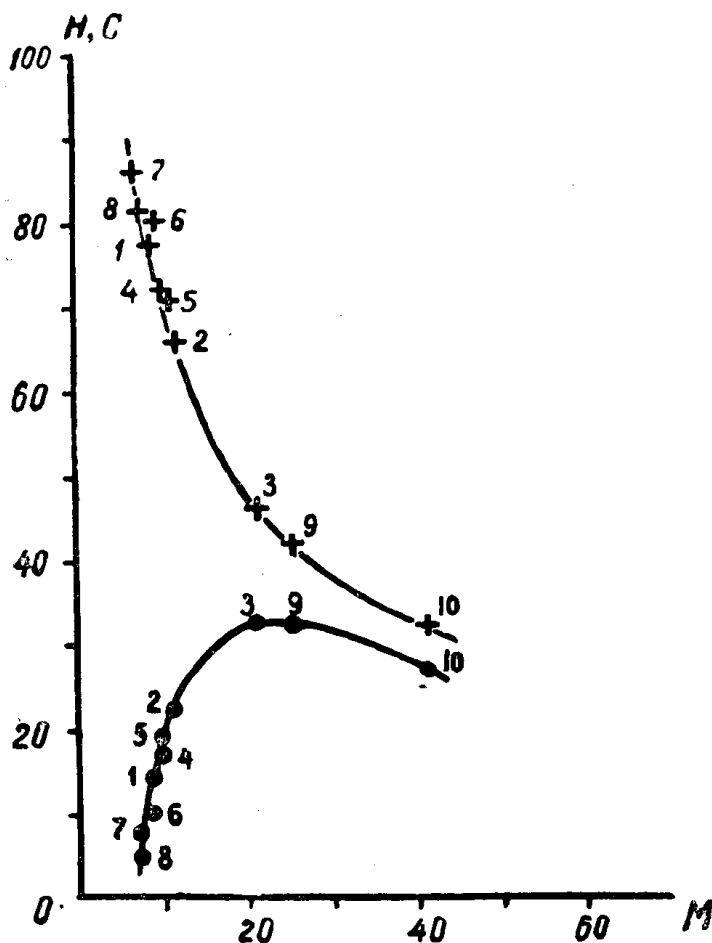


Рис. 1. Диаграмма генетической серии магматических пород района рудника Юлии (цифры соответствуют породам, приведенным в табл. 2)

Химические силикатные анализы фьямме из спекшихся туфов и обломка сиенитов из эксплозионных брекчий показали большое сходство их составов (табл. 1).

На диаграмме (рис. 1, табл. 2), построенной по методу Г. С. Момджи [18], где по оси абсцисс отложена величина $M = \frac{100 \text{ Mg}}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}} \%$,

а по оси ординат $H = \frac{100 (\text{Na} + \text{K})}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}} \%$ и $C = \frac{100 \text{ Ca}}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}} \%$

(содержания элементов берутся в пересчете на атомное количество), возникает два ряда точек, один из которых соответствует значениям MC (обозначенный кружками), второй — MH . Ряды точек, лежащие на плавные кривые, близкие к гиперболе и параболе, соответствуют генети-

Таблица 1

Наименование породы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₂	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	п.п.п.
Сиенит в эксплозионных брекчиях	61,44	0,56	18,61	2,01	1,56	0,14	0,81	1,56	4,00	8,00	0,07	0,18	0,89
Фьямме спекшегося туфа	61,55	0,60	18,49	2,27	1,32	0,14	1,06	1,12	4,48	7,62	0,03	0,23	0,90

Таблица 2

Наименование пород	№ проб	Атомные количества						Mg+Ca+Na+K	M	C	H
		Атомные количества									
		Mg	Ca	Na	K						
Кв. сиенит высоты 808,5	1	25	43	112	130			310	8	14	78
Ортофир из дайки высоты 808,5	2	37	73	122	96			328	11	22	66
Сиенито - диорит "Северный"	3	80	125	130	42			377	21	33	46
Ортофир рудника Юлии	4	20	38	86	66			210	10	18	72
Олигоклазит рудника Юлии	5	30	53	152	52			287	10	19	71
Сиенит к востоку от Юлии	6	26	30	121	114			291	9	10	81
Сиенит в обломках эксплозионной брекчии	7	20	28	130	170			348	6	8	86
Фьямме спекшегося туфа	8	26	20	146	162			377	7	5	82
Базальтовый порфирит высоты 808,5	9	154	104	96	24			378	41	28	32
Базальтовый порфирит высоты 808,5	10	100	130	106	60			396	25	33	42

ческой серии пород, образовавшихся в результате кристаллизационной дифференциации из одного магматического очага. В нашем случае к одной генетической серии относятся базальтовые порфириды высоты 808,5, интрузивные и субвулканические тела сиенитового состава высоты 808,5, Юлии и др., обломки сиенитов эксплозионных брекчий и фьямме из спекшихся туфов. Сходство содержаний элементов примесей по результатам полуколичественного спектрального анализа в породах сиенитовой группы и сходство оптических констант плагиоклазов и ортоклазов в сиенитах, ортофирах, эксплозионных брекчиях и спекшихся туфах также указывает на генетическое родство этих пород (табл. 3, 4).

