

Օդատիեզերական տեղեկությունը վերծանման տվյալները, սեյսմակրթաբանական և սեյսմատեկտոնական արդյունքների հետ մեկտեղ, վկայում են Բազում-Սևանի գոտու բեկվածքների հարավային թևի խորքային ակտիվացման մասին, որը տեղի է ունեցել գերազանցապես հորիզոնականին մոտ մերձմիջօրեական ուղղության սեղմման պայմաններում՝ Արարական սալի ղեպի հյուսիս շարժման հավանական սկստիվացման պատճառով:

A. S. KARAKHANIAN

THE FIELD, AERIAL AND SPACE INVESTIGATION RESULTS OF THE SPITAK EARTHQUAKE, 1988, ACTIVE FRACTURES AND SEISMOGENOUS DEFORMATIONS

Abstract

The field, aerial and space information application results on the Spitak earthquake seismogeological after-effects and realization conditions study are considered. The morphostructural description and kinematical characteristic of the seismogenous deformations, as well as the region general fractures (including the activated during the earthquake ones) are brought.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпетян Н. К. Механизм очагов землетрясений Ленинбаканского региона.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987, № 1, с. 33—40.
2. Трифонов В. Г., Макаров В. И., Скобелев С. Ф. Аэрокосмические методы изучения современных и новейших тектонических процессов. М.: Наука, 1988. с. 87—100.
3. A. Clsteras, H. Philip, J. C. Bousquet, M. Cara, L. Dorbath, C. Dorbath, H. Haessler, E. Jimener, A. Nerseslian, L. Rivera, B. Romanovic and S. Arefiev, B. Borisov, A. Corshkov, V. Cratzer, A. Gvishiani, A. Lander, A. Ragozhin, N. Shehalin.—The Spitak (Armenia) Earthquake of December 7, 1988; Field observations, Seismology and Tectonics. Strasbourg, (France), 1989. p. 13.
4. J. Filson, R. Borchardt, R. Sharp, D. Simpson, C. Langer, G. Sembera, C. Dietel, E. Cranswick, C. Mueller, T. Noch, M. Andrews, G. Classmoyer, G. Maxwell, J. Seale, M. Kennedy, G. Jensen, J. Wan Sinaach, A. Der Kingeghlan, C. Valdes, E. Cranswick.—Results and data from Seismologic and Geologic studies following earthquakes of December 7, 1988, Near Spitak, Armenian SSR, Usa, 1989, p. 188.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 3, 24—34

УДК: 550.348.436:550.84 (479.25)

В. А. ИГУМНОВ, З. Г. СТЕПАНЯН

НЕКОТОРЫЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

В статье рассматриваются различные изменения гидрогеохимических и гидродинамических показателей на наблюдательных скважинах территории Армянской ССР, связанные со Спитакским землетрясением 07.12.1988 г.

Спитакское землетрясение 7.12.88 г. нарушило локальные поля напряжений на территории Армении. Об этом свидетельствуют также различные изменения в геофизических, гидродинамических, гидрогеохимических и других полях. После землетрясения было совершено

сколько маршрутов с целью опробования минеральных вод, находящихся под режимными наблюдениями с разным интервалом отбора проб, чтобы оценить степень воздействия землетрясения в разных районах по геохимическим данным.

Маршруты: 1. Ереван-Талин-Маралик-Ленинакан; 2. Ереван-Ара-рат-Ехегнадзор-Джермук-Сисиан-Кафан-Каджаран; 3. Ереван-Севан-Кировакан-Спитак; 4. Ереван-Арзни-Арлакан-Раздан-Анкаван. Исследовался химический состав, газы, температура, где было возможно—дебит и газовый фактор.

Основной объем проб проанализирован в АрмНИГС ГЕОХИ АН СССР, аналитики—Степанян З. Г., Давтян Н. С., Петросян Л. Г., Ару-тюнян А. М.; некоторые пробы—в НИИЖ и ФМЗ АрмССР, аналитик—Дарбинян Л. Г.; элементный анализ благородных газов и их изотоп-ные соотношения—в ГЕОХИ АН СССР, аналитик—Арутюнян Р. М. В измерениях гелня, напора и температуры на Араратской наблюдатель-ной скважине участвовал Мкртчян Ю. С.

