Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, XXXIII, № 3, 52—64, 1980

УДК 550.061.12(479.25)

Р. Б. ЯДОЯН

НАЛОЖЕННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ВПАДИНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Одним из своеобразных типов структур, имеющих заметное распространение в горноскладчатых регионах, являются тектонические наложенные впадины. Для условий Малого Кавказа выделяются протяженные дренажные системы зоны Севанской и Арпа-Воротанской впадин, где намечены 22 перспективные на термоминеральные воды наложенные депрессии.

Одной из наиболее изученных наложенных депрессий является Личкская.

Все тектонические впадины Севанской оротектонической зоны, как и другие межгорные котловины территории Малого Кавказа, подлежат детальному изучению как весьма перспективные структуры в отношении ресурсов термальных минеральных вод глубокой циркуляции с температурой до 70—90°С.

Наложенные тектонические депрессии в горноскладчатых регионах представляют собой специфические гидрогеологические структуры, обеспечивающие локализацию и скрытую разгрузку глубинных потоков термоминеральных вод в верхние рыхлообломочные толщи разреза.

В структурно-морфологическом отношении—это, как правило, узкие грабенообразные сооружения с резкими прямолинейными границами тектонического происхождения.

Отдельные протяженные тектонические депрессии и группы таких депрессий являются крупными региональными дренажными системами, выводящими из недр горно-складчатых областей основные ресурсы термоминеральных вод глубокой циркуляции. Этот факт наряду с региональными гидрогеологическими признаками делает возможным прогнозировать и выявлять территории, перспективные на различные термоминеральные воды, пользуясь геолого-структурными показателями.

В прифундаментной части наложенных депрессий сопрягаются трещинно-жильные питающие каналы, выводящие из недр термоминеральные воды и пластовые водоносные системы, приуроченные к вулканогенно-осадочным толщам, выполняющим депрессии.

На участках сопряжения этих двух водоносных систем формируется специфичная гидродинамическая обстановка—среди вод, движущихся латерально, формируется гидрохимический (гидротермический) купол, подчеркивающий место внедрения в пластовую систему восходящих напорных термоминеральных вод. Скрытая разгрузка термоминеральных вод осуществляется по механизму внедрения (гидроинжекции).

В зависимости от строения фундамента впадины и структурно-

морфологического положения зоны разгрузки термоминеральных вод по отношению к бортам депрессии нами выделены следующие типы гидроинжекционных месторождений:

А. Центрального типа, когда разгрузка термоминеральных вод происходит из трещинно-жильного канала между двумя блоками фундамента, не имеющими какого-либо различия в положении его поверхности. В этом случае купол термоминеральных вод не деформирован наличием каких-либо непроницаемых стенок и наиболее легко поддается изучению существующими методами исследований.

Б. Прислоненного типа, когда разгрузка термоминеральных вод осуществляется из трещинно-жильной водонапорной системы между двумя блоками с различным уровнем воздымания. Формирующийся в результате этого купол термоминеральных вод, обычно бывает смят: площадь растекания минеральных вод имеет бо́льшие размеры, чем в случае центральной разгрузки.

В зависимости от положения очага разгрузки по отношению к границам тектонической депрессии выделяются два подтипа: а) прибортовой и б) межблоковый.

В пределах одной впадины могут быть встречены не только определенные сочетания этих типов разгрузки, но и, нередко, весь их комплекс.

Приведенная типизация предложена с целью дальнейшей детализации ранее разработанных типизаций, для более успешного применения в практике геолого-разведочных работ на термоминеральные воды, так как типом разгрузки во многом определяется методика разведки месторождения.

Исходя из учета гидродинамического механизма инжекции, а также на основе анализа геологических позиций крупных структурно-фациальных зон, впервые для условий Малого Кавказа нами выделены протяженные дренажные системы Севанского орогенического пояса зоны Арпа-Воротанской и Севанской впадины, где намечены 22 перспективные на термоминеральные воды наложенные депрессии. В частности, детальные разведочные работы позволили установить, что все месторождения термоминеральных вод, изученные в пределах Севанской зоны, приурочены к наложенным тектоническим депрессиям и по способу разгрузки восходящих углекислых растворов относятся к месторождениям гидроинжекционного типа.

Одной из наиболее изученных тектонических наложенных депрессий является Личкокая.

Личкское месторождение углекислых вод расположено на южном живописном побережье оз. Севан, на территории Мартунинского района Армянской ССР.

Район месторождения представляет типичную горную область с сильно расчлененным рельефом и наличием многочисленных вулканических сооружений. С юга он ограничен Варденисским хребтом (2400—

3520 м), с запада—Гегамским вулканическим нагорьем (3000—3598 м), а северной и восточной границей является побережье оз. Севан.

Абсолютные отметки на месторождении колеблются в пределах 1910—2100 метров.

Личкское месторождение углекислых вод приурочено к грабену субширотного простирания, выявленному по геофизическим данным на южном побережье Большого Севана. Грабен имеет максимальную ширину 1,5—2 км и окаймляется северо-восточным и юго-западным тектоническими швами. Фундамент депрессии имеет верхнемеловой-эоценовый (?) возраст, а отложения, выполняющие впадину,—неогеновый. В основной массе—это лимно-аллювиальные песчано-глинистые образования, с редкими прослоями базальта. Мощность отложений, выполняющих впадину, от 500 до 1000 м.

Изучение гидрогеологических условий территории привело к установлению обводненности песчано-глинистых образований на интервале до 400 м от поверхности (на глубине разведки), причем выявлены три гидравлически взаимосвязанные водоносные зоны.

