

А. Е. СВЯТЛОВСКИЙ

О ВУЛКАНО-ТЕКТОНИКЕ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ НА КАМЧАТКЕ

Вулкано-тектоническими нарушениями называются тектонические нарушения разных типов, образующиеся в связи с вулканической деятельностью и отражающие сопряженность тектонических и вулканических движений земной коры в вулканических областях.

Вероятно сходство в происхождении между крупными грабенами (впадины байкальского типа, африканские грабены, Центральная Камчатская депрессия и др.), достигающими в длину тысячи и более километров, и вулкано-тектоническими депрессиями значительно меньших размеров

Происхождение этих разнообразных по размерам и форме депрессий, образующихся вдоль сводов поднятий или на вершинах вулканов, объясняется устранением опоры вследствие излияния магмы на поверхность, земли или оттока ее. Дно депрессии в этом случае становится часто ареной вулканической деятельности разных масштабов.

При образовании кальдер взрыва объем депрессий обычно превышает объем выброшенных вулканических продуктов. Это заставляет учитывать при кальдерообразовании возможность оттока магматического материала.

При образовании впадин байкальского типа важное значение имеет сопряженность опускания дна депрессий с поднятием окаймляющей их рамы из горных сооружений.

В вулканических областях с разными типами вулканической деятельности связаны разные формы вулкано-тектоники. В районах, сложенных древними лавовыми плато, образованными площадными извержениями, вулканическая деятельность была сопряжена с образованием больших разломов, окаймляющих грабены байкало-африканского типа (в платформенных областях) и камчатско-новозеландского типа (в геосинклинальных областях). В районах вулканической деятельности переходного типа от площадных излияний к извержениям центрального типа (с кислыми лавами) в древнечетвертичное время происходило образование крупных вулкано-тектонических депрессий (Курильское озеро на Камчатке, депрессии зоны Баризанрифтана Суматре, депрессии Новой Зеландии и др.). С вулканической деятельностью центрального типа связано образование кальдер, кольцевых разломов, кольцевых даек и вулканических грабенов (вершинных и секторных), нарушающих как фундамент вулкана, так и его склоны. С небольшими или не состоявшимися, вследствие оттока магмы, извержениями связано образование скрытовулканических кальдер (Рисскессель и Штейнхейм в Германии).

При составлении тектонической схемы Ключевского дола и хребта Кумроч мы ставили себе целью выявление основных черт тектонической

структуры, связанных с размещением, формой и динамикой новейшей вулканической деятельности.

В 1940 г. А. Н. Заварицкий опубликовал карту главных вулканов и тектонических линий Камчатки, на которой были отражены его представления о расположении вулканов Камчатки в виде рядов, подчиненных двум направлениям разломов (северо-восточному и северо-западному). А. Н. Заварицкий предполагал, что вулканы расположены на трещинах земной коры, по которым происходят сбросовые дислокации. При этом наиболее активные вулканы располагаются на пересечении таких трещин (Заварицкий, 1940).

Развитие взглядов А. Н. Заварицкого принадлежит Б. И. Пийпу (1946). на основе изучения Ключевской группы вулканов пришедшему к выводу, что тектоника Ключевской группы вулканов определяется древними трещинами, по которым происходили излияния. Эти процессы образовали Ключевской дол и некоторые из его древних вулканов и линии более молодых региональных сбросовых смещений северо-восточной ориентировки, на которых возникли более молодые вулканы.

Одним из таких молодых сбросов, по предположению Б. И. Пийпа, было вызвано опускание восточного склона вулкана Камень, а на продолжении этого сброса образовались вулканы Ключевской и Безымянный; согласно Б. И. Пийпу, извержения Ключевской группы вулканов сопровождаются медленным погружением всего Ключевского дола, сопряженным с поднятием хребта Кумроч, к востоку от Ключевского дола. В своей большой работе о Ключевской сопке Б. И. Пийп (1956) рисует следующую картину образования Ключевской группы вулканов.

Ключевская группа вулканов возникла на разломе Восточного Камчатского хребта, продолжающемся далее к югу в виде сбросового уступа западного склона Восточного Камчатского хребта, а к северу в виде разлома, на котором расположен вулкан Шевелуч.

Хребет Кумроч, расположенный к востоку от Ключевских вулканов, согласно Б. И. Пийпу, поднялся в виде горста после образования Ключевского дола и первых вулканов центрального типа на нем как краевое поднятие, компенсирующее опускание всего подножья Ключевских вулканов, по обрамляющему его овальному разлому.