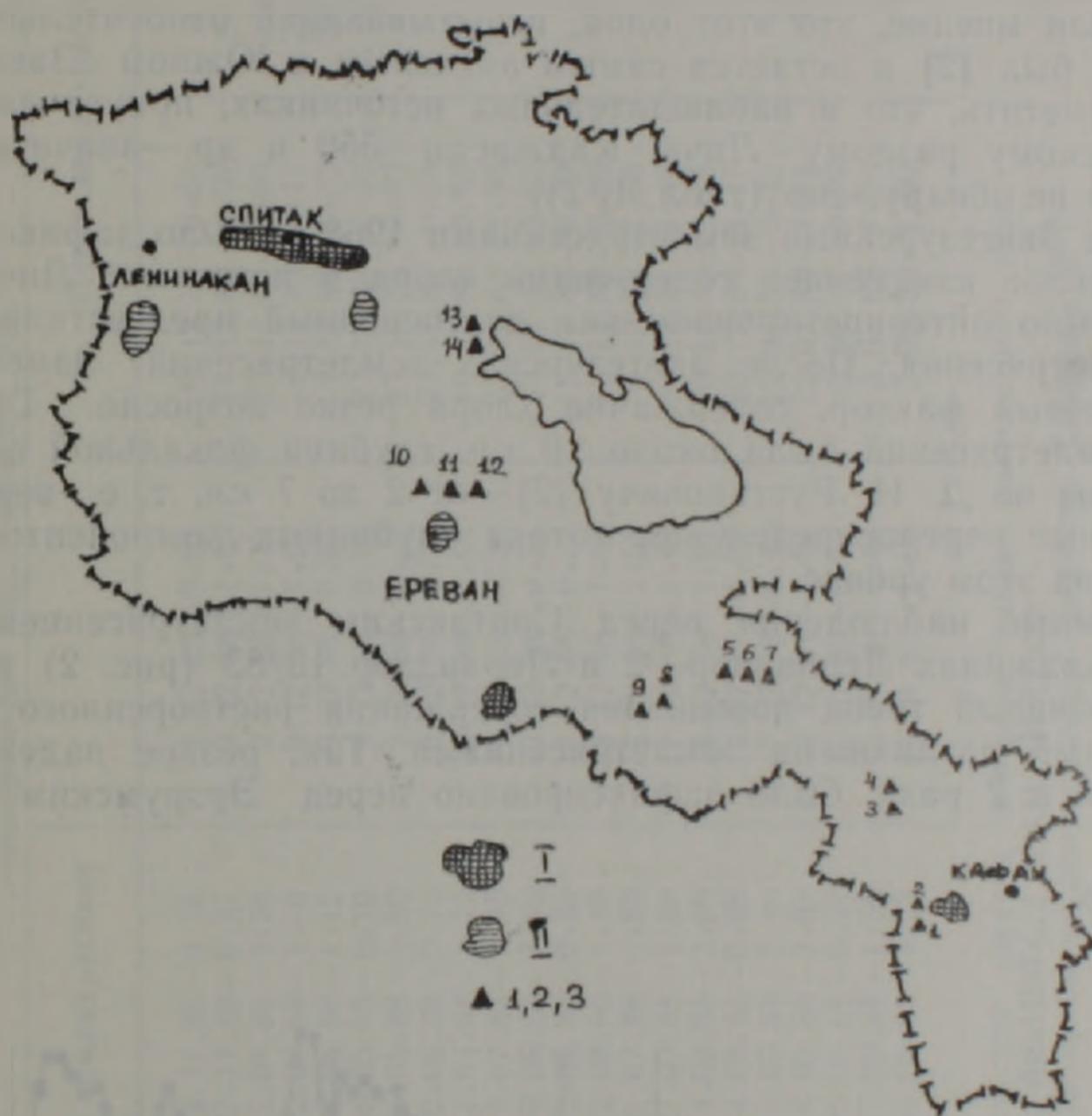


Рис. 1. Схема опробования и степени изменения гидрогеохимических и гидродинамических параметров в связи со Спитакским землетрясением.

I—области с аномальными изменениями, выходящими за пределы различных вариаций. II—области со слабыми изменениями, сравнимыми с внутригодовыми вариациями. 1,2,3—номера исследованных скважин с изменениями, попадающими в «коридор погрешностей» отбора и анализа. Список скважин приводится в тексте.

Схема опробования и степени изменения гидрогеохимических и гидродинамических параметров представлена на рис. 1. По результатам предварительного анализа на территории Армении выделены области: 1) существенных изменений не обнаружено, незначительные изменения попадают в «коридор погрешностей» отбора и анализа; 2) слабые изменения, сравнимые с внутригодовыми вариациями; 3) аномальные изменения, выходящие за пределы различных вариаций. Обнаруженные области изменений этих параметров не зависят ни от расстояния и азимута от эпицентральной области, ни от плана тектонических нарушений верхнего структурного этажа.

Самые значительные изменения в гидрогеохимическом и гидродинамическом режимах после Спитакского землетрясения произошли в Южном Зангезуре. На наблюдательных скважинах Лернадзор—2 и Лернадзор 13/83 резко упал газ-фактор (\sim в 2,5 раза), дебит уменьшился с 0,7 до 0,5 л/сек (Лернадзор—2). Но особенно резко упало содержание растворенного гелия и углекислого газа, почти в 3—5 раз (табл. 1, 2), при очень слабых изменениях в химическом составе. Такое уменьшение газового фактора и, особенно, гелия заставило нас увеличить интервал отбора и анализа гелия автоматической установкой «Регион», чтобы обеспечить метрологию записи в аналоговом варианте на самописце.

Вариации геохимических параметров, указывавшие на современную активизацию субширотных структур Центрального блока [1], к которым и приурочены наблюдательные скважины, усилились после Спитакского землетрясения. Резкие изменения содержания гелия и углекислого газа на субширотной Охчинской структуре между субмеридиональными Дебаклинским и Хуступ-Гиратахским разломами подтвердили мнение, это этот блок, испытывающий относительное погружение, был [2] и остается самым активным в Южном Зангезуре. Нужно отметить, что в наблюдательных источниках, приуроченных к Дебаклинскому разлому—Личк, Каджаран—550 и др.—значительных изменений не обнаружено (табл. 1, 2).

Перед Зангезурскими землетрясениями 1968 г. было зафиксировано длительное изменение содержания хлора в источнике Личк [2], которое было интерпретировано как долгосрочный предвестник местного землетрясения. После Зангезурских землетрясений изменились дебит, газовый фактор, содержание хлора резко возросло. Глубина очагов землетрясений была около 10 км, глубина фокальной области афтершоков по Д. Н. Рустановичу [2]—от 2 до 7 км, т. е., вероятно, что основные перераспределения потока глубинных компонентов происходили на этом уровне.

Режимные наблюдения перед Спитакским землетрясением 7.12.88 г. на скважинах Лернадзор—2 и Лернадзор 13/83 (рис. 2) установили устойчивый тренд повышения содержания растворенного гелия, прерываемый различными землетрясениями. Так, резкое падение гелия, почти в 2 раза, было зафиксировано перед Эрзрумским земле-

