

М. А. ФАВОРСКАЯ

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ
НЕКОТОРЫХ ТУФОЛАВ

По вопросу о генезисе туфолав существует обширная литература. Внимание исследователей неоднократно привлекала двойственная природа этих образований, имеющих стекловатый лавовый базис и переполненных обломками пород и минералов. Делались также попытки объяснить постоянное наличие в их составе тонких линзовидных включений постороннего материала, расположенных по взаимно параллельным направлениям. Подобные включения в составе итальянских пиперно получили название «фиамме». За последние двадцать лет туфовые лавы изучались в различных пунктах земного шара и в том числе в Армении, Южном Приморье, на Камчатке, в Новой Зеландии, Иеллоустонском парке и др.

Первоначально господствовал взгляд на эти эффузивы как на лавы, застывшие в особых условиях. Подобным образом объясняли происхождение армянских туфолав Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1928) и П. И. Лебедев (1928).

Маршалл (Marchall, 1935), изучавший риолитовое плато Новой Зеландии, предложил все подобные образования выделить в особый тип и обозначить его термином «игнимбриты» (игнис — огонь, имбер — ливень), полагая, что эти породы образовались из отложений раскаленных туч при извержениях, подобных извержению вулкана Катмаи в 1912 г.

В конце сороковых годов взгляды Маршалла были развиты в применении к туфолавам Армении А. Н. Заварицким (1945, 1946, 1947, 1948). Оспаривая высказанные прежними исследователями этого объекта взгляды, Заварицкий указал, что представление о туфовом происхождении игнимбритов устраняет в ряде случаев противоречия между вязкостью кислой магмы и распространением туфолав в виде тонких пластов на большие расстояния. Для армянских туфолав Заварицкий была установлена целая группа специфических особенностей, выделенных Маршаллом как характерные признаки игнимбритов, и в том числе отсутствие вулканических конусов, постепенные переходы между стекловатой и обломочной основной массой, отсутствие шлаков на поверхности игнимбритов и т. п.

Некоторые из указанных особенностей были подмечены мною при изучении туфолав Южного Сихотэ-Алиня, что позволило высказать предположение об их происхождении в результате извержений катмайского типа (Фаворская, 1949). Подобной же точки зрения на генезис туфолав Южного Приморья придерживается С. П. Соловьев (1950).

Д. С. Белянкин в 1952 г. дал краткий критический обзор существующих воззрений по вопросу о происхождении туфолав и, основываясь на своих более ранних исследованиях (Белянкин, 1938), высказал ряд ин-

тересных мыслей в отношении образования полосатых и брекчиевидных структур в подобных эффузивах. В заключение своей заметки Белянкин указал на большой петрографический интерес, который представляют эти образования, и желательность дальнейших исследований в этой области.

В 1953 г. к вопросу о природе туфолав вернулся В. И. Влодавец. Основываясь на материале камчатских исследований, он подверг критике взгляды Маршалла. Влодавец указал, что ряд особенностей, выделенных Маршаллом в качестве характерных только для игнимбритов, с таким же успехом может быть свойственен и чисто лавовым образованиям. Так, в частности, некоторые типичные, преимущественно основные лавы, так же как игнимбриты, не имеют шлаковой корки; трещинные каналы очень часто являются источником лавовых излияний; сферолитовая раскристаллизация при известных условиях может происходить в любом вулканическом стекле и т. п. Говоря в своей статье о «некоторых семячинских переходных от туфолав к туфам породах с явно спекшейся обломочной структурой», Влодавец, вместе с тем, ставит под сомнение возможность подобного спекания и даже спайвания в столь крупных масштабах, как это допустил в свое время Феннер (Fenner, 1920, 1937) для извержения Катмай. Ориентированное расположение линз, волокон и прочих включений в семячинских туфолавах Влодавец рассматривает как результат смещения двух вязких и близких по составу лав под влиянием подземного взрыва.

Признавая весьма основательными большинство критических замечаний Влодавца в адрес Феннера и Маршалла, нельзя не отметить, что предложенный им новый способ образования туфолав требует тщательной экспериментальной проверки.