Третья зона представляет собой основной эксплуатационный объект месторождения и заключает углекислые термоминеральные воды с минерализацией до 8,3 *г/л*, газосодержанием до 10 *г/л* и гидрокарбонатно-хлоридным (хлоридно-гидрокарбонатным) натриево-магниево-кальциевым составом.

Применение методики пространственного гидрогеологического моделирования на Личкском месторождении позволило установить наличие гидрохимического и гидротермического купола, венчающего зону восходящей разгрузки углекислых вод. Зоной глубокой разгрузки, по-видимому, служит северо-восточный тектонический шов в борту впадины, что после сопоставления с гидродинамическими характеристиками дает основание относить рассматриваемый объект к месторождениям гидронапжекционного типа с приконтурным—прибортовым очагом разгрузки.

Таблица 1

Сводная таблица гидрогеологических показателей центрального участка Личкского месторождения

№ скв.	Условные отметки скважин в м	Напоры в условных отмет. в м	Минерализация воды в *г/л*	Температура воды °С	Общая щелочность, в *г/л*	Раствор CO_2 в *г/л*	Дебит воды в *л/с*	Глубина кровли основной зоны в м	Уровни		Понижение в м
									$H_{ст}$ в м	$H_{дин}$ в м	
1р	1015,0	1014,5	6,3	20,2	7,3	2,6	11,4	150	—0,5	—4,23	3,73
2р	1016,0	1014,8	6,8	13,4	7,2	2,3	13,9	153	—1,2	—5,70	4,50
3р	1010,0	1008,9	4,3	16,5	6,4	2,5	6,0	—	—1,1	—2,80	1,70
4р	1017,0	1016,0	4,7	25,5	5,2	1,6	2,5	166	—1,04	—2,80	1,76
5р	1017,0	1015,6	8,3	25,8	10,0	1,6	17,0	210	—1,4	—3,2	1,80
6р	1016,0	1016,0	7,2	28,4	9,0	2,0	12,0	175	—0,1	—1,4	1,50
7р	1020,0	1014,2	3,8	20,8	5,0	2,0	5,0	200	—5,8	—6,7	0,90
8р	1012,0	1011,4	7,8	26,8	9,3	1,9	12,5	145	—0,6	—2,40	1,80

Детальное изучение геологического строения и структуры Личкского месторождения было связано с некоторыми затруднениями. Одним из наиболее малоизученных вопросов оставалось строение эоценового фундамента впадины и плановое положение гидрогеологически активных тектонических нарушений, служащих каналами поступления с глубины термоминеральных вод в лавовые и вулканогенно-озерные отложения. Выяснение этого вопроса осложнялось еще тем, что данные геофизических исследований на месторождении не были подтверждены буровыми скважинами как по глубине залегания фундамента, так и по плановому положению и протяженности разрывных дислокаций.

Для решения этих вопросов и расшифровки структуры Центрального участка был применен комплекс приемов, специальных методов гидрогеологических и гидродинамических исследований, позволивших получить представление о строении месторождения в целом .В результате таких работ подтверждено наличие продуктивной тектонической зоны и уточнено ее пространственное положение.

На основе составленных гидрогеологических карт и разрезов удалось получить пространственную гидрогеологическую модель Центрального участка Личкского месторождения углекислых термоминеральных вод. В частности, анализ карты изопьез (рис. 1) позволяет установить, что в пределах рассмотренной части месторождения имеет место сложное сочетание двух подземных потоков, имеющих, по-видимому, различные области питания и отличную гидрогеохимическую и гидротермическую природу.

Движение подземных вод в рассматриваемом районе характеризуется северо-восточным направлением, в сторону оз. Севан, являющегося региональным базисом дренирования. Очевидно, в силу этого изопьезы подземных вод вдоль всей береговой линии озера практически повторяют контуры границ названного водоема (рис. 1).

В районе скважин 5-Р и 6-Р прослеживаются своеобразные изгибы, «мысы», сформированные изопьезами 1016 *м* 1015 *м* и др. и протягивающиеся на северо-запад, в сторону скважины 8-Р.

Как свидетельствует опыт изучения месторождений минеральных вод гидроинжекционного типа, подобные «мысы» в условиях сравнительно хорошо выдержанных водоносных толщ (подобных рассматриваемым) характеризуют погребенные гидрогеологически активные тектонические нарушения.

Таким образом, рассматривая названный факт, можно говорить о том, что внедрение термоминеральных вод в осадочные толщи впадины, в основном, происходит в юго-восточной части месторождения, в районе скважины 5-Р и 6-Р.

Представляет также интерес гидрогеологический профиль по линии скв. 4-Р, 2-Р и 3-Р (рис. 2).Здесь на участке скважин 4-Р и 2-Р гидрав-

лический уклон составляет 0,0026, в то время как между скважинами 2-Р и 3-Р градиент резко возрастает, составляя 0,0058.

Такая смена гидравлических уклонов в фильтрационно-однородной толще также свидетельствует о наличии некоторой глубокопогруженной зоны разгрузки подземных вод.

Из сказанного следует, что в районе скважин 5-Р и 6-Р можно предполагать наличие тектонического нарушения, питающего глубокие части впадины восходящими термоминеральными водами.

