

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

М. П. ХОДЖОЯН

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПРИНЦИПОВ
ПАЛЕОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГОРНЫХ СТРАН

Для решения проблемы формирования подземных вод применяются различные методы: геолого-исторические, структурно-геоморфологические, геохимические. Из них весьма важное значение имеет метод палеогидрогеологического анализа, впервые предложенный П. Н. Чирвинским (1933) и развитый в работах К. М. Макова (1944), Ф. П. Саваренского (1935), Г. Н. Каменского (1947, 1957), А. М. Овчинникова (1955, 1959) и других гидрогеологов. В настоящее время наиболее полно основные принципы этого метода разработаны для различных платформенных территорий СССР [1, 2, 3, 4, 5].

Эти принципы позволяют установить стадийность гидрогеологического развития структур путем изучения характерных сочетаний и последовательности формирования главных типов подземных вод, развитых на платформах: седиментационных, образующихся в морской среде, и инфильтрационных, просачивающихся с поверхности в уже сформированные осадки. При этом для определения сингенетичности или эпигенетичности подземных вод по отношению к коллекторам используются некоторые генетические коэффициенты ($\frac{rNa}{rCl}$, $\frac{rCl-rNa}{rMg}$, $\frac{Cl}{Br}$, $\frac{Br}{I}$ и др.), изотопный состав воды, состав газожидких включений в минералах, состав древних вод, пропитывающих горные породы и др. параметры.

Поскольку геосинклинальные участки земной коры отличаются от платформенных особенностью геологического развития, то естественно, что указанные принципы не всегда могут быть применены к этим зонам. Как известно, в горных странах, особенно в центральных их сегментах, в отдельные периоды развития наблюдается более сложная последовательность генетических процессов, обусловленная проявлениями интенсивного подводного и наземного вулканизма. В это время в подземные воды, сформировавшиеся в результате инфильтрационного и седиментационного этапов, внедряются воды и газы магматического и метаморфического генезисов, вызывая тем самым формирование сложных метаморфогенных растворов, несущих в себе элементы морского, континентального и вулканического процессов. Что касается их химического со-

става, то он зависит от степени метаморфизации типов вод, вовлеченных в вулканизм, и может или сохраняться с некоторыми изменениями, или полностью видоизменяться. Поэтому в палеогидрогеологии горных стран помимо простых циклов, которые назовем платформенными, следует особо выделять сложные циклы—геосинклинальные, характеризующиеся на различных стадиях своего развития, а иногда и на протяжении всего цикла формированием метаморфогенных растворов сложного генезиса.

Вероятно, что изучение этих циклов требует разработки соответствующих принципов анализа, которые будут отражать все особенности исторической гидрогеологии рассматриваемых зон земной коры.

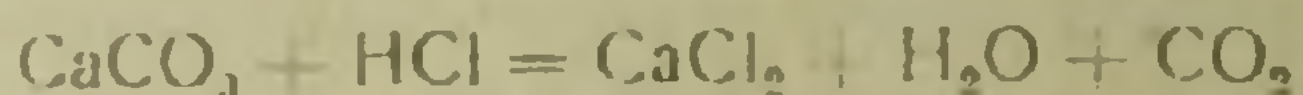
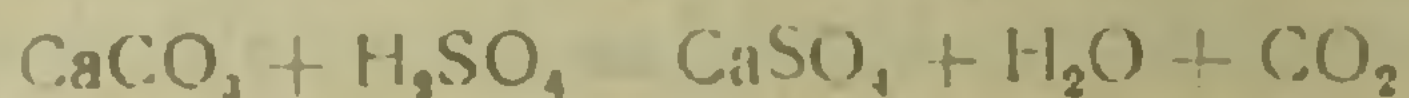
В данной статье приводятся некоторые основные черты мезокайнозойской истории гидрогеологического развития одного из регионов Армянской складчатой зоны—Памбакского горного сооружения. Данный регион расположен в северо-западной части Севанского оротектонического пояса и представляет собой обращенную структуру—прогиб, унаследованную с верхнемелового времени. В ее геологическом строении участвуют снизу вверх: древние метаморфические сланцы (Pz_1) инъецированные лейкократовыми гранитами, верхнемеловые конгломераты, песчаники, известняки, мергели (Cr_2), третичные вулканогенные породы: порфириды, туфы, туфобрекчии и т. д. (Pg_2) и молодые четвертичные образования. Широко представлен комплекс третичных интрузивов гранитоидного и щелочного составов.

