Р. А. МАНДАЛЯН

О ВУЛКАНОГЕННО-КАРБОНАТНОМ ПАРАГЕНЕЗИСЕ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ)

Вулканогенно-карбонатный парагенезис относится к сложному типу вулканогенно-осадочного сонахождения. Имея большую линейную протяженность, он возникает в разной седиментационной обстановке—от океанических глубин до материковой отмели и локально в континентально-озерных условиях. В каждом случае наряду с общими чертами ему присущи местные особенности, обусловленные сочетанием седиментационных (батиметрия, климат, скорость накопления осадков) и вулканических (форма и периодичность проявлений, состав продуктов) предпосылок. Детальный анализ вулканогенно-карбонатного парагенезиса, проведенный на примере формаций верхней юры неокома Малого Кавказа, позволяет приблизиться к расшифровке этого сложного явления. Его познание важно и применимо во многих отраслях науки о Земле—как региональных, так и практических.

Устойчивое пространственное сонахождение вулканических продуктов и карбонатных накоплений в пределах единой серии или мощного горизонта принадлежит к числу неординарных геологических явлений. Оно по существу образовано двумя породными компонентами, качественно разными по своей геологической природе—источнику вещества, составу, термодинамическим условиям формирования, механизму и скорости наращивания мощностей. Вулканогенно-карбонатному парагенезису присущи особенности, отличающие его от иных типов вулканогенно-осадочного сонахождения: вулканогенно-обломочного, терригенно-пирокластического, кремнисто-вулканогенного. Отметим главные из них.

—Сам по себе состав карбонатных накоплений как среды, способной к активным обменным процессам, включая нейтрализацию кислых вулканических терм.

—Возможность наращивания мощностей путем быстрого (по сравнению с органогенно-хемогенным осаждением) роста органогенных построек на вулканическом основании.

Вулканогенно-карбонатный парагенезис формировался во все геологические эпохи—от допалеозоя до исторического времени. Он возникал в разной палеогеографической обстановке—от больших глубин бассейна до шельфа и локально—в континентально-озерных условиях. В палеозое Саяно-Алтайской области его линейная протяженность достигала 600 км, в верхней юре Малого Кавказа—не менее 200 км. В условиях повышенной вулканической активности карбонатонакопление было отчетливо проявлено в отложениях силура-девона Северного Урала, в верхнем палеозое Приморья, поздней юре Сахалина,

Чукотки и Корякского нагорья, верхнем мелу Динарид. Подчеркнем, что подобные пространственные сочетания, как правило, переходят в чисто карбонатные накопления, имеющие региональное или глобальное развитие. В современную эпоху вулканогенно-карбонатный парагенезис развит на больших площадях в вулканической островной дуге Меланезии (Новые Гебриды, архипелаг Бисмарка, Соломоновы острова), просторах Гавайского архипелага, вулканических островах Индийского океана, а также в ряде областей Атлантики и Средиземноморья. Во многих из них и в настоящее время действуют подводные вулканы и формируются поля сольфатар. В геологической практике этот вопрос стал детально обсуждаться в связи с находками реликтов известняков в потоках подушечных лав. В связи с этим Гики и Стрехем (1898), Харкер (1909) и их последователи развили тезис о захвате донных осадков при растекании пиллоу-лав и внедрении вулканического расплава в карбонатные илы морского дна. С аналогичных позиций эти вопросы детально обсуждены в известной работе Р. Шрока (1940) «Последовательность в свитах слоистых пород». Впечатляет развитие этого парагенезиса в мощной (до 3 км) вулканогенно-карбонатной серии кембрия Тувы, изученной В. П. Масловым [11]. Известняки этой серии, представленные главным образом водорослевыми биогермами мощностью порядка 500—600 м и реже 800 м, выклиниваются и пространственно замещаются вулканическим материалом с линзами карбонатных накоплений. Эпизодическое развитие последних В. П. Маслов связывал с угнетающим воздействием вулканизма на условия жизни организмов. При анализе геологической обстановки он проводил аналогию с современными рифовыми накоплениями острова Рождества, которые перемежаются в залегании с лавами и пирокластами. Эта работа является крупной вехой на пути познания вулканогенно-карбонатного парагенезиса. Дальнейшая разработка вопроса в большей мере связана с развитием литолого-формационного анализа и учения о вулканогенно-осадочном седименто- и литогенезе. В связи с классификацией вулканогенно-карбонатных формаций, помимо вопросов их строения и металлогении, И. В. Хворова [14] обращает внимание на другую особенность состава, проявленную в интенсивной карбонатизации лав и пирокластов. При анализе геосинклинального карбонатонакопления мезозоя Западного и Центрального Средиземноморья и ряда районов Атлантики И. В. Хворова [15] подчеркивает два важных обстоятельства: климатическую обстановку и пространственное размещение относительно крупных структурных зон земной коры. Карбонатонакопление было широко распространено в экваториально-тропическом поясе и сосредоточено главным образом вдоль пассивных континентальных окраин и на внутригеосинклинальных, преимущественно вулканических поднятиях. По своим главным особенностям известняковые толщи, сформированные на внутрибассейновых вулканических поднятиях мало чем отличаются от аналогичных накоплений, образованных на структурах с континентальной ко-