Величина опускания Ключевского дола по кольцевому разлому оценивается Б. И. Пийпом в 800—900 м. В качестве доказательства общего опускания Ключевской группы вулканов приводится наблюдающееся опускание под современную гидрографическую сеть по периферии Ключевского дола древних лав и конечной морены первого оледенения, а также отсутствие, по наблюдениям Б. И. Пийпа, в районе Ключевской группы вулканов высоких террас (50—100 м), наблюдающихся по долине р. Камчатки к югу от Никольского мыса и по долине р. Еловки севернее устья р. Старичковой.

Кроме того, Б. И. Пийп считает основанием для доказательства опускания Ключевского дола на 800—900 м данные об опускании на 10—50 см массивов некоторых вулканов Японии после их извержения, а также существование в Новой Зеландии, на Суматре и в других районах обширных вулканотектонических депрессий.

Приведенные доказательства общего опускания Ключевского дола нельзя признать убедительными по следующим причинам.

Ключевской дол является куполообразным вулканотектоническим поднятием подобным Арагацу или Гегамскому нагорью в Армении. Окраины этого поднятия испытывают опускание, сопровождающееся образованием сбросов по периферии плоскогогорья. При этом, как это бывает и при поднятии

горных стран, когда их предгорные впадины опускаются и образуются «ножницы» террас, происходит опускание под современную гидрографическую сеть древних лав и конечных морен по периферии Ключевского дола. В результате долина р. Хапицы образует тектоническую впадину, ограниченную с востока крутым сбросом хребта Кумроч, а с запада Ключевским долом. Подобное же строение имеет и долина р. Камчатки к западу от Ключевского дола. На склонах Ключевского дола верхние отрезки террас, опущенных по периферии дола, испытывают поднятие.

Утверждение Б. И. Пийпа об отсутствии в районе Ключевского дола высоких террас, которые должны отражать процесс поднятия дола и врезание речной сети в древнечетвертичные отложения, находится в противоречии с результатами специальных геоморфологических исследований С. Кушева и Ю. Ливеровского (1940), установивших на отрезке от с. Средне-Камчатск до пос. Ключи одиннадцать террас, из которых десятая (130—140 м) и одиннадцатая (200 м) являются абразионными, врезанными в коренные породы, а пятая (15—22 м), шестая (35—40 м), седьмая (50—60 м), восьмая (70—80 м) и девятая (90—100 м) — эрозионные, врезанные в озерные, ледниковые и флювиогляциальные отложения. Только четыре нижние террасы (высотой до 13 м) являются аккумулятивными.