Мезо-кайнозойская история развития подземных вод Памбакского прогиба начинается с сенонского периода, когда эта территория была покрыта морем. За время верхнемеловой трансгрессии на кристаллических породах древнего основания оформилась толща (до 600—700 м) хорошо водопроницаемых карбонатных пород [6], которые в стадию седиментации заполнялись морской водой нормальной солености (судя по наличию в них обильной морской фауны). Одновременно морские воды внедрялись в породы кристаллического фундамента, замещая содержащиеся в них древние растворы.

В дат-палеоцене рассматриваемая территория оказалась охваченной интенсивными тектоническими движениями, сыгравшими важную роль в формировании ее современной структуры [7]. Эти движения вызвали образование крупного Анкаванского разлома, обусловившего заложение в субстрате целой серии мощных нарушений, в пределах которых выделился Памбакский прогиб.

В течение эоценового периода в условиях непрерывно прогибающегося бассейна широко проявились процессы подводного вулканизма, за счет которых произошло накопление мощной толщи (до 2,5 км) плотных вулканогенных пород. Судя по локализации эффузивов, центры извержений располагались примерно по оси прогиба. Вокруг них возникли целые вулканические острова, которые затем размывались и продукты их накапливались в бассейне [7]. Под влиянием магмы происходили существенные изменения в формировании подземных вод верхнемелового горизонта. Будучи вовлечены в сферу извержения, они подвергались на-

греванию и насыщению эманациями подводных вулканов. Если исходить из того, что состав магматических газов был аналогичен наблюдаемому в настоящее время в районах действующих вулканов [8, 9], то можно полагать, что при их растворении в пластовых водах формировались кислые растворы, богатые сернистыми и галонидными кислотами и содержащими в повышенных количествах Si, щелочные и рудные металлы. По мере накопления вулканогенного экрана такие растворы, становясь напорными, начинали в огромном количестве отжиматься в краевые части прогиба, а также в зоны пограничных разломов, вступая в процессе миграции в активные обменные реакции с вмещающими карбонатными и карбонатизированными породами. Этими реакциями скорее всего были реакции нейтрализации, идущие за счет непосредственного усреднения свободных кислот подземных вод карбонатами среды:



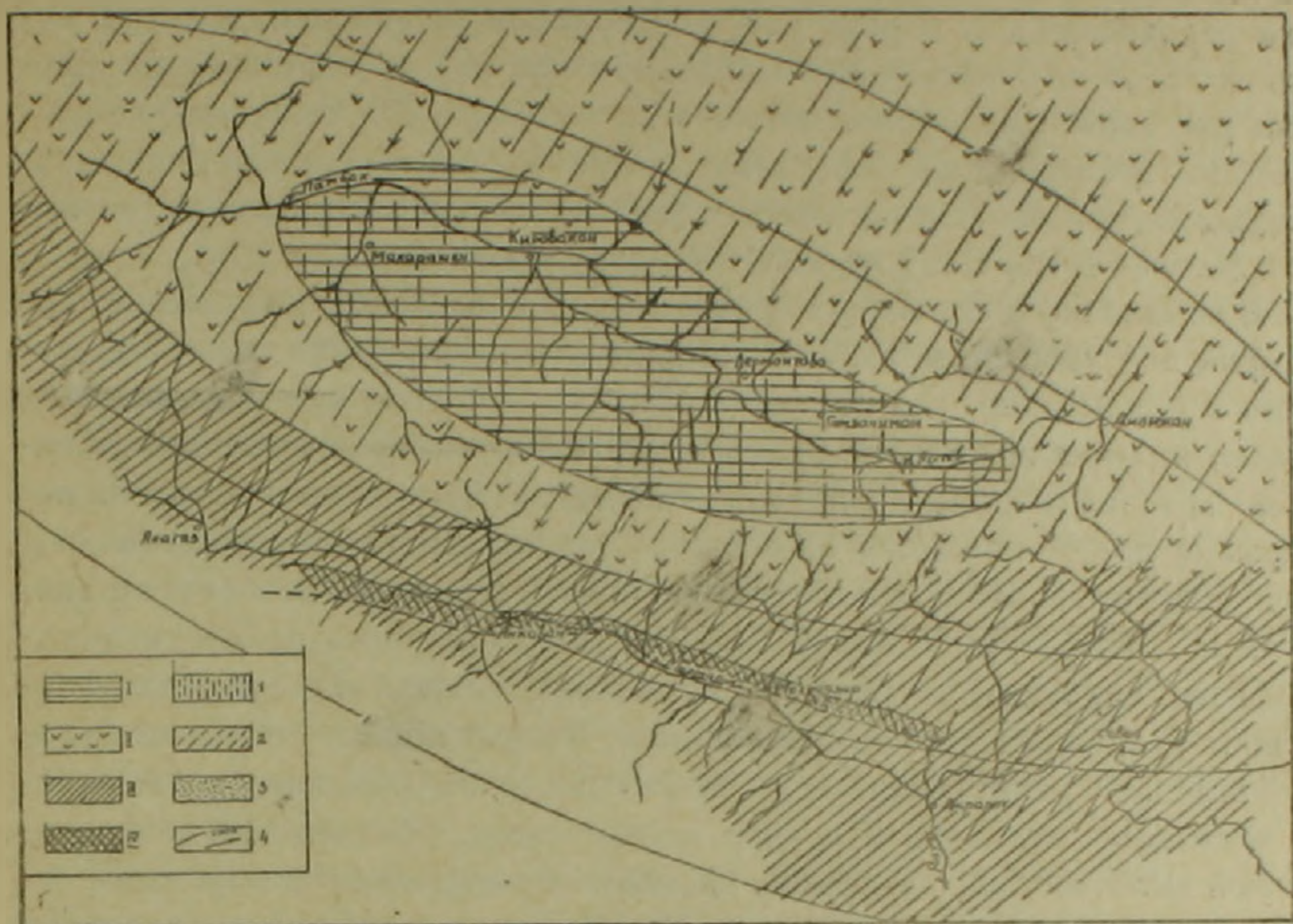
С ростом режима углекислоты в растворах вероятно увеличивалось также содержание бикарбонат-иона по схеме:



Одновременно вследствие избирательной способности верхнемеловых коллекторов, гидротермы могли обедняться некоторыми петрогенными элементами как Na, Al, K, а также большинством рудных: Cu, Pb, Co, Fe и др.

Из сказанного выше можно предположить, что в начальные этапы вулканизма в краевые части Памбакского прогиба поступали в значительной мере освобожденные от рудных минералов близкие к нейтральным хлоридносульфатно-гидрокарбонатные термальные воды со сложным набором катионов. В дальнейшем, по мере остывания магмы, в их составе возрастало содержание гидрокарбонатов и щелочно-земельных металлов, а среди газообразных— H_2S и CO_2 . По-видимому, в зоне открытого Анкаванского разлома при встрече восходящих терм с морскими водами водоема формировались смешанные типы вод сложного состава, которые разгружались в море в виде подводных (субмаринных) горячих источников (фиг. 1). В это же время на участках вулканической суши под действием поверхностных вод атмосферного происхождения широко развивались процессы разрушения приподнятых частей рельефа и сноса обломочного материала в водоем. При этом в верхах вулканических массивов при насыщении грунтовых вод относительно низкотемпературными сероводородно-углекислыми газами могли возникнуть аналогичные современные сульфатные фумарольные термы [10, 11]. Наличие в них свободной серной кислоты должно было способствовать интенсивному выщелачиванию вмещающих пород и обогащению растворов многими рудными элементами, которые по мере разгрузки гидротерм и их раскисления уходили в нерастворимый продукт реакций. Сейчас очень трудно судить о составе этих минералов, поскольку следы

