

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК(550.834.550.86(479.25)

А. С. КАРАХАНЯН, Г. С. ГАСПАРЯН

ПАЛЕОСЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД И ПРЕДПОСЫЛКИ
ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Важнейшим результатом оценки сейсмической опасности является определение места, интенсивности и возможности повторяемости сильных землетрясений. Для прогнозирования этих, практически важных параметров сейсмической активности, в комплексе с другими геолого-геофизическими методами в последнее время широко используется палеосейсмогеологический метод, разработанный Н. А. Флоренсовым, В. П. Солоненко и другими советскими учеными [6, 7, 10].

Палеосейсмогеологический метод основан на изучении остаточных сейсмогенных деформаций земной коры, сохранившихся в эпицентральных и плейстоценовых областях сильных землетрясений прошлого. Под остаточными сейсмогенными деформациями обычно понимаются необратимые изменения, происшедшие при землетрясениях в рельефе и структуре земной коры. По генетическим особенностям В. П. Солоненко [7] выделяются сеймотектонические, гравитационно-сеймотектонические и сеймогравитационные дислокации. Палеосейсмогеологический метод успешно дополняет сеймостатистические исследования и позволяет определить высшую степень сейсмической активности конкретных структур (районов), проследить за эволюцией сейсмоактивности последних.

Эффективность использования палеосейсмогеологического метода подтверждена результатами его применения практически во всех высокосейсмичных зонах Земли, в том числе и в областях альпийской складчатости [12, 13, 14]. Проведенное в последнее время палеосейсмогеологическое обследование территории Большого Кавказа выявило наличие многочисленных сейсмогенных деформаций различных генетических типов, что в комплексе с другими геолого-геофизическими данными позволило уточнить конфигурацию и сейсмический потенциал сеймоопасных зон региона [11].

В то же время необходимо отметить, что применение палеосейсмогеологического метода в областях альпийской складчатости встретило возражения некоторых геологов. Так, Б. А. Борисов [2] считает, что большинство сейсмодислокаций Большого Кавказа приурочено к рыхлым аллювиально-делювиальным отложениям верхнего структурного яруса; они невелики по размерам и очень быстро уничтожаются эрозийными процессами, что не позволяет использовать их как диагностический фактор былой сейсмичности. Что касается крупных сеймотектонических дислокаций, выделенных на Большом Кавказе, то они обра-

зуются в результате обычных тектонических процессов, за довольно длительный отрезок времени и не связаны с сейсмичностью. Считая, что сохранение следов прошлых землетрясений довольно редкое явление. Б. А. Борисов указывает на нецелесообразность изучения сейсмодислокаций при региональных сейсмогеологических исследованиях в областях альпийской складчатости.

С целью выяснения возможностей применения палеосейсмогеологического метода на территории Армянской ССР были проведены работы по изучению литературы, дешифрированию аэрокосмических изображений и полевому обследованию участков наиболее вероятного проявления остаточных сейсмогенных образований.

Территория Армянской ССР входит в одну из внутренних зон Тавро-Кавказского орогена Средиземноморского складчатого пояса, где интенсивные тектонические движения продолжались и в современную геологическую эпоху. В пределах Армянской ССР и всего Армянского нагорья неоднократно происходили сильные землетрясения (Двин—893 г.; Ани—1132, 1319 г.г.; Гарни—1679 г.; Арарат—1840 г.; Зангезур—1931, 1968 г.г. и др.), вызывавшие интенсивные разрушения и человеческие жертвы. Исторические хроники и другие литературные источники описывают не только происшедшие при землетрясениях разрушения и гибель людей, но и свидетельствуют о наличии многочисленных остаточных сейсмодесформаций различных типов в эпицентральных областях этих землетрясений. Так, например, Вайоцзорское землетрясение 735 г. (8—9 баллов, $M=5.8$) сопровождалось образованием многочисленных трещин и глубоких расщелин, вызвавшим гибель большого количества людей; Двинское землетрясение 893 г. (6—9 баллов, $M=4.5—5.0$)—образовались расщелины и пропасти, также поглотившие большое количество людей; Ганджинское землетрясение 1139 г. (9—10 баллов, $M=6.8$)—произошли крупные обвалы и оползни, а в результате скола вершины г. Алгарак (Каписдаг) была запружена долина реки и образовалось озеро Гейгель, существующее и по настоящее время; Ванское землетрясение 1646 г. (10 баллов, $M=7.5—7.7$)—образовались глубокие расщелины, а в районе Армянского ущелья возникло озеро, существующее по сей день; Гарнийское землетрясение 1679 г. (8—9 баллов, $M=5.9$)—образовались протяженные разрывы, разрушились горные склоны и вершины, наполнив долины и нарушив во многих местах течение рек; Араратское землетрясение 1840 г. (8—9 баллов, $M=6.7$)—со склонов горы Арарат сорвались покрытые льдами и вечными снегами громадные скалы, наполнившие ущелье и покрывшие село Ажори; в горе Арарат образовалась огромная расщелина, появились широкие разрывы, из которых фонтанировали песок и вода; Ленинканское землетрясение 1926 г. (8—9 баллов, $M=5.7$)—появились равные меридиональные трещины и сбросы с амплитудой до 1 м; Зангезурские землетрясения 1931 г. (8—9 баллов, $M=6.3$) и 1968 г. (7—8 баллов, $M=5.0$)—образовалось множество трещин, обвалов, оползней и осыпей горных пород. В литературных источниках приведены описания эпицентральных зон многих других разрушительных землетрясений, происшедших в исторический период на территории Армянского