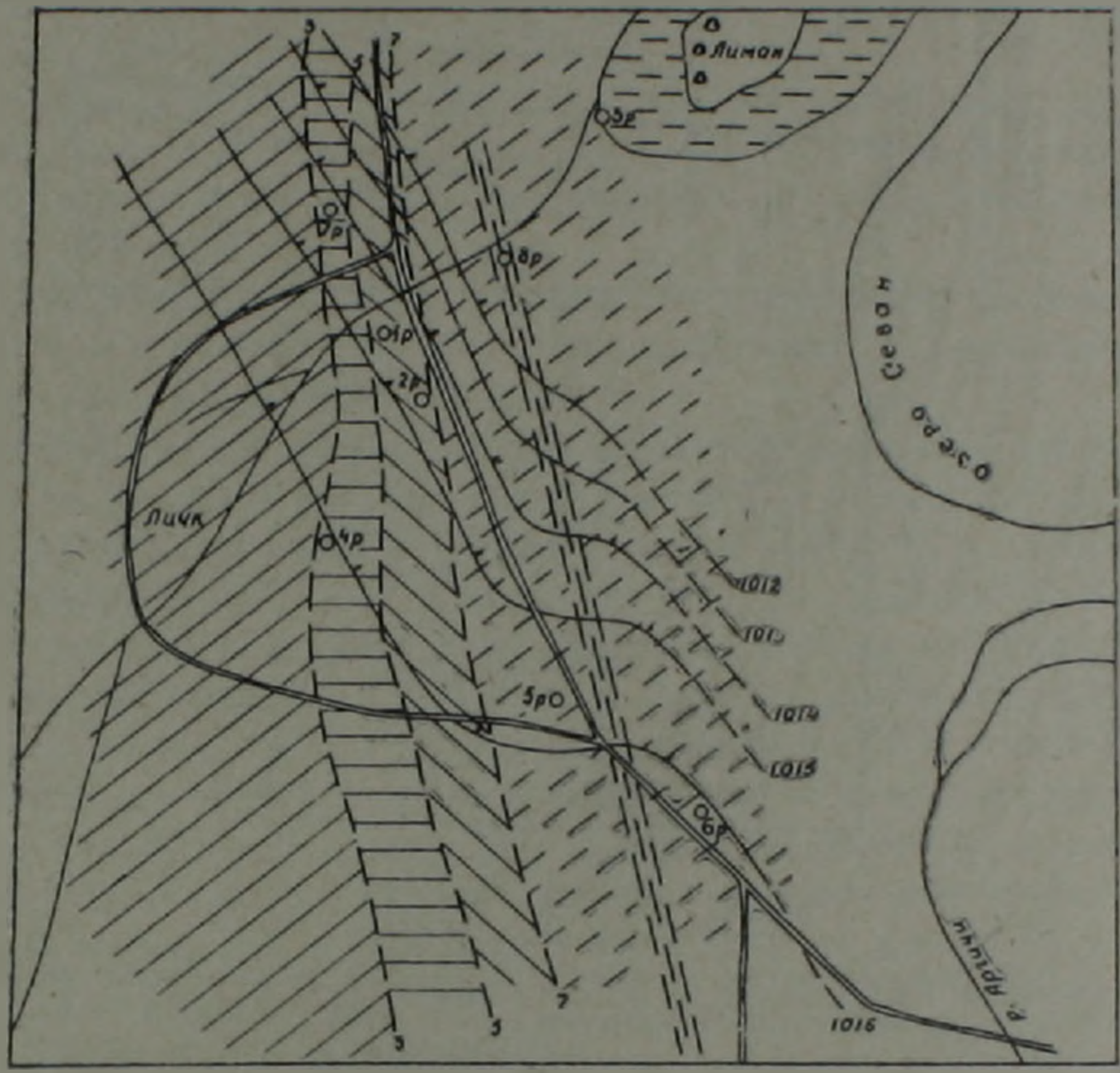

Рис. 1. Центральный участок Личкского месторождения углекислых минеральных вод. Схематическая гидрогеологическая карта. (Составил Р. Б. Ядоян, 1976 г.) 1. Участок площадей разгрузки минеральных вод (заболоченность). 2. Субаквальная разгрузка минеральных вод (гриффоны). 3. Линия тектонического нарушения. 4. Изолинии минерализации в *г/л*. 5. Изолинии напоров в *м* и направление движения вод. Минерализация: 6. <3 *г/л*. 7. 3—5 *г/л*. 8. 5—7 *г/л*. 9. >7 *г/л*. 10. № скважины.

Сопоставление этих данных с результатами гидротермических и гидрохимических исследований подтверждает этот вывод.

Латеральное движение скрытно разгружающихся минеральных вод осуществляется в север-северо-западном направлении с соответствующим растеканием на северо-восток и северо-запад.

Четко выраженный в районе скважин 5-Р и 6-Р «мыс» по направлению к скв. 8-Р вырождается.

Помимо направления движения на северо-запад, весьма существенным является другое—регионально выдержанное северо-восточное