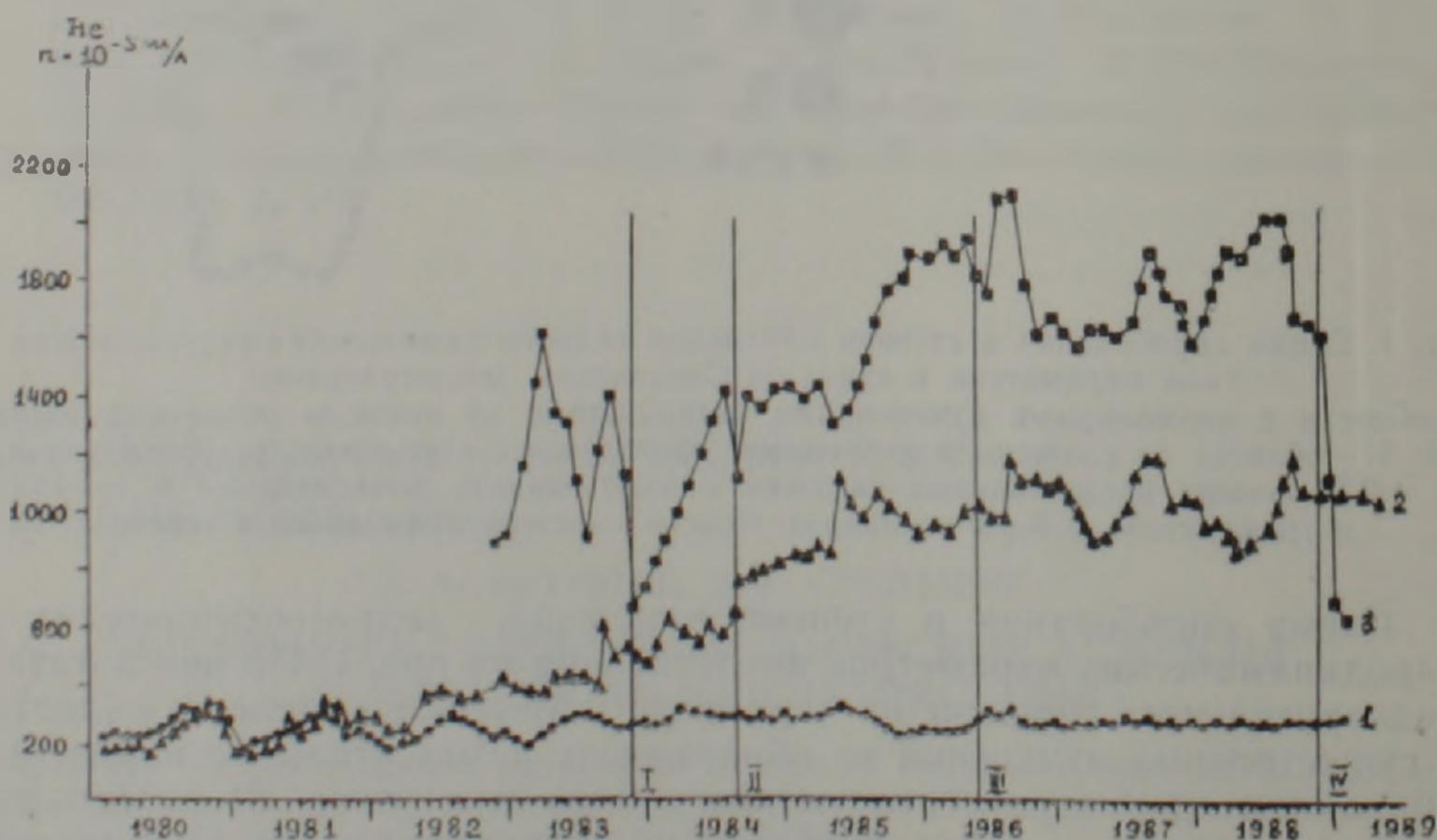


Рис. 2 Вариации растворенного гелия в наблюдательных скважинах Армянской ССР. Среднемесячные содержания.
1—сква. Арарат, 2—сква. Суренаван, 3—сква. Каджаран, Лернадзор—2.
Землетрясения: I—Эрзрумское 1983 г., II—Ереванское 1984 г., III—Джавахетское 1986 г., IV—Спитакское 1988 г.

Вариации растворенного углекислого газа
в минеральных водах Армянской ССР, г/л.

№№	Место отбора пробы	До землетрясения					После землетрясения	
		28.11.88	22.11.88	12.08.88	9.12.88	8.12.88	9.12.88	14.12.88
1	Арарат	0.38	0.87	1.38	0.61	0.68	0.45	0.69
2	Суренаван	0.87	1.0	1.0	1.4	1.07	1.48	1.37
3	Арзни, скв. 3 62	1.38	1.0	1.0	1.13	1.68	1.51	1.51
4	Арзни, скв. 6 64	1.0	1.12	1.0	1.97	2.11	1.58	1.58
5	Арзни, скв. 1 62	1.12	0.70	0.93	0.93	1.35	1.51	1.51
6	Артикан, 40°С	0.70	0.90	0.68	0.68	0.56	0.66	0.71
7	Ардзакан, 33°С	0.90	0.75	0.87	0.87	0.82	0.84	0.91
8	Сенак—2,23°С	0.75	1.72	0.78	0.78	0.68	0.68	0.68
9	Кировакан, "Лори"	1.72	1.96	1.84	1.84	0.83	1.61	1.61
10	Спитак, Сирали	1.96	1.10	3.38	3.38	1.36	1.36	1.36
11	Ахурян, Лунсахпюр	1.10	0.30	0.77	0.77	0.80	0.80	0.80
12	Ахурян, Гетк	0.30	0.30	0.3	0.3	0.20	0.20	0.20
13	Ахурян, Норзбер	0.40	1.50	1.5	1.5	0.86	0.86	0.86
14	Егегнадзор, Агаракадзор	1.50	1.80	1.54	1.54	1.60	1.60	1.60
15	Егегнадзор, Малишка	1.80	1.60	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
16	Сенак, 24	1.60	0.58	1.81	1.81	1.74	1.74	1.74
17	Сиснак Уз "Новая"	0.58	1.0	1.07	1.07	1.17	1.17	1.17
18	Каджаран, Лернадзор-2	1.0	2.02	0.46	0.46	0.22	0.36	0.36
19	— " — Лернадзор 13 83	2.02	1.97	1.97	1.97	1.44	1.44	1.44
20	Каджаран, скв. 550	0.97	0.62	0.62	0.62	0.70	0.70	0.70
21	— " — скв. 513	1.59	1.44	1.44	1.44	1.56	1.56	1.56
22	— " — скв. 558	1.23	1.08	1.08	1.08	1.50	1.50	1.50

* Анализ с помощью баритовой зарядки, контроль—анализ равновесного пара
[7] Аналитик—Степанян З. Г., АрмНИГС ГЕОХИ АН СССР.