Некоторые недавно полученные нами дополнительные данные по туфолавам Ольгинского района в Южном Приморье вынуждают нас еще раз, по прошествии пяти лет, вернуться к этому вопросу. Напомним кратко некоторые характерные особенности геологической обстановки в период образования туфолав.

На границе палеоцена и эоцена в ряде участков рассматриваемого района происходили вертикальные движения крупных глыб с образованием прогибов, в краевых зонах которых под влиянием морской абразии и в результате возникновения силлевых потоков отлагались крупноглыбовые неотсортированные конгломераты. Поднятие отдельных блоков продолжалось и в олигоцене, причем к тектонически ослабленным участкам на границе блоков приурочивались вулканические очаги эоцена и олигоцена. Эоценовые вулканические породы в пределах рассматриваемого участка представлены преимущественно дацитовыми туфолавами, окрашенными в черный, реже голубовато-серый цвет и обладающими всеми характерными признаками игнимбритов. Туфолавы в своем распространении примыкают к участкам, сложенным конгломератами. Центры извержения туфолав установить не удалось, за исключением некоторых трещин, выполненных туфовым материалом и сцементированных гидротермальными продуктами, возможно фумарольного происхождения. Эти образования были нами ранее названы псевдодайками (1949).

Приведем описание некоторых характерных обнажений, позволяющих судить о строении толщи эоценовых туфолав.

На берегу моря, против южного истока пади Калягина, обнажаются черные туфолавы, содержащие линзы зеленоватого стекла, достигающие в длину 5—7 см, обломки черных лав и белые кристаллы полевого шпата (фиг. 1). Порода эпидотизирована с поверхности и по трещинам. Элементы залегания, измеренные по закономерно ориентированным линзам: азимут простирания 55° , падение на СЗ $\angle 18^\circ$.

На расстоянии 250 м к юго-западу от выходов темных туфолав и на высоте около 20 м над пляжем обнажается брекчия, состоящая из угловатых обломков белого каолинизированного кварцевого порфира и андезита. Ниже, на уровне пляжа, продолжают обнажаться темные туфолавы. На расстоянии 50 м еще далее на юг среди последних можно видеть крупную линзу конгломерата мощностью 2—5 м, длиной около 15 м. Глыбы слегка окатаны и не отсортированы. В составе их отмечены порфириты и белые кварцевые порфиры. Размер глыб достигает 50 см. Эле-

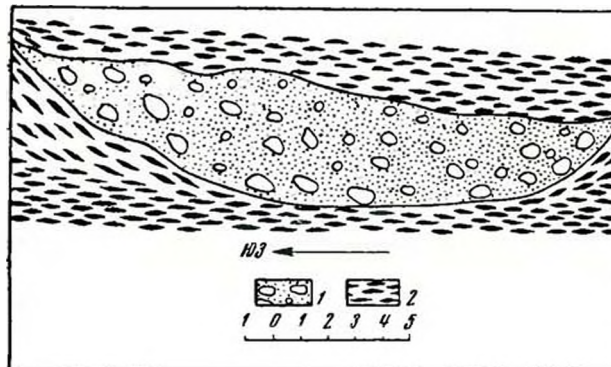


Фиг. 1. Туфолава с линзами стекла (3×4 нат. вел.).

менты залегания линзы: азимут падения $50-55^\circ$, $\angle 18-20^\circ$ (фиг. 2). На протяжении 30 м далее на юг отмечены еще три подобные линзы конгломератов среди темных туфолав, длиной от 3 до 15 м. В их составе, наряду с эффузивами, наблюдаются обломки ороговикованных песчаников. Все линзы имеют выпуклую нижнюю границу и почти горизонтальную верхнюю. Материал в них мало отсортирован, но все же крупные валуны приурочены преимущественно к нижним частям линзы. В составе темных туфолав на этом участке появляются, наряду с мелкими линзами зеленого стекла, линзы белого кварцевого порфира. Как те, так и другие достигают в длину 10 см; элементы залегания пачки, измеренные по расположению линз на этом участке: азимут падения 335° , $\angle 15^\circ$.