нагорья и сопредельных регионов, которые сопровождались многочисленными остаточными деформациями земной коры [8, 9, 12, 13]. Кроме того, в работах последних лет установлено наличие на территории Армянской ССР, вдоль зон крупных региональных разломов сейсмогенных структур, четко выраженных в рельефе в виде различных тектонических трещин, сбросов, обвалов, оползней и других форм [3]. По всей вероятности, они связаны с происшедшими в досейсмостатистическое время разрушительными землетрясениями и фиксируют их эпицентральные зоны.

В вопросе изучения остаточных сейсмодиформаций сильных землетрясений, происшедших на территории Армянской ССР и сопредельных стран, значительную помощь могут оказать методы аэрокосмического зондирования Земли. Дешифрирование аэрокосмических изображений позволяет значительно сократить время поиска сейсмодислокаций, а также изучить территории, недоступные для непосредственных геолого-геофизических наблюдений. Однако необходимо учесть, что при дешифрировании космических изображений часто возникает возможность ложной интерпретации разломной тектоники. Естественная генерализация линейно-вытянутых форм ландшафта создает иногда иллюзию зоны активного разлома, которая на самом деле представляет собой серию ландшафтных образований, формирующих линеамент не разломной природы.

С целью поиска наиболее крупных сейсмотектонических дислокаций, связанных с максимальными по силе землетрясениями, проведено дешифрирование спектрозональных космических изображений и материалов аэрофотосъемки по территории Армянской ССР и всего Армянского нагорья. Для получения предварительных диагностических характеристик использованы методы инструментальной и автоматизированной обработки снимков [1]. В результате аэрокосмодешифровочных работ составлены разномасштабные схемы и карты местоположения предполагаемых сейсмодислокаций (рис. 1).

Крупные сейсмотектонические дислокации неоднократно возникали при землетрясениях, охватывающих Армянское нагорье, например: при Восточноанатолийском землетрясении 1939 г. ($M=8$) возник правосторонний сдвиг длиной 350 км и амплитудой 4,5 м; при землетрясении 1943 г. в Восточной Анатолии ($M=7.6$) образовался разрыв в 270 км; при землетрясении 1953 г. ($M=7.2$) длина разрыва достигла 190 км; при Чалдыранском землетрясении 1976 г. ($M=7.0$) возникло нарушение длиной 53 км и т. д. [12, 13, 14]. Дислокации подобного рода отчетливо дешифрируются на спектрозональных космических изображениях в виде линейных зон концентрации различных деформаций и их совокупностей, четко выраженных в современной структуре и пространственно приуроченных к областям высокой сейсмичности [5]. Выделяемые линеаментные зоны разделяют крупные, различно-построенные блоки литосферы и не столько участвуют в генерации землетрясений, сколько сами формируются в их процессе. Тектонические напряжения накапливаются во всем объеме литосферных блоков, а разделяющие их линеаментные зоны являются областями наиболее контрастного

проявления разрядки этих напряжений, с максимальными смещениями и разрушениями пород при землетрясениях.