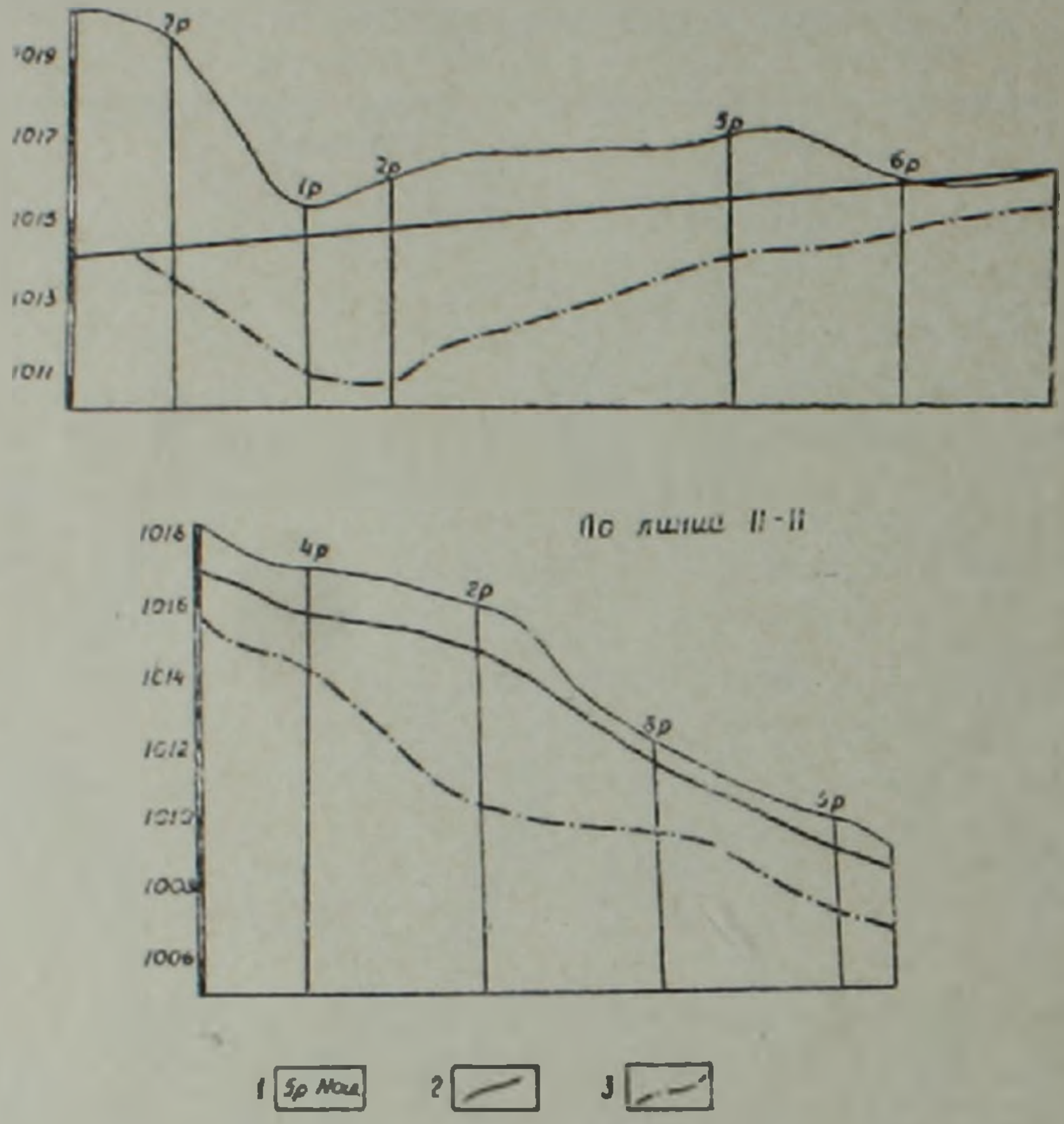

Рис. 2 Центральный участок Личкского месторождения термоминеральных вод. Разрезы уровней термоминеральных вод. 1. №№ скважин. 2. Уровень термоминеральных вод в ненарушенном состоянии $H_{ст}$ 3. То же после проведения опыта (выпуска), $H_{дин}$.

№№ скв.	Услови. отмет. скв.	Глубина кровли основ. зоны м	Уровни м		Дебит воды в л/сек
			$H_{ст}$	$H_{дин}$	
1-р	1015	150	0.5	4,23	11,4
2—р	1016	153	1,2	5,7	13,9
3—р	1020	—	1.1	2,80	6,4
4—р	1017	166	10.4	2,8	5,2
5—р	1017	210	1,4	3,2	10,0
6—р	1016	175	+0,1	1,4	9,0
7—р	1020	206	5,8	6,70	5,0
8—р	1012	145	0,6	2,40	9,3

направление, что, по всей видимости, характеризует подземный поток пресных вод, поступающих из местной области питания—лавового потока вулкана Агмаган, в сторону бассса дренирования озера Севан.

Таким образом, сочленение двух названных потоков подземных вод выражается в некоторой деформации гидродинамического (гидротермического, гидрохимического) купола подземных минеральных вод, в развороте направления потока минеральных вод также на северо-восток и разгрузке их в пределах лимана.

Наличие площадной разгрузки подземных минеральных вод в акваторию оз. Севан подтверждается рядом фактов, основными из которых являются: эрозионный рельеф данного участка, заболоченность местности, наличие субаквальной разгрузки минеральных вод, проявляющейся по многочисленным газовым грифонам, карбонатная корка вдоль береговой зоны озера.

Помимо термоминеральных вод, отмечена интенсивная разгрузка пресных подземных потоков. Так, в районе скв. 1-Р на поверхности отмечены выходы нескольких источников пресных вод с суммарным дебитом до 400 *л/сек*.

Представленная картина распределения подземных потоков хорошо согласуется с данными по общей минерализации, газонасыщенности и температуре минеральных вод (рис. 3).

Максимальные дебиты минеральных вод изученной территории в момент их вскрытия при свободном изливе составляли: на север—северо-западном фланге—2,5—11 *л/сек* (скв. 7-Р, 4-Р и 1-Р), на юго-восточном фланге—12—17 *л/сек* (скв. 5-Р и 6-Р), на север-северо-восточном фланге—до 12,5 *л/сек* (скв. 8-Р). Удельные дебиты скважин соответственно имели значения: 1,8—2,5 *л/сек* при понижении 0,9—4,5 *м* (скв. 7-Р, 1-Р и 2-Р), 3,3—3,5 *л/сек* при понижении 1,5—1,8 *м* (скв. 5-Р и 6-Р).