Темная туфолава под микроскопом представляется стеклом, содержащим многочисленные угловатые обломки, составляющие до 30% объема всей породы. Обломки пород представлены кварцевыми порфирами с крупными вкрапленниками кварца и фельзитовой основной массой, альбитофирами и стеклом, раскристаллизованным с образованием перистых и сферолитовых агрегатов альбита и калиевого полевого шпата и запыленными мелкими рудными зёрнами. В стекле-цементе присутствуют также идиоморфные зёрна и обломки олигоклаза, в редких случаях также кварца, обломки полностью хлоритизированных минералов в ассоциации с апатитом, магнетитом и лейкоксером и единичные зёрна циркона. Полевой шпат в некоторых случаях сопровождается скоплениями эпидота. Стекло-цемент дацитового состава имеет под микроскопом светлосерый или буроватый цвет и флюидальную структуру. Линзовидные

включения также сложены стеклом, раскристаллизованным и замещенным хлоритом с повышенным двупреломлением и мелкими (0,05 мм в диаметре) зернышками кварца и альбита (фиг. 3). Порода пересечена кварцевыми прожилками и местами карбонатизирована.



Фиг. 2. Линза конгломератов в туфолавах. Зарисовка вертикальной стенки.
1 — конгломерат; 2 — туфолава.



Фиг. 3. Линзовидные включения стекла в туфолаве. Увел. 20, без анализатора.

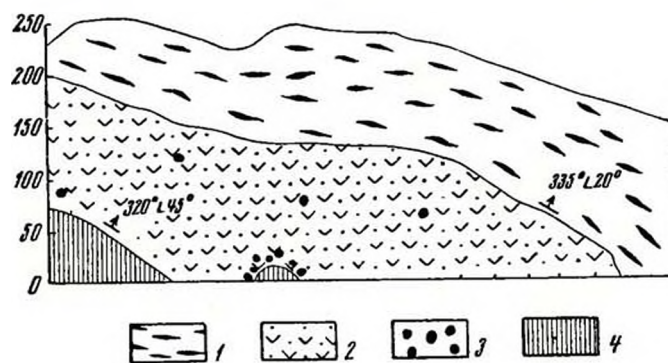
В глыбах, слагающих линзы конгломератов, туф белого кварцевого порфира сложен обломками кислого стекла, значительно серицитизированного и раскристаллизованного, с образованием микрофельзитовых и сферолитовых структур. В стекле заключены обломки и идиоморфные кристаллы альбита и обломки кварца. В породе в небольшом количестве присутствуют эпидот и рудный минерал. Порфирит из глыб в конгломерате содержит вкрапленники олигоклаз-андезина и темноцветных минералов, полностью замещенные хлоритом. Основная масса сложена микро-

литами олигоклаза и хлоритом, вероятно развившимися по стеклу. Структура ее андезитовая или гиалопилитовая.

Мощность толщи темных туфолав на этом участке достигает 150 м.

На расстоянии 500 м от начала обнажений черных туфолав они налегают по плоскости с простиранием 65° , падением на СЗ 20° на голубовато-серые зернистые туфы с обломками порфирита. На расстоянии 100 м далее к югу из-под светлых туфов выходят крупноглыбовые конгломераты с обломками порфиритов. Глыбы порфирита встречаются и в голубовато-серых туфах близ контакта их с конгломератами, а также и на значительной высоте над основанием обнажения. Мощность толщи голубовато-серых туфов составляет 150 м.

На расстоянии около 30 м к югу голубовато-серые туфы по плоскости с простиранием 50° и падением на СЗ 45° налегают на массивные п о р ф и р и т ы предположительно верхнемелового возраста (фиг. 4).



Фиг. 4. Налегание туфолавы на туфы и порфириты. Зарисовка вертикальной стенки.

