

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОДИНАМИКИ

Труды, вып. 515  
*Основаны в 1932 году*

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Ответственные редакторы:  
Ю. О. ГАВРИЛОВ, С. А. КУРЕНКОВ



МОСКВА «НАУКА» 1999

УДК 551.24(470.5)

ББК 26.3

Т 11

**Редакционная коллегия:**

*Ю.Г. Леонов* (главный редактор), *М.А. Ахметьев*, *Ю.О. Гаврилов*,  
*Ю.В. Карякин*, *С.А. Куренков*, *М.А. Семихатов*

**Рецензенты:**

*В.Е. Хаин*, *Т.Н. Хераскова*

**Теоретические и региональные проблемы геодинамики.** – М.: Наука, 1999. – 279 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 515)

ISBN 5-02-002350-7

Сборник посвящен памяти выдающегося ученого Петра Николаевича Кропоткина в связи с его 90-летием. Статьи содержат оригинальные материалы по различным аспектам региональной и теоретической геологии в рамках научных интересов П.Н. Кропоткина. Это прежде всего статьи, посвященные общим и региональным вопросам геодинамики и неотектоники. Рассматриваются методические вопросы палеомагнетизма и история формирования Полярного Урала и Южного Приморья по палеомагнитным данным; обсуждаются проблемы дегазации литосферы Земли и происхождения углеводородов; содержатся научно-биографические сведения и воспоминания о Петре Николаевиче Кропоткине.

Для специалистов, интересующихся общими и региональными вопросами геодинамики, неотектоники, палеомагнетизма и проблемами происхождения углеводородов.

ТП-99-II-177

**Editorial Board:**

*Yu.G. Leonov* (Editor-in-Chief), *M.A. Akhmetiev*, *Yu.O. Gavrilov*,  
*Yu.V. Kariakin*, *S.A. Kurenkov*, *M.A. Semikhatov*

**Reviewers:**

*V.E. Khain*, *T.N. Kheraskova*

**Theoretical and Regional Issues of Geodynamics.** – М.: Nauka, 1999. – 279 p.  
(Transactions of GIN RAS; Vol. 515)

ISBN 5-02-002350-7

The collection of papers consecrated to the memory of Pyotr Nikolaevich Kropotkin is published on occasion of 90th birthday of this outstanding scientist. The papers present original data on various aspects of regional and theoretical geology, which have always been of keen scientific interest for P.N. Kropotkin. First of all, these are the papers concerning the general and regional problems of geodynamics and neotectonics. In addition, particular papers consider some methodical aspects of paleomagnetism and formation history of the Polar Urals and Southern Primorie, and also discuss problems of the Earth's degassing and hydrocarbon origin. The book presents as well the information concerning the scientific biography of P.N. Kropotkin and reminiscences of his colleagues.

This collection is addressed to a broad spectrum of geoscientists who deal with the general and regional issues of geodynamics, neotectonics, paleomagnetism, and the origin of hydrocarbons.

ISBN 5-02-002350-7

© Издательство "Наука", 1999

# СООТНОШЕНИЯ ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНОЙ ТЕКТониКИ И ВУЛКАНИЗМА В ХАНАРАСАРСКОЙ ЗОНЕ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ (АРМЯНСКОЕ НАГОРЬЕ)

**А.С. Караханян\*, В.Г. Трифонов\*\*, О.Г. Азизбекян\*\*\*,  
Д.Г. Хондкарян\*\*\***

\*Институт геологических наук НАН Армении,

\*\*Геологический институт РАН,

\*\*\*Геологическая служба Армении

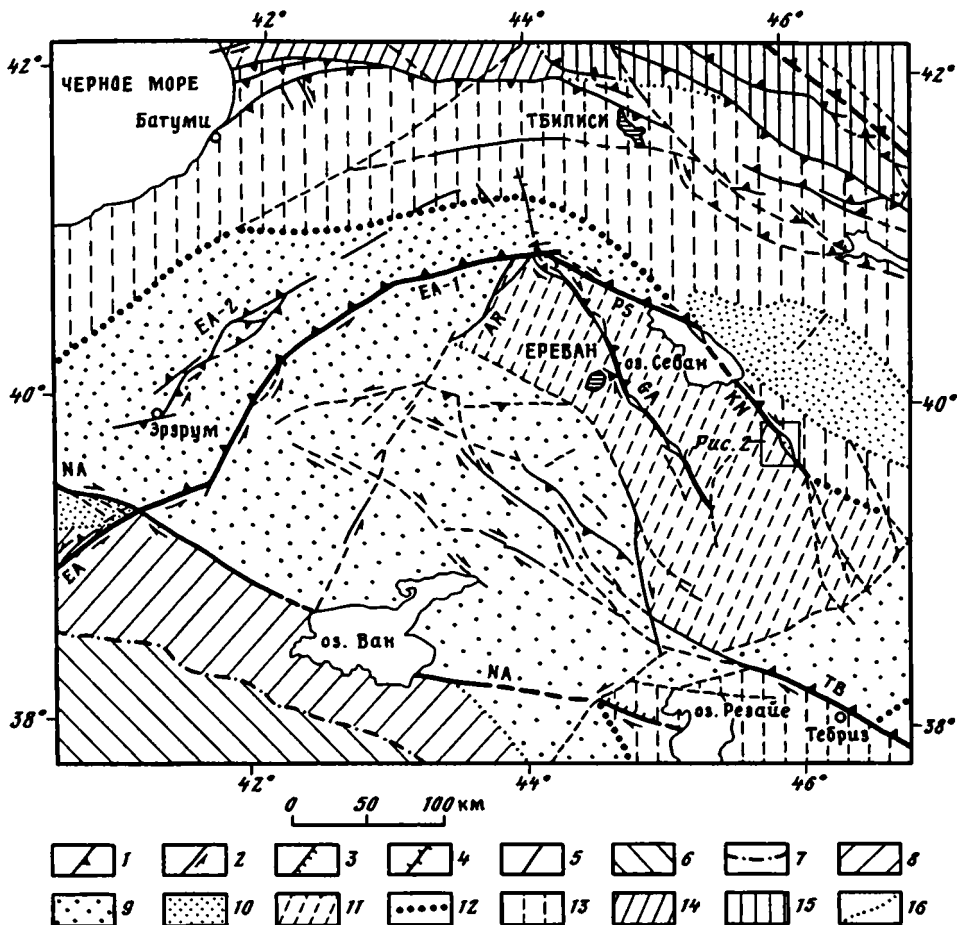
## ВВЕДЕНИЕ

Если в общем виде связь тектонической активности и магмообразования общепризнана, то конкретные структурные и хронологические проявления этой связи в областях современной континентальной коллизии многогранны и изучены далеко не достаточно. Хотя, казалось бы, магмоподводящие каналы могут рассматриваться как разновидность разрывных нарушений, как правило, мы не наблюдаем непосредственной приуроченности вулканов к одновозрастным им картируемым на поверхности разломам. Не обнаружено однозначной связи также между импульсами тектонической и вулканической активизации. Поэтому каждый случай, в котором связь между этими явлениями намечается, особенно интересен. Именно с таким случаем мы столкнулись в описываемом ниже регионе.