деятельности среднеэоценовых палеорастворов оказались в значительной степени стертыми последующими геологическими процессами. Тем



Фиг. 1. Палеогидрогеологическая схема Памбакского горноскладчатого сооружения в среднем эоцене (верхняя часть). Геологическая основа по А. А. Габриеляну. I. Область накопления инфильтрационных вод. II—III. Область накопления седиментационных вод. IV. Область накопления метаморфогенных растворов сложного генезиса. 1. Пресные воды коры выветривания и fumarольные термы трещиноватых зон вулканической суши. 2. Морские воды нормальной солености коры выветривания вулканогенных и туфоосадочных образований. 3. Сложные типы вод, формирующиеся в зоне Анкаванского разлома при смешивании восходящих термометаморфических растворов верхнеэоценового горизонта с морскими водами. 4. Линии равных мощностей (изопахиты) и направление движения поверхностных вод.

не менее гидрохимические исследования, проведенные в высокогорном поясе Памбакского хребта, выявили в поверхностных водах среднеэоценовых образований ряд аномалий по таким элементам, как Fe, Cu, Mn, Ba (Н. Долуханова, 1958).

С конца среднего эоцена территория Памбакского хребта оказалась охваченной мощными складкообразовательными движениями, которые сопровождались внедрением вдоль пограничных зон разломов многочисленных массивов гранитоидных пород (Такярлинский, Меградзорский, Вана-дзорский и т. д.). Проникновение кислых интрузий в крылья Памбакского бассейна, содержащие концентрированные солевые растворы со сложной гидрохимической зональностью, благоприятствовало развитию гидротермальных процессов и, в частности, процессов гидротермального рудообразования. Об этом свидетельствуют колчеданные месторождения района, как Тандзутское, Анкаванское, Меградзорское и др. более мелкие сульфидные рудопроявления. На наш взгляд, накопление сульфидных руд связано с процессами гидротермального рудообразования.

фидной минерализации происходило при встрече рудоносных флюидов с подземными водами зон разломов, обогащенными в составе вулканическим сероводородом. В этом случае сернистые соединения тяжелых металлов могли осаждаться при взаимодействии H_2S с хлоридами или другими растворимыми соединениями этих металлов [7]. Одновременно на участках, незатронутых постмагматическими процессами, по-видимому, продолжали развиваться, с одной стороны, процессы созидания солевых комплексов—в море, а с другой—их разрушения на суше.

В начале верхнего эоцена произошло окончательное погружение территории под уровень моря. Эти же движения обусловили подъем ее северного обрамления, где по линии Цовагюх—Фиолетово—Кировакан—Амасия возникали области размыва [7]. Верхнеэоценовое осадконакопление на Памбаке, как и в предыдущие этапы, протекало в условиях непрерывно прогибающегося бассейна и характеризовалось накоплением мощной толщи вулканогенных пород. По всей вероятности, с ростом давления и температуры с новой силой активизировались процессы метаморфизма карбонатных коллекторов сенона, сопровождаемые их дальнейшим уплотнением и обезвоживанием. Выделяющиеся при этом метаморфогенные гравитационные растворы вновь насыщались эксгаляциями подводных вулканов и в виде кислых терм, обладающих исключительной активностью в обменных реакциях с вмещающими породами, отжимались в краевые части структуры. Состав их, а также характер взаимодействия с внешней средой, видимо, были аналогичны ранее описанным для нижнесреднеэоценового этапов. В зонах краевых разломов восходящие гидротермы могли взаимодействовать, с одной стороны, с морскими водами—вдоль Галаваро-Мармарикского шва, а с другой—с инфильтрационными—вдоль Дилижано-Кироваканского шва, просачивающимися сюда с северных участков континентальной суши. При этом воды выщелачивания могли частично отжимать соленые растворы вглубь прогиба, а частично смешиваться с ними, обогащаясь разнообразными солями и газами вулканического генезиса. В зоне гипергенеза сульфидных месторождений, а также при окислении глубинного сероводорода состав их, вероятно, становился существенно сульфатным.

