

А.У. АБДУЛЛАЕВ¹, В. Ф. ОСТАПЕНКО²

СВЯЗЬ ФЛЮИДНОГО РЕЖИМА И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ С СЕЙСМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, КОСМОФИЗИЧЕСКИМИ И АТМОСФЕРНЫМИ ФАКТОРАМИ

Алматы болжам аумағындағы флюид режимінің сілкіністер деңгейімен байланыс проблемалары қарастырылған. 1986–1997 жылдар аралығында сілкініс белсенділігі артқан кезінде флюид режимі мен сілкініс деңгейі арасындағы корреляция коэффициентінің шарықтау ерекшелігі, олардың арасында байланыстың бар екенін көрсетеді. Флюид режимінің уақыт бойынша өзгерістері, ғарыш физикалық және ауа райы факторларымен байланысты екендігі де анықталды.

Рассматривается проблема связи флюидного режима с уровнем сейсмичности на Алматинском прогностическом полигоне. Установлено, что с 1986 по 1997 г. имеется период повышенной сейсмической активности, отличающийся максимальным коэффициентом корреляции между флюидным режимом и уровнем сейсмичности, что свидетельствует о наличии такой связи. Выяснено также, что временной ход флюидного режима связан с космофизическими и атмосферными факторами.

The paper addresses the issue of relationship between fluid state, which is a generalized characteristic of underground waters, and level of seismicity in the Almaty forecasting site. It has been established that within the time interval from 1986 to 1997 there was a period of higher seismic activity. The period is notable for the maximum correlation factor between the relevant fluid state and level of seismicity, and therefore this serves as an evidence of existence of such relationship.

It has also been found out a connection between fluid states and cosmophysical and atmospheric factors

Подземные воды в различных геоструктурах отличаются разнообразными физико-химическими показателями: сложным химическим составом, различной газонасыщенностью, гидродинамическими характеристиками и др. Такая ситуация в полной мере относится и к водам Алматинского прогностического полигона (АПП). Для изучения и объективной характеристики подобных вод предлагается использовать обобщенный численный параметр – флюидный режим (Фр), основными составляющими которого являются дебит источника воды D , содержание в воде анионов A , катионов K , газов G , кремниевой кислоты S , и так называемый физический параметр F , определяемый температурой воды и величиной pH [1]. С помощью Фр удобно характеризовать подземные воды каждого конкретного водопункта. Этот параметр позволяет выявлять связи системы «подземные воды – горные породы» с ходом во времени различных внешних факторов, например сейсмических, атмосферных и др. [2, 3].

Очевидно, что флюидный режим определяется физико-химическими свойствами горного

массива, омываемого водой данного источника. Следовательно, наблюдаемые в течение некоторого временного интервала вариации флюидного режима дают возможность судить о процессах, происходящих в недрах, а это имеет весьма важное прикладное значение, в частности, в области изучения строения недр, изменения их напряженно-деформированного состояния (НДС) и прогнозирования землетрясений.

В целях проверки справедливости высказанного были выявлены возможные связи флюидного режима с уровнем сейсмичности на ряде станций АПП. Значение уровня сейсмичности можно характеризовать различными способами, например количеством N землетрясений на данной территории за определенный период времени или выделяющейся при этих землетрясениях энергией E . Используется для этих целей также специальный параметр RTL [4].

С января 1986 по декабрь 2003 г. по количеству землетрясений N можно выделить три временных интервала, отличающихся уровнем сейсмичности: 1986–1989, 1990–1993 и 1994–1997 гг.

^{1,2}Казахстан, 050060, Алматы, проспект аль-Фараби, 75а, Институт сейсмологии.