На участке высоты 808,5 в результате поисково-разведочных работ, проведенных сотрудниками Красноярского геологического управления, обнаружено три типа сульфидного оруденения: 1) халькопиритовое и пиритовое в скарнированных известняках и пироксенплагиоклазовых порфиридах; 2) вкрапленное халькопиритовое, галенитовое и пиритовое в окварцованных или эпидотизированных эффузивах, в эксплозионных брекчиях, туфах и известняках и 3) халькопиритовое и галенитовое в кварцевых жилах.

Все три типа оруденения связаны с постмагматической гидротермальной деятельностью как завершающей стадией вулканического процесса, вызванного внедрением в близповерхностную зону земной коры богатого газами щелочного дифференциата базальтовой магмы.

На участке Баградского моста по правому и левому бортам р. Сухой Ербы на ниже-среднекембрийских карбонатных и терригенно-карбонатных породах с резким угловым несогласием лежит вулканогенная толща, которая в основании представлена преимущественно андезитовыми и трахиандезитовыми порфиридами, а сверху туфами ортофигов, кварцевых порфигов, альбитофигов, ленточными фельзитами. По аналогии с девонскими вулканическими образованиями обрамления Минусинской впадины эта толща отнесена к девону ($D_1 - 2$).

Порфириды и кембрийские породы, особенно терригенные, прорваны многочисленными дайками ортофигов, микросиенитов, сиенитпорфигов, плагиопорфигов, порфиритов и т. д. Некоторые из даек ортофигов, сиенитпорфигов и микросиенитов на дневной поверхности окружены ореолами эксплозионных брекчий, местами занимающих площади до нескольких десятков тысяч квадратных метров. В вертикальных и крутонаклонных обнажениях удается наблюдать, как брекчий подобно чехлу окружают дайки и с глубиной выклиниваются. Выклинивание идет по падению дайки. Состав и структуры большей части обломков эксплозионных брекчий тождественны составам и структурам даек, которые они окружают. В меньшей мере встречаются обломки одинакового состава с дайкой, но с большей степенью раскристаллизации, свидетельствующей о том, что породы, слагающие эти обломки, родились на значительной (относительно) глубине. Кроме того, нередко эксплозионные брекчии содержат обломки выпесенных с глубины осадочных пород: известняков, кварцитов и т. д. Цемент брекчий встречается различного рода: гидрохимический, гидротермальный (эпидотхлорит-кальцитовый), магматический (фельзитовый); местами встречаются спекшиеся обломки.

При микроскопическом изучении даек, связанных с эксплозионными брекчиями, в некоторых из них, кроме ксенолитов кварцитов, наблюдается масса ксеногенных зерен плагиоклаза (альбит-олигоклаза), реже ортоклаза в виде гломерокристов, катаклазированных осколков кристаллов, часто резорбированных, оплавленных зерен кварца, помещенных в аллотриоморфнозернистую или фельзитовую основную массу,

Т а б л и ц а 3

Наименование групп пород	Наиболее часто встречающиеся содержание элементов %														
	U	Co	Mn	Si	Mo	Ni	Pb	P	Cr	Zn	Ba	Be	Sr	Zr	Ti
Интрузивные Группа сиенитов высоты 808,5	0,003	сл.	0,03	0,003	0	0,001	0,001	0	0	0	0,03	сл.	0,01	0,003	0,3
Вулканические и субвулканические Группа ортофиров	0,003	сл	0,03	0,003	0	0,001	0,001	0	0	0,003	0,1	0	0,01	0,003	0,3

Примечание: данные получены по результатам 30 спектральных анализов.

Т а б л и ц а 4

Наименование групп пород	№ плагиоклазов		2V к.п.ш.	
	от	до	от	до
Интрузивные Группа сиенитов высоты 808,5	7	12	-58	-86
Вулканические субвулканические Группа ортофиров	6	12	-60	-86

Примечание: данные получены по многочисленным замерам на Федоровском столбе в 24 шлифах (по 12 шлифов из каждой группы).

