

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАВЕРТИНОВЫХ ПОЛЕЙ АРМЕНИИ

© 1998 г. Р. А. Мандалян, В. А. Варданян, А. Л. Ананян

Институт геологических наук НАН РА

375019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна 24а, Республика Армения

Поступила в редакцию 19.05.97.

Травертинонакопление – характерный процесс поздний плиоцен-четвертичного этапа развития Армении, приведший к формированию ряда протяженных травертиновых полей мощностью от первых десятков до 80-120 м. Это многофазное явление, имеющее в конечную стадию чисто седиментационную природу, подготовлено сочетанием нескольких геологических факторов, в первую очередь, структурных, литологических, гидрогеологических и вулканических.

Возрастающий в геологическом мире интерес к образованию крупных травертиновых полей связан с исключительной информативностью этого явления в отношении таких важных геологических факторов, как неотектоническая активность и предшествующие ей структурные дислокации, глубинное строение региона, плиоцен-четвертичное осадкообразование и палеогеография, динамика подземных вод и палеогидрогеологическая история, инженерно-геологическая характеристика территорий. Травертинообразование – характерный процесс поздний плиоцен-четвертичного этапа развития Армении, проявленный максимально вдоль Ерахского хребта и предгорной части Араратской котловины (Веди, Арарат). Здесь развиты уникальные по мощности (до 100-120 м), протяженности и чистоте состава залежи травертинов. Являясь качественным сырьем, они нашли широкое применение в большой химии, строительном деле и производстве вяжущих веществ. Другие скопления травертинов (мощностью от 1,5-2 до нескольких десятков метров) развиты в бассейнах рек Раздан, Арпа, Воротан, Охчи, Агстев и Дебет, а также в нескольких пунктах Ширакской котловины (табл.1). Представлены они субгоризонтальными слоями с четко выраженной параллельной слоистостью или же залежами в форме линз, щитов или куполов. Травертины перекрывают разные горизонты геологического разреза от кристаллического фундамента и образований фанерозоя до современных аллювиальных, делювиальных отложений и лавовых потоков. С меньшей интенсивностью это явление в настоящее время протекает в бассейнах рек Арпа, Мармарик, Веди и Азат [3,9,14].

Травертинообразование – сложный и многофазный процесс, обусловленный последовательным сочетанием нескольких геологических факторов. Это наличие погребенных древних карбонатных толщ, последующее растворение их циркулирующими термоминеральными водами, протекавшее особо интенсивно в приразломных участках, а затем подток и разгрузка этих же вод по зонам проницаемости в приповерхностных условиях. Остывание вод, насыщенных HCO_3^- , и быстрая потеря газовой фазы приводит к хемогенному и биохемогенному осаждению кальцита (арагонита) в осадок. Частичным проявлением этого процесса является интенсивная цементация рыхлых аллювиальных, делювиальных и других обломочных накоплений, приводящая к формированию смешанных пород типа

брекчий и конгломератобрекчий с обильным травертиновым заполнителем [14,15]. Рассмотрим основные факторы и предпосылки травертинонакопления на примере территории Армении.

Источник карбонатного материала Анализ геологического строения и литологического состава зон активного травертинообразования, как и подсчет объемов, показывает, что главным (не менее 90-95%) источником CaCO_3 являлись древние карбонатные толщи, развитые по пути миграции агрессивных вод. В Урц-Айоцзорском регионе (юго-западная часть Армении) основная питающая роль принадлежит карбонатным накоплениям среднего-верхнего палеозоя-триаса и верхнего мела при подчиненном значении известняков эоцена, а также верхней юры. Роль последних сильно возрастает в пределах Сомхето-Карабахской зоны и сопредельных участков (Капанский блок, Горисский синклиорий). В пределах Цахкуняцкого антиклинория (Анкаван-Зангезурская подзона) основная питающая роль принадлежит верхнемеловым карбонатным накоплениям. В этом процессе принимали участие также мрамора кристаллического фундамента [2].