Регион представляет собой часть зоны Ханарасарского разлома, который в свою очередь, является элементом выпуклой на север Североармянской дуги активных разломов [Трифонов и др., 1990] (рис. 1). Дуга служит главным современным структурным выражением коллизии Аравии и Евразии в области Армянского нагорья, т.е. между Аравийской плитой и Большим Кавказом. Составляющие дугу разломы круто наклонены и характеризуются сочетанием взбросовых и сдвиговых смещений. Как правило, подняты и надвинуты внешние крылья разломов (северо-западные или северо-восточные). Сдвиговые смещения многократно преобладают над вертикальными и являются левыми на северо-западном и правыми на северо-восточном флангах дуги. Ханарасарский разлом образует большую часть северо-восточного фланга дуги. Он характеризуется позднечетвертичными правосдвиговыми перемещениями со средней скоростью 4-5 мм/год [Trifonov et al., 1994]. Взбросовая составляющая уступает сдвиговой в 10–20 раз. Особенность Ханарасарского разлома – проявления в его зоне голоценового вулканизма. С наибольшей полнотой они представлены в рассматриваемой ниже части разлома. Она приурочена к высокогорному (около 3000 м над уровнем моря) Сюникскому вулканическому нагорью и из-за своей трудной доступности была до сих пор плохо изучена. Авторы впервые исследовали регион (рис. 2) в 1967 г. [Мкртчян и др., 1969; Трифонов, 1983]. Более детальные работы были проведены в 1993–1994 гг. Они и послужили основой для настоящей статьи.

## МОЛОДЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ И ИХ ВОЗРАСТ И АРХЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ

Субстратом, на котором разворачивались тектонические и вулканические события позднего плейстоцена и голоцена, послужили вулканические породы среднего эоцена, неогена, раннего и среднего плейстоцена. Средний эоцен – андезито-базаль-



**Рис. 1.** Северо-Армянская дуга активных разломов [Трифонов et al., 1994] с элементами тектонической зональности Малого Кавказа [Баженов, Буртман, 1990]

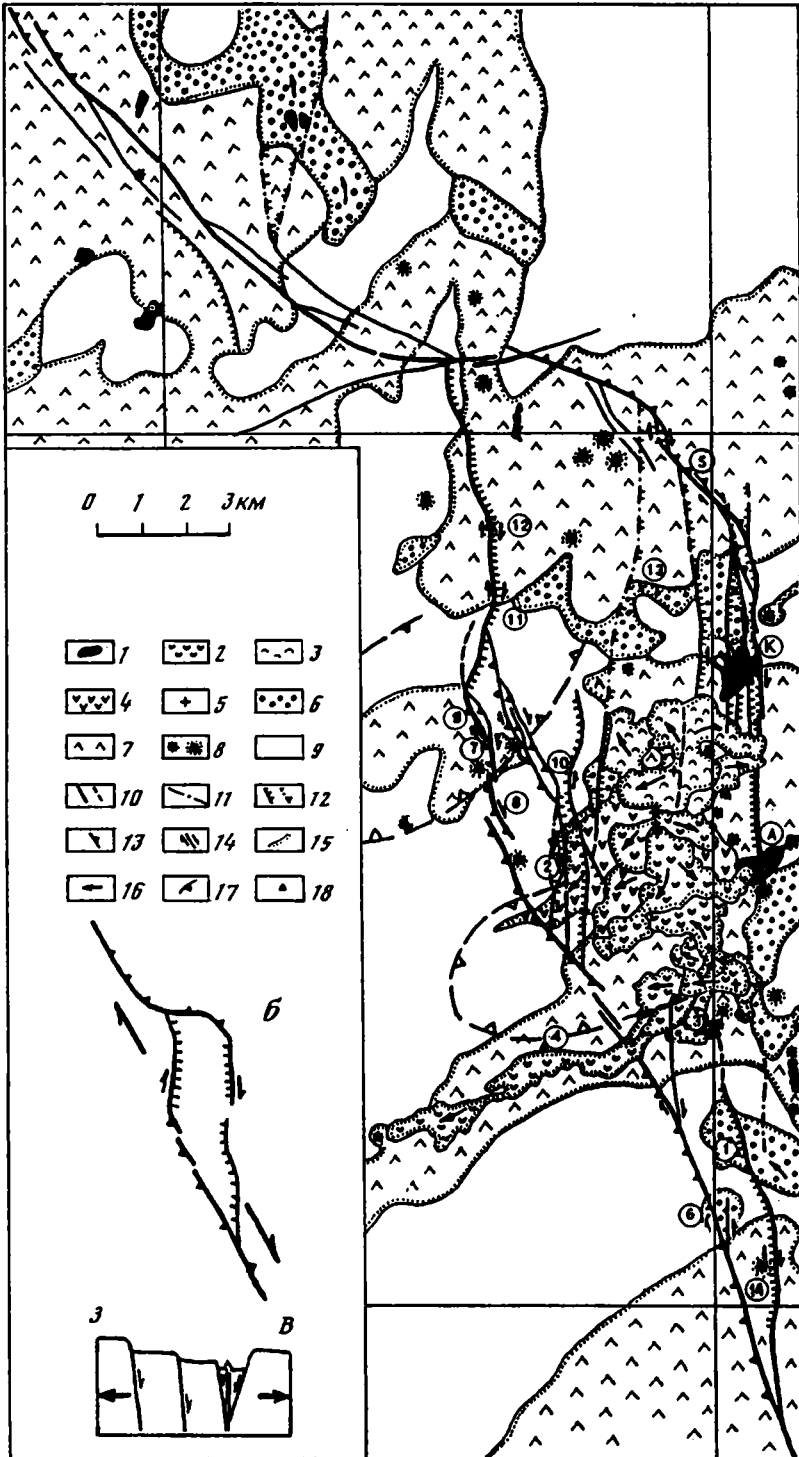
1 – надвиг и взброс; 2 – сдвиг; 3 – сброс; 4 – разлом растяжения; 5 – разлом с неопределенным направлением смещений; 6 – складчатый пояс Загроса и Краевые складки Юго-Восточной Турции; 7 – сутура нео-Тетиса; 8 – мегазона Тавра; 9 – офиолиты; 10 – офиолитовый аллохтон; 11 – срединный массив – отторженец южного края Тетиса; 12 – сутура мезо-Тетиса; 13 – Ирано-Понтийская мегазона; 14 – Рио-ни-Ширванская мегазона; 15 – Кавказская флишевая мегазона; 16 – граница тектонических зон. Крупные разломы выделены утолщенными линиями. AR – Ахурянский разлом, EA – Восточно-Анатолийская зона разломов, EA-1 – продолжение Восточно-Анатолийской зоны, восточная ветвь, EA-2 – продолжение Восточно-Анатолийской зоны, западная ветвь (Северо-Восточный Анатолийский разлом), GA – Гарнийский разлом, KN – Ханарасарский разлом, NA – Северо-Анатолийская зона разломов, PS – Памбак-Севанский разлом, TB – Тебризский разлом. Контуром выделен участок, представленный на рис. 2

товые порфириды. Неогеновые образования представлены риолито-дацитами. Они перекрыты местами потоками базальтов и андезито-базальтов позднего плейстоцена, раннего и среднего плейстоцена. Типичны контакты прислонения. Поверхность лав сильно эродирована и нередко покрыта мощным почвенным слоем. Как правило, отдельные потоки не удается дифференцировать. Выделено несколько ранне-среднеплейстоценовых вулканов, образующих полуразрушенные шлаковые конуса. Крупнейший среди них – вулкан Каркар.

45°50'

α

46°00'



Позднеплейстоценовые базальтовые и андезито-базальтовые потоки отличаются от среднеплейстоценовых и более древних существенно лучшей сохранностью. Хотя поверхность потоков эродирована и нередко покрыта почвенным слоем, их удается дифференцировать на аэрофотоснимках и на местности. Хорошо сохранились и позднеплейстоценовые шлаковые конуса. На их поверхности видны полузапавшие кратеры.