Фонтанирование всех разведочных скважин на месторождении происходит в основном под влиянием газлифта. Из общего количества углекислоты, содержащейся в водах, большая ее часть в приповерхностных условиях выделяется в спонтанном виде: от 3 *г/л* (скв. 7-Р) до 8,3 *г/л* (скв. 5-Р). Выделение спонтанного газа начинается на глубине нескольких десятков метров от поверхности.

Расчеты величины упругости растворенного CO_2, а также измерения в пьезометрических трубках показали, что глубина дегазации по разведочным скважинам варьирует от 40 до 95 *м* (табл. 2).

При движении к поверхности количество свободного углекислого газа и его объем непрерывно возрастают, что приводит к резкому снижению объемного веса воды и фонтанированию скважин за счет проявления эффекта газлифта (при динамических уровнях воды ниже поверхности земли).

При этом отмечается достаточно тесная связь дебита газлифтного излива минеральной воды с общей газонасыщенностью и температурой. Как показано на рис. 4, с ростом величин газонасыщенности и температуры воды (условный коэффициент CO_2 общ. x T°C) отмечается общее возрастание газлифтного излива и наоборот.

Многолетнее изучение месторождения минеральных вод свидетельствует о значительной стабильности его гидродинамических и гидрохи-

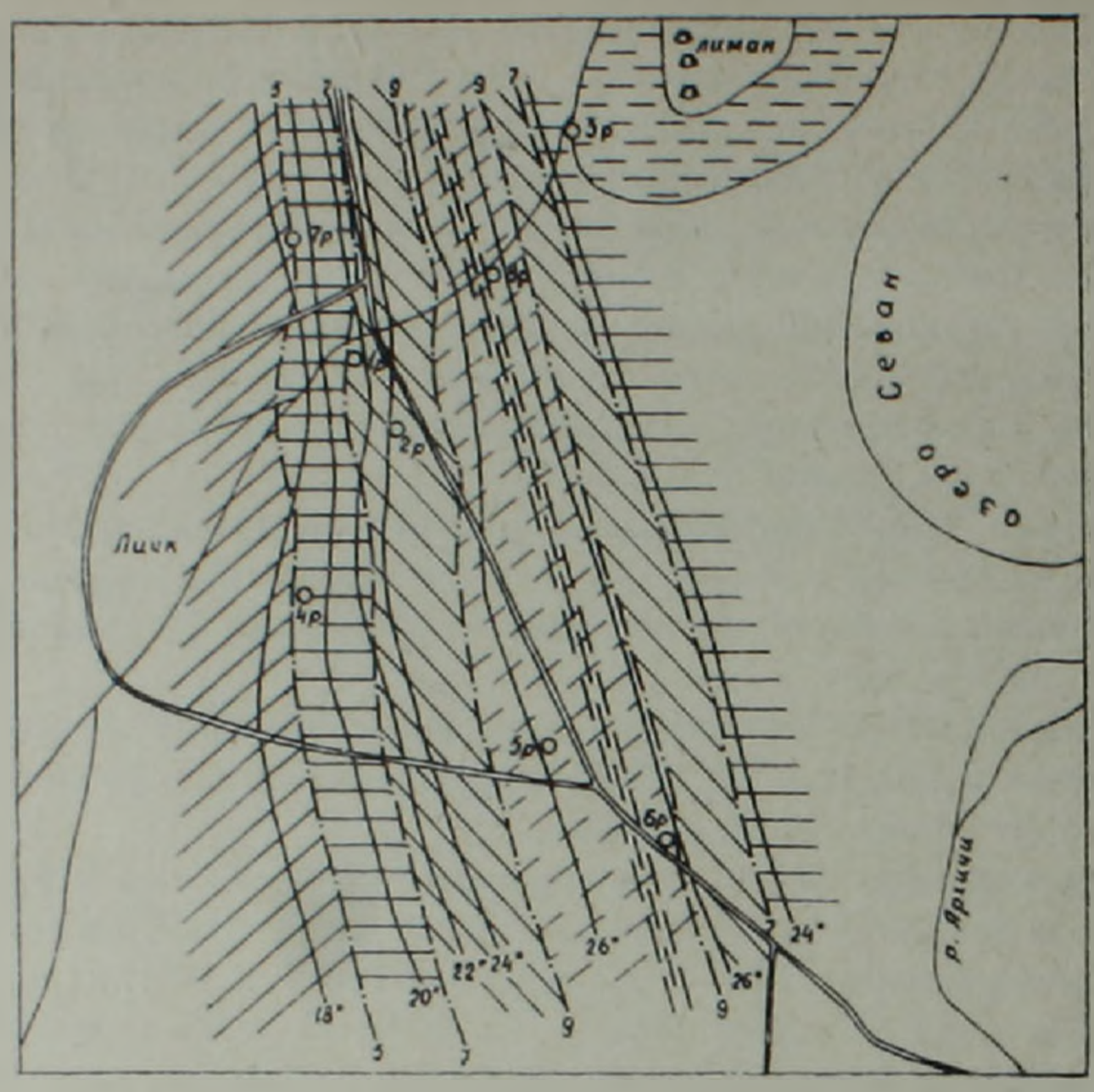

Рис 3. Центральный участок Личкского месторождения углекислых термоминеральных вод. Схематическая карта гидрогазохимического и гидротермического полей (Составил Р. Б Ядоян, 1976 г.) 1. Участок площадей разгрузки минеральных вод (заболоченность). 2. Субаквальная разгрузка минеральных вод (гриффоны). 3. Изотермы °С. 4 Изолинии газонасыщенности в *г/л.* 5. Линии тектонического нарушения. Газонасыщенность: 6. <5 *г/л.* 7. 5—7 *г/л.* 8. 7—9 *г/л.* 9. >9 *г/л.* 10. № скважины.