Таким образом, наличие в разрезе региона погребенных карбонатных (терригенно-карбонатных, вулканогенно-карбонатных) формаций является обязательным условием будущего травертинообразования. О колоссальных масштабах растворения и переноса можно судить по параметрам травертиновых полей предгорной части Араратской котловины (по линии Двин-Арташат-Веди-Арарат), где было осаждено не менее 1,6-1,8 млрд. тонн травертинов (подсчеты проведены нами на основе сопоставления разведанной части травертинов с общей протяженностью травертиновых полей). С учетом выноса значительной части поступающих гидрокарбонатных вод речной системой и прочими потерями, общее количество привнесенного из глубин карбонатного материала может превысить приведенную цифру в несколько раз. Растворение карбонатных пород сопровождалось формированием полостей, углублений, каверн, воронок и декальцитизацией других осадочных пород (известковые песчаники, алевролиты, глины) и в связи с этим нарушением их физико-механических свойств. Таким образом, в той или иной мере предполагается проявление подземного карбонатного гидротермокарста. Подземная эрозия приводила к частичной дезинтеграции и обрушению карбонатных пород, вымыванию из них песчано-алевритистого и тонкоотмученного глинистого материала.

Структурные предпосылки возникновения травертиновых полей весьма отчетливо выражены в Урц-Айоцзорском регионе, расколотом альпийскими движениями на грабены и горсты, что предопределило возникновение мозаично-блокового строения коры (Двинский, Хор-Виравский, Армашский, Вединский, Урцский и другие блоки) и образование зон проницаемости [6,7]. Это явление контролируется двумя региональными разломами глубокого заложения: Ереванским, который трассируется по линии Кармрашен-Паракар-Ереван-Харберд-Веди-Арпа и Араксинским (Ани-Ордубадским), отчетливо проявленным в направлении Ани-Арташат-Садарак-Ехегнадзор-Вайк. Кроме того в полосе травертинонакопления развиты оперяющие и поверхностные разломы – Арарат-Кадрлинский, Урцадзор-Веди-Норуги-Арташатский и другие. Строение Ерахской антиклинали, к которой приурочены крупнейшие травертиновые поля, нарушено взбросо-надвигами, сбросами, сбросо-сдвигами. Последними границы развития известняков по южному крылу антиклинали смещены, как минимум, на 500 м. Связь травертинонакопления с разломной тектоникой отчетливо проявлена и в Айоцзорском синклиории (Арпинский, Гергерский, Джермукский блоки), в зоне сочленения Капанского антиклинория с Горисским синклиорием (Воротанский и Горисский разломы), полосе Хуступ-Гиратахского разлома у с. Давид-бек.

Сводная характеристика главных травертиновых полей Армении

Структурная позиция и параметры	Установленные дислокации и их типы	Карбонатный первоисточник и типы термальных вод
<i>Еревано-Вединский синклинорий</i> (включая структуры второго порядка – Ерахская, Джерманисская антиклинали, Чатминская синклиналь) и <i>Среднеараксинская межгорная впадина</i> . Араратское и Вединское травертиновые поля (мощность до 100-120 м, протяженность до неск. км) и другие залежи мощностью до 10-12 м	Араксинский и Ереванский глубинные разломы СЗ простирания и преимущественно сбросового характера с амплитудами соответственно 1000 и 2000-4000 м	Известняки палеозоя-триаса, верхнего сенона и в меньшей мере – эоцена, а также верхней юры-неокома. Гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-кальциево-натриевые воды.
<i>Ехегнадзорский синклинорий</i> и его стык с <i>Айодзорским антиклинорием</i> . Басс р Арпа; Аренийское, Агаракадзорское, Джермукское травертиновые поля, мощность от 5 до 34 м, протяженность значительная.	Ани-Ордубадский глубинный разлом СЗ простирания, с которым связаны многие очаги новейшего вулканизма С СЗ синклинорий ограничен Анкаван-Зангезурским глубинным разломом общекавказского направления с амплитудой смещения от 0,5 до 2,5 км.	Карбонатные породы палеозоя-триаса, верхнего мела и нижнего эоцена. Гидрокарбонатно-кальциево-магниевые и гидрокарбонатно-кальциево-натриево-магниевые и гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевые воды.
<i>Цахкуняцкий горст-антиклинорий</i> : Арзаканское, Бужаканское, Арзнийское поля, мощность от 10 до 55 м, площадь большая (басс. р Раздан); Спитакское поле, мощность до 20 м, площадь значительная.	Серия разломов, ограничивающих горст-антиклинорий с 3 сторон: Мармарикский, Разданский и др.; Памбак-Севанский (субширотный) и Арагац-Спитак-Привольненский (субмеридиональный) глубинные разломы с амплитудами смещения соответственно 0,6 и 0,5-2 км	Преимущественно карбонатные накопления верхнего мела, а также мрамора метаморфического комплекса, сарматские известняки и мергели. Гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевые воды.
Области сочленения <i>Сомхето-Карабахской зоны</i> с молодыми структурами: Севано-Ширакским синклинорием (Агарцинское поле, мощн. до 10 м) и Горисским синклинорием (Татевское поле, мощн. до 32 м, площадь развития большая, басс р Воротан)	1. Мурхузский глубинный разлом – взбросо-надвиг СЗ простирания, амплитуда 1000-1200 м. 2. Воротанский разлом сбросового характера. Сочленяется с Хуступ-Гиратахским разломом глубокого заложения, имеющим взбросовый характер и амплитуду смещения более 1000 м	Преимущественно карбонатные породы верхней юры-неокома. Гидрокарбонатно-кальциевые воды