рой, где вулканизм отсутствует. «Следовательно, нет оснований привлекать вулканогенный источник для образования карбонатов» — заключает И. В. Хворова. Очень интересные детали вулканогенно-карбонатного парагенезиса были распознаны Р. Гаррисоном в эоценовой серии полуострова Олимпик (США, штат Вашингтон). При описании горячих контактов между диабазами и подушечными базальтами с пелагическими известняками им был проанализирован ряд моделей их пространственного сонахождения и показаны преобразования донных осадков [17, 18].

Эти и другие сложные стороны вулканогенно-карбонатного парагенезиса изучались автором на примере верхнеюрских-неокомских формаций Малого Кавказа, развитых в Сомхето-Карабахской зоне, Кафанском и Базумском антиклинориях [4—10]. Весьма показательно, что в Малокавказском бассейне сохранилась литологическая специализация позднеюрской эпохи — обильное карбонатонакопление, присущее обширным пространствам Тетиса и его периферий. Вместе с этим здесь отчетливо выражена и местная специфика этого глобального явления в связи с интенсивным синхронным вулканизмом. Она проявлена в следующем.

— Сокращении площади карбонатной седиментации и первичном выклинивании осадков в связи с ростом внутривосстановительных вулканических поднятий.

— Частичном разубоживании карбонатных осадков вулканокластическим материалом и формировании двух разновидностей смешанных пород в зависимости от типа вулканической деятельности: карбонатно-гидрокластических и карбонатно-пирокластических накоплений, включая туфоизвестняки.

— Механическом и термально-гидрохимическом воздействии вулканической расплава, давшего потоки подушечного и компактного строения, на донные осадки, что приводит к разубоживанию последних, нарушению линейности, а в конечном итоге к вторичному выклиниванию. Одновременно происходит ускоренное (и временное) обезвоживание осадков, их ранняя перекристаллизация, слабая гематитизация и окремнение.

Расширению представлений о вулканогенно-карбонатном парагенезисе способствовало осуществление глубоководного бурения и драгировки, картирование донных отложений с применением геофизических методов и подводного фотографирования. Здесь налицо особенности глубоководной обстановки — замедленная скорость накопления планктоногенных осадков, длительное пребывание их в нелифифицированном состоянии, существование в океане батиметрического контроля, связанного с уровнем карбонатной компенсации. Показательна также устойчивость микропланктона в отношении термального воздействия вулканизма. Р. Гаррисон, Дж. Хейн, Т. Андерсон [19], изучавшие это явление в области развития подушечных базальтов Срединно-Атлантического хребта, объясняют его наличием защитной органической пленки. Это увязывается с экспериментальными дан-

