

В. П. ПЕТРОВ

**ИГНИМБРИТЫ И ТУФОВЫЕ ЛАВЫ;
ЕЩЕ О ПРИРОДЕ АРТИК-ТУФА**

Внимание петрографов и вулканологов в течение последних лет неизменно привлекают своеобразные, местами сильно пористые, горные породы, носящие все признаки пород, промежуточных между лавами и туфами. Подобно лавам, они залегают потоками, но, в отличие от лав, иногда содержат довольно значительное количество обломочного материала, заключенного в равномерной и совершенно однородной лавовой массе, обладающей типичным для обычных лав эффузивным обликом. Особенно много работ посвящено образованиям подобного рода, развитым в окрестностях Неаполя (пиперно, описанное Кальковским), а в пределах Советского Союза наиболее изучены они в районе Алагеза в Закавказье, где такие образования относятся к одному из последних, по времени, извержений этого вулкана.

Особенное внимание привлекали в районе Алагеза породы окрестности г. Артик, под названием «артик-туфы», подробно описанные А. А. Иванчин-Писаревым (1930), П. И. Лебедевым (1931), Б. В. Залесским и В. П. Петровым (1931) и Д. Г. Числиевым (1932). Эти породы явно синхронны настоящим туфовым образованиям, развитым на западном, южном и восточном склонах Алагеза, в окрестностях Ленинакана, Октамберяна, Еревана и других местах. Химические составы этих образований также близки. Между ними имеются, однако, и некоторые различия.

Для пород, развитых в окрестностях Еревана, Ленипакана и др. туфовая природа совершенно несомненна, так как в них под микроскопом различаются отдельные пепловые частицы, а в некоторых местах встречаются и органические остатки (Адамян и Саакян, 1955, стр. 4—45; Адамян, 1950, 1951).

Типичные артик-туфы характеризуются следующими особенностями. Во-первых, микроскопическое исследование не обнаруживает в них отдельных туфовых частиц — это однородные пемзоподобные породы, не имеющие никаких следов воздушной транспортировки, хотя в массе их встречаются иногда явно пирокластические обломки — лапилли и небольшие бомбочки, резко отграниченные от остальной массы арктического туфа. Во-вторых, арктические туфы в отличие от ереванских и ленинаканских, переходят в лавоподобные образования, причем непосредственно у г. Артик эти образования имеют весьма небольшую мощность (около 1 м), тогда как мощность артик-туфа составляет несколько десятков метров. При постепенном прослеживании арктического слоя вверх — в сторону вершины Алагеза, в прекрасно выраженных обнажениях имеющегося здесь оврага, видно, что мощность плотных лавоподобных образований, лежащих в основании артик-туфа, увеличивается, причем они

постепенно переходят в типичные щелочно-дацитовые лавы. Наконец у сел. Кипчаг обрыв оврага, имеющий около сотни метров высоты, пацело сложен полосчатыми (из черных плотных и розовых пористых слоев) щелочными дацитами, и только в верхней части потока находится небольшой слой артик-туфа, несколько более плотного, чем у г. Артик.

Около ста лет назад, при изучении вулканизма Армении, Г. Абих уже обратил внимание на своеобразие артикских пород и, желая подчеркнуть их промежуточную природу, предложил для них термин «туфовые лавы», подчеркивая этим в основном лавовую их природу и предполагая, что туфовый материал попал в эту лаву только в небольших количествах. Позднее, в 1928 г. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг уточнил эти представления, подчеркнув, что «это лавы, а не туфовые образования... Истинно лавовый характер этих образований был заслонен и замаскирован тем обстоятельством, что вместе с этими образованиями или неподалеку от них залегают и настоящие туфовые образования...» (Левинсон-Лессинг, 1949, стр. 225). «И в районе Алагеза и в Неаполе настоящие такситовые лавы (пиперно или туфовая лава), — писал Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, — сопровождаются, однако, настоящими туфами, с которыми они связаны тесно и стратиграфически, и по своему облику» (там же, стр. 226).