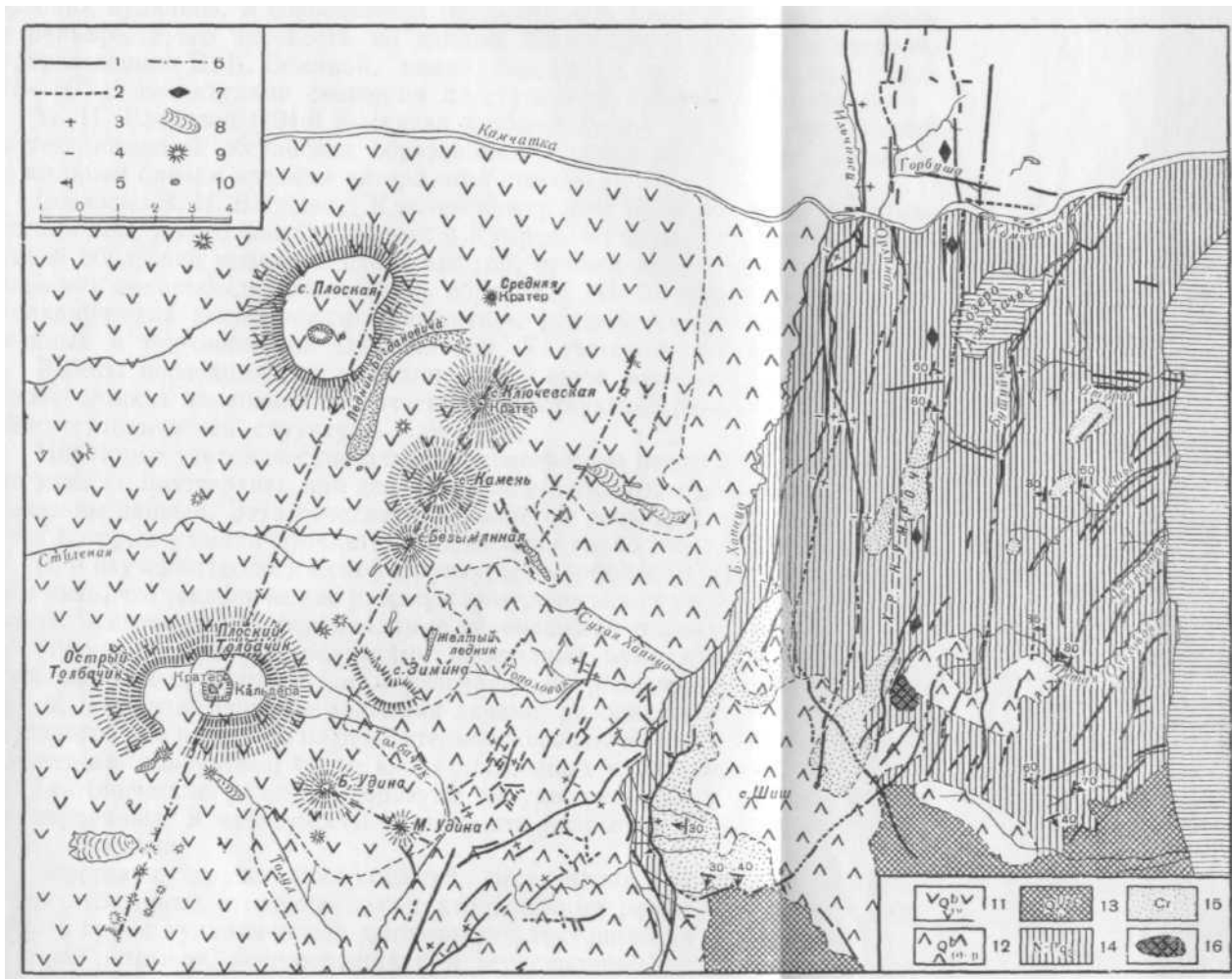
Такое строение террас указывает на поднятие массива Ключевского дола и опускания его окраины. У такому же выводу пришла на основании изучения геоморфологии сухих рек Ключевского дола А. Былинкина (1954) для Ключевского вулкана.

На поднятие массива Ключевского дола указывают также находки на склонах Ключевского дола отложений, охарактеризованных фауной морской нижнечетвертичной трансгрессии. Эта морская фауна (*Actea* sp.) найдена к западу от вулкана Толбачик в шурфах на глубине 2 м на высоте 160 м над уровнем моря в 1954 г. Стыриковичем Б. В.

Если бы Ключевской дол испытал предполагаемое Б. И. Пийпом опускание, то эта фауна в настоящее время была бы погребена под 800-метровой толщей вулканических отложений. Представление Б. И. Пийпа о существовании вокруг Ключевского дола гипотетического кольцевого разлома, по которому за период четвертичных извержений Ключевской дол якобы опустился на 800—900 м, также не подкрепляется фактическими данными. Подобный разлом четвертичного возраста с вертикальным смещением столь большой амплитуды должен бы быть выражен в рельефе, подобно многочисленным тектоническим уступам, образованным на Камчатке в четвертичное время.

Нельзя также согласиться с предположениями Б. И. Пийпа о возрасте хребта Кумроч, расположенного восточнее Ключевского дола. Считая хребет Кумроч краевым поднятием, компенсирующим опускание Ключевского дола и образованным горстом, поднятым после возникновения Ключевского дола и первых вулканов центрального типа на нем, Б. И. Пийп тем самым вырывает Кумроч из единой системы Восточного Камчатского хребта, обрамляющего центральную Камчатскую депрессию с востока, а возраст хребта Кумроч делает более молодым, чем возраст Ключевского дола. Это не согласуется с фактическими данными, свидетельствующими о том, что древний разлом, ограничивающий западные склоны хребта Кумроч, прослеживается на юг и север вдоль склонов Восточного Камчатского хребта на протяжении более 1000 км, образуя восточный тектонический уступ грабена Центральной Камчатской депрессии, в настоящее время сильно расчлененный эрозией.