ными, согласно которым раковины фораминифер легко выдерживают температуры порядка 500°C. Своеобразные породы, образовавшиеся в результате смешения и спекания кокколито-фораминиферовых илов с базальтовыми шлаками, описаны в образцах, поднятых из района Азорских островов (Гипп, 1962). При этом имело место обогащение карбонатных осадков лейкоксеном. Безусловно, в каждом крупном участке материковых окраин (поднятиях, впадинах, континентальном склоне) существуют характерные структурно-магматические и ландшафтно-климатические условия, порождающие свои формы вулканогенно-карбонатного парагенезиса. В связи с изучением карбонатных отложений, вскрытых глубоководными скважинами вдоль северо-западного побережья Африки (41-ый рейс «Гломара Челенджера»), П. П. Тимофеев и В. В. Еремеев [13] отмечают своеобразие накоплений, испытавших привнос вулканогенного материала. В их составе присутствуют две главные разновидности.

—Фация органогенных осадков зоны активного влияния вулканизма характеризуется наличием прослоев вулканического пепла. Соответствующий ей генетический тип—мел наносоставляющий с прослоями тонкой пирокластики и первичной горизонтальной слоистостью, нарушенной ходами илоедов.

—Фация органогенно-глинистых осадков зоны влияния вулканизма, включающая генетический тип мергеля наносоставляющего с прослоями глины, обогащенной вулканическим пеплом. Оба типа накоплений характеризуются постоянным присутствием вулканического стекла, минералов группы цеолитов, а также амфибола и пироксенов.

Глубоководные осадки характеризуются незначительным развитием доломитовых накоплений, что подтверждается результатами программ «Мохоул» и «Гломар Челенджер». Согласно представлениям А. И. Конюхова [2] биогенное карбонатонакопление широко представлено на островных вулканических дугах, прежде всего остаточных,—ряде подводных хребтов в Филиппинском море, островных шельфах Новогебридской и Новобританской дуг и других активных и остаточных дугах южной приэкваториальной зоны на западе Тихого океана. На островах, приуроченных к вершинам подводных вулканических хребтов, развиты коралловые рифы со слоями органогенно-детритовых и оолитовых известняков, а также рыхлые пляжевые и дюнные накопления, содержащие пепел и вулканический песок (Энциклопедия региональной геологии мира, 1980).

Таким образом, анализ вулканогенно-карбонатного парагенезиса важен при изучении многих геологических явлений. В свете изложенного рассмотрим его основные научно-практические положения, методически разработанные автором на примере верхней юры-неокома Малого Кавказа с учетом данных по другим регионам.

Панорама сонахождения карбонатных накоплений и вулканигов характеризуется многократной пространственной сменой двух ее составляющих компонентов. Систематизация этого явления, основан-

ная на скрупулезном полевом изучении, показывает развитие двух главных форм пространственных взаимоотношений: согласных (холодных) и несогласных (горячих). Первые возникают при налегании карбонатных илов на уже остывшие потоки лав подушечного или компактного строения. В зависимости от характера карбонатонакопления в этом случае возникают два типа пространственных сочетаний.

—Путем наращивания органических построек различной мощности на вулканическом цоколе.

—В связи с органическим и хемогенным осаждением известковых осадков на поверхности вулканического тела с выполнением неровностей и дальнейшим проникновением (сползанием) илов вглубь потока по трещинам и межподушечному пространству.

Возникновение несогласных (горячих) контактов связано с локализацией вулканического расплава в толще карбонатных осадков и наддонном пространстве. В этом сложном явлении важную роль играет совокупность таких факторов как рельеф дна, места заложения расколов, подводных вулканический расплав к осадкам, мощности последних и параметры растекающих по ним потоков, периодичность излияний. В деталях это выглядит следующим образом.

1. Субгоризонтальное растекание вулканического расплава по кровле осадков с разрыхлением последних, частичным разубоживанием (до 20—35 см по глубине) и вбиранием осадков в подошве формирующегося потока.

2. Растекание вулканического расплава по толще карбонатных илов в условиях крутого рельефа дна, при котором имеет место проникновение (интродирование) языков вулканического расплава во влажные осадки. Вместе с этим происходит смещение осадков по направлению движения потока, их вбирание или выталкивание вбок. При этом возникают разные формы их прислонения к элементам остывающего потока, в том числе карбонатные оболочки и полусферы, облегающие шар или подушку.