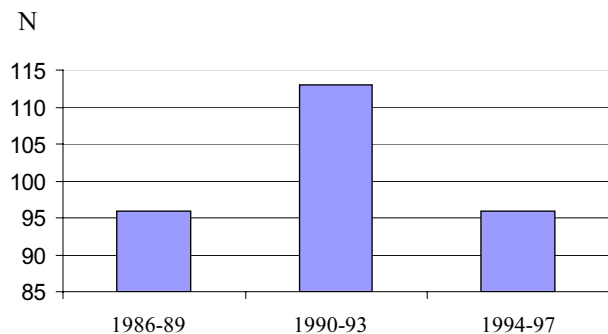


Рис. 1. Распределение по годам количества землетрясений N на АПП

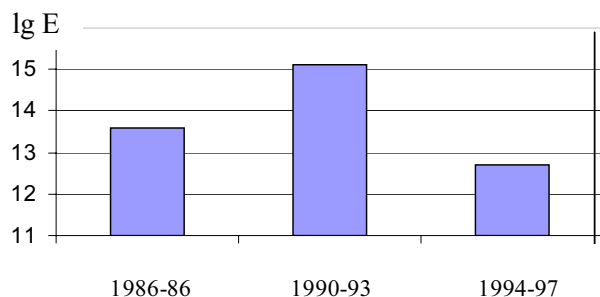


Рис. 2. Распределение по годам сейсмической энергии E, выделяющейся при землетрясениях, на АПП

(рис.1.). Первый и третий из этих интервалов были приняты за периоды относительного сейсмического затишья, а второй интервал считался периодом повышенной сейсмической активности.

При использовании в качестве критерия уровня сейсмичности выделяющейся при землетрясениях энергии E получены аналогичные результаты (рис.2). Однако, поскольку значения энергии от года к году отличаются более значительно, чем количество землетрясений (различия могут составлять несколько порядков), для большей наглядности при построении графика брались не величины энергии E, а lgE.

Из графика Бенъофа (рис.3), характеризующего условную деформацию величиной $E^{1/2}$, видно, что наибольшие скачки прироста выделяющейся при землетрясениях энергии также приходятся на временной интервал с 1990 по 1993 г.

Для выяснения, существует ли связь между Фр и сейсмической активностью, была проведена оценка коэффициентов корреляции численных значений Фр и его составляющих с количеством землетрясений N для четырех станций АПП: Алмаарасан, Горельник, Калкан и Таутургень за 1986–1997 гг. В результате выявлено, что для указанных станций интервал повышенной сейсмической активности характеризуется максимальным по абсолютной величине коэффициентом корреляции между Фр и количеством землетрясений (табл.1). В сейсмически активный период для станций Горельник и Калкан значение коэффициента оказалось положительным, а для станций Алмаарасан и Таутургень отрицательным.

На основании полученных результатов сделан вывод о том, что для указанного периода времени можно считать установленным наличие связи между Фр и уровнем сейсмической активности, определяемым количеством землетрясений.

Изложенное подтверждает рис. 4, на котором приведены сглаженные ряды уровня сейсмичности и усредненного флюидного режима по станциям Алмаарасан, Горельник, Калкан и Таутургень. Видно, что обе кривые по характеру весьма близки между собой (коэффициент корреляции $k=0,5$). Причем наиболее близки эти кривые именно на интервале с 1990 по 1993 г., для которого усредненное абсолютное значение коэффициента корреляции по четырем станциям макси-

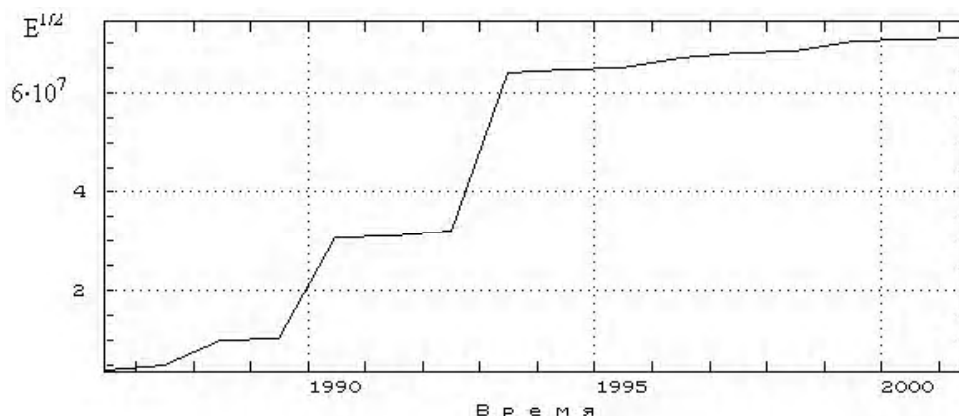
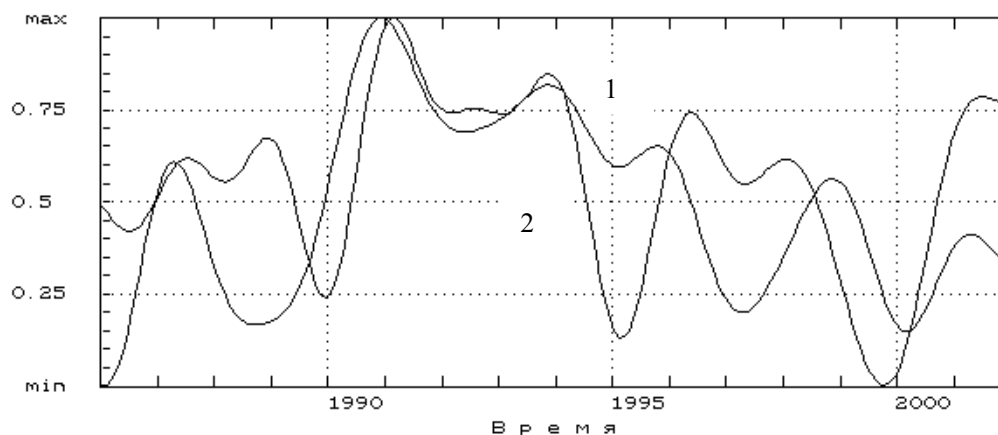