Особую формацию составляют морены позднеплейстоценового долинного оледенения. Отчетливо различаются цирки, в которых формировались и откуда двигались ледники, боковые и конечные морены. Они сложены местным вулканическим материалом. Размеры морен не превышают нескольких километров. Близкая степень сохранности позволяет считать все выделенные морены геологически одновозрастными. Часть их вложена в позднеплейстоценовые лавы или перекрывает их поверхность, что хорошо видно, например, на юге региона (см. 1 на рис. 2). Нигде не наблюдалось залегания на моренах позднеплейстоценовых лав, хотя морены выполняют пониженные формы рельефа. Это послужило основанием для датирования морен концом позднего плейстоцена.

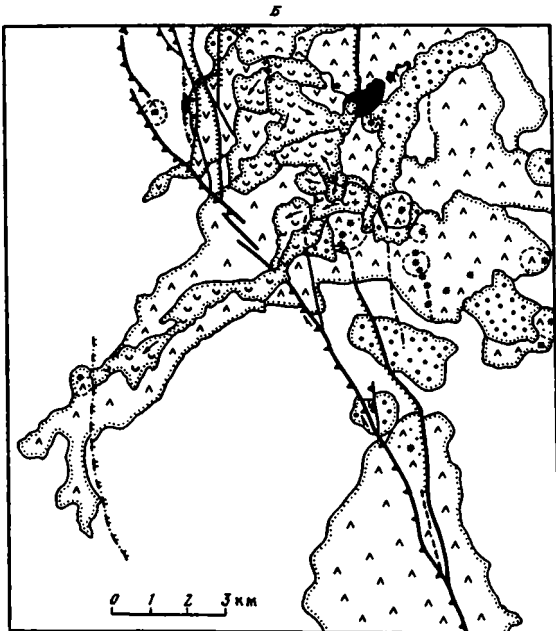
Вулканы и лавовые потоки голоцена хорошо отличаются на местности и аэрофотоснимках. По степени сохранности они разделяются на три генерации, различающиеся и на аэрофотоснимках (рис. 3).

Андезито-базальты древнейшей I генерации обнажаются только в западной части голоценового лавового поля. Первичная поверхность лав, как правило, эродирована, хотя и не столь основательно, как позднеплейстоценовых. На значительном протяжении она перекрыта почвенным покровом небольшой мощности. На восточном берегу оз. Хайталич (см. 2 на рис. 2) видно налегание андезито-базальтов I генерации на позднеплейстоценовую морену. Андезито-базальты II генерации голоцена слагают северную часть голоценового лавового поля. Поверхность лав эродирована и покрыта примитивным почвенным покровом лишь фрагментарно. Поверхность андезито-базальтов III генерации, слагающих центральную часть лавового поля, почти не эродирована. Лавы II и III генераций сохранили практически все черты первичного вулканического рельефа. Голоценовые вулканы невелики. Склоны некоторых из них помимо лав сложены тефрой.

Кроме лав и тефры, голоценовые образования представлены аллювием скудных и, как правило, сезонных водотоков и отложениями современных озер, в значительной мере пересыхающих в летнее время. Озерные отложения представляют собой слоистые суглинки и пески, в большей или меньшей степени обогащенные обломками местного вулканического материала. Руслу современных водотоков обычно слабо (не более 1 м) врезаны в плоские днища долин. Голоценовые и позднеплейстоценовые лавовые потоки в значительной мере использовали крупнейшие существующие и сейчас долины, которые, таким образом, возникли не позднее позднего плейстоцена. Позднеплейстоценовый и голоценовый возраст имеют фрагментарно развитые речные и овражные террасы (не более двух). Соотношения

Рис. 2. Структурно-геологическая карта Сюникской структуры типа pull apart (а) и принципиальная схема ее образования (б)

1 – современное озеро; 2–4 – голоценовые лавы: 2 – III генерация, 3 – II генерация, 4 – I генерация; 5 – голоценовый лавовый вулкан; 6 – позднеплейстоценовая морена; 7 – лавы позднего и среднего плейстоцена; 8 – лавовые и тефровые вулканы позднего и конца среднего плейстоцена; 9 – неогеновые риодациты; 10–14 – разломы: 10 – голоценовые, 11 – позднеплейстоценовые, 12 – сброс, 13 – взброс, 14 – сдвиг; 15 – граница стратиграфических подразделений или лавовых потоков внутри единого подразделения (точки поставлены на стороне более молодого подразделения); 16 – направление течения лавового потока или ледника; 17 – контур геотермальной аномалии; 18 – археологический объект. Крупные разломы выделены утолщенными линиями. А – оз. Агналич (Аллах-Ли), К – оз. Карагель. Цифры на карте см. в тексте