3. Полная локализация вулканического расплава в массе обводненных и в разной степени уплотненных осадков с интенсивным разубоживанием последних. В этом случае от донных осадков сохраняются лишь обрывки пластов, растасканные линзы, бесформенные образования, а также карбонатные оболочки, сваренные с «пиллоу» и испытавшие перекристаллизацию.

Формирование смешанных пород связано с разубоживанием карбонатных накоплений вулканическим материалом и отчетливо контролируется самой формой вулканических проявлений. С трещинными излияниями базальтов и андезитов связано обогащение карбонатных осадков гиалокластитовым материалом, причем это осуществлялось двояким путем:

—В связи с привносом течениями частично отсортированного гиалокластитового материала песчано-алевритовой размерности.

—В результате охлаждения и дезинтеграции шаров и подушек непосредственно в зонах развития карбонатных накоплений.

Первые формируют слоистые толщи, вторые наряду с горизонтально залегающими телами слагают также накопленные линзы и пропластки, рассеянные в вулканическом материале. Состоят они из смеси карбонатных илов с гналокластитовым материалом, образованным в процессе щелушения и дробления стекловатых корок подушечных лав. Он представлен апогиалиновыми обломками и осколками интенсивно хлоритизированного и монтмориллонитизированного вулканического стекла. В соизмеримом количестве в составе вулканической примеси имеются мелкие фрагменты с диабазовой, интерсертальной и пилотакситовой структурой, а также крупные обломки внутренних частей подушек. Кроме обогащения вулканической примесью и минеральными новообразованиями (халцедон, лейкоксен, хлориты, цеолиты, смектиты) карбонатный материал испытывает неравномерно проявленную перекристаллизацию. В итоге формируется следующий пространственный ряд: подушечная лава с реликтами карбонатного осадка—известковистый (доломитистый) гналокластит—смешанная карбонатно-лавокластическая порода-известняк (доломит). В разрезе вулканогенно-карбонатной формации верхней юры-неокома Сомхето—Карабахской зоны суммарная мощность подобных смешанных накоплений колеблется в пределах 10—250 м. Формирование следующей разновидности смешанных пород обусловлено извержениями вулканов центрального типа, большая часть которых возвышалась над уровнем моря, а также гидроэксплозиями. С этими факторами связано поступление в водную среду и непосредственно в осадки значительных объемов пирокластики, в составе которой по мере удаления от вулканических очагов преобладающим становится витрический и кристаллокластический компонент. Возникают сложные фациальные соотношения, выраженные пространственным рядом известковый туф-туфоизвестняк-известняк. В разрезе мощной (до 2,6 км) карбонатно-вулканогенно-обломочной формации верхней юры-неокома Кафанского антиклинория суммарная мощность туфоизвестняков и карбонатно-пирокластических образований находится в пределах 50—150 м. Формирование этой же разновидности смешанных пород может иметь место в связи с интенсивной эксплозивной деятельностью отдаленных вулканов. Примером служат осадочно-телепирокластические формации, в которых отсутствуют эффузивы и литокластические туфы, однако большое развитие имеют пепловые туфы и туффиты.

Вулканизм и формирование карбонатных пород. По своей химической природе это сочетание на первый взгляд кажется противоречивым. Кажущееся несоответствие состоит в значительной щелочности морской воды, необходимой для осаждения известково-доломитовых накоплений, и раскисляющем воздействии вулканических эманий. Механизм этого противодействия регулируется явлением ней-

трализации последних, которое включает три типа реакции (Страхов, 1962):

—непосредственное усреднение HCl и H_2SO_4 карбонатами морской воды;

—гидролиз кислых хлоридов и сульфатов Al , Fe с последующим усреднением кислых остатков теми же карбонатами;

—смешение усредненной воды с нормально морской, приводящее к восстановлению обычного количества карбонатов, сульфатов, хлоридов.

На эти процессы, безусловно имевшие место в водоемах прошлого, оказывали воздействие также литологическая специализация и климат каждой конкретной эпохи. Изложенные детали пространственных взаимоотношений осадок-вулканический расплав позволяют обратиться и к другому фактору нейтрализации, связанному с непосредственным воздействием вулканических эксгаляций (и терм) на ранее сформированные известково-доломитовые накопления.