Развивая представления Г. Абиха и Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, Б. В. Залесский и В. П. Петров (1931, стр. 83—84) высказали предположение, что артик-туф образовался за счет верхних вспучивающихся частей лавового потока щелочного дацита, причем внизу потока сохранилась не-вспучившаяся материнская лава. Кроме того, учитывая неравномерное распределение артик-туфа на поверхности потока, они предположили, «что туфовая лава, образовавшись в результате действия газов, не оставалась на месте своего образования», а концентрировалась в передних частях лавового потока. В последние годы эту картину несколько дополнил Д. С. Беляцкий (1952), сравнивший кипчагскую полосчатую лаву с брекчиевидными и полосчатыми лавами Эльбруса и указавший на возможность захватов пористыми участками воздуха, окислявшего железо.

Принципиально иное толкование происхождения армянских пород дал А. Н. Заварицкий, который видел в них продукт «сваривания» еще горячих пепловых частиц. «Интенсивное „сваривание“ частиц раскаленного пепла, — пишет он, — может приводить и приводит к совершенной или почти совершенной утрате следов первоначальной пирокластической структуры...» (Заварицкий, 1947, стр. 12).

Вторичные лавы — «игнимбриты» Заварицкий (1947, стр. 7) в согласии с Маршаллом представляет «как отложения из огромных туч сильно раскаленных мелких обломков вулканической магмы или раскаленного стекла, температура которых была так высока, что они были вязкими и, достигая почвы, слезивались и сливались вместе. Таким образом это был своего рода ливень или, если так можно выразиться, буран расплавленного стеклянного песка, несущегося со сверхураганной скоростью». Этот ливень или буран Заварицкий сравнивает с раскаленными тучами пелейского извержения, уничтожившими в 1902 г. г. С.-Пьер на о-ве Мартиника.

В дальнейшем различные авторы, обсуждая тот или иной способ образования пород, имеющих характер промежуточный между лавами и туфами, принимали их генезис или в согласии с представлениями А. Н. Заварицкого, как Месропян (1951), Фаворская (1949), Соловьев (1931) и др., или иначе, как, например, Влодавец (1953), причем молчаливо принималось, что один какой-либо способ образования исключает другой. Нам представляется, что в разных случаях происхождение этих образований может быть, даже при их большой петрографической близости, весьма различным. Следует указать, что некоторые авторы, например,

К. А. Мкртчян (1954), не всегда четко представляют различия в представлениях о туфовых лавах и игнимбритах, поэтому мы первоначально несколько остановимся на этих последних.

ПРИЗНАКИ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ТУФОВЫХ ЛАВ

Г. Абих и Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в своих представлениях о туфовых лавах исходили из предположения, что относящиеся к ним образования являются настоящими лавами, т. е. изливаются из некоторого вулканического аппарата и растекаются по рельефу местности, как всякая другая лава. «Но если это лавы, то все-таки лавы, застывшие при каких-то особых условиях, вероятно богатые водяными парами, быть может и другими летучими составными частями» (Левинсон-Лессинг, 1928, стр. 226). Естественно поэтому, что извержение такой богатой летучими составляющими лавы должно было бы сопровождаться и обильными выбросами туфового материала. Отсюда понятна тесная стратиграфическая связь туфовых лав с настоящими туфами и их химико-минералогическая близость.

Как известно, в гранитном расплаве может раствориться до 10% воды (Горансон), но для образования туфовых лав такого количества воды в лаве, по-видимому, не нужно. Пористую массу лавовое вещество дает при весьма небольших количествах воды.

Известны опыты М. П. Воларовича и А. А. Леоновой (1937), показавшие, что при достаточно быстром нагреве вспучивание и пемзообразование происходит в стеклах, содержащих весьма незначительное количество воды. Камчатский обсидиан № 8, содержащий 0,56% воды, вздувался в пемзу при температуре 870—930° (вязкость 10^9 — 10^8 пуазов). Обсидиан Армении (из местности Сухой Фонтан) примерно при том же водосодержании вздувался в пемзу при температурах 1100—1200°. Интересно отметить, что вздувание обсидиана в пемзу при нагревании регулируется внешним давлением. Опыты М. П. Воларовича и В. П. Чепурина (1944) показали, что камчатский обсидиан вздувается только при низких давлениях; при внешнем давлении выше 15 атм. этот обсидиан не дает пемзы, а расплавляется в однородное стекло, сохраняя способность вздуваться в пемзу при новом расплавлении, на этот раз, конечно, уже при низких давлениях. Температура вздувания в пемзу при повышенном давлении (но ниже 15 атм.) несколько увеличивается. Оригинальные данные М. П. Воларовича и В. П. Чепурина приведены в таблице 1 (см. стр. 20).