Рис. 3. График Бенъофа

Таблица 1. Коэффициенты корреляции флюидного режима и его составляющих с сейсмической активностью (количеством землетрясений)

Период и станция	D	A	K	F	G	S	Фр
Алмаарасан							
1986-1989	0,25	-0,18	0,46	-0,32	0,16	-0,28	0,04
1990-1993	0,57	0,39	0,61	-0,57	0,19	-0,69	-0,42
1994-1997	-0,71	-0,37	-0,30	0,66	0,11	0,58	0,17
1986-1997	-0,12	0,26	0,34	-0,24	0,06	-0,03	
Горельник							
1986-1989	-0,60	-0,80	0,25	-0,04	-0,66	-0,59	-0,13
1990-1993	-0,33	0,20	-0,21	0,74	-0,42	-0,37	0,71
1994-1997	-0,19	-0,42	-0,50	-0,34	0,24	0,26	-0,35
1986-1997	-0,28	0,19	0,28	0,55	-0,02		
Калкан							
1986-1989	-0,06	0,36	0,49	0,48	0,05	-0,50	0,91
1990-1993	0,45	0,90	0,95	0,53	0,56	-0,22	0,83
1994-1997	0,33	0,31	-0,69	-0,21	-0,47	0,41	-0,15
1986-1997	-0,17	0,64	0,21	0,24	0,39	0,26	
Таутургень							
1986-1989	0,11	-0,13	-0,06	0,76	-0,49	-0,71	-0,27
1990-1993	-0,51	-0,54	-0,01	0,85	-0,50	-0,42	-0,52
1994-1997	-0,70	0,51	-0,15	0,51	-0,28	0,55	-0,08
1986-1997	-0,36	-0,37	-0,28	0,23	0,18	-0,27	

Рис. 4. Сглаженные ряды уровня сейсмичности μ (1) и обобщенного флюидного режима по станциям Алмаарасан, Горельник, Таутургень и Калкан (2)

мальное и составляет 0,62.

Установлено также, что не только Фр в целом, но и отдельные его составляющие зависят от уровня сейсмичности (см. табл. 1).

Для составляющих Фр наибольшее количество параметров, связанных с сейсмичностью, отмечено по станциям Калкан и Таутургень (по пять параметров из шести), затем идут Алмаарасан (четыре параметра) и Горельник (два параметра).

Проведенные исследования выявили связь Фр с уровнем сейсмичности, характеризуемым

количеством землетрясений. Рассмотрим теперь данный вопрос на примере другого параметра – RTL, который более объективно отражает уровень сейсмичности на заданной территории. В связи с этим было выявлено наличие связи флюидного режима с уровнем сейсмичности, выраженным указанным параметром, рассчитанные для АПП значения которого приведены в табл. 2.

С приведенными в табл. 2 данными сопоставлялись среднегодовые значения Фр для ряда станций АПП. Полученные при этом коэффици-

Таблица 2. Значения параметра RTL для территории с координатами 42-44° с.ш. и 76-80° в.д.