Таким образом, наличие значительных объемов донных карбонатных осадков, являющихся, по существу, природным фильтром, является важным фактором в рассматриваемом процессе. Другим предполагаемым фактором, влияющим на карбонатное равновесие (перевод в бикарбонат и затруднение карбонатной садки), является выделение углекислого газа в процессе подводных извержений и газогидротермальной деятельности. В этом вопросе важно учитывать временной фактор—прерывистость вулканических явлений в сравнении с непрерывным осаждением карбонатных накоплений. Показательна также несоизмеримость в скоростях накопления продуктов. Карбонатный фактор накладывает отпечаток и на облик вулканических продуктов. Это выражено в интенсивной кальцитизации темноцветных минералов (амфибол, оливин, пироксены), выполнении горячих или остывших газовых пустот карбонатными илами, переотложении карбоната в полостях в форме натеков и друз. Этими явлениями и обусловлено высокое (до 30—35%) содержание кальцита в валовых химических анализах эффузивных пород, что создает необходимость пересчета (с учетом CO_2) на бескарбонатную основу. Итак, намечается связь между седиментационной средой и некоторыми особенностями формирующихся на этом фоне вулканических образований. Это явление имеет, очевидно, не только механическую природу, если иметь в виду значительную роль водяных паров и CO_2 в конечную стадию кристаллизации вулканического расплава, а также в поствулканических процессах. Процесс нейтрализации кислых вулканических растворов карбонатным компонентом, безусловно, охватывал большой интервал времени, включая литификацию и окаменение карбонатных накоплений. С этим же фактором, очевидно, связано отсутствие или очень слабое развитие в эффузивах таких преобразований как гидротермальная каолинизация и гидрослюдизация.

Полезные ископаемые, развитые в составе вулканогенно-карбо-

натного парагенезиса, разнообразны. Это месторождения карбонатного сырья (известняк, доломит), связанные с крупными эпохами карбонатакопления. При количественной оценке важное значение приобретает фактор разброса вулканических продуктов в полях их развития. Характерно также наличие значительных объемов кремнистых и кремнисто-карбонатных накоплений и скоплений монтмориллонитовых глин, образованных по тонкозернистым гиалокластитам базальтового состава. Имеют развитие также смешанные разновидности последних (с доломитом), представляющие интерес для керамического производства. В вулканогенно-карбонатных формациях развиты два типа месторождений исландского шпата, связанного с подушечными лавами и с зонами структурных деформаций карбонатных пород. Примечательна и их металлогеническая специфика—наличие свинцово-цинковых руд в составе карбонатных накоплений, предпочтительно доломитовых. При этом вопрос об источниках рудного вещества и времени формирования часто остается дискуссионным.

Эволюция вулканогенно-карбонатного парагенезиса в истории Земли связана с изменениями общего характера карбонатакопления и, в частности, строения и условий обитания породообразующих организмов. Это наглядно иллюстрируется примерами развития кораллов от палеозоя до наших дней и бурного расцвета наннопланктона, начавшегося с поздней юры. С этих же позиций интересна также эволюция осадочного доломитообразования, связанная как с изменением состава атмосферы и вод Мирового океана, так и характером биогенного извлечения магния. Что касается вулканических процессов, то в данном вопросе важна эволюция состава однотипных продуктов, характера вулканической деятельности и приуроченности к конкретным структурам земной коры. Эти факторы сказывались также посредством рельефа и, в частности,—формирования подводных вулканических хребтов и отдельных построек, т. е. явлений, непосредственно связанных со строением и протяженностью вулканогенно-карбонатных ассоциаций. Отметим также, что в древних толщах, испытавших региональный метаморфизм, вулканогенно-карбонатный парагенезис представлен сочетанием кальцит-доломитовых мраморов с хлорит-актинолитовыми зелеными сланцами и амфиболитами.