На крупномасштабных изображениях вдоль трассы сейсмоактивных линейных зон и в местах их пересечения отдешифрированы гравитационные деформации рельефа в виде крупных блоков пород, сорванных и перемещенных вниз по склону [4]. При наземных исследо-

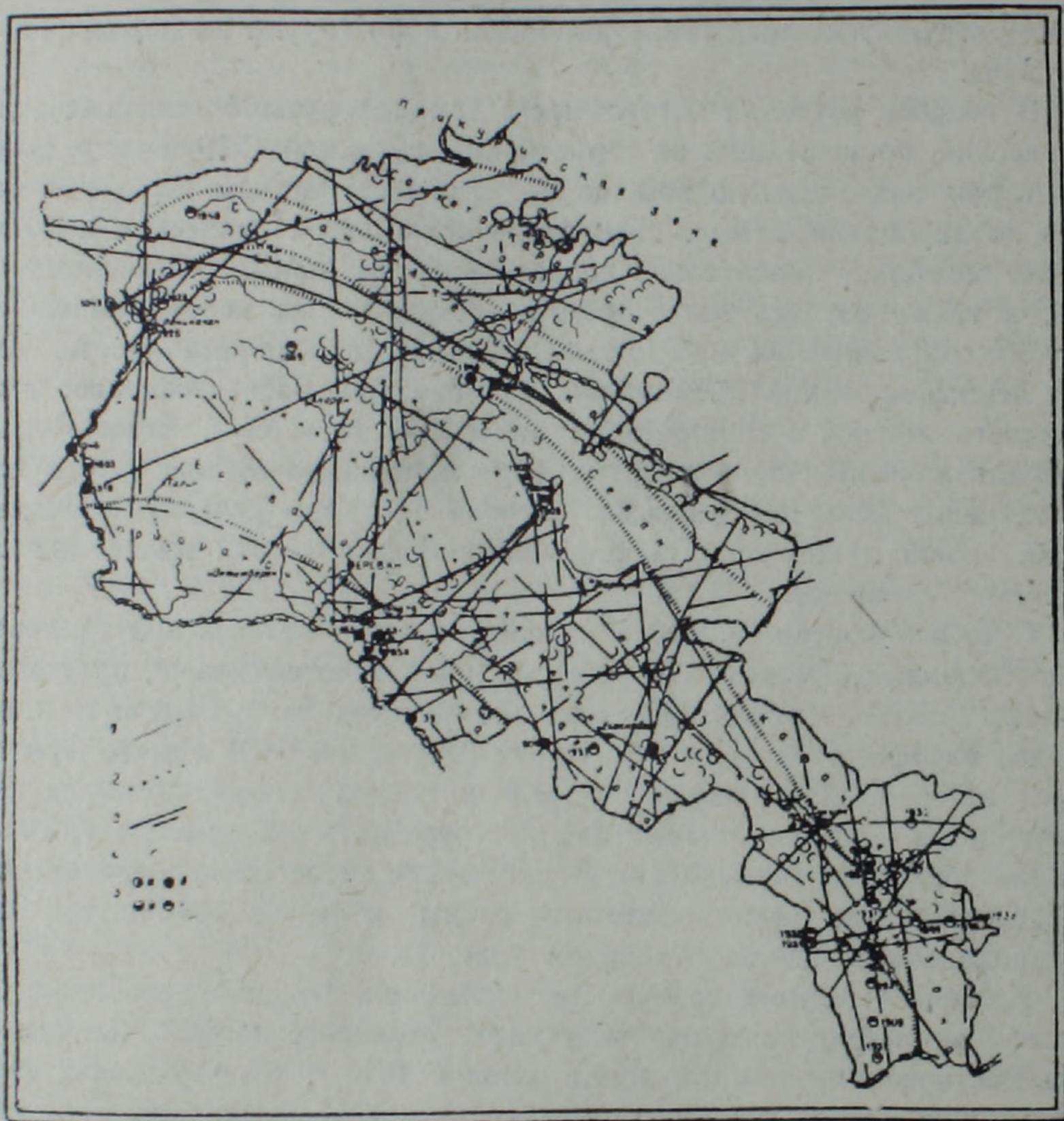


Рис. 1. Схема линейных зон и предполагаемых сейсмодислокаций территории Армянской ССР. 1—границы тектонических зон (тектоническое районирование по А. Т. Асланяну); 2—граница между эвгеосинклинальной и миогеосинклинальной областями Армянской ССР; 3—линейные зоны и линейные зоны Армянской ССР (по А. С. Караханяну и Х. О. Саргсяну); 4—предполагаемые сейсмодислокации; 5—эпицентры землетрясений: а—8—9-балльных; б—8-балльных; в—7-балльных; г—6-балльных.