Изменение температуры пемзообразования при повышении давления и отсутствие пемзообразования при высоких давлениях, установленное указанными авторами, имеет большое петрогенетическое значение, а именно: лава, изливающаяся из кратера вулкана, имеет относительно большой вес и при мощностях лавового потока в несколько десятков метров в низах потока должно возникнуть весьма большое гидростатическое давление. При повышении давления на 2,5 атм. на каждый метр мощности лавы уже на глубине 6 м в лавовом потоке будет достигнуто давление, равное 15 атм., препятствующее камчатскому стеклу, содержащему 0,5% воды, вздуваться в пемзу. На меньших глубинах, на поверхности потока, очевидно должны возникнуть пемзовые разности.

Интересны в этом отношении наблюдения, проведенные нами летом 1955 г. на сухофонтанском обсидиановом потоке. Как известно, обсидиан образует здесь мощный поток, опускающийся к р. Раздан (Занга) у сел. Нурпус. Между селением Сухой Фонтан и Новониколаевка (в 65 км от г. Еревана) шоссе Ереван — Тбилиси идет вкост простираения потока, при этом в прекрасно выраженных облажениях выемки дороги можно наблюдать строение верхней части этого потока. Напоминаем также, что в районе Новониколаевки известен ряд месторождений так называемой

Т а б л и ц а 1

Немзообразование при разных температурах и давлениях

Давление в атм.	Температура в °С	Результат вспучивания
1,0	870—900	Начало немзообразования
1,0	930	Пемза
2,5	900	Чистое стекло
5,0	930	То же
5,0	980	Пемза
10,0	980	То же
12,0	980	Начало немзообразования
12,0	1100	Пемза
15,0	980	Чистое стекло
15,0	1100	То же

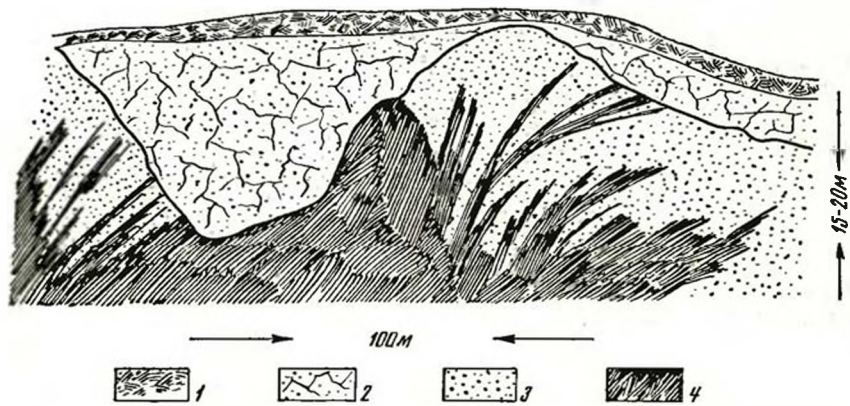
литойдной пемзы, залегающей на поверхности этого обсидианового потока. Литойдная пемза широко зарекомендовала себя как строительный материал. Она представляет собой пористое немзообразное стекло, но, в отличие от настоящих пемз Алагеза, несколько более плотное. Ее объемный вес в среднем 1,2, прочность — сопротивление на раздавливание — около 250 кг/см² при явной флюидальности (Ацагорцян, 1953). Генезис литойдной пемзы до сих пор в литературе не обсуждался, хотя вопрос этот для петрографии безусловно представляет первостепенный интерес.

В упомянутом выше обнажении на Ереванском шоссе видно, что обломочная литойдная пемза выполняет депрессии в лавовом обсидиановом потоке, но кроме того, здесь же встречается и коренная литойдная пемза, образующая верхний горизонт этого потока.

Обсидиан в толще лавового потока обладает весьма совершенной флюидальностью: флюидальные потоки красного обсидиана чередуются с потоками черного, причем совершенно отчетливо видно, что в последние стадии движения потока в толще лавы имели место дифференциальные подвижки флюидальных потоков обсидиана разной вязкости (один флюидальный поток проскальзывал по поверхности другого) и хрупкий поперечный излом некоторых из них.