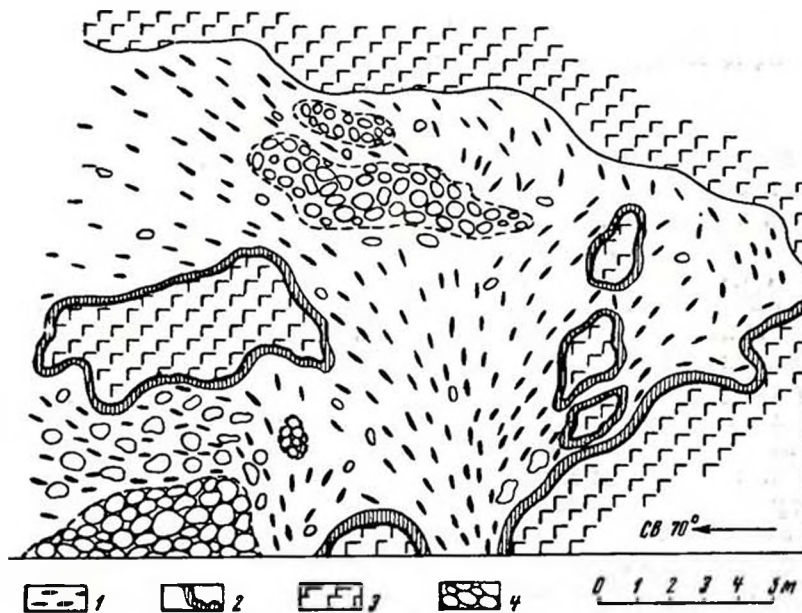
1 — черная туфолова; 2 — светло-серые туфы; 3 — конгломерат с порфиритовой галькой; 4 — порфириты.

Олигоценые лавы, туфы и туфолавы представлены более кислыми липаритовыми разностями, чем соответствующие образования эоцена. Многочисленные дайки и пекки липаритов олигоценового возраста приурочены в основном к трещинам северо-западного направления и внешне отличаются от вышеописанных эоценовых туфолав белым, кремовым или розоватым цветом.

На участке побережья от бухты Нерпа до мыса Южного широким распространением пользуются светло-коричневые и черные туфолавы, богатые обломками кварца и переслаивающиеся с зеленоватыми тонкозернистыми туфами. Туфолавы состоят из обломков, не превышающих 1 мм в диаметре, сцементированных бурым флюидалным стеклом. Обломки стекла окрашены менее интенсивно, чем стекло-цемент. В некоторых разностях контуры обломков стекла резкие, в других они дают постепенные переходы к стеклу-цементу. Стекло в обломках, реже в цементе, раскристаллизовано с образованием сферолитов альбита и калиевого полевого шпата. Обломки имеют обычно линзовидную форму и взаимно параллельны. Наряду с обломками стекла в породе содержатся обломки альбитофирров и андезитов с вкрапленниками зонального андезина, а также отдельные минералы: крупные оплавленные кристаллы и обломки кварца, идиоморфные или раздробленные кристаллы зонального плагноклаза с кислым лабрадором в центре, обломки альбита и пластинки биотита, плеохроирующего от светло-желтого до почти черного. Пластинки



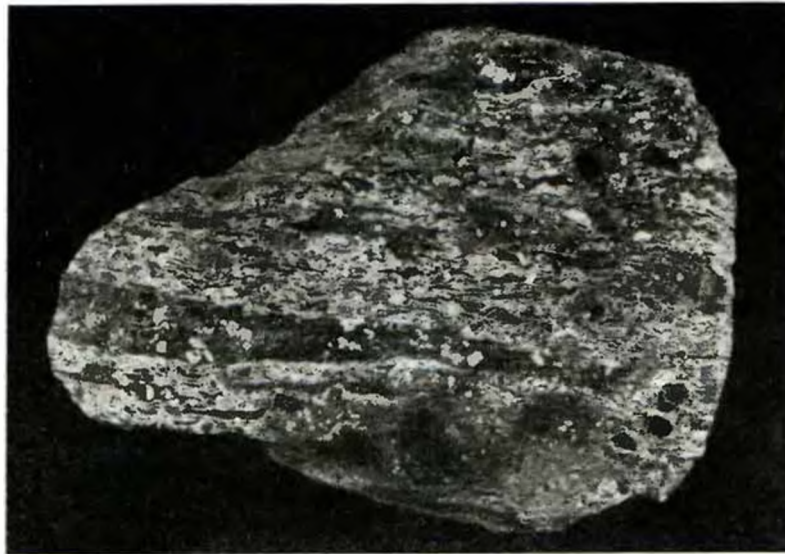
Фиг. 5. Туфолава с изогнутой пластинкой биотита. Увел. 46, без анализатора.