ваниях выделение подобных образований затруднительно, ввиду их значительных размеров, ненарушенного структурного залегания пород и препарированности эрозионными процессами, что часто приводит к ошибкам при определении их изначального местоположения. Приуроченность сорванных блоков к сейсмоактивным линейным зонам и их узлам, а также к эпицентральной области сильных землетрясений позволяет предположить их гравитационно-сейсмотектоническое проис-

хождение. Сорванные блоки, наряду с другими сейсмогенными деформациями формируют внутреннюю структуру сейсмоактивных линейментов и их узлов, являясь одним из характерных признаков их дешифрирования.

В пределах территории Армянской ССР, по участкам распространения предполагаемых сейсмодислокаций, а также в эпицентральных областях сильных землетрясений прошлого проведены аэровизуальные наблюдения и рекогносцировочные наземные обследования. Аэровизуальные наблюдения и полевые обследования проводились в составе группы, в которую кроме авторов входили: В. П. Солоненко, А. А. Габриелян, О. А. Саркисян, Г. П. Симонян, С. А. Пирузян и др.

Проведенные исследования выявили крупные остаточные деформации предполагаемого сеймотектонического и сейсмогравитационного происхождения на северном и юго-западном склонах Ераносского хребта, к юго-западу от поселка Гарни и к востоку от села Байбурт. Обследованные сеймотектонические дислокации, видимо, соответствуют зоне выхода на поверхность крупного сейсмогенного разрыва, дешифрируемого на аэрокосмических изображениях в виде линеймента северо-восточного простирания и, возможно, относятся к эпицентральной области Гарнийского землетрясения 1679 года (рис. 1).

В районе Сисианского перевала (с. с. Терп, Артаван) обследована обширная область распространения крупных сейсмодислокаций, представленных серией сейсмогенных разломов северо-западного и частично северо-восточного простирания, сейсморвами, воронками, а также многочисленными склоновыми смещениями пород. Сейсмогравитационные и сеймотектонические дислокации выделены в районе сел. Мартирос, Гергер и у города Азизбекова и наряду с сейсмогенными структурами Сисианского перевала, по-видимому, связаны с эпицентральной зоной Вайоцзорского землетрясения 735 г. Деформации рельефа и тектонической структуры возможной сейсмогенной природы выявляются также на Базумском, Памбакском, Севанском и Мургузском хребтах, южном склоне Варденисского хребта, в Кафанском, Мегринском и других районах Армянской ССР (рис. 1). Большинство из обследованных сейсмодформаций приурочено к зонам региональных разломов, крупных линейментов и узлам их пересечения или схождения, фиксируя, по-видимому, напряженную область в осадочном чехле над зонами раскола фундамента.

По данным А. Т. Асланяна, эффективным примером остаточных гравитационно-сеймотектонических деформаций на территории Армянской ССР являются крупные блоковые смещения эоценовых порфиритов в верхнем течении реки Агстев, у села Фиолетово. Здесь, на левом склоне ущелья реки, в нормальном геологическом разрезе эоценовая вулканогенная толща залегает на отложениях верхнего сенона. В нескольких местах эоценовые отложения в виде довольно крупных блоков пород смещаются, полностью перекрывают выходы меловых пород и, достигая поймы реки, залегают на суглинках четвертичного возраста. Контакт блоков эоценовых порфиритов, которые раньше считались секущими, вскрыт при работах по строительству железной дороги Дили-

жан-Кировакан. Сами блоки местами сильно разрушены и превращены в дезинтегрированную массу скальных глыб. Указанные дислокации хорошо дешифрируются на аэровысотных изображениях в виде крупных сорванных блоков, частично задернованных и сглаженных эрозионными процессами. Видимо, вследствие сильного сейсмического толчка, происшедшего в недалеком прошлом, блоки эоценовых порфиритов сместились вниз по склону, запрудив долину реки Агстев и образовали временный озерный бассейн. Небезынтересно отметить, что в комплексе четвертичных отложений указанного бассейна недавно обнаружены остатки вюрмского *Elephas aff. primigenius*, что может помочь при определении возраста самих сейсмодислокаций. В настоящее время намечается проведение высокоточных геодезических наблюдений для изучения современной динамики выделенных дислокаций.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить в регионе крупные, довольно хорошо сохранившиеся, сейсмогенные деформации и зоны их концентрации, которые можно предположительно отнести к эпицентральной области сильных землетрясений прошлого, в том числе и таким, о которых нет исторических и сейсмостатистических сведений. Высокая степень сейсмологической и геолого-геофизической изученности, многовековой сейсмостатистический материал, большой комплекс материалов аэрокосмической съемки и возможность на их основе быстрого и достаточно уверенного поиска района распространения сейсмодислокаций, а также наличие самих сейсмогенных деформаций и хорошая степень их сохранности, создают целый ряд благоприятных предпосылок для применения палеосейсмогеологического метода на территории Армянской ССР.