Итак, тектонические трещины являются главными путями интенсивной циркуляции вод и в этом процессе фактор раздробленности карбонатных пород в зонах разрывных дислокаций с большими амплитудами смещения приобретает важное значение. При этом, безусловно, имеется в виду, что разгрузка термальных вод непосредственно связана с тектонической активизацией, возникшей в полосе проявления предшествующих структурных дислокаций. Зоны дробления, в особенности участки их пересечения, являются также местами очистки растворов от углекислоты, после чего выпадение карбонатов в приповерхностных условиях происходит возрастающими темпами. Весьма отчетливо омоложение региональных разломов неотектоническими движениями проявлено в зоне Спитакского землетрясения 1988 г., где сейсмогенный разлом наследует зону древней сейсмотектонической дислокации [11]. Специальные наземные и аэрокосмические исследования разломов эпицентральной зоны здесь показали, что некоторые из них развивались весьма активно в четвертичный период и Спитакское землетрясение отнюдь не исключительное проявление такой активности [12]. Следы неотектонических движений диагностируются и по сочетанию других признаков: развитию систем субпараллельных и других незалеченных трещин в блоках осадочных пород, отслоению и отторжению отдельных блоков известняков, формированию стенок отрыва и по ним сбросо-обвалов, другой активизации гравитационных процессов в коренных породах, а также деформаций речных террас. Комплекс этих явлений наблюдался авторами в бассейне р. Арпа (окрестности сел Арени, Агаракадзор и райцентра Ехегнадзор), где развиты травертины мощностью от нескольких до 34 м. Выражением неотектонических движений является и само явление интенсивной "травертинизации" современных делювиальных (в особенности склоновых) и аллювиальных обломочных накоплений — брекчий, конгломератобрекчий, конгломератов, протекающее с формированием смешанных пород (Веди, Ехегнадзор, Арзакан) в нижней части травертиновых полей. С этих же позиций показательно присутствие травертинов во многих сейсмоактивных зонах: Спитакской, Веди-Араратской, Двинской, Горис-Татевской. Заслуживает внимание и сам механизм становления больших мощностей (до 100-120 м) травертиновых накоплений, возможный благодаря компенсации осадкообразования проседанием.

Гидрогеологические предпосылки. Области травертинообразования Армении прошли сложное геологическое развитие, завершившееся новейшими тектоническими движениями, общим подъемом территории и развитием инфильтрационного гидрогеологического режима, когда по зонам проницаемости вглубь устремились огромные массы вод. Этому способствовали влажные климатические условия, значительная разница в абсолютных отметках водоразделов и областей разгрузки и, конечно же, наличие дизъюнктивных нарушений. В результате взаимодействия нисходящих вод с погребенными карбонатными накоплениями формировались гидрокарбонатные воды и их смешанные разновидности. По всей вероятности, они периодически смешивались с восходящими из погруженных частей водоносных горизонтов нагретыми водами. Изменение химизма и увеличение минерализации вновь сформированных подземных вод прежде всего находится в зависимости от избытка двуоксида углерода (CO_2) в газовой фазе раствора, мощности и фильтрационных способностей вмещающих их карбонатных толщ, температуры вод. Активизация глубинных разломов новыми подвижками способствовала разгрузке на поверхность вновь сформированных термоминеральных вод. Масштабы накопления травертинов прямо связаны с интенсивностью и продолжительностью их поступления. На состав вод накладывала отпечаток тектоно-вулканическая активи-

зация. К примеру, Джермукские воды, температура которых доходит до 64°C , обладают большей растворяющей способностью, чем Араратские, и возможностью частично растворять силикатные минералы [3]. Вследствие этого древнечетвертичные травертины Джермука в среднем содержат $7,8\%$ SiO_2 , а современные, т.е. формирующиеся на наших глазах – порядка $1,5\text{--}2\%$. Цифра эта немалая, если учесть слабое развитие кремнезема ($0,2\text{--}0,8\%$, изредка $>1\%$) в большей части травертиновых полей предгорной части Араратской котловины [14]. Существенно и изменение химического состава вод – от гидрокарбонатно-кальциево-натриевого к преобладающему гидрокарбонатно-кальциевому типу.