Фиг. 6. Липаритовый нежк в порфирите. Зарисовка вертикальной стенки.
 1 — липарит с лизовидными включениями порфирита; 2 — зоны закалки в липарите; 3 — порфирит; 4 — конгломерат.

биотита местами изогнуты, сплюснуты и как бы обняты вокруг крупных кристаллов кварца при движении вязкого стекла (фиг. 5). Отмечены акцессорные минералы: магнетит, циркон и апатит.

Липаритовые нейки являются типичными экструзивными массивами в понимании Левинсон-Лессинга (1913), т. е. моногенными чисто лавовыми образованиями, подобными интрузивным массивам, достигшим поверхности. Среди этих образований значительный интерес представляет небольшой неек липарита, расположенный у моря на расстоянии 1,5 км



Фиг. 7. Флюидальный липарит с включениями хлоритизированного порфирита (нат. вел.).

к юго-западу от истоков пади Калягина. Разрез нейки, по нашему мнению, проливает свет на механизм образования некоторых туфолов (фиг. 6). Липариты, прорывающие толщу порфиритов, характеризуются флюидальной структурой и содержат крупные линзы хлоритизированного порфирита (фиг. 7). Видимая мощность нейки около 25 м. В контакте с вмещающими породами липариты дают зону закалки шириною 15 см. В пределах нейки ясно различаются вертикальная флюидальность и вертикальное расположение линзовидных включений порфирита. По направлению к северу и югу флюидальность выглаживается и обтекает выступы в порфирите, а на юге — также скопления слабоокатанных глыб порфирита. Размер глыб достигает 1 м в диаметре. По направлению к верхней части обнажения в отдельных случаях он возрастает до 1,5 м. На высоте около 15 м над уровнем пляжа во флюидальных липаритах отмечены два прослоя хорошо окатанных конгломератов. Мощность каждого прослоя около 5 м. Гальки порфирита в этих прослоях не превышают в диаметре 20 см, обычно они мельче. Над описанным неekom нависает скала, сложенная порфиритом, по-видимому тектонически надвинутая на более молодые лавы, по плоскости с простиранием 85° и падением на СЗ $\angle 60^\circ$.

Под микроскопом липарит, слагающий неек, выглядит состоящим из полос шириною 1—2 мм, сложенных микрофельзитовым и фельзитовым веществом. Как те, так и другие участки содержат вкрапленники и обломки альбит-олигоклаза размером до 1 мм и вкрапленники полностью

хлоритизированных темноцветных минералов, ассоциирующихся с крупными зернами магнетита. Основная фельзитовая масса сложена альбитом и небольшим количеством хлорита. Кварц встречается в основной массе в виде единичных мелких зерен. Флюидальность в микрофельзитовых участках огибают вкрапленники и обломки. Характерно присутствие в породе полностью хлоритизированных и эпидотизированных линзовидных включений, содержащих вкрапленники и микролиты альбитизированного плагиоклаза. В породе имеются также угловатые обломки стекла с микрофельзитовой структурой. В зоне закалки липарит становится стекловатым.

Порфирит нижней части обнажения характеризуется обильным развитием эпидота, который образует в породе прожилки. В верхней части обнажения наряду с интенсивной эпидотизацией порфирита наблюдается его окварцевание с образованием кварцевых прожилков.