Контакт между обсидианом и коренной литойдной пемзой, хорошо видный в обнажениях дороги, является ровным. К описанной выше картине вязкого движения красных и черных флюидальных потоков обсидиана прибавляются еще флюидальные потоки литойдной пемзы, перемежающейся с обсидианом. При этом первоначально вспучиваются в пемзу, раздвигая соседние обсидиановые флюидальные потоки, только некоторые полосы обсидиана. Здесь получается взаимное обтекание пемзовых и обсидиановых полос. Затем, ближе к верхней границе лавового потока, мощности обсидиановых полос резко уменьшаются, они вдаются в пемзу в форме „конского хвоста“ и целиком замещаются последней. Схематическая зарисовка такого перехода обсидиана в пемзу дана на фиг. 1, а фотография его — на фиг. 2.

Сухофонтанский обсидиановый поток, несомненно, представляет собой нормальный лавовый поток, излившийся из кратера, причем лава здесь содержала в растворенном состоянии некоторое количество воды. Вероятно, в ней имелось столько же воды, сколько ее находится сейчас в обсидиане нижних горизонтов — около 0,5%, но, как явствует из



Фиг. 1. Переход обсидиана в литовидную пемзу. Схема обнажения на шоссе Ереван — Тбилиси у с. Сухой Фонтан.
 1 — почвенный слой; 2 — обломочная литовидная пемза; 3 — коренная литовидная пемза; 4 — обсидиан.



Фиг. 2. Литовидная пемза в верхних частях сухофонтанского обсидианового потока. Белое — литовидная пемза.

опытов М. П. Воларовича и А. А. Леонтьевой, а также более поздних исследований А. Н. Мерзлякова в инст. «Теплопроект», и этого количества оказывается вполне достаточно для того, чтобы на поверхности потока, где находился обсидиан, только под давлением атмосферы мог вспучиться и образоваться пемзовый поверхностный слой. Следует отметить, что способностью вспучиваться при быстром нагреве, давая искусственную пемзу с объемным весом до 0,3, обладает преимущественно обсидиан из нижних горизонтов обсидианового потока.

Происхождение слоя литоидной пемзы на поверхности сухофонтанского обсидианового потока, таким образом, полностью совпадает с механизмом предположительного генезиса туфовой лавы по Абику и нашему толкованию. Различия между сухофонтанской литоидной пемзой и арктической туфовой лавой — арктик-туфом, если мы правы в истолковании его генезиса, будут заключаться тогда только в содержании воды в первоначальной лаве и в интенсивности процесса вздувания в пемзу верхней части лавового потока.

ПРИЗНАКИ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ИГНИМБРИТОВ

П. Маршалл (1935) приводит шесть признаков, отличающих игнимбриты от лав: 1) верхняя поверхность их горизонтальна; 2) нет центров извержения, из которых вытекает материал; 3) на верхней поверхности игнимбритов отсутствуют шлаки и шлаковые корки; 4) в основании игнимбритов лежит тонкий слой рыхлого вулканического песка или пепла, имеющего тот же состав, что и основная масса породы; 5) хорошо выражена столбчатая отдельность; 6) пепловая структура частично сохраняется, частично совершенно замаскирована процессами спекания и последующей раскристаллизации.

А. Н. Заварицкий (1947) к игнимбритам относит всю совокупность туфовых образований окрестностей Алагеза, не делая различий между арктик-туфами и приереванскими туфами. В тексте своей работы А. Н. Заварицкий главное внимание уделяет собственно туфам ереванского типа и показывает идентичность игнимбритов и пород Алагеза. Действительно, в ереванских, ленинканских и других близких к ним туфовых породах имеют место все типичные признаки игнимбритов, вернее — «спекшихся туфов». Морфология поверхности туфового слоя весьма характерна. Алагезский туф лежит более или менее равномерным слоем на поверхности всех других пород района, причем если поверхность этих последних неровная, то и туф залегает на разных уровнях. Прекрасный пример этого мы имеем в районе г. Еревана. Туф покрывает здесь высокое Аванское плато, расположенное к северу от Еревана, а также слагает подпочву самого города. Превышение уровней соседних выходов туфа на плато и под Ереваном составляет много более сотни метров.