**Рис. 3.** Аэрофотоснимок южной части Сюникской структуры (А) и его геологическая интерпретация (Б)

Условные обозначения см. на рис. 2

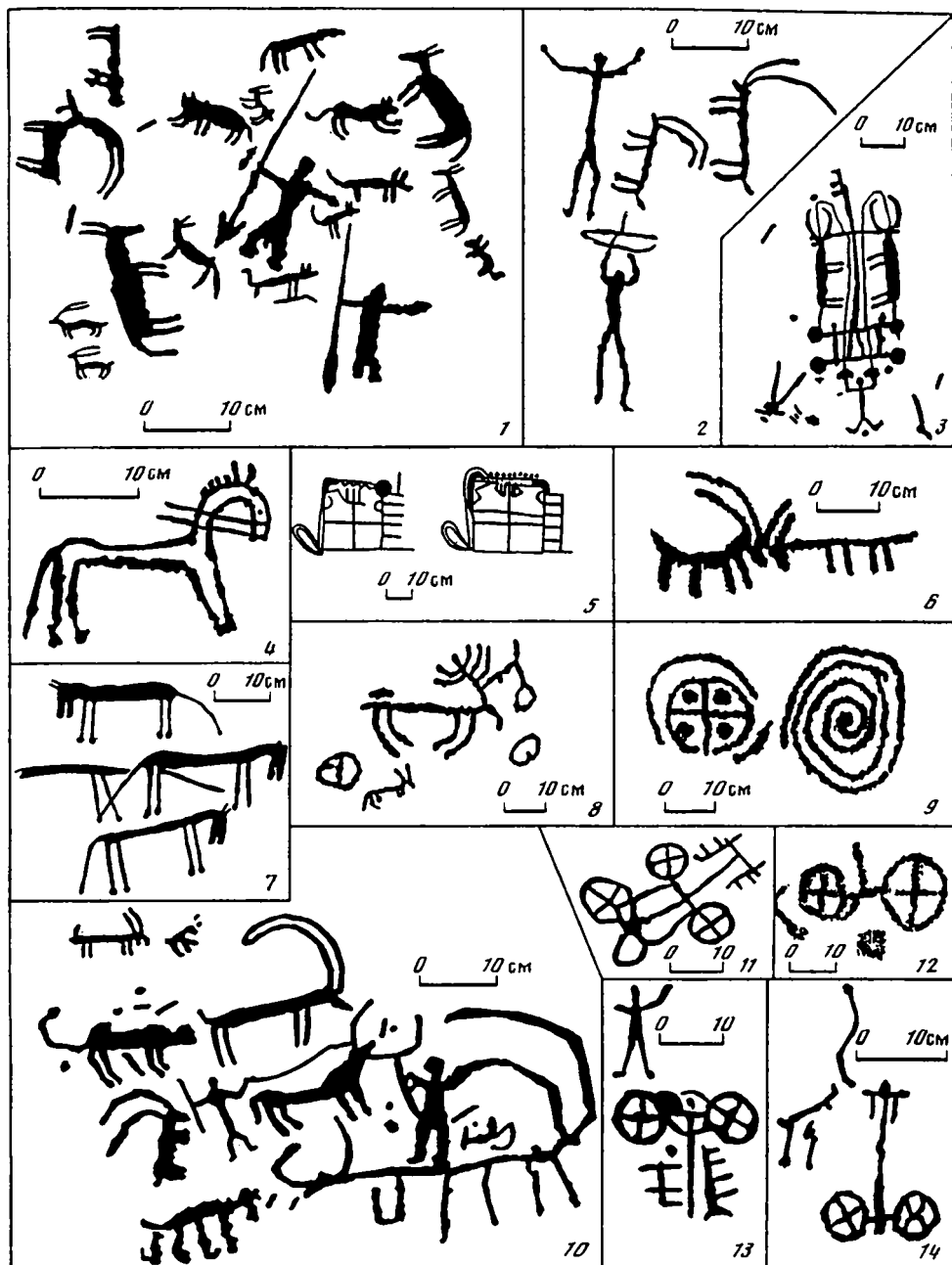


Рис. 4. Петроглифы района Сюникской структуры: 1-4, 7, 10, 11, 13, 14 – по [Караханян, Сафян, 1970]; 5 – представлен О.Г. Азизбеяном; 6, 8, 9, 12 – представлены В.Г. Трифоновым





**Рис. 5.** Глыба плейстоценовой лавы с петроглифом, перекрытая голоценовым лавовым потоком III генерации (см. 3 на рис. 2)

смещений по разломам с этими элементами речных долин и разновозрастных лавовых потоков помогают датировать возраст подвижек.

Датирование голоценовых образований радиоуглеродным методом затруднено скудностью растительности как сейчас, так и в более ранние эпохи голоцена. Вместе с тем, уникальную возможность датирования открывают многочисленные археологические объекты. Глыбы плейстоценовой лавы в пределах всего региона и особенно вокруг южной части голоценового лавового поля покрыты многочисленными петроглифами – наскальными рисунками, созданными каменными орудиями техникой точечного выдалбливания [Караханян, Сафян, 1970] (рис. 4). Петроглифы обнаружены на глыбах не только плейстоценовых лав, но и голоценовых лав I генерации, но полностью отсутствуют на лавах II и III генераций голоцена [Мкртчян и др., 1969]. Картирование области наибольшего распространения петроглифов показывает, что лавы III генерации как бы "несогласно" перекрывают ее. На южном краю голоценового лавового поля (см. 3 на рис. 2) удалось наблюдать непосредственное налегание лавы III генерации на глыбу с петроглифом (рис. 5). Таким образом, петроглифы моложе лав I генерации и древнее лав II и III генераций голоцена (более молодыми могут оказаться лишь наскальные рисунки, созданные позднейшими скотоводами и имитирующие оригинальные изображения, но эти поздние рисунки отличаются иной техникой изготовления).

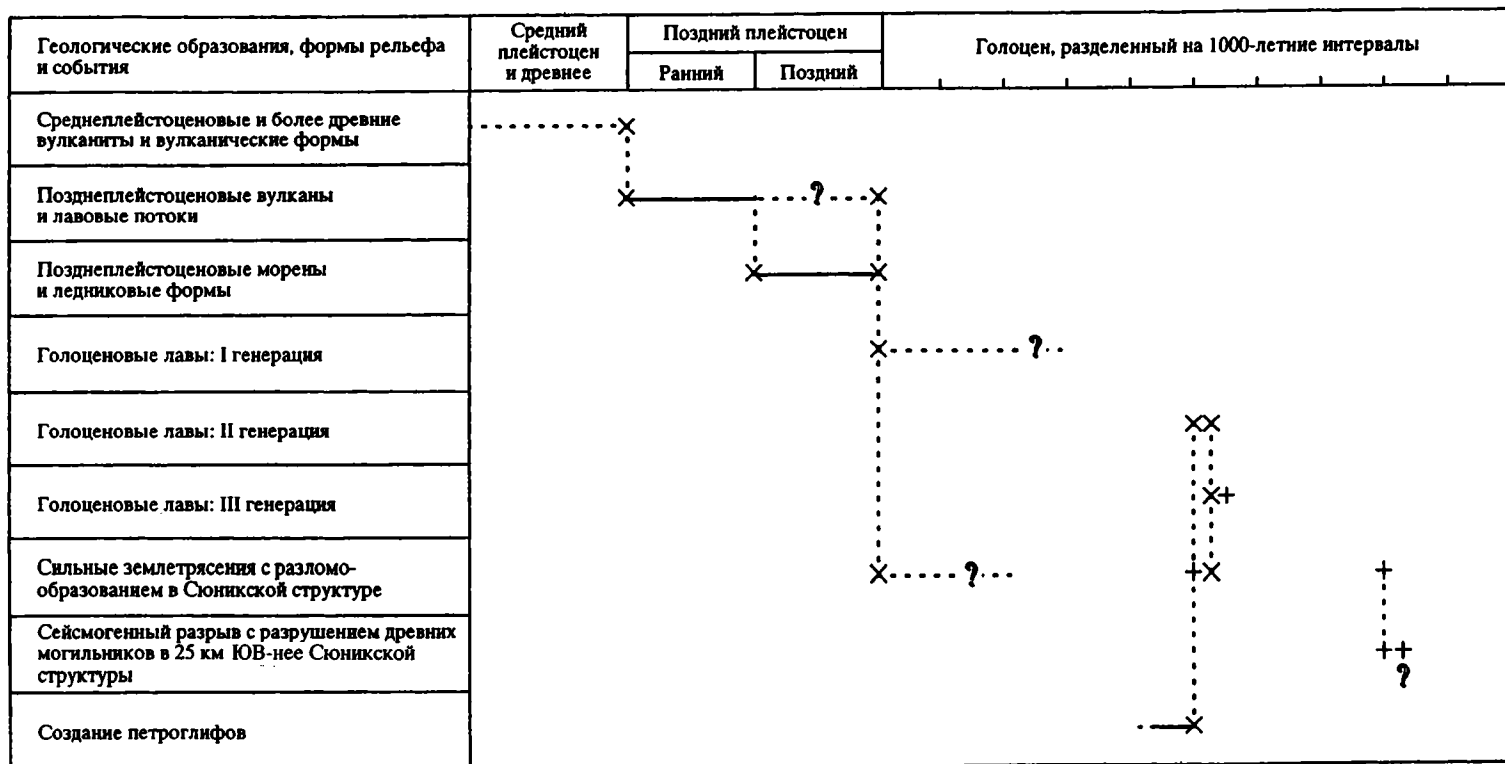
Г.О. Караханян и П.Г. Сафян [1970] датируют петроглифы Сюника в широких пределах от VII до III и, возможно, II тысячелетий до н.э., но полагают, что большая их часть принадлежит IV–III тысячелетиям до н.э. Можно попытаться сузить этот возрастной интервал, прибегнув к анализу содержания рисунков и некоторых историко-археологическим параллелям. Среди петроглифов выделяются сравнительно немногочисленные рисунки архаического облика, часто более крупные, чем позднейшие петроглифы и в единичных обнаруженных случаях зарисованные ими.

Эти позднейшие петроглифы многочисленны и обнаруживают стилистическое единство, указывающее на их принадлежность единой культуре. Подобные изображения были встречены нами в районе г. Эрзинджан (Восточная Турция) и оз. Урмия (Северо-Западный Иран). Интересно сопоставить петроглифы Сюника с аналогичными наскальными рисунками Гегамского и Варденисского нагорий Армении [Мартиросян, 1980], где выделены 4 генерации изображений, причем две указанные генерации петроглифов Сюника стилистически параллелизуются с двумя ранними генерациями петроглифов Гегам-Вардениса. А.А. Мартиросян предположительно датирует первую из них V–IV, а вторую – III тысячелетиями до н.э. Датировка второй генерации основана на находках сходных изображений козлов на керамике этого времени. Такой вывод представляется нам не бесспорным, поскольку изображения на керамике могли появиться позднее именно под влиянием наскальных рисунков.