Годы	Среднее	Сумма
1986	15	3821
1987	-1,6	-396
1988	-9	-2308
1989	-1,2	-314
1990	0,5	130
1991	-0,3	-76
1992	-3,6	-919
1993	-1,1	-278
1994	-0,9	-241
1995	-1,8	-468
1996	-0,4	-107
1997	-1,8	-447
1998	-1,5	-391
1999	-4,1	-1036
2000	-20,2	-5148
2001	-9,8	-2486
2002	-2,3	-595
2003	-0,4	-98

енты корреляции приведены в табл. 3, из которой видно, что за исключением станции Таутургень коэффициенты корреляции положительны. Изменения Фр отстают от значений параметра RTL на время от 1 года до 5 лет. По величинам коэффициентов корреляции для станций Известковский, Горельник, Чушкалы и Таутургень можно сделать вывод о том, что между флюидными режимами этих станций и сейсмичностью, выраженной параметром RTL, явно существует определенная связь. Это хорошо видно также из рис. 5, на котором приведены графики временных рядов параметра RTL и среднегодовых значений Фр подземных вод для станции Горельник. Обе линии наиболее близки в период повы-

Таблица 3. Сопоставление среднегодовых значений флюидного режима и параметра RTL для станций АПП за 1986–2003 гг.

Станция	RTL по всему региону
1. Известковский	0,58 (при сдвиге на 2 года. Фр отстаёт)
2. Алмаарасан	0,21
3. Н. Каменка	0,41 (при сдвиге на 2 года. Фр отстаёт)
4. Чушкалы	0,82 (при сдвиге на 1 год. Фр отстаёт)
5. Горельник	0,58 за 1988 – 2002 г. (15 лет)
6. Таутургень	- 0,72 (при сдвиге на 2 года. Фр отстаёт)
7. Калкан	0,47 (Фр отстаёт на 5 лет)

шенной сейсмической активности (1990–1993 гг.).

Таким образом, сопоставление Фр с уровнем сейсмичности, проведенное для двух различных способов выражения этой характеристики, убедительно показывает наличие зависимости Фр подземных вод на АПП от сейсмической активности в данном регионе. Следовательно, Фр и отдельные его компоненты чувствительны к изменению НДС горных пород и могут характеризовать динамику сейсмических процессов в земной коре Северного Тянь-Шаня.

Однако вариации Фр могут быть обусловлены не только изменениями НДС горных пород. Необходимо выяснить, не зависят ли они от каких-либо других факторов, например изменения атмосферных (атмосферное давление Р, температура воздуха Т) и космофизических (скорость вращения Земли V, солнечная активность, выражаемая в числе Вольфа W, приливные ускорения Pr) параметров. С этой целью были иссле-

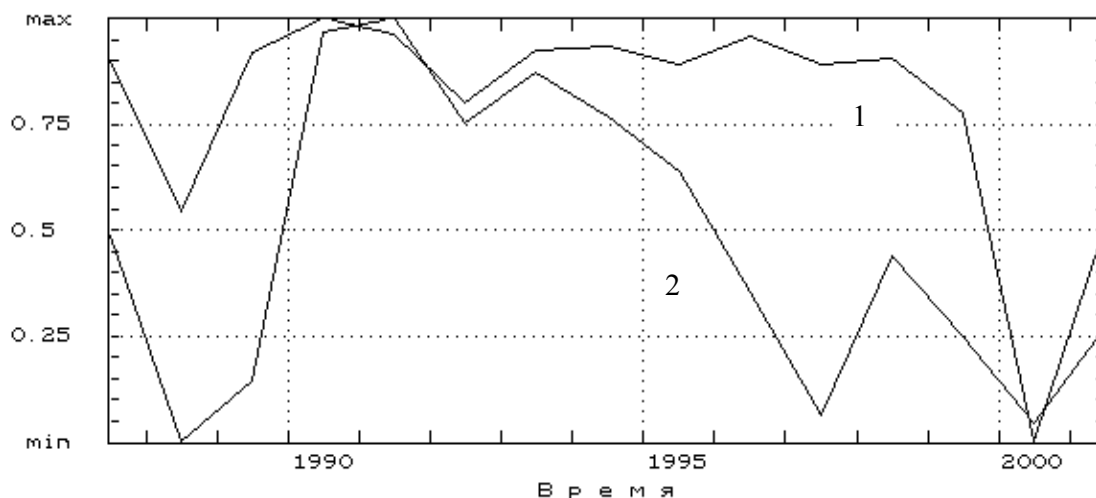


Рис. 5. Сопоставление временных рядов параметра RTL (1) и флюидного режима для ст. Горельник (2)