** Спитакские и ахурянские пробы до землетрясения—аналитик Дарбинян Л. Г.,
НИИК и ФМЗ АрмССР

Вариации растворенного гелия в минеральных водах АрмССР, $\mu \cdot 10^{-5}$ мл/л.

Таблица 2

№№	Место отбора пробы	До землетрясения	После землетрясения			
			1	2	3	4
1	Арарат	6.12.88 — 28.0	7.12.88 — 240.0	8.12.88 — 313.0	12.12.88 — 327.0	18.02.89 — 290.0
2	Суденатап	6.12.88 — 1059.0	7.12.88 — 1078.0	8.12.88 — 1145.0	12.12.88 — 1156.0	18.02.89 — 1006.0
3	Арзни, скв. 664	18.09.88 — фон	9.12.88 — 49.0	27.12.88 — фон	24.01.89 — фон	—
4	Арзакан, 33 С	18.09.88 — 18.0	9.12.88 — 25.0	27.12.88 — 29.0	4.01.89 — 23.0	24.01.89 — 16.0
5	Севан, — 223 С	22.09.88 — 7950.0	10.12.88 — 6173.0	17.12.88 — 7620.0	24.12.88 — 8126.0	—
6	Кировакан, „Лори“	22.09.88 — 312.0	10.12.88 — 348.0	17.12.88 — 288.0	24.12.88 — 241.0	—
7	Ахурян, Луйсахиср	11.07.87 — 57.0	13.12.88 — 87.0	19.12.88 — 105.0	—	—
8	Каджаран, Лернадзор—2	6.12.88 — 1681.0	12.12.88 — 1758.0	16.12.88 — 1005.0	26.12.88 — 497.0	10.03.89 — 929.0
9	—, — Лернадзор 1383	22.11.88 — 513.0	12.12.88 — 415.0	16.12.88 — 467.0	16.01.89 — 295.0	4.02.89 — 399.0
10	Каджаран, скв. 550	23.11.88 — 242.0	18.12.88 — 286.0	15.01.89 — 370.0	—	—
11	—, — скв. 513	23.11.88 — 19.0	18.12.88 — 18.0	15.01.89 — 16.0	—	—

* Анализ с помощью ИНГЕМа—1, аналитик—Игумнов В. А., АрмНИГС ГЕОХИ АН СССР

рясеннем 1983 г. Наряду с таким длительным трендом по гелию наблюдается динамика изотопного соотношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ за последние десять лет (с $1,14 \cdot 10^{-6}$ до $3,9 \cdot 10^{-6}$). В работе [6] приводится аналогичный пример значительного изменения $^3\text{He}/^4\text{He}$ и $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ при почти двадцатилетних наблюдениях в Уполни.

Такой длительный подъем содержания гелия, изменение в изотопном соотношении в сторону увеличения мантийной компоненты, возможно, связан с современным относительным опусканием Центрального блока на фоне относительного подъема Западного блока—Зангезурский хребет и Восточного блока—зона Хуступ-Гиратахского разлома. Резкий спад содержания гелия в Центральном блоке после Спитакского землетрясения, вероятно, указывает на изменение режима вертикальных движений или на смену знака напряжений: растяжение—сжатие. Подобная смена «подъем-опускание-подъем» была зафиксирована во время Нингатского землетрясения 1964 г. [4].

Для ориентировочной оценки глубины изменения тектонических напряжений можно воспользоваться изотопным соотношением $^3\text{He}/^4\text{He}$, которое является надежным трассером ювенильных летучих компонентов. В настоящее время, зная соотношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ в исследуемой воде, можно определить мантийную компоненту, оценив вклад гелия различного генезиса: атмосферы ($^3\text{He}/^4\text{He} 1,4 \cdot 10^{-6}$), коры ($2 \cdot 10^{-6}$) и мантии ($1,2 \cdot 10^{-6}$). Увеличение мантийной составляющей гелия (с $1,14 \cdot 10^{-6}$ до $3,9 \cdot 10^{-6}$), изменения в соотношении $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ (от 20,4 до 33,1), прослеженные при режимных наблюдениях в Южном Зангезуре, указывают, что поля напряжений здесь меняются на значительную глубину, возможно, на всю мощность коры.

Следующей областью, где зафиксированы аномальные изменения в гидрогеохимических и гидродинамических полях, является Арарат-Суренаванский участок. В Араратских скважинах после Спитакского землетрясения резко увеличился дебит (наблюдательная—с 0,25 до 0,5 л/сек; скважина рядом с профилакторием—с 0,3 до 0,7 л/сек), рядом с наблюдательной стала изливаться бывшая сухая скважина с дебитом 0,5 л/сек, газ-фактором $\sim 0,2$ того же химического состава ($\text{HCO}_3\text{—Ca}$), температуры ($t=22,4^\circ\text{C}$) и содержания гелия. В течение первого после землетрясения месяца резко и неперiodически изменялся газовый фактор. Аналогичные изменения происходили и в Суренаванской скважине. Резко менялось содержание гелия и углекислого газа (табл. 1, 2). На рис. 3 представлены изменения температуры и напора (манометрическое измерение), в Араратской наблюдательной скважине напор после землетрясения повысился почти в три раза. Такие резкие изменения заставили нас скорректировать интервал отбора и анализа гелия автоматической установкой с режимом газоотделения с помощью газоотделителя новой конструкции.

Режимные наблюдения за содержанием растворенного гелия с 1980 г. по 1989 г. (рис. 2) установили устойчивое увеличение содержания гелия за этот период в Суренаванской скважине почти в 5 раз. Интересно отметить, что тренд гелия проходил на фоне длительного уменьшения минерализации (с 6,0 до $\sim 4,5$ г/л). Возможно, что подъем содержания гелия в Суренаване за такой период связан с относительным опусканием Араратской котловины на фоне относительного подъема соседнего Урцского блока. Мантийная компонента гелия ($^3\text{He}/^4\text{He} 1,5 \pm 0,065 \cdot 10^{-6}$) и углерод CO_2 по величине $\delta^{13}\text{C}$ ($-6,0\text{‰}^*$), отвечающий углероду CO_2 мантийного генезиса, в скважине Суренаван указывают, что режим изменения тектонических напряжений затрагивает глубины, соизмеримые с мощностью земной коры. Судя по графику изменения содержания гелия (рис. 2) Суренаванская скважина не «среагировала» непосредственно после Спитакского землетрясения.