имеющую в отдельных местах флюидальную текстуру. Зерна кварца включают в себя заливчики и изолированные участки фельзитовой основной массы. Структуры и минеральные включения в таких породах указывают на захват сиенитовой магмой своих, дробленных эксплозиями, предыдущих внедрений.

Близ Хакасского зверосовхоза линейно вытянутое интрузивное тело порфиroidных сиенитов, внедрившееся в девонские плагиоклазовые порфириты, прорвано дайками микросиенитов и сиенит-порфиров. В циркообразном обнажении можно наблюдать, как некоторые из этих даек, рассекая кровлю интрузивного тела — плагиоклазовые порфириты, при выходе на поверхность сопровождаются, подобно чехлам, эксплозионными брекчиями, состоящими из обломков микросиенитов и сиенит-порфиров.

Для примера можно привести также полиметаллическое месторождение Карасук. Здесь изометричное интрузивное тело, сложенное фельзит-порфиром и сиенит-порфиром, окружено полукольцом вулканической брекчии. Брекчия состоит из обломков порфиритов, фельзитов, фельзит-порфиров, ортофиров и известняков, сцементированных фельзитом, ортофиром, хлорит-эпидот-кальцитовой смесью, и представляет собою некк, прорвавший кембрийские известняки [12].

С нашей точки зрения, данная брекчия является эксплозионной, возникшей при внедрении богатой газами рудоносной магмы сиенитового состава. Эрозионно-денудационные процессы в настоящее время обнажили это внедрение, представившееся обозрению в вышеупомянутой форме.

Приведенные в данной статье примеры хорошо сопоставляются с данными, полученными другими исследователями в различных районах Советского Союза, и убедительно свидетельствуют о генетической связи спекшихся туфов (игнимбритов) и эксплозионных брекчий с гипабиссальными интрузивными и субвулканическими телами.

Механизм эксплозионных процессов можно изложить с точки зрения термически-ретроградного повышения давления пара в магматическом очаге. Горансон (1937), Кеннеди (1955), а затем Ритман (1960) указывали, что содержание воды в ненасыщенной магме распределяется таким образом, что давление пара в ней повсюду одинаково. При этом вода должна накапливаться в более холодных и находящихся при более низких давлениях магматических массах. Равновесное распределение газов наступает тогда, когда в насыщенной газом пиромагме гидростатическое давление равно давлению пара и когда давление пара в ненасыщенной магме всюду одинаково [23]. В верхней части магматической колонны при остывании и кристаллизации магмы накапливаются пары воды. Если давление пара будет превышать давление кровли магматического очага, равновесие нарушается, из магмы выделится газовая фаза, магма превратится в активную пиромагму и, взорвав кровлю очага, вырвется на поверхность. При взрыве будут выбрасываться обломки вмещающих пород, раскристаллизованная апикальная часть магматической колонны, обрывки лавы и большое количество газов.

На основании вышеизложенного следует сделать следующие заключения.

1. Развитие вулканизма в районе рудника Юлии в кембрийское и девонское время начиналось с излияния лав основного состава и шло в сторону повышения щелочности и кислотности в соответствии с дифференциацией базальтовой магмы.

2. Богатые газами щелочные и кислые дифференциаты магмы дали массу интрузивных тел сиенит-граносиенитового ряда. С становле-

нием этих интрузивных тел в близповерхностных условиях генетически связаны эксплозионные образования (брекчии и спекшиесе туфы).

3. Эксплозионные образования в основном приурочены к местам полиметаллического оруденения и иногда сами несут вкрапленность сульфидов меди, свинца и железа.