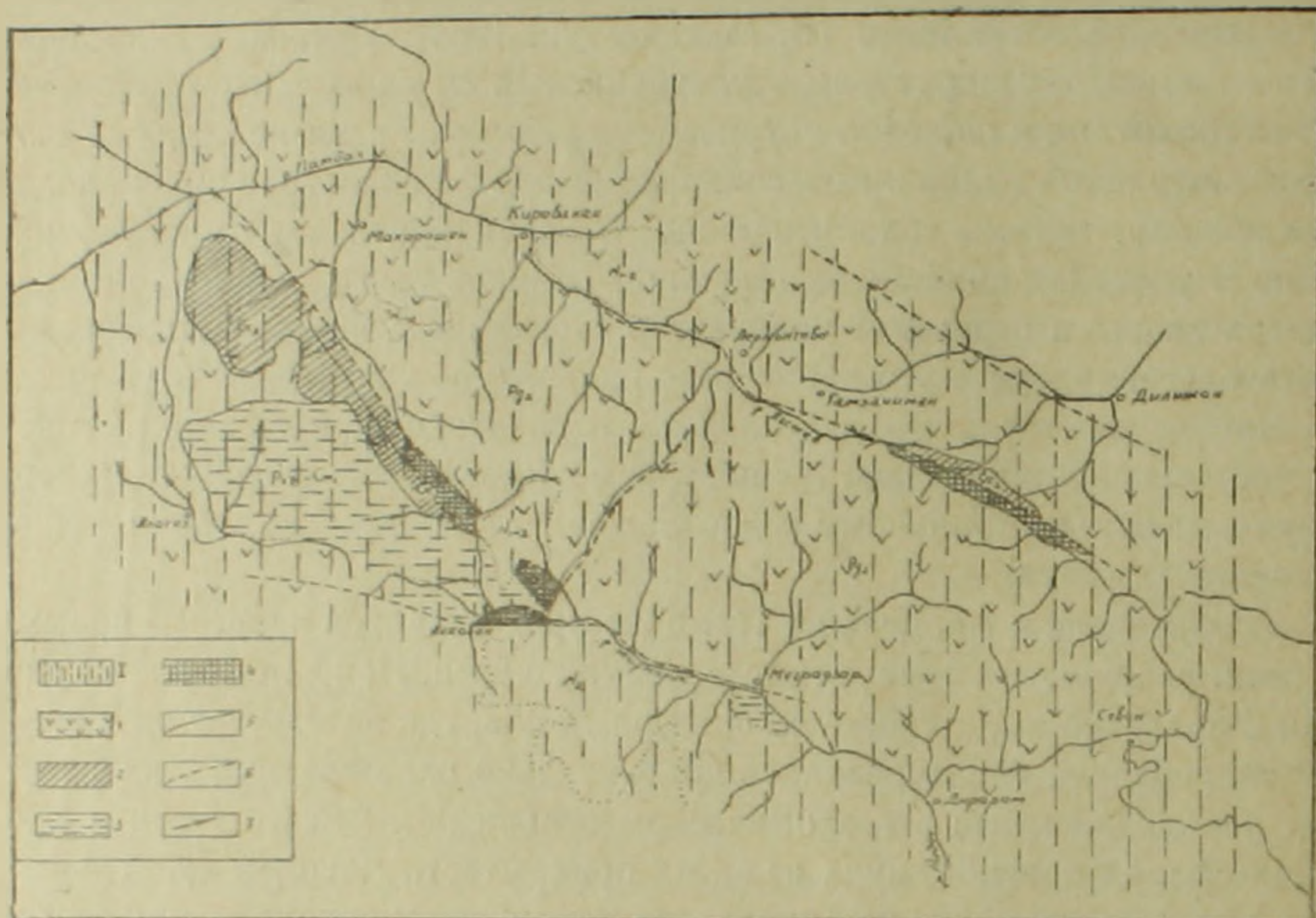
В преолигоценую эпоху в связи с мощными тектоническими движениями Памбакский регион впервые за всю предшествующую мезокайнозойскую историю развития испытал геоантиклинальное воздымание и превратился в область размыва. Верхнеэоценовые движения вызвали интенсивную дислоцированность вулканогенных толщ, а также мощную интрузивную деятельность, в результате которой в центральной части прогиба оформился один из крупнейших в Закавказье комплекс щелочных пород—Тежсарский. В этих условиях в палеогидрогеологии верхнемелового бассейна происходили новые коренные изменения. Во-первых, с ассимиляцией карбонатных пород на участках внедрения щелочного комплекса нарушалась гидравлическая целостность этого горизонта, который дробился на два самостоятельных водонапорных крыла—северное и южное, связанных лишь в периклинальных частях прогиба. Во-