Таблица 2

Глубина появления спонтанной фазы в углекислых минеральных водах по скважинам Центрального участка Личкского месторождения

Номера разведочных скважин	Глубина дегазации в метрах		Глубина погружения пьезометров в м
	по расчету (упругость CO_2)	по замерам в пьезометрах	
1—Р	39,5	40,8	50,0
2—Р	57,0	57,5	70,0
4—Р	49,0	50,0	60,0
5—Р	94,3	95,0	110,0
6—Р	89,0	89,5	100,0
7—Р	39,5	40,0	50,0
8—Р	88,0	87,5	100,0

мических показателей во времени, чем доказывается непрерывное поступление и восполнение естественных ресурсов минеральных вод за счет глубинной составляющей.

Говоря об условиях формирования газового состава минеральных вод и геотемпературного поля рассматриваемого месторождения, следует прежде всего отметить факт близости расположения вулканической системы Гегамского нагорья и прежде всего голоценовой постройки Агмаганского вулкана, поставляющих, по-видимому, глубинный углекислый газ метаморфогенной природы.

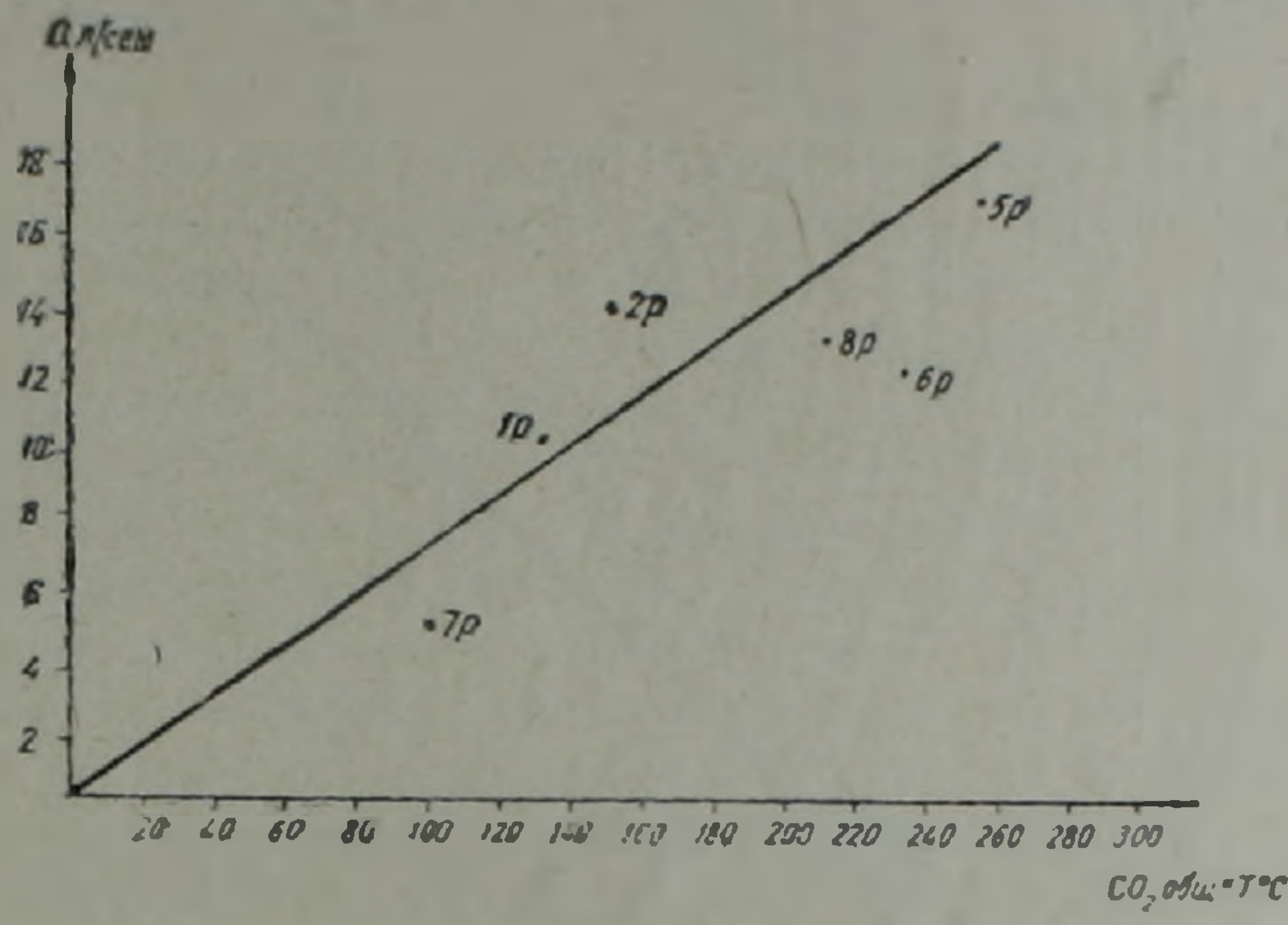

Рис. 4. Центральный участок Личкского месторождения углекислых термоминеральных вод. График зависимости газлифтного излива минеральной воды от условного коэффициента (CO_2 общ. x T°C). (Составил Р. Б. Ядоян)

№№ скв.	Q max л/сек	CO_2 общ. г/л	T воды °C	Услови. коэффиц. CO_2 общ. x T°C
1р	11,4	7,3	18	131.4
2р	14	7,2	21	151,2
5р	17	10	25,8	258
6р	12,0	9	26	234
7р	5,0	5,0	20	100
8р	12,5	9.30	24,5	222,25

Что касается минерализации углекислых вод, то в соответствии с рассмотренной выше гидродинамической схемой месторождения можно считать, что для верхних этажей разреза господствующим процессом является смешение восходящих из глубинных зон термальных углекислых растворов гидрокарбонатно-хлоридного натриево-магниевого состава с минерализацией более 8 *г/л* с пресными водами гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией до 0, 5 *г/л*. В пользу такого вывода свидетельствует также график А. Н. Огильви, построенный с ис-

пользованием данных по составу воды из различных скважин, отобранных в различные периоды времени (рис. 5).