4. Полиметаллическое оруденение связано с постмагматической гидротермальной стадией вулканизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Авдеев. О кольцевых структурах магматических комплексов. «Сов. геология», № 10, Изд-во «Недра», 1965.
2. В. В. Аристов. Вопросы теоретического обоснования поисков скрытых постмагматических месторождений. Изв. высш. учебн. завед., «Геология и разведка», № 7, Изд-во МГРИ, 1964.
3. Ф. Р. Бойд. Спекшиесе туфы и потоки Риолитового плато в Йеллоустонском парке. Вайоминг. Сб. «Проблемы палеовулканизма». Изд-во ИЛ, М., 1963.
4. Ю. С. Бородаев, Т. Я. Гончарова, Г. П. Зарайский, Г. Ф. Яковлев. Эксплозионные брекчии на медноколчеданных месторождениях Блявинского рудного поля (Южный Урал). Геология рудных месторожд. Т. VII, № 6, Изд-во «Наука», 1965.
5. Е. В. Быковская, В. К. Ротман. Геологическая позиция игнимбригов различных вулканических зон Дальнего Востока. Сб. «Туфолавы и игнимбригы». Тр. лабор. вулкан., вып. 20. Изд-во АН СССР, 1961.
6. В. И. Володавец. Проблема туфолав и игнимбригов. Сб. «Туфолавы и игнимбригы». Тр. лабор. вулкан., вып. 20. Изд-во АН СССР, 1961.
7. Г. С. Горшков. О строении вулкана Арагац и о его игнимбригах. Сб. «Туфолавы и игнимбригы». Тр. лабор. вулкан., вып. 30. Изд-во АН СССР, 1961.
8. П. Ф. Иванкин. О закрытых эксплозиях, сопровождающих гипабиссальные интрузии, и их роли при формировании рудных месторождений. Геология и геофизика, № 10, Изд-во «Наука», СО АН СССР, 1965.
9. П. Ф. Иванкин, А. С. Гарантов. О морфологии пучка малых интрузий и рудных тел медно-цинкового месторождения на Алтае. Сб. Геология и геохимия рудных месторожд. Сибири. Изд-во «Наука», СО АН СССР, 1965.
10. П. Ф. Иванкин. О происхождении минерализованных брекчий некоторых месторождений колчеданного типа Алтая и Урала. Докл. АН СССР, т. 142, № 2, 1962.
11. Т. Исикава, М. Минато, Х. Куно, Т. Мацумото и К. Яги. Спекшиесе туфы и отложения пемзовых потоков и раскаленных туч в Японии. Сб. «Проблемы палеовулканизма». Изд-во ИЛ, М., 1963.
12. В. М. Крейтер. Структуры рудных полей и месторождений. Госгеолтехиздат, М., 1965.
13. И. В. Лучицкий. Основные задачи палеовулканологии и проблема вулканогенных формаций. Тр. лабор. палеовулкан., вып. 2, Алма-Ата, 1963.
14. Е. Ф. Малеев. Вулканокластические горные породы. Госгеолтехиздат, М., 1963.
15. Р. К. Мартин. Некоторые геологические и петрографические особенности игнимбригов Америки и Новой Зеландии. Сб. «Проблемы палеовулканизма». Изд-во ИЛ, М., 1963.
16. Б. В. Мерлич. Эксплозивные и брекчиевые дайки в Закарпатье. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1958.
17. М. И. Митрошин. Туфовые дайки в верховьях реки Ерачимо (правый приток реки Нижней Тунгуски). Сб. «Ученые записки». «Региональная геология», вып. 5, Л., 1965.
18. Г. С. Момджи. Химический состав пород как источник информации о процессах образования интрузивных массивов. Сов. геол., № 10, Изд-во «Недра», М., 1965.
19. Хр. Офтедаль. Об игнимбригах и связанных с ними породах. Сб. «Проблемы палеовулканизма». Изд-во ИЛ, М., 1963.
20. А. Л. Павлов. Некоторые особенности формирования брекчиевидных пород Тейского рудного поля. «Геология и геофизика», № 6, 1964.
21. В. П. Петров. Петрографический облик игнимбригов и туфовых лав и их место среди горных пород, промежуточных между лавами и туфами. Сб. «Туфолавы и игнимбригы». Тр. лаб. вулкан., вып. 20, АН СССР, 1961.
22. Б. И. Пийп. Криволинейные игнимбригы на Камчатке. Сб. «Туфолавы и игнимбригы». Тр. лаб. вулкан., вып. 20, Изд-во АН СССР, 1961.
23. А. Ритман. Вулканы и их деятельность. Перев. с немецк. Изд-во «Мир», М., 1934.

24. Ю. В. Покровский. Об взрывных кремнистых брекчиях среди палеозойских отложений Южного Урала. Сб. «Литология и полезные ископаемые», № 2, Изд-во «Наука», 1965.
25. М. А. Усов. Основные типы структур земной коры и формы проявления вулканизма. Основные идеи М. А. Усова в геологии. Изд-во АН Каз. ССР, Алма-Ата, 1960.
26. Е. К. Устиев. Вулкано-плутонические формации и их положение в структурах земли. Тр. Третьего Всесоюз. петрогр. совещ. Тезисы докл. по проблеме: «Магматические формации и связь с ними полезных ископаемых». Изд-во СО АН СССР, 1963.
27. К. Г. Ширинян. Игнимбриты и туфолавы (Принципы классификации и условия формирования на примере Армении). Сб. Туфолавы и игнимбриты. Тр. лаб. Вулкан. АН СССР, вып. 20. Изд-во АН СССР, 1961.
28. G. B. Asquith. Origin of the Precambrian Wisconsin Rhyolites. The Journal of Geology, v. 72, November, 1964, number 6.
29. O. Gates. Breccia pipes in the Shoshone Range, Nevada. Econ. Geol., v. 54, № 5, 1959.
-