Вулканическая активность в рассматриваемом процессе является благоприятным фактором, на что указывают конкретные примеры. Как известно, одним из обильных компонентов фумарольных газов является двуоксид углерода (CO_2) и низкотемпературные фумаролы обычно насыщены им. Источники, содержащие обильно растворенный карбонат кальция, могут формировать травертиновые купола и уступчатые террасы, как это имело место в Йеллоустонском национальном парке (Маммот-Хот-Спрингс) и некоторых вулканических полях Новой Зеландии (Розовая и Белая террасы) [13]. Углекислый газ может образоваться и при прокаливании известняков магматическим теплом, а также при превращении карбонатных минералов в карбонатно-силикатные образования. Одним из примеров взаимодействия магматического расплава с карбонатными накоплениями является формирование волластонита, протекающее с обильным выделением CO_2 . Реакция эта имеет начало с 400°C при давлении в 1 кб, а с его повышением смещается в область высоких температур (до 800°C). Близкий к этому способ формирования огромного газового столба имел место при извержении Везувия в 1906 г. [13]. Как известно, на глубине, в зоне проявления этого вулкана развиты карбонатные породы, часть которых, испытав преобразования, была при извержении выброшена на склоны вулкана.

Вулканогенно-травертиновый парагенезис проявлен в некоторых областях развития четвертичного вулканизма Армении. К примеру, у с. Нор Гехи, где пористые и трещиноватые травертины (мощн. 3 м) залегают непосредственно на андезито-базальтах и их контактах с долеритовыми базальтами. Подобное же соотношение наблюдается в правобережье Дзорагет (в 1 км к северо-востоку от с. Куртан), где пласт травертинов мощностью 1,5 м прослежен по кровле четвертичных базальтов на расстоянии 100 м. Очень отчетливо это проявлено в басс. р. Ахурян, в 1,5 км к юго-западу от с. Кошаванк, где пласт травертинов мощностью 1,2 м развит на вершине шлакового конуса [10]. По склону этой же вершины (1497 м) травертины перекрываются среднечетвертичными туфами. В полосе Джрвежского разлома (юго-восточные окрестности Еревана) развиты травертины, цементирующие вулканические брекчии и туфоконгломераты нижней части покрова долеритовых базальтов. В целом же вулканогенно-карбонатный парагенезис, проявленный фрагментарно и маломощно, не является определяющим в формировании мощных травертиновых полей Армении, хотя воздействие вулканических очагов в ряде случаев, безусловно, имело место. Прежде всего, оно связано с мофеттовой стадией газовой выделений, которая может функционировать долго – на протяжении многих десятилетий, иногда – столетий. В большей мере это относится к случаям формирования травертинов в прикратерных озерах. С другой стороны, интенсивная вулканическая деятельность с наращиванием мощностей потоков и покровов может привести к залечиванию тектонических трещин и тем самым сильно снизить поступление гидрокарбонатных вод на поверхность. Косвенное участие вулканизма в

рассматриваемом процессе состоит также в подпруживании речек лавовыми потоками и другими преобразованиями рельефа, приводящими к формированию озер и полузамкнутых чаш, необходимых для развития протяженных травертиновых полей.