Несмотря на широкое развитие туфов в районе Алагеза, мы не можем определить центр их извержения.

На верхней поверхности ереванских туфов полностью отсутствуют какие бы то ни было шлаковые образования. Туфы обладают прекрасно выраженной столбчатой отдельностью, и в основании их залегает небольшой слой рыхлого пемзового материала, постепенно переходящего в плотный спекшийся ереванский (или ленинканский) туф. В Аванском карьере мощность подстилающего слоя рыхлой пемзы весьма велика, что, возможно, связано с явным заполнением пемзой озерного водоема. О низкой температуре туфовых частиц нижней слоя приереванских туфов в момент их вышадения говорит слабая обожженность включенных в них костей (Адамян и Саакян, 1955). Ереванские спекшиеся туфы частично сохранили пепловую структуру.

В итоге туфовая природа этих спекшихся туфов не вызывает сомнения; подобные же туфы развиты и к западу от г. Артика. В противоположность этому арктик-туф развит к востоку от города, где им слагается наклонная равнина, поднимающаяся в сторону вершины Алагеза. Эта равнина обрывается к г. Артику везде довольно четким уступом. Таким образом, нигде не наблюдается непосредственных переходов между обоими типами туфов; не упоминает о таких переходах и А. Н. Заварицкий. Для завершения параллелизации между туфами ереванского типа и арктик-туфом, а также подстилающими и явно генетически с ними связанными лавами Кипчага остается, таким образом, только петрографическая аналогия. Однако несмотря на это у нас пока нет никаких геологических оснований отрицать концепцию А. Н. Заварицкого об образовании всех алагезских туфов, в том числе и арктик-туфа и кипчагских лав в результате «сваривания» пирокластического материала, хотя арктик-туф и кипчагская лава не полностью отвечают всем признакам игнимбритов Маршалла; в частности, в основании арктик-туфов и щелочных дацитов нет рыхлого туфа и пемзы, а также отсутствует горизонтальность верхней поверхности потока (поток круто падает в сторону г. Артика).

Для подтверждения широкого развития в природе спекшихся туфов можно упомянуть еще об апшеронских туфах Нальчикского района, описанных в свое время еще В. В. Дубяньским (1912) и В. П. Ренгартемом (1912). Туфы здесь залегают на большой площади, обнажая преимущественно на водораздельных плато. Речные ущелья, прорезая толщу туфов, углубляются в коренные породы. Спекшиеся туфы в рельефе местности представлены очень эффектными скалами, обладающими четко выраженной крупностолбчатой отдельностью.

Особенно эффектен и легко доступен выход спекшихся туфов у сел. Заюково, обнажающихся вдоль р. Баксан (на горе Хара-Хора) на протяжении нескольких километров (Еремеев и Петров, 1946; Еремеев, 1948).

Состав туфов типично дацитовый (табл. 2) и весьма напоминает состав пород пятигорских лакколлитов и делленитов Приэльбрусья.

Таблица 2
Состав липарито-дацитовых пород
центральной части Сев. Кавказа

Окислы	Туф окрестн. сел. Заюкова	Липарито-дациты Бештау по Герасимову	Деллениты по Соловьеву
SiO ₂	69,84	71,35	72,12
TiO ₂	—	0,21	0,28
Al ₂ O ₃	12,71	14,93	14,46
Fe ₂ O ₃	1,61	0,83	1,41
FeO	—	0,47	0,97
MnO	—	—	0,03
MgO	0,37	0,38	0,75
CaO	1,94	1,02	1,82
Na ₂ O	9,39	2,02	2,95
K ₂ O		8,38	3,09
П. п. п.	2,34	0,46	1,52

В минералогическом составе туфов весьма характерны профировые вкрапленники кварца (размер их 1—3 мм, содержание 3—5%) и крупные кусочки пемзы. Химическая близость этих пород позволяет предположить и их генетическую близость.