Совершенно ясно, что для объяснения происхождения линзовидных включений порфирита в этом неке не может быть привлечена ни одна из рассмотренных выше гипотез. Нельзя говорить о спекании пепловых частиц внутри вулканического очага, так же как нельзя в данном случае предполагать, что в этом очаге смешались под влиянием подземного взрыва две лавы, так как порфириты и липариты сильно разобщены по времени своего образования. Очевидно, очень вязкая магма поднималась здесь под напором из глубины, в своем течении увлекала крупные глыбы и в результате нагревания до пластического состояния придавала более мелким обломкам линзовидную обтекаемую форму. Способность кислой вязкой магмы к механическому воздействию на различные включения была отмечена выше на примере изогнутых и раздробленных фенокристов в туфолавах мыса Южного.

К югу от указанного некка, в черных дацитовых лавах, переполненных линзовидными обломками более светлого стекла, близ основания обнажения, содержатся крупные линзы, сложенные конгломератами; выше, по всей мощности обнажения, достигающей здесь 20 м, в туфолавах наблюдаются отдельные разобщенные глыбы пород, слагающих конгломерат. Эта картина чрезвычайно близка приведенному выше описанию некка пади Калягина. Естественно предположить, что и при образовании дацитовых туфолав вязкая магма под напором внедрялась в тектонически ослабленные участки, частично раздвигая и увлекая в своем движении породы с малой механической прочностью, подобные конгломератам, и деформируя мелкие, приобретавшие пластичность обломки, с образованием типичных «фиамме».

В этой связи интересно сообщение А. Н. Заварицкого (1940), что на склонах вулкана Ильинская сопка на Камчатке вплоть до вершины находят окатанные морские валуны кварцевого диорита, выбрасываемые вулканом, возникшим на месте старого берега.

Здесь уместно также будет отметить, что предположение Заварицкого (1946) о происхождении включений брекчий в туфолавах в результате скопления сметенного со склонов щебня не может объяснить линзовидную форму этих включений и их нахождение внутри монолитных лавовых потоков без заметной приуроченности их к поверхности разграничения покровов. На возможность подобного механизма образования неоднородных лав указывал в свое время Феннер (1920). По данным этого автора, чередование различных по составу темных и светлых полос в образце полосатой лавы из отложений Долины десяти тысяч дымов объясняется захватом и частичной резорбцией древней основной породы более молодой кислой магмой близ поверхности земли или на самой поверхности.

Значительная площадь распространения туфолав в Ольгинском районе позволяет предполагать, что переполненная обломками вязкая лава

в конечном счете выдавливалась на поверхность с образованием эндогенного купола, переходящего в более или менее значительный по площади покров, или, что более вероятно, несколько близко расположенных куполов и покровов.

Вулканические куполы различного типа были подробно описаны Вильямсом (Williams, 1932). Наиболее крупный из куполов (Лассен-Пик в Калифорнии) достигает 2,4 км в поперечнике и 760 м высоты. Флюидальные обсицианы одного из куполов на Липарских островах, будучи выжатыми на поверхность в виде купола, переходят на одном из склонов древнего вулканического конуса в покровы.

По данным Б. И. Пийпа (1941), на Камчатке, в районе хребта Ивулк, вулканические купола занимают значительные площади и один из них поднимается над общим уровнем хребта до высоты 500 м.