Восточнее Ключевского дола, у подножья хребта Кумроч этот региональный разлом был неоднократно оживлен в связи с деятельностью Ключев-



Фиг. 1. Карта новейшей тектоники Ключевского дола и хребта Кумроч

Составил А. Е. Святловский

Условные обозначения:

1 — разломы, выраженные в рельефе; 2 — разломы, не выраженные в рельефе; 3 — поднятое крыло разлома; 4 — опущенное крыло разлома; 5 — направление падения плоскости разлома и крыльев складок; 6 — направление падения плоскости разлома и крыльев складок; 7 — простираение складчатости; 8 — последние лавовые потоки; 9 — шлаковые конусы; 10 — кратеры; 11 — андезиты, базальты и их туфы; 12 — базальты, андезито-базальты, андезиты и их туфы; 13 — туфы, туффиты, плотные суглинки, супеси, пески, конгломераты; 14 — туфопесчаники, туфосланцы, туффиты, порфириты, туфы (Богачевская свита); 15 — метаморфизованные порфириты, туфы, туфо-лавы, туфопесчаники и сланцы, кремнистые породы; 16 — кварцевые диориты, диориты. Геология по В. П. Мокроусову и Б. В. Стырикович.

чевских вулканов, и современный тектонический разрыв хорошо выражен в рельефе, а его плоскость по данным фотограмметрических измерений, произведенных В. В. Деминой, имеет падение на северо-запад под углом 75—80° с амплитудами смещения по ступенчатым сбросам 30—40 м.

В. И. Влодавец (1940) высказал в общей форме свои представления о тектонической обстановке образования Ключевской группы вулканов, к которым близки взгляды автора этой статьи.

Согласно В. И. Влодавцу, Ключевская группа вулканов возникла в депрессии между хребтами Срединным и Кумроч. Фундамент Ключевских вулканов образован мозаикой глыбовых гор, причем под Ключевской сопкой одна или две глыбы подняты. Таким образом, В. И. Влодавец отмечает связь вулканической деятельности с поднятием фундамента вулканов, расположенных в тектонической Центральной Камчатской депрессии.

Работы последних лет и анализ материалов аэрофотосъемки вызвали необходимость изменения и уточнений существующих представлений о вулcano-тектонической структуре Камчатки.

Некоторые тектонические разломы, намеченные предыдущими авторами, не удалось подтвердить при дешифрировании аэрофотоснимков и по геологическим данным. Зато отчетливо выявляется роль других разломов, возраст которых удастся уточнить на основании геологических исследований.

При изучении геологической структуры и морфологии Камчатки нетрудно заметить, что тектонические разрывы приурочены к границам соседних участков, испытывающих вертикальные перемещения разных знаков.

Районы, покрытые продуктами площадных вулканических излияний, расположены ярусами, которые разграничены разломами, причем поверхности, покрытые наиболее древними лавами, разорваны и подняты по этим тектоническим разрывам на относительно большую высоту, чем поверхности, сложенные продуктами более юных площадных вулканических излияний.

Тектонические разрывы образуют уступы рельефа, в разной степени эродированные в зависимости от возраста разрывов, и изображаются на карте линиями.

Определяя возраст поверхностей, перекрытых продуктами вулканических излияний и нарушенных тектоническими разрывами, можно датировать время вулканической деятельности тектоническими разрывами.

Для разрывов, возникающих при вертикальных дифференцированных движениях, характерны относительные смещения их краев. Будучи границами между районами поднятия и опускания, эти тектонические разрывы проходят на расстоянии от вулканических центров и не являются путями вулканических извержений.

В виде примера можно привести разрывы, ограничивающие грабен Центральной Камчатской депрессии, кольцевые разрывы кальдер и другие многочисленные разрывы, характеризующиеся тектоническими уступами в рельефе. Все эти разрывы находятся в стороне от вулканов, современный тектонический разрыв, проходящий у подножья хребта Кумроч, расположен в 40 км от действующих вулканов (Ключевского и Толбачика).

Несомненно существование вулcano-тектонических трещин другого происхождения, образующихся при извержениях в зонах растяжения на склонах вулканических поднятий и являющихся путями излияния лавовых потоков.

К таким трещинам или зонам слабости относится линия, вдоль которой на склоне Ключевского вулкана расположены кратеры «Юбилейного прогря», трещина Лаки в Исландии и др.