На петроглифах Сюника преобладают изображения животных и особенно козлов, среди которых были идентифицированы *Capra aegagrus* и *Capra caucasica*. Многочисленны изображения различных собак и кавказского оленя (подвид благородного оленя *Carvus elaphus*). Идентифицированы также кабан, осел, лошадь, муфлон (?), лось (?), лев леопард (?), гепард, шакал, волк, гиена, медведь, змеи. Широко представлены сцены охоты, иногда с собаками. Военное и охотничье снаряжение составляли копье, лук со стрелами, прямоугольный щит с закругленными углами и, возможно, капканы (см. 1, 2 на рис. 4). Лассо и веревка с грузом на конце могли использоваться как для охоты, так и для отлова домашнего скота. Определенно скотоводческим является сюжет, представляющий козлов и вола, конвоируемых людьми с собакой (см. 10 на рис. 4). К числу религиозных сюжетов относятся изображения танцующих групп, в частности танца охотников и человека с рогами на голове. Не ясен смысл достаточно многочисленных символических изображений: спирали, круга с точками, волнистой линии и других, иногда довольно сложных (см. 5, 9 на рис. 4). Наряду с ними встречены изображения повозок, как двуосных со сплошными колесами, запряженных парой волов (см. 3 на рис. 4), так и одноосных с колесами со спицами (см. 11–14 на рис. 4). Последние изображены как с запряженными животными, так и без них. Вместе с тем, Г.О. Караханян и П.Г. Сафян [1970] опубликовали изображение взнузданной лошади (см. 4 на рис. 4).

Итак, вторая генерация петроглифов Сюника принадлежит некоему сообществу скотоводов, совмещавших это занятие с охотой, которая, очевидно, была достаточно продуктивной в условиях Армянского нагорья. Следует заметить, что среди изображений животных и охотничьих сцен присутствуют животные, ныне не обитающие на высокогорном Сюнике и, по-видимому, не обитавшие там и несколько тысячелетий назад (лев, леопард, гиена, лось, благородный олень). Это замечание в равной мере относится и к изображениям высокогорного Гегам-Вардениса, где помимо льва и благородного оленя встречены изображения фламинго и пеликана, которые могли жить вблизи Севана при более теплом климате. В залесенных долинах низкогорий мог жить благородный олень. Что же касается льва и лося, то первый еще несколько столетий назад обитал в плавнях Аракса, а второго авторы наскальных рисунков могли встретить в более северных районах Кавказа или Предкавказья. Очевидно, в Сюнике, как и Гегаме-Варденисе, создатели петроглифов изображали животный мир и другие сюжеты не только высокогорий, но и других районов, которые они посещали в то время или раньше. Они одомашнили не только собак, коз и коров, но, возможно, и лошадь, которую могли использовать как транспортное средство. Их религия содержала элементы шаманизма. Вместе с тем, среди рисунков отсутствуют какие-либо признаки земледелия, распространенного в это время в более южных районах Ближнего Востока, в Месопотамии, Анатолии и Загросе [Меларт, 1982], а, начиная по край-

## Корреляция геологических образований, форм рельефа, геологических и исторических событий на Сюникском нагорье



*Примечание.* (+) – возраст объекта или события, датированный радиоуглеродным методом; (x) – возраст объекта или события на основе стратиграфических соотношений: перекрытие, прилонение, нарушение разломом и т.п. Непрерывная горизонтальная линия отмечает доказанный возраст события (событий), прерывистая горизонтальная – предполагаемый возраст, вертикальные линии коррелируют события.

ней мере с III тысячелетия до н.э., и в долинах Западной Армении и Грузии (куро-аракская культура).

Для датировки петроглифов наиболее важными представляются изображения колес со спицами и взнузданной лошади (если последняя не является нераспознанным позднейшим изображением). Приоритет в создании таких повозок, одомашнивании и использовании лошади как транспортного средства многие ученые приписывают протоиндоевропейцам [Бонгард-Левин, Грантовский, 1983]. Следы наиболее древней домашней лошади обнаружены в поселении Деревка на правом берегу Днепра, датированном второй половиной IV тысячелетия до н.э. [Бибикина, 1967]. В III тысячелетии до н.э. находки костей домашней лошади становятся обычными как в Северном Причерноморье (в большем количестве на левобережной Украине, Среднем Поволжье и, по-видимому, в Заволжье, чем на правобережной Украине), так и в Закавказье (Шенгавит в Ереванской впадине) [Бибикина, 1967; Мунчаев, 1973]. В Двуречье лошадь была известна в III и даже IV тысячелетиях до н.э. [Дьяконов, 1968], но, по мнению Г.М. Бонгард-Левина и Э.А. Грантовского [1983], возможно, еще не была одомашнена и служила лишь предметом охоты. Она не упоминается среди домашних животных в законах Хаммурапи. В начале II тысячелетия до н.э. ездовая лошадь была там редким и дорогим животным. Согласно одному из документов архива Мари ее цена составляла 2,5 кг серебра, что эквивалентно цене 5–6 рабов или 10 га земли [Дьяконов, 1968; Мунчаев, 1973]. Основным транспортным средством оставался осел. Вместе с тем, к самому концу III тысячелетия до н.э. относятся первые свидетельства появления в Месопотамии легкой двухколесной конной боевой колесницы [Дьяконов, 1968]. Весьма вероятно, что она была заимствована у хеттов, которые, возможно, и были ее создателями [Заблоцка, 1989]. Первые признаки проникновения хеттских племен в Анатолию датируются концом IV – началом III тысячелетий до н.э. [Грозный, 1938]. Можно полагать поэтому, что вторая генерация петроглифов Сюника принадлежит древнейшим хеттским или другим протоиндоевропейским племенам, возможно, мигрировавшим через рассматриваемый регион, и предположительно датируется концом IV – началом III тысячелетий до н.э. Лавы II и III генераций должны быть, следовательно, моложе (таблица).

Верхний возрастной предел извержения голоценовых лав III генерации датируется обследованием древнего могильника, расположенного возле северного края юго-западного лавового потока III генерации голоцена (см. 4 на рис. 2), поскольку глыбы лавы этого потока использовались, чтобы оконтурить могильный круг и засыпать могилу сверху. Перед раскопками могила была 8–9 м в диаметре и 60 см высотой. После снятия верхних камней лавы, образовывавших слой в 30–40 см, под ним была вскрыта линза насыпного суглинка мощностью до 40 см. Она залегала на слое камней, смешанных с насыпным грунтом, мощностью до 30 см, перекрывавшем поверхность плейстоценового лавового потока. В линзе суглинка были найдены обломки многочисленных обсидиановых орудий достаточно архаичного неолитического облика и, вместе с тем, редкие обломки серой лепной керамики, кусочки костей и угля. Обломки лепной керамики были найдены и в верхнем слое камней. Радиоуглеродный возраст суглинка, взятого из линзы на глубине 45–65 см от поверхности могильника, –  $4720 \pm 140$  лет. Таким образом, голоценовые лавы II и III генераций извергались в начале III тысячелетия до н.э. Поскольку лавы двух генераций несколько различаются степенью сохранности первичной поверхности, можно предположить, что III генерация на столетие или несколько столетий моложе II генерации.