Таблица 4. Связь среднегодовых значений флюидного режима подземных вод с космофизическими и атмосферными факторами по станциям Алматинского прогностического полигона

Станции	V		W		Pr		P		T	
	t	k	t	k	t	k	t	k	t	k
Алмаарасан	-1	-0.52	0	0.40	-1	0.91	-3	0.83		
Горельник	-1	-0.49	-3	0.39	-4	-0.35	-3	-0.41	-2	0.42
Калкан			-4	0.53	-4	0.67	-4	0.49	-1	0.60
Курам	-4	-0.63	-2	0.60	-2	0.96	-4	-0.67		
Н. Каменка	0	0.72					0	-0.5		
Таугургень	0	0.73	-2	0.38						
Чушкалы	0	0.72	-3	0.41	-4	0.71			-4	-0.35

Примечания: V – скорость вращения Земли; W – числа Вольфа; Pr – приливы; P – атмосферное давление; T – температура воздуха; t – временной сдвиг; k – коэффициент корреляции.

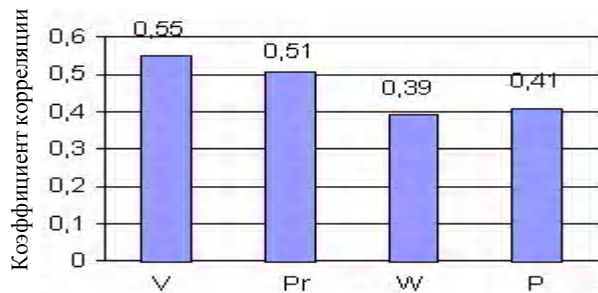


Рис. 6. Усредненные абсолютные значения коэффициентов корреляции между внешними факторами и флюидными режимами по станциям АПП

дованы корреляционные связи между Фр и указанными факторами.

Установлено, что между ними действительно имеются определенные зависимости. Как правило, они проявляются лишь в среднемесячных и среднегодовых значениях величины Фр. Обнаружено, что на среднемесячные значения Фр наибольшее влияние оказывают скорость вращения Земли (9 станций), изменение чисел Вольфа (3 станции), приливы (3 станции) и атмосферное давление (4 станции), где коэффициенты взаимной корреляции (ВК) колеблются от 0,45 до 0,65. На среднегодовые значения Фр наибольшее влияние оказывают скорость вращения Земли (6 станций), приливы (5 станций) и атмосферное давление (5 станций). Коэффициенты ВК варьируют от 0,35 до 0,96 (см. табл.4).

Для наглядности на рис. 6 представлены усредненные коэффициенты корреляции между среднегодовыми значениями наиболее действенных факторов и флюидными режимами по станциям АПП за 1986–2003 гг., которые были вычислены как сумма абсолютных значений коэффициентов корреляции по всем станциям, делен-

ная на их количество. Рис. 6 позволяет оценить относительное влияние каждого из внешних факторов на флюидный режим.

В целом взаимосвязь указанных факторов с флюидными режимами от станции к станции различна. У одних и тех же факторов коэффициенты корреляции для некоторых станций имеют положительное, а для других станций – отрицательное значение. Такое обстоятельство отмечено выше и при исследовании зависимости флюидного режима от уровня сейсмичности.

Возможно, это обусловлено геологическими различиями в местах расположения пунктов отбора проб воды.

Среднемесячные значения флюидных режимов по станциям в большинстве своем отстают от космофизических факторов от 1 до 4 месяцев. Для среднегодовых значений в основном наблюдается отставание флюидных режимов от космофизических и атмосферных факторов до 4-х лет.

Итак, исследуя изменения НДС по вариациям флюидного режима, необходимо учитывать возможное мешающее влияние космофизических и атмосферных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов на примере Тянь-Шаня. Алматы, 2002.
2. Курскеев А.К. Проблемы прогнозирования землетрясений. Алма-Ата: Наука, 1990. С. 264.
3. Абдуллаев А.У., Остапенко В.Ф. и др. Предварительные результаты исследования связи флюидного режима подземных вод Юго-Восточного Казахстана с сейсмическими, космофизическими и атмосферными факторами // Доклады Казахстанско-Российской международной конференции, посвященной году России в Казахстане, 22-24 июня 2004. Алматы, 2005. С.254.
4. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука, 2003. С. 270.