Такие трещины иногда имеют зияющий характер, так как края их испытывают растяжение в горизонтальном направлении, но не наруживают

вертикальных смещений бортов. Эти трещины не имеют генетической связи с тектоническими разрывами, характеризующимися вертикальными смещениями краев, и при составлении вулcano-тектонической карты эти два вида нарушений нужно разделять; в противном случае создается путаница — с тектоническими разрывами, сопровождающимися вертикальными смещениями крыльев, многие авторы связывают образование центров вулканических излияний.

Независимость расположения центров вулканических излияний от тектонических разрывов со смещениями бортов в районах Прибайкалья отмечена Н. А. Флоренсовым (1954). Интересно отметить, что на поверхности Луны широко распространены хорошо морфологически выраженные зияющие трещины, на которых расположены цепочки вулканических кратеров. В то же время на крупных сбросах, проходящих у подножья Лунных гор, не наблюдается вулканов.

В раннем постплиоцене, в период оживления движений по тектоническим разрывам, окаймляющим Центральную Камчатскую депрессию, обширные территории Камчатки были покрыты продуктами площадных базальтовых излияний, образовавших лавовые плато, тектоническое поднятие которых сопровождалось их расчленением эрозией.

В дальнейшем, когда площадные излияния прекратились и вулканическая деятельность локализовалась в отдельных зонах, активные тектонические движения по разрывам также продолжались только в участках, сопряженных с районами вулканической деятельности. О сопряженности вулканических и тектонических движений в вулканических зонах свидетельствует совпадение возраста движений по разломам, ограничивающим площади вулканической активности с возрастом вулканических сооружений.

Примером может служить современный разлом у подножья хребта Кумроч, движения по которому сопряжены с современной вулканической деятельностью Ключевской группы вулканов. Для Центральной Камчатской депрессии характерны особенности, установленные для крупных грабенов, образованных на вершинах куполообразных и сводовых поднятий.

К ним относятся: образование разветвленной системы грабенов, параллельных главному грабену и проходящих к нему под углом (долины рек Быстрой, Хайрюзовой, Ковычи и др.); отсутствие интенсивной складчатости осадочных отложений внутри грабена.

Последнее обстоятельство свидетельствует о преобладающей роли поднятий и растяжений в верхнечетвертичной истории Центральной Камчатской депрессии.

По данным геофизических исследований в Мильковском районе Центральной Камчатской депрессии вдоль ее центральной части проходит зона тектонического поднятия, окаймленного по краям двумя зонами опусканий. Геоморфологическим выражением этого поднятия является возвышенность Генераловка, расположенная севернее с. Кирганик, вдоль долины р. Камчатки.

Севернее, близ оси этого поднятия, расположены древний потухший вулкан Николка (Кинчоклок), Ключевской дол и вулкан Швелуч, образующие вулcano-тектонические поднятия, разделенные зонами опусканий, Вулкан Заречный ныне оказался в зоне опускания, и его деятельность угасла.

В южной и восточной Камчатке весь пояс постплиоценовых опусканий, окаймленный тектоническими уступами поднятых лавовых плоскогорий, в четвертичное время сделался ареной мощной вулканической деятельности центрального типа, сопровождающейся вулcano-тектоническими поднятиями и кальдерообразованием.

Таким образом, на обширных территориях Камчатки площадные вулканические излияния предшествовали образованию вулканов центрального типа (Святловский, 1954).

Другие районы, испытывавшие интенсивные поднятия в течение третичного и четвертичного времени, ныне представляют собой горные области, сложенные древними складчатыми породами, с рельефом альпийского типа. Длительная денудация разрушила лавовые покровы этих районов и здесь наблюдаются лишь отдельные центры новейшей вулканической деятельности.

Самым крупным районом такого типа является южная часть Срединного Камчатского хребта с вулканом Хангар на западном склоне хребта. По периферии горных областей с рельефом альпийского типа расположены территории, покрытые продуктами площадных неогеновых и постплиоценовых излияний, фундамент которых образуют древние складчатые формации. В этих районах развит горный рельеф с отдельными платообразными вершинами и центрами новейших вулканических излияний лав кислого типа. К числу таких районов относится северная часть Срединного Камчатского хребта, между реками Белой и Русаковой. Более низкий ярус рельефа сложен продуктами площадных постплиоценовых вулканических излияний, фундаментом которых являются складчатые отложения третичного возраста; вулканические излияния более позднего времени образуют здесь отдельные центры. Обширные территории северной, восточной и южной Камчатки сложены расчлененными эрозией лавовыми плоскогорьями, возникшими в постплиоценовое время на выравненных поверхностях, сложенных складчатым неогеном.