## АКТИВНЫЕ РАЗЛОМЫ

На описываемом участке зона Ханарасарского разлома испытывает с северо-запада на юго-восток характерные структурные изменения. Сначала зона, севернее простирающаяся в направлении СЗ–ЮВ, несколько отгибается к востоку, становясь почти широтной. Затем она резко отгибается к югу, разделяясь на несколько ветвей. На крайнем юге эти ветви сливаются в единый разлом юго-восточного простираения, типичного для Ханарасарской зоны. Таким образом, рассматриваемый участок зоны представляет собой удлинненную с севера на юг ромбовидную структуру с двумя бортами северо-западного и двумя бортами меридионального простирааний. Внутренность ромба расчленена многочисленными более мелкими разрывами меридионального, реже северо-западного простираения.

Разлом северо-восточного ограничения ромбовидной структуры на всем протяжении характеризуется (как и в более северо-западных сегментах Ханарасарской зоны) относительным подъемом северо-восточного крыла. Амплитуда вертикального смещения достигает 5 м на поверхности среднеплейстоценовых лав и уменьшается к юго-востоку, на более молодых формах рельефа, до 2–3 м. Здесь, в 3 км юго-восточнее горы Ераблюр (см. 5 на рис. 2), позднеплейстоценовые склоны долины смещены по разлому вправо на 60–70 м. Голоценовое русло смещено вправо на 5–6 м при его подъеме в северо-восточном крыле разлома на 0,3 м. Таким образом, соотношение вертикальной и сдвиговой компонент смещения близко к 1:20.

Разлом юго-западного ограничения ромбовидной структуры состоит из нескольких сегментов, расположенных эшелонированно друг относительно друга. Все они характеризуются относительным поднятием юго-западных крыльев. В 1 км северо-западнее горы Навассард (см. 6 на рис. 2) амплитуда поднятия достигает 3,5 м. Там же нечетко обособленное днище пересекаемой разломом небольшой долины смещено по нему вправо на 20–30 м.

Разлом несет следы недавних, вероятно, сейсмогенных обновлений. Подвижки по разлому вызвали подпруживание упомянутой смещенной долины. В возникшей котловине отложилось более 2 м тонкого обломочного материала. О его мощности гипотетически можно судить по тому, что высота разломного уступа земной поверхности на участке, ограничивающем котловину, составляет 1 м, а рядом, где в обоих крыльях залегают скальные породы, достигает 3,5 м. В шурфе, вскрывшем 1 м разреза котловины, под современным почвенным слоем (15 см) залегает 10-сантиметровый слой суглинка, обогащенного органикой и, вероятно, отвечающего последнему сейсмогенному импульсу углубления. Радиоуглеродный возраст суглинка –  $2020 \pm 160$  лет. Ниже залегает слой (30 см) бурого суглинка с редкими камнями и единичными находками неолитических обсидиановых орудий. Еще ниже залегает слой пластичной глины видимой мощностью 45 см, отвечающей, по нашему мнению, одному или двум предыдущим импульсам сейсмогенного углубления котловины. Образец, взятый из нижних 10 см слоя глины, дал радиоуглеродный возраст  $5000 \pm 160$  лет. Все предполагаемые сейсмические события имели место после создания петроглифов. На это указывает тот факт, что петроглифы присутствуют на глыбах каменной осыпи, смещаемой разломом, но отсутствуют на соседней молодой осыпи, упирающейся нижним краем в уже сформированный разломный уступ. За последние 5 тысячелетий произошло углубление котловины на 1–2 м, что дает среднюю скорость ее погружения, измеряемую долями миллиметра в год. При неизменном соотношении вертикальной и горизонтальной составляющих перемещения средняя скорость сдвига могла достигать первых миллиметров в год.

Северо-западнее тот же сегмент разлома смещает на 180–200 м днище долины, ограниченной с севера позднеплейстоценовым лавовым потоком и заполненной выше по течению мореной конца позднего плейстоцена. Можно полагать по этим



Рис. 6. Глыба с петроглифом возле разломного уступа, перевернутая и покрытая другими глыбами при сильном землетрясении (см. 9 на рис. 2)

соотношениям, что указанное смещение произошло за вторую половину позднего плейстоцена и голоцен, т.е. в течение последних нескольких десятков тысяч лет. Если так, то средняя скорость сдвига составляет, как и на более южном отрезке того же сегмента, несколько миллиметров в год, что соизмеримо со скоростью сдвига в северной части Ханарасарской зоны. Далее к северо-западу разлом пересекает лавовый поток III генерации голоцена. На поверхности потока разлом не виден (не возобновлялся после извержения), но долина, по которой позднее двигалась лава, смещена вправо на 100–200 м.

Северо-западнее описанный сегмент кулисно подставляется другими сегментами, сохраняющими те же черты строения. Величина уступа земной поверхности достигает 2,5–3 м. По поведению линий разломов в рельефе можно предполагать наклон сместителей на юго-запад под углом около  $50^\circ$ . Вдоль одного из сегментов (см. 7 на рис. 2) измерено правое смещение русла пересекаемого сухого ручья на 3 м при подъеме западного крыла на 0,8 м. По другому сегменту (см. 8 на рис. 2) стенка загона для скота, сооруженного в XVII–XVIII вв., искривлена вправо на 30 см. Это дает за 300 лет скорость движения около 1 мм/год. Поскольку за указанный срок на рассматриваемой территории не отмечено ни одного сильного землетрясения, приведенную величину можно считать скоростью крипа и подвижек при слабых землетрясениях. Она существенно меньше суммарной средней скорости движений, включающей в себя и эффекты сильных землетрясений.

В северо-западной части описываемого ограничения ромбовидной структуры (см. 9 на рис. 2) разлом выражен двумя параллельными голоценовыми уступами на 3 и 4 м. Верхний уступ (на 4 м) отличается большей свежестью и крутизной. На его верхнем крыле наблюдаются трещины оседания, сходные с трещинами, возникшими в поднятом крыле главного сейсмогенного надвиго-взброса Спитакского землетрясения 1988 г. в Северной Армении [Трифонов и др., 1990]. Очевидно, и в

рассматриваемом случае образование подобных трещин обусловлено взбросовым характером подвижки. Вместе с тем, к юго-востоку уступ переходит в ряд коротких, до 30 м, эшелонированно расположенных рвов растяжения, простирающихся в направлении 40–50° СВ и соединяющихся изометрическими валами. Они простираются в направлении 300–310° СЗ. Сочетания таких рвов и валов свидетельствует о сейсмогенной подвижке с правосдвиговой составляющей. Среди каменных глыб склона, изменивших первичное положение в связи с образованием уступа, обнаружена глыба с опрокинутым петроглифом, заваленная другими глыбами (рис. 6). Очевидно, петроглиф был создан до сейсмогенной подвижки.

В восточном крыле разлома на расстоянии 0,3–1,5 км от него протягиваются четыре небольших разлома того же направления, на юге и севере сливающихся с основным разломом. Эти осложняющие нарушения, подобно основному, характеризуются поднятием западных крыльев. Разломные уступы подпруживают русла пересекаемых ими ручьев. На водоразделах между ручьями, т.е. на относительно древней по возрасту поверхности (не моложе позднего плейстоцена), высота уступов составляет 0,5–2 м при правом сдвиге гребня водораздела по каждому из разломов на десятки метров. Более восточные разломы отличаются большими величинами сдвиговых смещений, чем западные. К востоку от восточного из этих нарушений отмечен разрыв (см. 10 на рис. 2) с поднятым восточным крылом. Высота разломного уступа 1 м. Структурные признаки и нечетное смещение слабо врезанного сухого ручья позволяют предполагать присутствие правосдвиговой компоненты смещения. На юге разломный уступ продолжается на поверхности голоценовых лав I генерации.