В то же время необходимо отметить, что при проведении палеосейсмогеологического анализа новых территорий необходимо тщательно проверять применимость ранее использованных признаков диагностики палеосейсмодислокаций, учитывая местные специфические геолого-геофизические условия, оказывающие существенное влияние на возможность возникновения, размеры и сохранность сейсмодислокаций. Указанное в особенности относится к применимости палеосейсмогеологического метода в областях молодой складчатости с резко гетерогенным геологическим строением. В горных областях с интенсивными денудационными и склоновыми процессами образуются различные формы рельефа, внешне весьма сходные с сейсмодислокациями, но имеющие иное происхождение. Существенную трудность представляет и вопрос датировки возраста сейсмодислокаций, являющийся важной стороной палеосейсмогеологического анализа.

Однако, несмотря на существующие сложности, развитие палеосейсмогеологических исследований на территории Армянской ССР в комплексе с историко-геологическим, сеймотектоническим и сейсмологическим методами позволит получить новую информацию по оценке сейсмической опасности. Сопоставление пространственного положения эпицентральных областей древних землетрясений, выявленных палеосейсмогеологическим методом, с современными предоставит возможность определить приуроченность сильных землетрясений к конкретным

структурам, выделить области возможного возникновения очаговых зон (ВОЗ), выявить максимальную степень их сейсмоактивности и тем самым решить некоторые вопросы детального сейсмического районирования территории республики.

Институт геологических наук АН Арм. ССР,

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Арм.ССР Поступила 13. VI. 1984.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т., Дебабов А. С., Караханян А. С., Коровина Т. Л., Усиков Д. А. О возможности применения дистанционного зондирования из космоса для интерпретации пространственного распределения сейсмичности (на примере Анатолийско-Армянно-Иранского региона). Известия АН Арм.ССР, Науки о Земле, № 6, 1981.
2. Борисов Б. А. О значении следов прошлых землетрясений для оценки сейсмической опасности на Большом Кавказе. Бюлл. МОИП, отдел. геол., том 57, вып. 1, 1982.
3. Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмотектоника Армянской ССР. Изд. ЕГУ, Ереван, 1981.
4. Караханян А. С. Выделение крупных оползней, сорванных и гравитационно-сползших блоков пород при дешифрировании космических снимков. Известия вузов, Геология и разведка, № 3, 1981.
5. Коровина Т. Л., Караханян А. С. К вопросу о соотношении сейсмичности с линейными элементами Анатолийско-Кавказско-Иранского сегмента Средиземноморского пояса. Исслед. Земли из космоса, № 6, 1981.
6. Солоненко В. П. Палеосейсмогеологический метод. В кн.: Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового Нагорья. М., Наука, 1966.
7. Солоненко В. П. Сейсмогенные деформации и палеосейсмогеологический метод. В кн.: Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы, Новосибирск, Наука, 1977.
8. Сорокин А. И. Тектонические катастрофы в южной половине Каспия. Известия об-ва обследования и изучения Азербайджана, вып. 1, № 7, 1928.
9. Степанян В. А. Краткая хронология наиболее значительных землетрясений в исторической Армении и прилегающих районах, Ереван, Изд. АН Арм.ССР, 1942.
10. Флоренсов И. А. О неотектонике и сейсмичности Монголо-Байкальской горной области. Геол. и геофиз., № 1, 1960.
11. Хромовских В. С., Солоненко В. П., Семенов Р. М., Жилкин В. М. Палеосейсмогеология Большого Кавказа. М., Наука, 1979.
12. Ithal E. Earthquakes in Turkey, in "Geology and History Turkey". Tripoly, 1971.
13. Berberian M. Contribution of the seismotectonica of Iran (part I. II). Geol. Survey of Iran, № 38, 1975.
14. Tchalenko I. S., Braund J., Berberian M. Discovery of three earthquake faults in Iran: Nature, v. 248, № 5450, 1974.