* Анализ сделан в лаборатории ВНИГНИ Мингео СССР, аналитик—Мехтиева В. Л.

как, например, Калжаранская. Эффект «запаздывания» вариаций гелия в Суренаванской скважине в связи с землетрясениями уже отмечался в работе [3]. Поэтому спад содержания гелия в Суренаванской скважине возможен в 1989 г. За два года до Спитакского землетрясения в Араратской скважине исчезли вариации гелия с приблизительно годовым циклом (рис. 2).

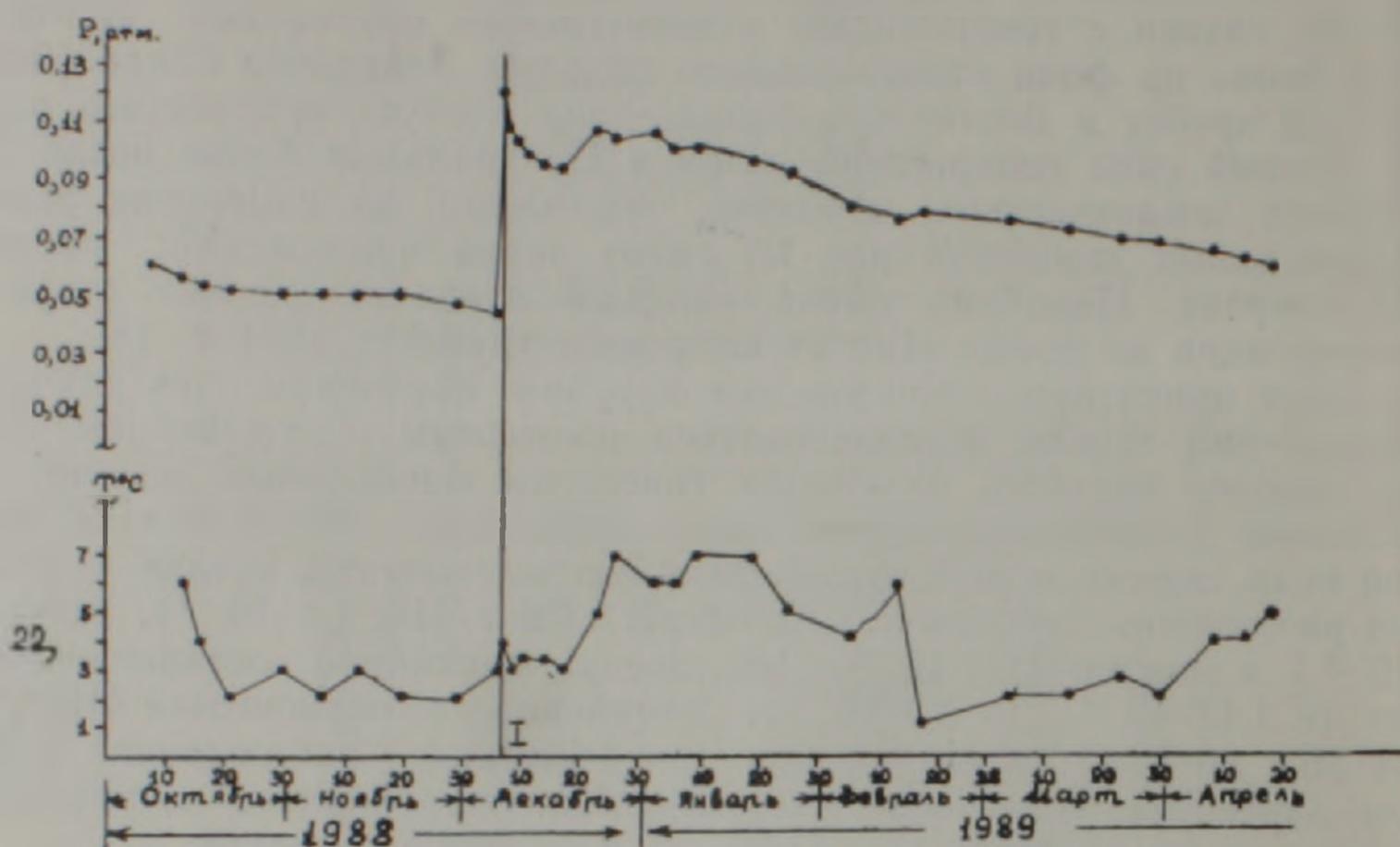


Рис. 3. Графики изменения давления и температуры на наблюдательной скважине Арарат.
I—Спитакское землетрясение 1988 г.

Трудности опробования в эпицентральной зоне непосредственно после землетрясения сузили круг анализируемых скважин. Однако, даже по двум исследованным скважинам (Кировакан «Лори» и Спитак-Сарали) можно судить о тех значительных изменениях в гидрохимическом и гидродинамическом режимах скважин эпицентральной зоны после Спитакского землетрясения. Так, в Кироваканской скважине увеличился дебит, усилились резкие неперiodические выбросы газа при относительно постоянных температуре и химическом составе. Резкие изменения произошли и в содержании растворенных гелия и углекислого газа (табл. 1, 2). По данным «Армгеокаптажминвод» на 27.12.88 г., минерализация воды «Лори» составила 6,3 г/л, до землетрясения была 7,4 г/л. Особенно изменилось содержание углекислого газа в Саралинской скважине (табл. 1). Такие изменения сопровождались увеличением дебита и газового фактора, в то время как химический состав и температура почти не изменились.