Мощные тектонические движения этого времени сформировали грабен Центральной Камчатской депрессии и пояс вулкано-тектонических депрессий, возникших вдоль водораздела южной Камчатки и в ее восточной части. Если тектонические разрывы, окаймляющие Центральную Камчатскую депрессию, отличаются прямолинейностью, то контуры вулкано-тектонических депрессий имеют неправильные, овальные очертания. Из них самой молодой депрессией является вулкано-тектоническая депрессия Курильского озера. Постплиоценовые площадные вулканические излияния были последним этапом массовых излияний на территории Камчатки. Более юная вулканическая деятельность приняла форму извержений центрального типа; лишь в отдельных районах сохранились небольшие площади ареальных излияний, продолжавшихся в четвертичное время (Ключевской долина, район озера Глубокого у западного склона Срединного хребта в верховьях р. Воямполки и в отдельных районах юго-восточной Камчатки) и переходящих в излияния отдельных региональных зон шлаковых конусов. Вулканы центрального типа в плейстоцене образовывались главным образом в грабенах и вулкано-тектонических депрессиях. В северной части Срединного хребта в районе структурного погружения древних формаций была образована цепь крупных вулканов (до 20 км диаметром), расположенных вдоль водораздела хребта. Плейстоценовые вулканы, образовавшиеся в вулкано-тектонических депрессиях южной Камчатки, имеют диаметр до 50 км и форму, сходную с щитовыми вулканами.

И в восточной части Камчатки к верхнему плейстоцену и голоцену относится образование нескольких рядов вулканов, имеющих северо-западное простирание (лавовое подножье и древняя сомма Авачинского вулкана, Коряцкий вулкан и лежащие к северо-западу от него потухшие, разрушенные вулканы, Жупановский и Дзензурский вулканы и др.). При этом продолжалось образование отдельных вулкано-тектонических депрессий (Курильское озеро) и приобретало региональное значение формирование кальдера на вершинах древних вулканов (кальдера Опалы, Горелого, Ходутки, Кра-

шенинникова и др.). Размеры этих кальдер достигают 10—15 км. В большинстве этих кальдер в голоцене поднялись конусовидные стратовулканы; часть из них активна и поныне.

В течение четвертичного периода вулканическая деятельность на Камчатке замирала, уменьшались размеры вновь образующихся кальдер и сокращалось количество действующих вулканов.

ЛИТЕРАТУРА

- Былинкина А. К. Изучению сухих рек Ключевского вулкана. Тр. Лаб. вулканол. ст., 1954, вып. 8.
- Власов Г. и Чемяков Ю. Основные этапы формирования рельефа Камчатки в четвертичный период. Изв. РГО, 1950, № 3.
- Влодавец В. И. Ключевская группа вулканов. Тр. Камчатской вулканолог. ст., 1940, вып. 1.
- Заварицкий А. Н. О вулканах Камчатки. Камчатский сборник. Изд. АН СССР. М.-Л. 1940, т. 1.
- Кушев С. и Ливеровский Ю. Геоморфологический очерк Центральной Камчатской депрессии. Тр. Ин-та геогр., 1940, в.п. 32.
- Пийп Б. И. Деятельность Камчатской вулканостанции в 1944 г. Бюлл. Камчатской вулканолог. ст., 1946, № 13.
- Пийп Б. И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944—1945 гг. и в прошлом. Тр. Лаб. вулканологии, 1956, вып. 11.
- Святловский А. Е. О применении геоморфологии при исследовании вулканических областей. Тр. Лаб. вулканол. ст., 1954, № 8.
- Святловский А. Е. Сейсмоструктура Камчатско-Курильской области. Докл. АН СССР, 1955, т. 103, № 1.
- Святловский А. Е. и Флоренсов Н. А. О некоторых особенностях вулканизма Прибайкалья и Восточной Африки. Тр. Иркутск. ин-та, 1956.
- Флоренсов Н. А. О роли разломов и прогибов в структуре впадин байкальского района. Сб. «Вопросы геологии Азии», т. 1. Изд. АН СССР. М., 1954.