Разломы юго-западного и северо-восточного ограничений ромбовидной структуры, изгибаясь, переходят соответственно в ее западное и восточное ограничения. Западное ограничение представляет собой сбросовый уступ с опущенным восточным крылом. Иначе говоря, по сравнению с юго-западным ограничением изменяется наклон разлома, но не направление вертикального смещения. Высота уступа на поверхности допозднеплейстоценовых пород достигает 5 м. На поверхности позднейплейстоценовых лав она немного меньше. Вместе с тем, южный край позднейплейстоценового лавового потока в 6 км севернее горы Каркар (см. 11 на рис. 2) смещен по разлому вправо на 56 м. Севернее, в 2,5 км к юго-западу от горы Ераблюр (см. 12 на рис. 2), рассеченный разломом конус средне-позднеплейстоценового вулкана наряду с поднятием западного крыла на несколько метров оказывается смещенным вправо на несколько десятков метров.

Восточное ограничение ромбовидной структуры также представляет собой сбросовый уступ, точнее, эшелонированный ряд сближенных уступов. Опущено западное крыло. Высота уступа на поверхности неогеновых пород достигает 10–12 м. Южнее, на поверхности позднейплейстоценовых лав, она уменьшается до 3 м.

В 3–3,5 км западнее восточного пограничного разлома прослеживается протяженный разломный уступ с опущенным восточным крылом. В северной части (см. 13 на рис. 2) он имеет высоту до 10 м и не несет следов голоценового обновления. Разлом смещает поверхность позднейплейстоценовых лав и южнее служит западной границей распространения голоценового лавового потока II генерации. Далее к югу разлом, по-видимому, испытал позднейшее обновление, поскольку следится (в виде малоамплитудного уступа) и на поверхности голоценовых лав I генерации.

Пространство между этим разломом и восточным ограничением ромбовидной структуры в поперечном сечении представляет собой грабен шириной до 3,5 км. К нему приурочены все центры голоценового лавового вулканизма и основной объем извергнутого ими вулканического материала. Севернее области распространения голоценовых лав грабен представляет собой выраженное в рельефе понижение, в наиболее опущенной восточной части которого находится оз. Карагель, возникшее из-за подпруживания речной долины сбросом восточного ограничения грабена.

Дно грабена на расстоянии до 1,5 км от его восточного сбросового ограничения нарушено несколькими сбросовыми уступами с опущенными восточными крыльями. Некоторые из них представляют собой ряды эшелонированно расположенных нарушений. Величина уступов 1–6 м. Для их опущенных крыльев, как и для южной части восточного сбросового ограничения грабена, характерны узкие рвы глубиной до 1 м и шириной до 15 м, непосредственно примыкающие к сбросам. Часть сбросов продолжается на юг в поле лав II генерации голоцена. Высота уступов здесь меньше, чем на севере. На поверхности лав III генерации голоцена разрывных смещений не обнаружено.

Долина, подпруживание которой привело к образованию оз. Карагель, ограничена с юга позднеплейстоценовым лавовым потоком, т.е. образовалась в современном виде после его излияния. Долина испытала суммарное праводвиговое смещение на 200–300 м по разлому восточного ограничения грабена и расположенным западнее разломам с опущенными восточными крыльями. Если сдвиг произошел за конец позднего плейстоцена и голоцена, его средняя скорость достигала нескольких миллиметров в год.

Сбросовое ограничение восточного края ромбовидной структуры фиксируется и южнее голоценового лавового поля. На восточном склоне горы Навассард (см. 14 на рис. 2) высота сбросового уступа возрастает с севера на юг от 1–1,5 до 3 м. Опущено западное крыло. Южнее разлом смещает вправо на 5–7 м днище долины сухого ручья. Непосредственно в зоне разлома на каменных глыбах обнаружены петроглифы, не испытавшие смещений. По-видимому, последние подвижки по разлому имели место до создания петроглифов, т.е. раньше, чем вдоль юго-западного ограничения ромбовидной структуры.

На крайнем юге юго-западное и восточное ограничения ромба сливаются в единый разлом. Между ними выделены два небольших нарушения, отходящих на север от разлома юго-западного края ромбовидной структуры. Один из них ответвляется в 1 км западнее горы Навассард (см. 6 на рис. 2) и прослеживается на 1,5 км. Западное крыло поднято на величину до 2,5 м и сдвинуто вправо до 11 м. Второй разлом ответвляется в 3 км севернее и прослежен на 2,8 км. По нему русло сухого ручья смещено вправо на 3 м. Хорошая геоморфологическая сохранность свидетельствует об относительной молодости обоих нарушений. Второй разлом нарушает даже поверхность голоценовых лав III генерации.

## СООТНОШЕНИЯ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ И ВУЛКАНИЗМА

Северо-восточное ограничение Сюникской ромбовидной структуры является непосредственным продолжением сегмента Ханарасарского разлома, протягивающегося сюда с северо-запада, и характеризуется теми же морфологическими и кинематическими параметрами. Отгибаясь к югу, т.е. переходя в разлом восточного ограничения ромбовидной структуры, он сохраняет то же направление относительного вертикального смещения, но изменяет наклон: из взброса становится сбросом. При этом скорость сдвига, в северной части восточного ограничения ромба близкая к скорости сдвига на северо-восточном ограничении, в южном направлении убывает в несколько раз, но по-прежнему преобладает над скоростью вертикальной компоненты движений.

Разлом юго-западного ограничения ромбовидной структуры характеризуется теми же морфологическими и кинематическими параметрами, что и в других частях Ханарасарской зоны, с той лишь разницей, что здесь взброшено юго-западное крыло разлома. Переходя на западный борт ромба, он из взброса становится сбросом, сохраняя относительное поднятие западного крыла. При этом скорость сдвига уменьшается, но по-прежнему многократно преобладает над скоростью вертикаль-



ного смещения. Сбросами и сбросо-сдвигами являются и разломы внутри ромба, параллельные его западному и восточному ограничениям.

Таким образом, Сюникская ромбовидная структура является впадиной растяжения типа pull apart, возникшей на участке кулисного подставления двух сдвиговых сегментов Ханарасарского разлома (см. рис. 2). Обязанное растяжению проседание ромбовидной структуры происходит на фоне сдвиговых перемещений, преобладающих над вертикальными не только на продолжениях этих сегментов, но и на западном и восточном ограничениях ромба. При этом скорость сдвига, убывающая с севера на юг вдоль восточного ограничения ромба, как бы передается западному ограничению, где она возрастает в том же направлении. В сумме скорость сдвига по обоим бортам остается равной скорости сдвига в других сегментах Ханарасарской зоны.

Центры андезито-базальтовых лавовых излияний голоценового и в значительной мере позднплейстоценового возраста располагаются внутри и по краям ромбовидной структуры. Возможно, в позднем плейстоцене она была крупнее, чем в голоцене, на что указывают позднплейстоценовые разломные уступы западнее (и восточнее?) современного ромба. Центры голоценовых извержений, идентифицируемые особенно четко, образуют меридиональные цепи, тяготеющие к восточной части ромбовидной структуры. Они находятся либо непосредственно на продолжении сбросов и сбросо-сдвигов восточного края и внутренней части ромба, либо кулисно их подставляет. Иначе говоря, вулканы представляют собой своеобразное выражение структур растяжения ромба. Вместе с тем, извержения могли быть источником дополнительного проседания ромбовидной структуры.