Несмотря на относительную близость к эпицентральной зоне, изменения в гидрохимическом и гидродинамическом режимах на Арзинском, Анкаванском и Ахуринском участках гораздо слабее, чем в более удаленных Араратской и Загезурской областях. В Арзии исследовались скважины 1/62, 3/62 и 6/64. По нашим данным, изменения растворенного CO_2 после Спитакского землетрясения не превышали 50—60% (табл. 1), по данным «Армгескаптажминвод», в скважине 1/62 до землетрясения было $\sim 4,0$ г/л растворенного CO_2 , после— 0,38 г/л. Интересно появление на короткий срок в скважине 6/64 после землетрясения растворенного гелия (табл. 2). Возможным источником гелия мог быть водоносный горизонт в соленосных глинах на глубине 500—600 м (скв. 10/62), где содержание гелия достигало 80-10 мл/л, или глубинный гелий из-под фундамента. После землетрясения минерализация вод всех эксплуатируемых скважин Арзии увеличилась. На рис. 4 приведены графики изменения минерализации в Арзинских скважинах за более чем двадцатилетний период наблюдений.

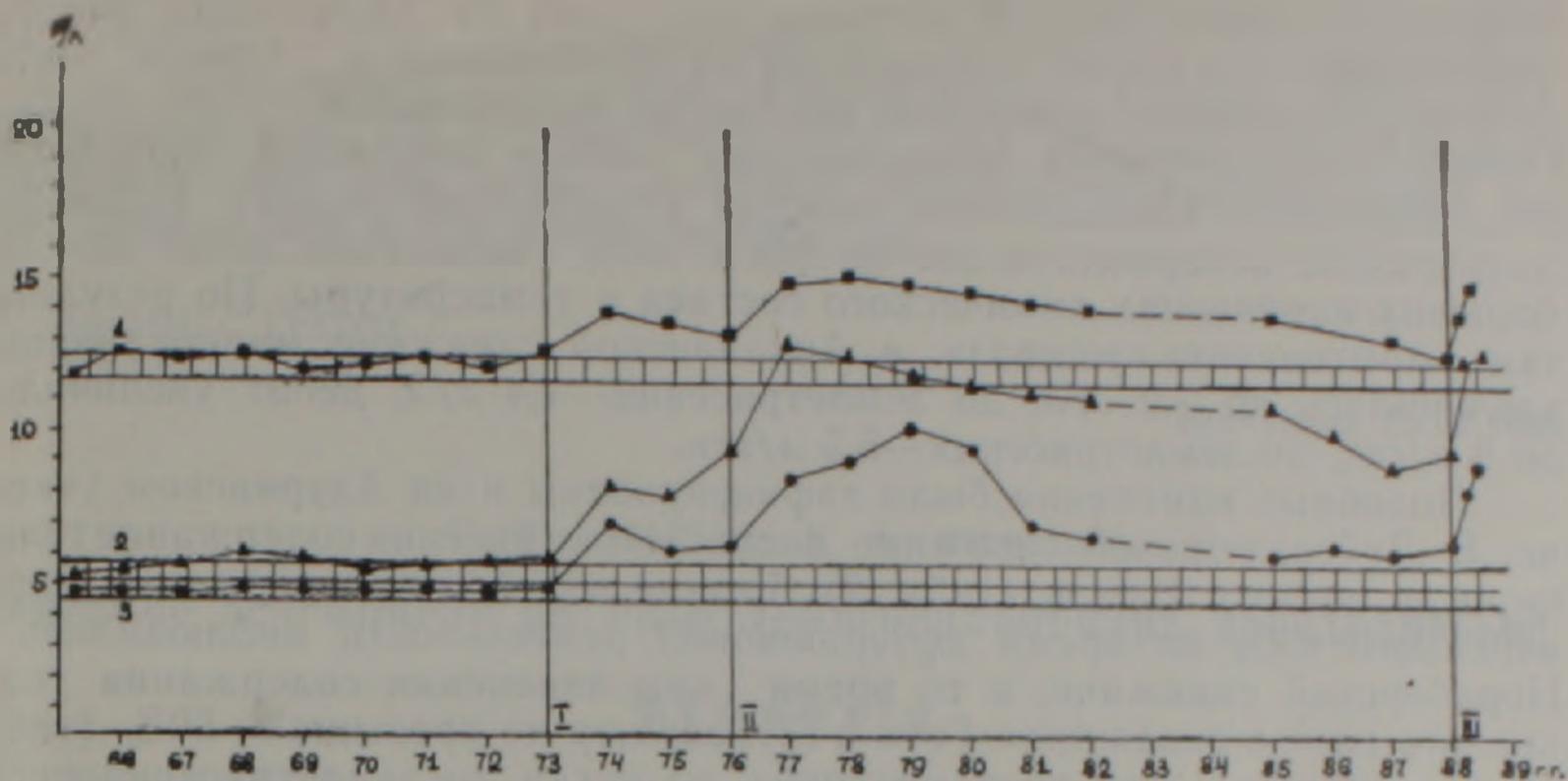


Рис. 4. Изменение минерализации в Арзнинских водах. Среднегодовые значения.
1—скв. 1/62. 2—скв. 3/62. 3—скв. 6/64.

Аналитики—О. П. Бозоян, Ж. А. Ханбекян, Л. Г. Дарбинян (НИИК и ФМЗ Арм ССР), З. Г. Степанян (АрмНИИ С. ГЕОХИ АН СССР).

Землетрясения: I—Ереванское 16.06.73, $M=4,0$, $l=0,0$ км, 5 баллов. II—Чалдыранское 24.11.76, $M=7,0$, $l=130,0$ км, 5 баллов. III—Спитакское 07.12.88, $M=7,0$, $l=80,0$ км, 5—6 баллов.

Резкое увеличение минерализации вод всех скважин после землетрясений (в скв. 3/62 после Чалдыранского землетрясения 1976 г.— почти в 3 раза по отношению к норме, нормируемые пределы минерализации для каждой скважины на рис. 4 показаны штриховкой) свидетельствует о перетоках из более глубоких водоносных горизонтов с солеными и рассольными водами. Интересно отметить, что изменения минерализации в Арзнинских скважинах после Спитакского землетрясения напоминает реакцию скважин на Чалдыранское землетрясение 1976 г. Для Арзнинского участка оба землетрясения почти одинаковы по сейсмологическим характеристикам (рис. 4). Рост происходит за счет основных минералообразующих компонентов: хлора, натрия и магния, в то время как содержание гидрокарбонат-иона изменяется слабее, а кальций и сульфат-ион почти не меняются.