вторых, возникновение внутри региона мощного теплового очага способствовало интенсивному выпариванию карбонатных толщ с одновременным отгоном легколетучих соединений: галогенидов, бора и т. д. в верхние участки зон разломов, где они насыщали молодые воды выщелачивания. Кроме того, внедрение щелочных интрузий способствовало развитию гидротермальных процессов, которые протекали при циркуляции инфильтрационных вод, насыщенных магматическими газами, по системам приконтактовых трещин. О составе этих растворов можно судить по характеру гидротермальных фаций щелочных пород. Согласно их минералогии (Б. Меликсетян, 1963), эволюция гидротерм шла от высокотемпературных, ультракислых со сложным составом через слабокислые к щелочно-натриево-хлоридным. Развитие поздних хлоридно-натриевых гидрохимических фаций подтверждается широко представленными зонами содалитизации и канкринитизации вмещающих толщ. В условиях обильно выпадающих осадков такие хлоридно-натриевые растворы в огромном количестве сносились в сторону Приереванского бассейна, где в это время шло накопление терригенного материала. Вполне вероятно, что, действуя и в последующие эпохи, они вызывали постепенное увеличение концентрации Ереванского водоема, способствуя тем самым обильному солеотложению в обстановке жаркого миоценового климата.

В олигоцене и миоцене на Памбаке продолжались процессы промывания и разрушения толщ атмосферными водами. Наиболее активно они шли с поверхности, а также в зонах разломов, где вследствие интенсивной теплоотдачи формировались сравнительно охлажденные блоки горных пород, инертные в геохимическом отношении. Вместе с тем в глубоких сферах прогиба, куда из-за их прикрытости мощным вулканогенным экраном не могли проникать холодные воды, продолжали развиваться термометаморфические процессы, подающие в верхние горизонты различные газы (CO_2 и др.), а также остаточные продукты остывающей щелочной магмы—хлор и др. Снос обломочного материала осуществлялся частично к югу—в Приереванский бассейн, а частично к северу, где на месте прежней зоны поднятий установился пресноводно-озерный режим.

В эпоху нижнего плиоцена в районе существовал мелководно-озерный континентальный режим, в условиях которого происходило накопление вулканогенно-обломочного и вулканогенного материалов [7]. Процессы вулканизма для региона являлись наложенными и способствовали аккумуляции в его недрах магматического тепла Тежсарского массива, а также некоторому оживлению гидротермальной деятельности вдоль зон краевых разломов. В среднем плиоцене в результате нового подъема произошло образование высокогорного рельефа Памбакского хребта и заложение молодой гидрографической сети. В это же время с новой силой активизировались эрозионные процессы, которые обнажили по его южной и юго-западной перифериям породы древнего основания и верхнего мела. В дальнейшем сенонские разности вскрывались и на северо-