Итак, познание вулканогенно-карбонатного парагенезиса находит применение во многих отраслях наук о Земле: региональной геологии, литолого-формационном анализе, вулканологии, палеогеографии и геодинамике, морской геологии, учении о полезных ископаемых. В этом смысле осуществление научной программы «Вулканогенно-карбонатный парагенезис в разной седиментационной обстановке» на основе ряда формаций Армении способствовало бы фундаментальной разработке этого вопроса.

Институт геологических наук
НАН РА

Поступила 30.V.1994.

ՀՐԱՔԵԱԾԻՆ-ԿԱՐՔՈՆԱՏԱՅԻՆ ՊԱՐԱԳԵՆԵՆԶԻՍ
(ԱՆԱԼԻՏԻԿ ԸՆԴՀԱՆՐԱՑՈՒՄ ԵՎ ԾԱԳՈՒՄԱՐԱՆԱԿԱՆ ՄԵԿՆԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ)

Ա մ փ ո փ ու մ

Հրաբխականության և կարբոնատակուտակման տարածական-ժամանակագրական համակցումը հանդիսանում է բարդ երկրաբանական երևույթ:

Ըստ էության այս համագոյակցությունը պայմանավորված է իր բնույթով խիստ տարբեր երկու երկրաբանական գործընթացներով՝ հզորությունների ավելացման մեխանիզմով և արագացման ինտենսիվությամբ:

Ի դեպ հրաբխածին-կարբոնատային պարագենեզիսը ձևավորվել է երկրաբանական բոլոր դարաշրջաններում, մինչպալեոզոյան ժամանակներից մինչև այժմ. կատարվել է տարբեր նստվածքակուտակման պայմաններում:

Մանրակրկիտ ուսումնասիրությունները հնարավորություն են տալիս Փոքր Կովկասի վերին յուրա-նեոկոմի օրինակի հիման վրա առաջ քաշել մի շարք կարևոր գիտական և գործնական դրույթներ:

— Կարբոնատային և հրաբխածին ապառների համատեղ գոյակցությունը պայմանավորված է նրանց սահմանակցման երկու հիմնական տարատեսակներով՝ ներդաշնակ (սառը սահմանակցում) և աններդաշնակ (տաք սահմանակցում):

— Խառը գոյացումների ձևավորումը (կարբոնատ-գիալոկլաստային և կարբոնատ-հրաբեկորային) նախ և առաջ պայմանավորվում է հրաբխային գործունեության արտահայտաձևով:

— Այս բարդ փոխազդեցության քիմիզմի հիմնական էությունը կայանում է թթու հրաբխային թերմերի շեզոքացումը ծովաջրերի և նստվածքների կողմից:

— Հրաբխածին-կարբոնատային պարագենեզիսի կազմում տարածված են ոչմետաղային (կրաքարեր, դոլոմիտ, սիլիցիտներ, կավեր, իսլանդական շպատ) և մետաղային օգտակար հանածոներ:

Հրաբխածին-կարբոնատային պարագենեզիսի վերածնումը իր կիրառությունը կգտնի «Գիտություն Երկրի մասին» ուսմունքի շատ մասնաճյուղերում՝ ռեգիոնալ երկրաբանության, ֆորմացիոն անալիզի, հրաբխագիտության, հնաշխարհագիտության, երկրադինամիկայի, ծովային երկրաբանության և օգտակար հանածոների ուսմունքների ասպարեզում:

R. A. MANDALIAN

ON VOLCANOGENIC-CARBONACEOUS PARAGENESIS;
ANALITICAL REVIEW AND GENETIC INTERPRETATION

Volcanogenic-carbonaceous paragenesis is related to a complex type of volcanogenic-sedimentary co-existence. Having greater linear strike it is formed in various sedimentary environments: from oceanic depths to continental shelf and continental-lake conditions locally. In every particular