Крайне интересен тот факт, что в южных частях туфолаковой толщи туфы значительно плотнее туфов, развитых к северу, причем изменение плотности заметно даже на очень небольших расстояниях. Так, в Каменском месторождении, вблизи самого сел. Каменка, залегает туф значительно более рыхлый, чем в соседнем овраге, в 500 м южнее. Увеличение плотности спекшихся туфов заметно также на горе Хара-Хора, у сел. Заюкова; по мере движения к северу плотность уменьшается и примерно в 0,5 км севернее сел. Заюкова туф делается рыхлым. Под воздействием последующего размыва эта рыхлая толща резко уменьшается в мощности. Если в районе Хара-Хора мощность спекшегося туфа превышала местами 50—100 м, то рыхлые туфы, продолжающие этот же слой к северу, едва достигают мощности 1—2 м, однако принадлежность обеих частей туфовой толщи — спекшейся и рыхлой к одному и тому же горизонту не вызывает здесь сомнения.

ВОЗМОЖНО ЛИ ВЫЯСНЕНИЕ ПРИРОДЫ АРТИК-ТУФА?

Сказанное выше позволяет сделать следующие выводы.

1. Есть основание предположить образование туфовых лав за счет богатых водой лавовых расплавов, в полном согласии с представлениями Г. В. Абиха и Ф. Ю. Левинсон-Лессинга. Туфовые лавы не есть результат «какого-то непонятного процесса „перерождения“ лавы» (Заварицкий, 1947, стр. 12), а вполне реальный результат процесса вспучивания верхних горизонтов водосодержащей лавы; процесс этот, легко воспроизводимый в условиях эксперимента, служит основой широко развитого в настоящее время промышленного производства «вспученного перлита» (Петров, 1955).

2. Литоидная пемза, развитая в верхних частях сухофонтанского обсидианового потока, также обязана своим образованием процессу вспучивания поверхностных частей обсидианового потока и может рассматриваться как пример тишичной туфовой лавы, но образованной вблизи поверхности стекла лавы, относительно бедной водой.

3. Ереванские и близкие к ним туфы Алагеза, равно как и туфы Нальчикского района (Заюково, Каменка), представляют собой типичный пример спекшихся туфов (игнимбригов Маршалла). Степень «спекания» этих туфов изменяется в очень широких пределах.

4. Нет оснований отрицать предпологаемую А. Н. Заварицким возможность «интенсивного сваривания» туфов — до состояния лавоподобных образований.

Приведенная выше сводка показывает, что сейчас нет возможности уверенно ответить на вопрос о генетической природе артик-туфов и кипчагских лав. Теоретически возможно предположить для них и туфолавовое, и игнимбритовое происхождение. Дальнейшее петрографическое исследование самого вещества этих пород вряд ли может помочь разрешению этого вопроса. Значительно более перспективны региональные исследования всего комплекса алагезских туфов. При этом имеются следующие возможности.

а. Артик-туф и кипчагская лава представляют собой туфовую лаву; ленинканский, ереванский и другие туфы являются спекшимися туфами (игнимбритами), образованными в результате того же извержения, но иным путем. Тогда артик-туф и кипчагская лава явятся образованием местным; их поток может быть картографически оконтурен и при благоприятных условиях прослежен до центра излияния (побочного кратера).

б. Артик-туф представляет собой промежуточную стадию глубокого спекания игнимбритовых туфов, а кипчагская лава — предельное сва-

ривание, «вторичную лаву». Тогда образования, подобные арктик-туфу и кипчагской лаве, мы должны находить везде на западных, южных и восточных склонах Алагеза; повсеместно должны наблюдаться постепенные переходы от типичных спекшихся туфов к образованиям типа арктик-туфа, а от этого последнего — к щелочным дацитам типа кипчагских лав.