востоке района в ядре крутой Дзыкнагетской антиклинали. С этого момента впервые за всю гидрогеологическую историю воды выщелачивания непосредственно внедрялись в верхнемеловой метаморфизованный солевой комплекс и глубокие сферы структуры, вследствие чего уже с верхнего плиоцена в восточном крыле Анкаванского разлома могли разгружаться термоминеральные растворы—палеоаналоги современных Анкаванских углекислых вод, а в ядре Вартандинской антиклинали—палеоаналоги Фиолетовских минеральных вод (фиг. 2). Одновременно в



Фиг. 2. Палеогидрогеологическая схема Памбакского горноскладчатого сооружения в постплиоцене. 1. Область накопления инфильтрационных вод. 1, 2, 3. Пресные воды коры выветривания изверженных, осадочных и метаморфических пород. 4. Минеральные воды (горячие и холодные) зон тектонических нарушений. 5. Границы литологических комплексов. 6. Линии тектонических нарушений. 7. Направление движения грунтовых вод.

вулканогенных породах эоцена в условиях высокой динамичности стока формировались пресные грунтовые воды, которые, насыщаясь на отдельных участках глубинной углекислотой, разгружались с поверхности в виде слабоминерализованных углекислых источников типа Макарашен, Дарбас, Бойдак, Улашик и др.

В заключение следует отметить, что описанный процесс формирования подземных вод Памбакского горного сооружения в период, предшествующей современному, с некоторыми изменениями продолжает развиваться и в настоящее время.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 25.VII.1965

ԻՐ Պ. ԿՈՋՈՅԱՆ

ԼՅՈՒՆԱՅԻՆ ԵՐԿՐՆԵՐԻ ՊԱԼԵՈԶԻԴՐՈՆԵՐԿՐԱՐԱՆԱԿԱՆ ԱՆԱԼԻԶԻ
ՄԵԱԿՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա. մ փ ո փ ո լ մ

Ստորերկրյա ջրերի ձևավորման պրոբլեմի լուծումը պահանջում է պալեո-
հիդրոերկրաբանական անալիզի մեթոդի կիրառումը:

Այդ մեթոդի հիմնական սկզբունքները ներկայումս լիովին մշակված են
գլխավորապես երկրի կեղևի պլատֆորմային տեղամասերի համար:

Հոդվածում րնդգծվում է հիշյալ սկզբունքների մշակման անհրաժեշտու-
թյունը նաև գեոսինկլինալային զոնաների համար, որոնք բնորոշվում են գե-
նետիկ պրոցեսների ավելի բարդ հետևողականությամբ:

Հոդվածում որպես օրինակ բերվում է Հայաստանի հիդրոերկրաբանական
ուսումնասիրության մեկի՝ Փամբակի լեռնա-ժալրային կառուցվածքի մի քանի առանձ-
նահատկությունները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Овчинников А. М. Тезисы доклада к совещанию гидрогеологов. Груз. ССР, Тбилиси, 1958.
2. Каменский Г. Н. Труды лаб. гидрог. проблем, т. XVIII. 1958.
3. Силин-Бекчурин А. И. Труды лаб. гидрог. проблем. 1959.
4. Шагоянц С. А. Доклады АН СССР, т. 59, № 1, 1948.
5. Карцев А. А. Проблемы гидрогеологии, Госгеолтехиздат, 1960.
6. Котляр В. Н. Памбак, изд. АН Арм. ССР, 1958.
7. Габриелян А. А. Палеоген и неоген Арм. ССР. Ереван, 1964.
8. Набоко С. И. Труды лаб. вулканологии АН СССР, вып. 19, 1961.
9. Набоко С. И. Гидротермальный метаморфизм горных пород в вулканических областях, АН СССР, 1963.
10. Иванов В. В. Геохимия, № 1, 1957.
11. Иванов В. В. Геохимия, № 5, 1958.
12. Германов А. И. Известия АН СССР, сер. геол., № 6, 1953.