На участке Арзни эксплуатируемые водоносные горизонты неглубокие (до 200 м), наиболее минерализована вода скв. 1/62 (до 13 г/л). Нижние горизонты содержат соленые и рассольные воды хлоридного магниево-натриевого состава: горизонт 500—600 м с M 23 г/л по скв. 10/62, горизонт 1050—1077 м с M 47 г/л по скв. Раздан—4 и так вплоть до Птгнинских рассолов с M 200—250 г/л. Гидрохимический разрез на границе с фундаментом претерпевает инверсию, из-под фундамента, представленного кристаллическими сланцами, выходят более горячие, но слабоминерализованные воды (M до 10 г/л), примером являются гелленосные воды Бжни-Арзаканского участка.

Подобные изменения минерализации, увеличение натрия, магния, хлора, появление гелия после землетрясения свидетельствуют о том, что все воды участка Арзни (вероятно, до фундамента) составляют единую гидравлическую систему с усиливающимися перетоками после сильных землетрясений. В сейсмически спокойные периоды гидравлическая связь между различными водоносными горизонтами затруднена. Увеличение минерализации в спокойные периоды можно объяснить только поднятием гидрохимического купола более минерализованных вод за счет интенсивного забора межлаговых потоков пресной воды и слабоминерализованных вод эксплуатационными скважинами, уменьшением близповерхностных подпоров и образованием депрессионных воронок. Преобладающий в газовом составе CO_2 играет очень сложную

роль в создании подпоров и перетоков из различных горизонтов. Для воссоздания более полной картины перетоков на Арзнинском участке необходимы режимные наблюдения за химическим и газовым составом, температурные измерения, изотопные исследования.

После Спитакского землетрясения слабые изменения произошли и в скважинах Анкаванского участка (Разданский район). Наблюдались резкие неперiodические выбросы газа, увеличился дебит при небольших изменениях химического состава и температуры. По результатам «Армгеокаптажминвод», в Анкаванской скважине минерализация увеличилась до 7,9 г/л, до землетрясения—7,4 г/л, дебит увеличился до 8 л/сек, до землетрясения—5,5 л/сек.

Подобные изменения были зафиксированы и на Ахурянском участке. В Луйсахпюрской скважине после землетрясения содержание гелия выросло почти в 2 раза (табл. 2). Резкие колебания содержания растворенного CO_2 во время афтершоковой деятельности наблюдались в Нораберекской скважине, в то время как изменения содержания углекислого газа в скважинах Гетк и Луйсахпюр не превышали 50% (табл. 1). По свидетельству пограничников, за сутки до землетрясения перестала изливаться минеральная вода из скв. Баяндур, расположенной на территории погранзаставы. После землетрясения вода изливалась беспрерывно трое суток.

В остальных исследованных источниках различные изменения в химическом и газовом составе не превысили пределов «коридора погрешностей» (табл. 1,2). Эти скважины обозначены на рис. 1: 1. Каджаран «Тгу-джур», 2. Каджаран—550, 3. Сисиан, лесопитомник, 4. Сисиан, с. Уз «Новая», 5. Джермук, скв. 30/62, 6. Джермук, скв. 2/61, 7. Джермук, скв. 4-к, 8. Ехегнадзор, с. Малишка, 9. Ехегнадзор, Аяр, 10. Арзакан, 33°C, 11. Арзакан, 40°C, 12. Арзакан, 50°C, 13. Севан—2,23°C, 14. Севан—2,18°C.

Исходя из вышесказанного, можно сделать некоторые выводы.

По предварительным расчетам увеличение выноса некоторых газовых компонентов (He , CO_2) в пунктах Арарат, Арзни, Кировакан компенсируется снижением концентраций гелия и углекислого газа в других пунктах (Каджаран, Сисиан и др.), что может свидетельствовать о незначительных изменениях в суммарном выносе He и CO_2 на территории Армении. Это положение заставляет с осторожностью относиться к выводам авторов [8], у которых вынос H_2 , He , CO_2 после Дагестанского землетрясения 1970 г. с магнитудой 7,0 был превышен на порядки.

Ареалы проявления гидрогеохимических и гидродинамических вариаций, предшествующих землетрясению и после него, значительно превосходят площади Араратского и Зангезурского прогностических полигонов и не согласуются с планом тектонических нарушений верхнего структурного этажа. Объяснить такие разнообразные изменения без знания глубинного геологического строения весьма трудно. Длительный опыт американских ученых, изучающих поля напряжений на территории США, в частности, зоны Сан-Андреасского разлома, свидетельствует, что распределение тектонических напряжений изменяется по глубине, включая и подкоровые области [10], а в различных структурных этажах—и по латерали [9]. Этим, очевидно, объясняется и встречающееся несоответствие плана тектонических нарушений на разных по глубине структурных этажах. Несовпадение плана изменений в гидрогеохимических и гидродинамических полях после Спитакского землетрясения с планом тектонических нарушений подтверждает эту точку зрения и согласуется с моделью разномасштабной «кусковатости» структуры геофизической среды [5].

Аномальные уменьшения содержания гелия и углекислого газа в Южном Зангезуре, рассмотренные как последствия Спитакского землетрясения, не исключают интерпретацию предвестника местного землетрясения в результате смены знака напряжений с растяжения на сжатие.

Вывод о связи длительных трендов повышения содержания гелия в Южном Закавказье и Араратской котловине с режимом опускания, интерпретированных как долгосрочный предвестник землетрясения, должен приниматься с большой осторожностью. Пример «Палмдейлского горба» (к СВ от Лос-Анджелеса, зона разлома Сан-Андреас) свидетельствует, что смена режимов «подъем-опускание-подъем» может происходить и без землетрясений [4].