Седиментационная обстановка. Судя по особенностям строения и парагенезису, непосредственная садка травертинов имела место в водной (озерной, русловой), сухой или слабообводненной (склоновой, долинной) и смешанной (небольшие пересыхающие болота) обстановках. Это обстоятельство прямо сказывалось на таких свойствах формирующихся травертинов как мощности, протяженность, макротекстуры, наличие песчано-глинистой примеси, некоторые особенности химизма. В связи с этим поясним, что озерным травертинам (Веди, Арарат, Арзакан) присущи максимальные мощности, большая протяженность (до 1,2-2,2 км) и чистота состава (содержание $\text{CaO} \geq 52-55,5\%$). Они характеризуются также четко выраженной параллельной слоистостью, наличием в отдельных горизонтах окатаннозернистой песчано-алевритистой примеси, присутствием раковинок пелеципод, гастропод, скелетов рыб и желвачков синезеленых водорослей. Травертины характеризуются мелко-микрозернистой, а также оолитоподобной и пизолитовой структурами. В нижней, реже средней частях подобных залежей развиты две смешанные разновидности травертинов. Брекчиевая разность представляет собой пятнистую породу, состоящую из обломков микрозернистых, шламово-микрозернистых, мелкодетритовых известняков, а также мергелей, погруженных в травертиновый цемент. Форма обломков удлиненно-таблитчатая, трапецевидная, реже округлая. Размеры обломков находятся в пределах 1,5-5 см × 3-4 см и изредка достигают величин 7-10 см и более. Лишь в 15-20% обломков обнаруживается разной степени окатанность. Судя по форме, можно предполагать, что в их составе присутствует материал карстовых брекчий. Цветные брекчии представляют собой пестроцветную породу, в которой развиты следующие петрографические типы неокатанных (преобладают) и полуокатанных обломков: серые и красные известняки (40-70%), серые мергели (15-25%), лиловые, бурые и серые древние эффузивные породы основного-среднего состава (20-50%); серые и красноватые силициты (0-15%).

Другая группа травертиновых накоплений, образованная в сухой или слабо обводненной обстановке, имеет гораздо меньшую протяженность и мощность. Она характеризуется сочетанием следующих свойств: массивной, псевдообломочной и пятнистой текстурой, повышенной пористостью и кавернозностью, острорребристым изломом, темно-серой окраской, частым наличием буро-коричневых и красных (от ожелезнения) полос и зон. По конфигурации это купола, щиты и массивы, напоминающие внешние биогермы.

Отметим унаследованный характер ряда особенностей химического состава травертинов. В частности, это относится к обширным Араратским травертинам, унаследовавшим чистоту карбонатных толщ среднего-позднего палеозоя в отношении вулканомиктовой примеси и темных минералов в составе обломочной примеси. В этом же смысле интересно повышенное содержание стронция (0,3-0,1%) в некоторой части джермукских травертинов, что связано с повышенным содержанием целестина и стронцианита в составе "питающих" известняков палеогена и верхнего мела бассейна р.Аракс [16,17].

Травертинообразование является сложным примером аллохтонного карбонатакопления, присущим поздний плиоцен-четвертичной геологической ситуации Армении, и проявлением низкотемпературного гидротермно-осадочного седименто- и литогенеза. Несомненно, подобные геологические ситуации возникали и в прошлые геологические эпохи и в этой

связи представляется загадочным отсутствие в геологическом разрезе Армении древних травертинов, к примеру, верхнеюрских-неокомских или послемаастрихтских, т.е. образованных вслед за двумя глобальными эпохами карбонатакопления и последующей складчатостью. Объяснение этому следует искать в интенсивных преобразованиях древних травертинов с превращением их в мрамора, известковые скарны и кальцифиры. И подвергаясь растворению, они, видимо, вовлекались в новый, ступенчатый этап травертинообразования. В связи с этим отметим необязательную приуроченность гидротермокарста к континентальным перерывам. Что касается возможной разгрузки гидрокарбонатных вод в шельфе мелководных морей, то в силу обезличенности это явление не поддается конкретному учету в общем балансе травертиноаккумуляции.

Работа выполнена в рамках темы 96-135, финансируемой из госбюджета Республики Армения.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՐԱՎԵՐՏԻՆԱՅԻՆ ԴԱՇՏԵՐԻ ՉԱՐԳԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐՆ ՈՒ ՆԱԽԱԴԻՅԱԼՆԵՐԸ

Ռ. Ա. Մանդալյան, Վ. Ա. Վարդանյան, Ա. Լ. Անանյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Տրավերտինաառաջացումը Հայաստանի պլիոցեն-չորրորդական ժամանակաշրջանի երկրաբանական զարգացման բնորոշ պրոցեսներնց մեկն է, որի շնորհիվ ձևավորվել են մի շարք խոշոր տրավերտինային դաշտերը՝ 7-10 մինչև 80-120 մ հզորությամբ:

Տրավերտինաառաջացումը բազմափուլ երևույթ է և կապված է որոշակի երկրաբանական գործոնների հետ՝ լիթոլոգիական, կառուցվածքային, ջրաերկրաբանական և այլն, վերջնական փուլում կրում է լոկ նստվածքակուտակման բնույթ: Որպես սկզբնաղբյուր են հանդիսանում խորքում տեղակայված պալեոզոյ-տրիաս-վերին-յուրա-նեոկոմ, վերին կավճի և մասսամբ էոցենի հասակի կարբոնատային ապարները, որոնք լուծվելով թերմոմիներալային ջրերում, հետագայում բեռնաթափվում են մակերեսային պայմաններում: Ջրերի շրջապտույտի համար լավագույն ուղիներ են հանդիսանում տեկտոնական բազմաբնույթ ճեղքերը:

Թերմալ ջրերի բեռնաթափումը կապված է նաև երկրակեղևի նեոտեկտոնական ակտիվացման այն գործոնների հետ, որոնք կրել են հնագույն կառուցվածքային փոփոխություններ: Այս տեսանկյունից հատկանշական են տրավերտինի առկայությունը սեյսմոակտիվ գոտիներում, (Սպիտակ, Վեդի, Արարատ, Դվին, Գորիս-Տաթև):

Դատելով կառուցվածքային առանձնահատկություններից և պարագենեոգենի տրավերտինների անմիջական նստվածքաառաջացումը կատարվել է ջրային (լճային, հունային) և չոր (լանջային, հովտային) պայմաններում:

CONDITIONS FOR FORMING TRAVERTINE FIELDS IN ARMENIA

R. A. Mandalyan, V. A. Vardanyan, A. L. Ananyan

A b s t r a c t

Travertine accumulation is a characteristic process for the Late Pliocene-Quaternary evolution of Armenia. This process has resulted in forming of a series of

vast travertine fields with thickness from 10 to 80-120 m. This multi-phase phenomenon, which was purely sedimentary one at the final stage, was prepared by a combination of a number of geological factors such as, in the first place, structural, lithological, hydrogeological and volcanic ones.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян Т.А., Мандалян Р.А. Поздний плиоцен-четвертичные отложения. В кн.: Карбонатные породы Армении. Ереван: Изд.АН Армении, 1993, с.155-160.
2. Агамалян В.А. Докембрий-нижний палеозой. Геология Армянской ССР, т.5. Литология. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1974, с.9-57.
3. Ананян А.Л. Гидрогеологическая и геотермическая характеристика района курорта Джермук. Автореф.дисс. на соиск.уч.ст.канд.геол.-мин.наук. Тбилиси-Ереван, 1963, 31с.
4. Ананян А.Л., Каплян П.М. О природе карбонатных отложений Агарцинского ущелья. – Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, т.ХІХ, №4, 1966, с.79-82.
5. Багдасарян Г.П. К истории тектонического развития Памбакского хребта. – Изв.АН АрмССР, сер. физ.-мат., естеств. и техн. наук, т.ІІІ, №2, 1950, с.121-133.
6. Варданян А.В. Разломно-блоковая тектоника Урц-Вайоцдзора. – Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, 1978, №6, с.35-44.
7. Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника Армянской ССР. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1981, 283с.
8. Геология Армянской ССР, т.7. Неметаллические полезные ископаемые. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1966, с.257-295.
9. Демехин А.П. Минеральные воды бассейна реки Арпа. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1958, 154с.
10. Лейе Я.Б., Ширинян К.Г. Об озерных отложениях и новейших вулканических продуктах Агинского района. Тр.Арм.геол.упр., №1, Ереван: 1957, с.126-132.
11. Караханян А.С. Результаты наземного и аэрокосмического изучения активных разломов и сейсмогенных деформаций Спитакского землетрясения 1988г. – Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, №3, с.20-24.
12. Караханян А.С. Некоторые особенности активной тектоники зоны Спитакского землетрясения 1988г. – Изв.АН Армении, Науки о Земле, 1992, №1, с.3-11.
13. Макдональд Г. Вулканы. М.: 1975, 431с.
14. Мандалян Р.А., Варданян В.А. К проблеме травертинообразования Ерахского хребта. – Изв.НАН РА, Науки о Земле, 1995, №2-3, с.39-44.
15. Паффенгольц К.Н. Геология Армении. М.-Л., 1948, с.355-358.
16. Садоян А.А., Мкртчян Г.М. Био-хемогенный целестин в палеогеновых отложениях Армянской ССР. Литология и полезные ископаемые. 1980, №6, с.80-87.
17. Сатиан М.А., Мкртчян Г.М. Стронций в карбонатных породах верхнего мела Армении. – Зап.Арм.отд.ВМО, Вып.5, Ереван: 1972, с.176-183.