Особое положение занимают правые сбросо-сдвиги меридионального и взбросо-сдвиги северо-западного простираения западной части ромба. Они образуют ромбовидную структуру меньшего размера, где сдвиговые перемещения происходили в условиях относительного сжатия. Позднечетвертичные вулканы там отсутствуют.

Таким образом, позднчетвертичные вулканы региона непосредственно связаны с разломами растяжения в пределах впадины типа pull apart, т.е. подчинены этому осложнению Ханарасарской сдвиговой зоны. В 1984–1986 гг. Г.П. Григорян и его коллеги из Геологической службы Армении выполнили сейсмопрофилирование региона методом преломленных волн. Исследования выявили две небольшие области аномального погасания волн на глубинах 1,5–2 км (см. рис. 2). Одна область расположена под полем голоценовых лав. Вторая находится чуть северо-западнее вблизи термального источника Ермахпюр (Готуристису). Скважина, пробуренная рядом с источником, дала температуру 100° на глубине 1 км. Можно полагать, что аномальные области, охватывающие территорию 8×14 км, отражают расположенный на глубине очаг разогретых и, возможно, частично расплавленных пород. Ханарасарский разлом и восточное ограничение ромба огибают очаг, тогда как западный край очага, возможно, совпадал с позднплейстоценовой границей структуры.

Предлагаемая модель соотношений описанных тектонических и вулканических событий исходит из факта существования упомянутого глубинного термального источника, предположительно отождествляемого с промежуточным магматическим очагом, и основана на следующих данных. По разломам региона зафиксированы голоценовые сейсмогенные подвижки. Наиболее ярко они проявлены у разломов юго-западного края ромба. Один из признаков сейсмогенности подвижек – возможность обособить в разломных уступах перегибы между участками разной крутизны, свидетельствующие об импульсных смещениях, разделенных эпохами эрозии уступов [Wallace, 1977]. Другой признак – сохранившееся местами ступенчатое чередование рвов растяжения и валов сжатия, типичное для сейсмогенных сдвигов. Подпруживание долин на участках пересечения с разломами также свидетельствуют скорее об импульсовых, чем о медленных движениях. Наконец,

скорость крипа, определенная по одному из разломов юго-западного края ромба, оказалась существенно меньше суммарной средней скорости движений, что заставляет предполагать значительный вклад сильной сейсмичности в суммарное смещение. Одно или два сильных землетрясения произошли в середине голоцена после создания петроглифов – примерно тогда же, когда имело место излияние лав II и III генераций.

Предлагаемая модель развития событий сводится к следующему. Сильный сейсмический импульс нарушал связность пород в зонах уже существовавших разломов и создавал новые разломы. Омоложенные и новообразованные разломы достигали глубинного термально-магматического очага и служили каналами извержений до тех пор, пока вскрытая часть очага не исчерпывала свои ресурсы. Затем наступала эпоха покоя, прерывавшаяся новым сильным сейсмическим импульсом и следовавшими за ним извержениями. В середине голоцена имели место два таких импульса. Еще одно сильное землетрясение, возможно, предшествовало извержению раннеголоценовых лав. Недостаточная точность датировок не позволяет доказать, что землетрясения предшествовали импульсу извержений. Косвенным указанием на это может служить тот факт, что среднеголоценовые сейсмогенные подвижки, зафиксированные на юго-востоке структуры (см. б на рис. 2) не нарушают поверхность лавового потока III генерации, т.е. произошли до его излияния. Подобная последовательность событий установлена на Фере (Санторине), где сильнейшее землетрясение предшествовало Великому минойскому извержению середины II тысячелетия до н.э. (1650–1600 гг. или 1550–1500 гг.) и привело к эвакуации жителей Акротири, избежавших благодаря этому гибели [Thera..., 1990], а также в Помпеях, где землетрясение 62 г. интенсивностью X баллов [Catalogue..., 1994], вероятно, было предвестником извержения Везувия 79 г., уничтожившего город.

Последний сейсмический импульс, выявленный на юго-востоке Сюникской структуры и имевший место около 2000 лет назад, не сопровождался извержениями, возможно, потому, что его эпицентральная область располагалась южнее термально-магматического очага. Хотя один из его сейсмогенных разрывов нарушил поверхность южного голоценового потока III генерации, следы этого землетрясения обнаружены также в 25 км юго-восточнее, возле с. Зоракар, где могильники древнего поселения и некрополя, расположенного на продолжении Ханарасарского разлома, испытали разрушение с признаками сейсмического воздействия. Получены две даты возраста разрушений:  $1990 \pm 110$  и  $1600 \pm 150$  лет. По крайней мере первая из них совпадает с датировкой землетрясения на юге Сюникской структуры. Сейчас рассматриваемая часть Ханарасарской зоны находится в состоянии устойчивого сейсмического затишья.

Проведение экспедиционных работ 1994 г., приведших к опубликованию статьи, оказалось возможным благодаря финансовой поддержке Международного научного фонда: проекты МРЮОО (руководитель В.Г. Трифонов) и РYУОО (руководитель А.С. Караханян) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 94-05-16828-а). Авторы выражают признательность Л.Д. Сулержицкому, датировавшему радиоуглеродные пробы в Геологическом институте РАН.

## ЛИТЕРАТУРА

- Баженов М.Л., Буртман В.С. Структурные дуги Альпийского пояса: Карпаты – Кавказ – Памир. М.: Наука, 1990. 167 с.
- Бибикова В.И. К изучению древнейших домашних лошадей Восточной Европы // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1967. Т. 3. С. 113–117.
- Бонгард-Левин Г.М., Грантовский Э.А. От Скифии до Индии. М.: Мысль 1983. 208 с.
- Грозный Б. Хеттские народы и языки // Вестн. древн. истории. 1938. № 2.

- Дьяконов И.М.* Предыстория армянского народа. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1968.
- Заблоцка Ю.* История Ближнего Востока в древности. М.: Наука, 1989. 416 с.
- Караханян Г.О., Сафян П.Г.* Наскальные изображения Сюника. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1970. 394 с.
- Мартirosян А.А.* Наскальные рисунки Гегамы и Варденисы. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1980.
- Меларт Дж.* Древнейшие цивилизации Ближнего Востока. М.: Наука, 1982. 152 с.
- Мкртчян К.А., Трифонов В.Г., Флоренский П.В.* "Картиная галерея" каменного века // Природа. 1969. № 3. С. 78–79.
- Мунчаев Р.М.* Бронзовые палии майкопской культуры и проблема возникновения коневодства на Кавказе // Кавказ и Восточная Европа в древности. М.: Наука, 1973. С. 71–77.
- Трифонов В.Г.* Позднечетвертичный тектогенез. М.: Наука, 1983. 224 с.
- Трифонов В.Г., Караханян А.С., Кожурин А.И.* Спитакское землетрясение как проявление современной тектонической активности // Геотектоника. 1990. № 6. С. 46–60.
- Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century / Ed. E. Guidoboni. Roma: Inst. naz. di geofis., 1994. 504 p.
- Thera and the Aegean World III: Proc. of the Third. Intern. Congr., Santorini, Greece. Vol. 3. Chronology. L.: The Thera Foundation, 1990. 242 p.
- Trifonov V.G., Karakhanian A.S., Kozhurin A.I.* Major active faults of the collision area between the Arabian and the Eurasian plates // Continental collision zone earthquakes and seismic hazard reduction: Proc. of Intern. conf. Yerevan: IASPEI / IDNDR publ., 1994. P. 56–79.
- Wallace R.E.* Profiles and ages of young scarps, North-Central Nevada // Bull. Geol. Soc. Amer. 1977. Vol. 8. P. 1267–1281.