case, besides the common features it has local specificities intrinsic to it, which are due to a combination of sedimentary (bathymetry, climate, sediment accumulation rate) and volcanic (form and repetition of manifestations, product composition) prerequisites. The detailed analysis of volcano-Jurassic-Neocomian paragenesis in presented in the example of Upper-Jurassic-Neocomian formations of the Lesser Caucasus, allows to get closer to dechipping of this complex phenomenon. Its cognition is important and may be applied in many branches of the Earths sciences Both regional and practical ones.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gunn C. K.* Проявление подводного вулканизма в районе Азорских островов. Океанические исследования в Атлантическом океане. Тр. Института океанологии, т. 46, 1962, с. 23—31.
2. *Конюхов А. И.* Эволюция карбонатакопления на материковых окраинах в мезозое и кайнозое.—В кн.: Эволюция карбонатакопления в истории Земли. М.: Наука, 1988, с. 72—95.
3. *Лисицин А. П.* Процессы океанской седиментации. М.: Наука, 1978.
4. *Мандалян Р. А.* К вопросу о доломитообразовании в вулканогенно-осадочных формациях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1969, №1, с. 85—86.
5. *Мандалян Р. А.* О природе миндалевидных карбонатных включений в подушечных спилитах верхней юры междуречья Ахум и Тавуш.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1978, № 1, с. 79—84.
6. *Мандалян Р. А.* Эффузивно-гиалокластитовая ассоциация в верхнеюрском-нижнемеловом вулканогенно-осадочном комплексе Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1978, №6, с. 22—34.
7. *Мандалян Р. А.* Смешанные карбонатно-эффузивные образования и их генезис (на примере верхнеюрских-нижнемеловых вулканогенно-осадочных формаций Армянской ССР.)—В кн.: Минеральные преобразования пород океанического субстрата (эпигенез и начальный метаморфизм). М.: Наука, 1981, с. 156—159.
8. *Мандалян Р. А.* Карбонатакопление и вулканизм в эвгеосинклинальных прогибах верхней юры-неокома Малого Кавказа.—В кн.: Осадочная оболочка Земли в пространстве и времени. Седименто-и литогенез. Докл. советских геологов. Международный геологический конгресс, XXVIII сессия, М.: Наука, 1989, с. 209—214.
9. *Мандалян Р. А.* Верхнеюрский-неокомский седименто-и литогенез Армении. Изд. АН Арм. ССР, Ереван: 1990, 173 с.
10. *Мандалян Р. А., Зарьян Р. Н., Степанян Ж. О.* Верхнеюрские подушечные лавы юго-восточного Зангезура.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, №3, с.22—30.
11. *Маслов В. П.* Происхождение кембрийских известняков Тувы.—Изв. АН СССР, серия геологическая, 1949, №2, с. 93—104.
12. *Страхов Н. М.* К познанию литогенеза вулканогенно-осадочного типа.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1962, №5, с. 3—17.
13. *Тимофеев П. П., Еремеев В. В.* Литолого-фацциальное изучение карбонатных отложений из скважин 366 и 369 глубоководного бурения Центральной части Атлантического океана.—В кн.: Эволюция карбонатакопления в истории Земли. М.: Наука, 1988, с. 58—71.
14. *Хворова И. В.* О принципах типизации вулканогенно-осадочных формаций.—В кн.: Вулканогенно-осадочные формации и полезные ископаемые (по матер. VI Всес. лит. совещ.). М.: Наука, 1965, с. 44—54.
15. *Хворова И. В.* Карбонатакопление.—В кн.: Геосинклинальная и океаническая седиментация и вулканизм (сравнительная характеристика). Тр. ГИН АН СССР, вып. 396, М.: Наука, 1984, с. 82—102.

16. **Davies T. A. and P. R. Supko.** Oceanic sediments and their diagenesis: some examples from deep-sea drilling. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 43 №2, p. 381—390 June 1973.
17. **Garrison R. E.** Inter and intrapillow limestones of the Olympic Peninsula, Washington. *Journal of Geology* 1972. v. 80, № 3, p. 310—322.
18. **Garrison R. E.** Space-Time Relations of Pelagic Limestones and Volcanic Rocks, Olympic Peninsula, Washington. *Geological Society of America Bull.* v. 84, p. 583—594, February, 1973.
19. **Garrison R. E., Hein J. R., and Anderson T. F.** Lithified carbonate sediment and Zeolitic tuff in basalts, Mid-Atlantic Ridge. *Sedimentology*. v. 20, № 3, August 1973, p. 399—410.