Подводя итоги всему сказанному по вопросу о генезисе туфолов, можно сделать вывод, что приведенный материал по Ольгинскому району в Южном Приморье позволяет с уверенностью говорить об их лавовой природе на данном участке. Вместе с тем мы не считаем возможным полностью отказаться от разделявшихся нами ранее взглядов А. Н. Заварицкого, вслед за Маршаллом объяснявшего происхождение подобных образований результатом спекания раскаленного пепла. Факты нахождения действительно спекшихся мелких обломков и постепенных переходов от туфа к флюидальному стеклу, наблюдаемые упомянутыми ранее авторами, говорят сами за себя. И все же, учитывая критические замечания В. И. Влодавца в адрес Маршалла, следует признать, что процессы подобного рода вряд ли имеют значительные масштабы и не могут служить универсальным примером, объясняющим происхождение всех обломочных эффузивов с лавовым цементом. Вероятнее всего, к образованию туфолов в различных случаях могут приводить разные причины. Так, в частности, один из наиболее характерных признаков подобных образований — наличие взаимопараллельных линзовидных включений («фиамме») — является, по нашему мнению, следствием расплющивания пластичных обломков в текущей вязкой массе вне зависимости от того, образовалась ли эта масса путем спекания пепла или поступила в виде лавы из глубины.

В заключение следует также отметить, что описанный в этой статье механизм формирования третичных магматических тел на территории Сихотэ-Алиня несомненно связан с большой механической активностью магмы, взламывавшей, раздвигавшей и приподнимавшей породы кровли с образованием интрузивных пластовых залежей, эндогенных куполов и субвулканических тел, переполненных обломками вмещающих пород. Причина подобной механической активности заключается, по-видимому, в выжимании магмы под давлением на участках погружения крупных блоков.

ЛИТЕРАТУРА

- Белянкин Д. С. К характеристике брекчневидных и полосатых лав вулкана Эльбрус. «Докл. АН СССР», т. XXI, № 5, 1938.
- Белянкин Д. С. К вопросу о туфовых лавах Армении. «Изв. АН СССР», серия геол., № 3, 1952.
- Влодавец В. И. О некоторых семячских туфоловах и их происхождении. «Изв. АН СССР», серия геол., № 3, 1953.
- Заварицкий А. Н. О вулканах Камчатки. «Камчатский сборник», т. I, 1940.
- Заварицкий А. Н. Некоторые черты новейшего вулканизма Армении. «Изв. АН СССР», серия геол., № 1, 1945.
- Заварицкий А. Н. О некоторых данных вулканологии в связи с изучением четвертичных туфов и туфолов Армении. «Изв. АН Армянской ССР», № 10, 1946.
- Заварицкий А. Н. О четвертичных вулканических туфах Армении. «Докл. АН СССР», т. III, № 8, 1946.

- Заварицкий А. Н. Игнимбриты Армении. «Изв. АН СССР» серия геол., № 2, 1947.
- Заварицкий А. Н. По поводу замечаний П. И. Лебедева о природе туфолов Армении. «Изв. АН СССР», серия геол., № 2, 1948.
- Лебедев П. И. Туфовые лавы Алагаса. «Кам. и строит. материалы», сб. 3, № 67, 1928.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Вулканы и лавы Центрального Кавказа. «Изв. СПб. политехн. ин-та», т. 20, 1913.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Армянское вулканическое нагорье. «Природа», № 5, 1928.
- Пийп Б. П. Материалы по геологии и петрографии района рек Авачи, Рассошны, Гаванки и Налачевы на Камчатке. «Тр. Камч. эксп. АН СССР», вып. 2, 1941.
- Соловьев С. П. Главные черты комплекса молодых кислых эффузивов и игнимбритов Южного Сихотэ-Алиня и его петрографические особенности. «Зап. Вост. мис. об-ва». 2-я серия, ч. 79, вып. 3, 1950.
- Фаворская М. А. Третичные туфолавы Южного Приморья. «Изв. АН СССР», серия геол., № 5, 1949.
- Fenner C. N. The Katmai region, Alaska and the great eruption of 1912. «The Journ. of Geol.», vol. 28, № 7, 1920.
- Fenner C. N. Tuffs and other volcanic deposits of Katmai and Yellowstone Park. «Trans. Am. Geophys. Union Pr., 18-th Ann. Meet.» 1937.
- Mars hall P. Acid rocks of the Taupo-Protorna district. «Trans. a. Proc. Roy. Soc. New Zeal.», vol. 64, 1935.
- Williams H. The history and character of volcanic domes. Berkele Calif. publ., 1932.