Характерно, что, несмотря на значительную изученность Алагеза, до сих пор нигде, кроме Артика и Кипчагского оврага, арктик-туф не был встречен; не отмечено и переходов его в лавы типа кипчагских щелочных дацитов. Однако без дальнейших полевых исследований не удастся полностью отрицать возможность образования лавоподобных игнимбритов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- А б и х Г. В. Геология Армянского нагорья. Перев. Б. З. Коленко. «Зап. Кавк. отд. русск. геогр. об-ва», 1899.
- А д а м я н Н. А. К вопросу о стратиграфическом расчленении четвертичной туфо-туфолавоваы толщи южных склонов массива г. Арагац. «Изв. АН Арм. ССР», т. III, № 2, 1950.
- А д а м я н Н. А. Туфы и туфолавы южных склонов массива г. Арагац. «Изв. АН Арм. ССР», т. 4, № 3, 1951.
- А д а м я н Н. А. и С а а к я н Н. А. К вопросу происхождения четвертичных туфов. «Тр. Ерев. политехн. ин-та», № 14, вып. 2, 1955.
- А ц а г о р ц я н З. А. Корреляционная связь прочности материала. «Докл. АН Арм. ССР», т. 16, № 5, 1953.
- Б е л я н к и н Д. С. К вопросу о туфовых лавах Армении. «Изв. АН СССР», серия геол., № 3, 1952.
- В л о д а в е ц В. И. О некоторых семячинских туфолавах и их происхождении. «Изв. АН СССР», серия геолог., № 3, 1953.
- В о л а р о в и ч М. П. и Л е о н т ь е в а А. А. Исследования вязкости обсидианов в связи с вопросом генезиса пемзы. «Докл. АН СССР», т. 17, № 8, 1937.
- В о л а р о в и ч М. П. и Ч е п у р и н В. П. Опыты по нагреванию обсидианов под давлением в связи с вопросом генезиса пемзы. «Зап. Всес. минер. об-ва», ч. 73, № 1, 1944.
- Г е р а с и м о в А. П. Геологическое строение минераловодского района. «Тр. Центр. научно-иссл. геол.-разв. ин-та» (ЦНИГРИ), вып. 93, М.—Л., 1937.
- Д у б о в с к и й В. В. Заметка о новой вулканической области в долине Бажана. «Изв. Варшавск. политехн. ин-та», т. 3, 1912.
- Е р е м е е в В. П. Туфы Нальчикского района. Кабардинский науч.-иссл. ин-т «Ученые записки», т. III, Нальчик, 1948.
- Е р е м е е в В. П. и П е т р о в В. П. Неерудные ископаемые Кабардинской АССР. Сб. «Природные ресурсы Каб. АССР», М., Изд-во АН СССР, 1946.
- З а в а р и ц к и й А. Н. Игнимбриты Армении. «Изв. АН СССР», серия геол., № 3, 1947.
- З а л е с с к и й Б. В. и П е т р о в В. П. Арктическое месторождение туфовых лав. «Тр. Петрограф. ин-та АН СССР», № 1, 1931.
- И в а н ч и н - П и с а р е в А. А. Месторождение арктической туфовой лавы. «Тр. Ин-та прикл. минер.», 1930.
- Л е б е д е в П. И. Зона строительных туфовых лав Алагеза (Арагаца). «Тр. Петрограф. ин-та АН СССР», вып. 1, 1931.
- Л е в и н с о н - Л е с с и н г Ф. Ю. Армянское вулканическое нагорье. Избр. труды, т. 1, 1949.
- М е с р о п я н А. И. О генезисе четвертичных туфов Армении. «Изв. АН Арм. ССР», т. 4, № 4, 1951.
- М к р т ч а н К. А. Некоторые замечания о генезисе туфов арктического типа Армянской ССР. «Изв. АН СССР», серия геол., № 5, 1954.
- П е т р о в В. П. Новые виды неметаллических полезных ископаемых. «Разв. и охр. недр.», № 3, 1955.
- Р е н г а р т е н В. П. Вулканический пепел в окрестностях слободы Нальчик в связи с геологическим очерком прилегающей местности. «Изв. Геол. ком.», т. 31, 1912.
- Р е н г а р т е н В. П. Вулканические туфы в окрестностях Нальчика на Северном Кавказе. «Изв. Гл. геол.-разв. упр.», т. 49, № 2, 1930.
- С о л о в ь е в С. П. Деллениты в районе р. Кытыка. «Зап. Росс. мин. об-ва», ч. 60, № 2, 1931.
- Ч в с л и е в Д. Г. Арктические строительные туфовые лавы. «Тр. Ин-та прикл. минер.», 1932.
- Ф а в о р с к а я М. А. Третичные туфолавы Южного Приморья. «Изв. АН СССР», серия геол., № 5, 1949.