Как следует из приведенного материала, рассматриваемое месторождение отличается значительной сложностью строения. Наличие наложенной впадины, глубокое залегание продуктивной водовыводящей структуры, мощные толщи осадочных образований, заполняющих депрессию и маскирующих гидрогеологически активное тектоническое нарушение, свидетельствуют о гидроинжекционном механизме локализации в разрезе высоконапорных термоминеральных вод. По типу очага разгрузки минеральных вод месторождение с наибольшей вероятностью мож-

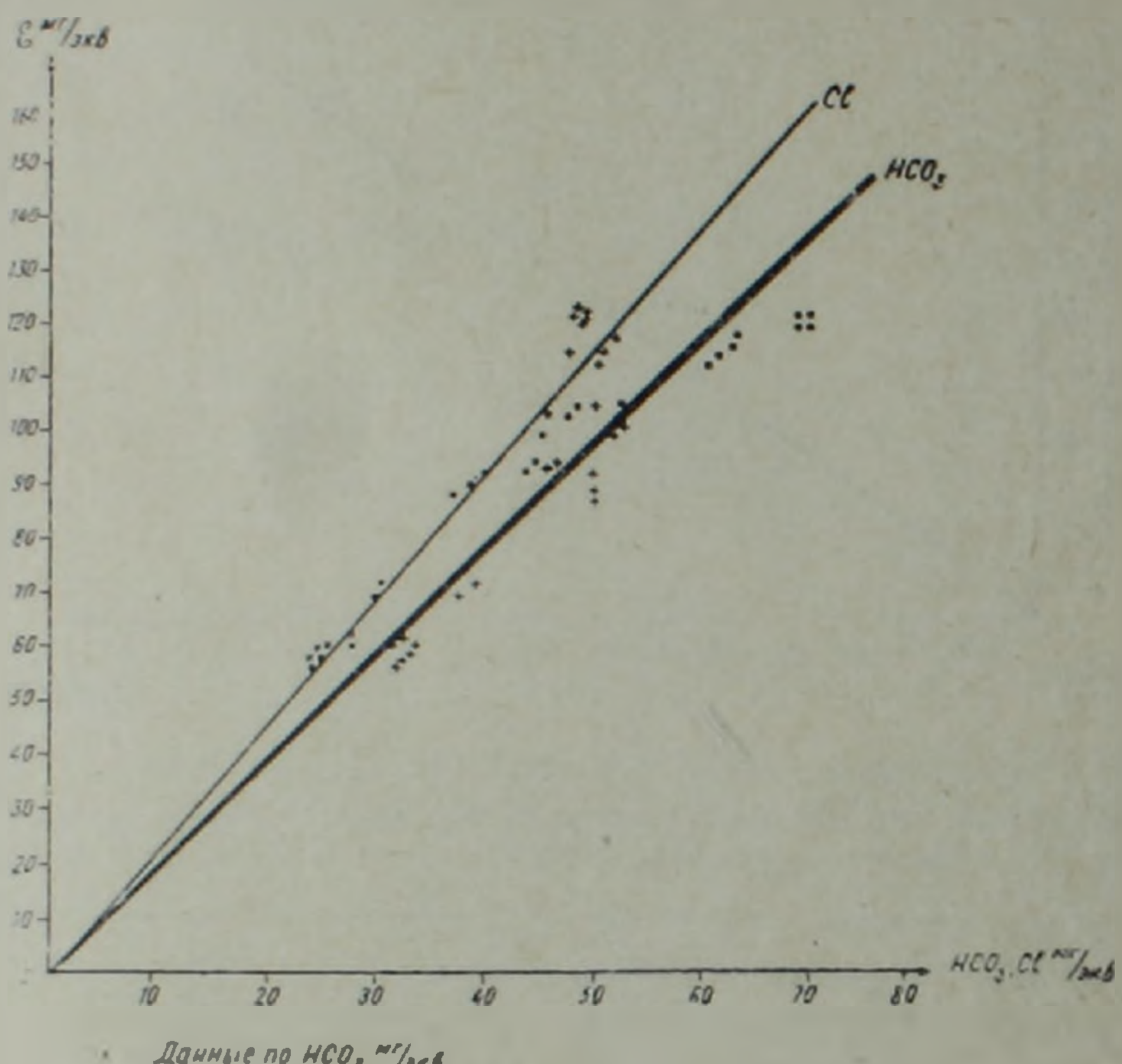

Рис. 5 Личкское месторождение углекислых вод. График смещения подземных вод (Составил Р. Б. Ядоян).

но отнести к приложенному типу. По имеющимся данным, продуктивным является северо-восточный шов впадины. Купол восходящих минеральных вод под действием напоров с юго-востока и запад-юго-запада вытянут на север-северо-восток. Следовательно, по ориентации очага разгрузки на участке имеется прибортовой подтип приложенного типа с комбинированным латеральным движением минеральных вод в горизонте-реципиенте.