АрмНИГС ГЕОХИ
АН СССР

Поступила 25.IV.1989

Վ. Ա. ԻԳՈՒՄՆՈՎ, Է. Գ. ՍՏԵՓԱՆԻԱՆ

ՍՊԻՏԱԿԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ԶՐԱԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԵՍԱՆԿՅՈՒՆՆԵՐ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ.

Սպիտակի 1988 թ. դեկտեմբերի 7-ի երկրաշարժը խախտեց լարվածության տեղական դաշտերը, որն անուղղակիորեն արտահայտվեց դիտարկման հորատանցքերում ջրաքիմիական և ջրադինամիկ ուժիմների վրա: Մինչև երկրաշարժը կատարված երկարատև դիտարկումների տվյալներով և աֆտերշոկային գործունեության ընթացքում երթուղային ուսումնասիրությունների արդյունքներով Հայկական ԽՍՀ տարածքում առանձնացվել են մարզեր, որոնք բնորոշվում են թույլ և շնչին անոմալ փոփոխություններով, որոնց մեծությունը դուրս չի գալիս նմուշարկման և անալիզի սխալների սահմաններից: Այդ մարզերի տեղաբաշխումը կախված չէ ոչ էպիկենտրոնական գոտուց ունեցած հեռավորությունից և ուղղությունից, ոչ էլ տեկտոնական խախտումների մակերևութային պլանից: Փոփոխությունները հիմնականում կապված են տեղամասի երկրաբանա-տեկտոնական կառուցվածքից, ջրաքիմիական կտրվածքից և տարրեր կառուցվածքային հարկերում ըստ խորության և հորիզոնական ուղղությամբ ֆլուիդների հոսքի բարդ վերաբաշխումից: Պատենային բաղադրամասն ըստ հելիումի և ածխածնի գազի վկայում է այն մասին, որ տեկտոնական լարումների փոփոխությունը ներառել է այնպիսի խորություններ, որոնք համաչափելի են երկրակեղևի հզորության հետ:

V. A. IGUMNOV, E. G. STEPANIAN

SOME HYDROGEOCHEMICAL ASPECTS OF THE SPITAK EARTHQUAKE

Abstract

The hydrogeochemical and hydrodynamical indices various changes in the Armenian SSR territory observation wells are considered, in connection with the Spitak earthquake, December 7, 1988.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игумнов В. А., Таян Р. Н. Тез. докл. III семинара-школы «Геодинамика Кавказа». Ереван: Изд. АН Арм.ССР, 1986, с. 89
2. Игумнов В. А., Халатян Э. С. Геохимические исследования с целью прогноза землетрясений на территории Армянской ССР. Геохимия, 1979, № 3, с. 365—372.
3. Игумнов В. А., Геворкян Р. Г. Поиски геохимических предвестников землетрясений на прогностических полигонах Армянской ССР.—Матер. II Международного симпозиума «Методы прикладной геохимии». Новосибирск: Наука, 1983, с. 130.
4. Могои К. Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1988, 52 с.

5. Садовский М. А. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1987, 79 с.
6. Толстихин Н. Н. Изотопная геохимия гелия, аргона и редких газов. Л.: Наука, 1986, 148 с.
7. Хахенберг Х., Шиндт А. Газохроматографический анализ равновесной паровой фазы. М.: Мир, 1979, 160 с.
8. Хитаров Н. Н., Войтов Г. И., Лебедев В. С., О геохимических предвестниках землетрясений.—В кн.: Поиск предвестников землетрясений на прогностических полигонах. М.: Наука, 1974, 166 с.
9. Garfunkel Zvi. / Bull. Geol. Soc. Amer. 1973. v. 84, № 6.
10. Han-shou lu. / Modern Geol. 1980. v. 7. № 2.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XIII, № 3, 34—43

УДК 550.344.094.9 (479.25)

И. К. КАРАПЕТЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В ОЧАГОВОЙ ЗОНЕ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

В статье приводятся результаты изучения отношения скоростей продольных и поперечных волн V_p/V_s , зарегистрированных на сейсмических станциях Армении и Грузии при землетрясениях, происшедших в очаговой зоне Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года. Анализ полученных данных показал, что землетрясение 6 декабря 1988 г. согласно величинам V_p/V_s может быть принято как форшок Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г.

Проделанная работа показала, что отношение V_p/V_s при определенных условиях может служить одним из предвестников разрушительных и сильных землетрясений.

Гипотеза об изменении перед сильным землетрясением отношения V_p/V_s скоростей продольных (P) и поперечных (S) воли, проходящих через очаговую зону этого землетрясения, была впервые высказана японскими учеными Сасса в 1948 г. [11] и Хакиява в 1949 г. [10]. Изменение отношения V_p/V_s перед сильным землетрясением японские ученые объясняли изменением напряжений земной коры. Однако, в Японии эта гипотеза в 40-50-ые годы не получила развития вследствие трудностей, имеющих место в то время для точного определения отношения V_p/V_s .

С начала 60-х годов в Советском Союзе Комплексной сейсмологической экспедицией ИФЗ АН СССР в районе Гарма с прогностической целью были начаты работы по систематическому изучению скоростей продольных и поперечных волн [5, 4]. Отношение V_p/V_s определялось по наклону графика Вадати, выражающего зависимость между временем прихода продольной волны (t_p) и разностью времен прихода поперечной и продольной волн ($t_s - t_p$). Для определения изменения отношений t_s/t_p было проведено изучение их пространственного распределения для эпицентров Гармского района по площади и для различных глубин: 5, 10, 15 и 20—35 км. В результате получена резкая дифференциация значений t_s/t_p по площади и по глубине, которая хорошо коррелируется с сейсмической активностью [4]. При этом границы с пониженными отношениями t_s/t_p , как отмечают авторы, могут служить вероятными участками возникновения сильных землетрясений. С целью выявления изменений t_s/t_p во времени были рассмотрены пять сильных землетрясений с $K \geq 11$, происшедших в Гармском районе. На основании анализа полученных данных было установлено, что перед землетрясениями с $K = 12—13$ изменения отношения времен пробега поперечных и продольных волн доходит до 10% и эти изменения отмечаются за 2—3 месяца до землетрясения.