Подсчет запасов минеральных вод центрального участка Личкского месторождения углекислых вод произведен по гидравлическому методу и утвержден ГКЗ СССР в количестве 2713 *м³/сут.* Ресурсы

месторождения не оценивались, однако можно предполагать, что утвержденные запасы далеки от полной характеристики возможностей месторождения.

Оценивая степень изученности месторождения, следует отметить, что ряд вопросов требует дальнейшей детализации и углубленного исследования. В частности, сейчас очевидна необходимость разведки восточного фланга месторождения, что потребовало бы специального объема бурения. Бурение таких скважин даст возможность полностью охарактеризовать как участок, так и месторождение в целом. При дальнейшем исследовании месторождения как для наращивания запасов, так и выявления высокотермальных разновидностей подземных вод (наличие которых в недрах месторождения неоспоримо), необходимо бурение скважин глубиной до 1000—1500 м. Для определения конкретных точек заложения скважин необходимо геофизическими работами оконтурить Личкский грабен, в особенности со стороны пос. Мартуни.

Северо-восточный шов этой впадины на юго-востоке участка принимает близширотное направление, а затем резко заворачивает на юг, получив близмеридиональное направление. По нашему мнению, это указывает на наличие зон нарушений, проходящих вдоль русел речек Кучай и Аргичи. Пересечение этих двух зон с основной, по всей вероятности, происходит западнее пос. Мартуни

Геофизические работы необходимо проводить по северо-восточному профилю, проходящему через предполагаемый узел пересечения двух разломов. Глубокие скважины следует заложить с расчетом пересечения подошвы Личкского грабена, где и можно ожидать подземные воды с наиболее высокими температурами.

В настоящее время, по имеющимся данным, продуктивным считается северо-восточный шов Личкского нарушения, но материалов, полностью отрицающих перспективность юго-западного крыла, нет.

Для представления о предполагаемых величинах значения термальных вод (или потоков) нужно исходить из следующего: в районе скважины 6-Р на глубине 260 м температура минеральной воды доходит до 28,4° С. Вода сюда поступает с глубины 1510 м. (около 500 м абсолютной отметки). Доказано непрерывное поступление и восполнение естественных ресурсов минеральных вод за счет глубинной составляющей.

При поисках высокотермальных вод в данном районе крайне важно также учесть вопрос о полной изоляции горизонтов напорных пресных вод, поступающих с Гегамских гор, которые намного занижают значение тепловых потоков.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 31.III.1980

Ռ. Բ. ՅԱԴՈՅԱՆ

ՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ ՎՐԱՏՐՎԱԾ ԻՋՎԱԾՔՆԵՐԸ ՈՐՊԵՍ ՋԵՐՄԱՆԱՀԱՆՔԱՅԻՆ ՋՐԵՐԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐԱՅԻՆ ՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Մալքալհոնային ռեգիոններում ամենատարածված տուրուկտուրային տիպերից են Հանդիսանում տեկտոնական վրադրված իջվածքները։

Տեկտոնական վրադրված իջվածքներում տեղի է ունենում երկու ջրատար՝ շերտային և երակա-ճեղքվածքային սիստեմների փոխադրնցություն, որի հետևանքով լատերալ ուղղությամբ շարժվող ջրերում ձևավորվում է հիդրոթերմալ (հիդրոքիմիական) գմբեթ, դրսևորելով ճնշումային ջրերի ներդրման մակերևույթը։

Ջերմահանքային ջրերի հայտնաբերման տեսակետից մանրակրկիտ ուսումնասիրման է արժանի Սևանի օռոտեկտոնական գոտին, որտեղ առանձնացվում են 22 հեռանկարային տեկտոնական վրադրված իջվածքներ։

Համեմատաբար լավ ուսումնասիրված տեկտոնական վրադրված իջվածքը՝ Լիճքի ածխաթթվային ջրերի հանքավայրն է։

R. B. YADOYAN

THE SUPERIMPOSED TECTONIC BASINS AS PERSPECTIVE STRUCTURES FOR DISCOVERING THERMOMINERAL WATERS

A b s t r a c t

The superimposed tectonic basins are one of the most specific and significant types of structures in fold-mountain regions. For the Minor Caucasus Sevan and Arpah-Vorotan basins zone extensive drainage systems are revealed where 22 superimposed depressions are mapped out being perspective for thermomineral waters search.

The Lichk depression is considered as the most studied one.

All the tectonic basins of the Sevan orotectonic zone as well as the other Minor Caucasus intermontane basins are subject to detailed study as highly perspective structures for revealing the thermomineral water resources of depth circulation with a temperature from 70°C to 90°C.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Асланян А. Т.* Региональная геология Армении. Изд. «Айпетрат», Ереван, 1958.
2. *Вартанян Г. С.* Месторождения углекислых вод горноскладчатых регионов. «Недра», М., 1977.

3. Геология Армянской ССР, т VIII «Гидрогеология» Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1974.
4. Геология Армянской ССР, т. IX «Минеральные воды». Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1969.
5. *Ядоян Р. Б., Ходжоян М. П., Симонян Д. Е.* Геохимия современных гидротерм Армянского вулканического нагорья. Тезисы докл. симпозиума «Современные минералообразующие растворы», Петропавловск-Камчатский, 1970.
6. *Ядоян Р. Б., Ходжоян М. П.* Гидротермальные ресурсы и пути их практического использования. Изучение и использование глубинного тепла Земли. «Наука», М., 1973.
7. *Ядоян Р. Б.* Некоторые вопросы современного состояния учения о месторождениях минеральных вод. Известия АН Арм.ССР, Науки о Земле. № 6, 1978.