

УДК 550.344

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РАЙОНАХ ТЯНЬ-ШАНЯ И ПАМИРА

¹Копничев Ю.Ф., ²Соколова И.Н.

¹Объединенный институт физики Земли РАН, Москва, Россия

²Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Анализируются пространственно-временные вариации макросейсмических эффектов при 32 сильных землетрясениях ($M \geq 6.0$) в районах Тянь-Шаня и Памира, произошедших в 1885-1992 гг. Рассматривается: средний радиус 6-балльной изосейсты R_6 , приведенный к магнитуде $M=7.0$, а также отношение средних радиусов 4-х и 6-балльных изосейст (R_4/R_6). Установлено постепенное уменьшение значений параметров R_6 и R_6/R_4 с конца 1800-х до 1970-1975 гг. После 1975 г. значения параметров резко возрастают. Отмечено также, что часто после сильных близких коровых землетрясений и глубокофокусных гиндукушских событий величина R_6 резко падает, а значение R_4/R_6 – в среднем возрастает. Предлагается интерпретировать обнаруженные эффекты в связи с подъемом в верхнюю кору ювенильных флюидов в очаговых зонах сильных землетрясений и дальнейшей миграцией их в горизонтальном направлении, что приводит к увеличению затухания амплитуд сильных движений.

ВВЕДЕНИЕ

В [1-3] путем анализа записей подземных ядерных взрывов (ПЯВ), произведенных на Семипалатинском испытательном полигоне, установлены существенные пространственно-временные вариации отношения амплитуды волн L_g и P_g (параметра L_g/P_g) по данным различных станций, расположенных в районах Тянь-Шаня, Туранской плиты и Казахской платформы. Полученные данные интерпретировались как доказательства крупномасштабной миграции флюидов в земной коре, вызванной длительной серией ПЯВ, а также до и после сильных землетрясений в районе Тянь-Шаня. Очевидно, что эффекты миграции флюидов должны проявляться и в других сейсмических полях. Для проверки этого предположения в настоящей работе рассматриваются вариации некоторых параметров, связанных с макросейсмическими проявлениями сильных землетрясений в районах Тянь-Шаня и Памира.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИХ ОБРАБОТКИ

Использовались первичные данные о макросейсмических параметрах 32 сильных коровых землетрясений Тянь-Шаня и Памира с $M \geq 6.0$, произошедших в период с 1885 г. по 1992 г. (таблица 1), которые были опубликованы в монографии [4], а также в сборниках «Землетрясения в СССР в 1975-1990 гг.» и «Землетрясения Северной Евразии в 1991-1995 гг.». Глубина гипоцентров h , определенная по инструментальным данным, не превышала 30 км (по макросейсмическим – 50 км). Для каждого землетрясения определялись следующие параметры макросейсмического поля:

1. Средний радиус 6-балльной изосейсты R_6 (км), приведенный к магнитуде $M=7.0$.

Процедура приведения выполнялась следующим образом. В [4] приведено выражение, связывающее интенсивность I (балл), магнитуду M , средний ради-

ус изосейсты R_i (км) и глубину очага h (км) в целом для региона Средней Азии, включающего Тянь-Шань и Памир:

$$I = 1.5 M - 3.5 \lg \sqrt{(R_i^2 + h^2)} + 3.0. \quad (1)$$

Из (1) получено выражение для определения приведенного радиуса R_6 , соответствующего магнитуде $M=7.0$:

$$\lg \sqrt{(R_6^2 + h^2)} = \lg \sqrt{(R_i^2 + h^2)} - 0.43(M-7.0), \quad (2)$$

где R_6 (км) – исходный средний радиус 6-балльной изосейсты для данного землетрясения.

Отмечено, что при $M < 6.0$ величины R_6 и h для района Средней Азии оказываются, как правило, одного порядка, поэтому большая погрешность определения глубины гипоцентров (особенно до середины 20-го века) резко снижает точность определения параметра R_6 . По этой причине данные для событий с $M < 6.0$ исключались из анализа. Кроме того, не рассматривались землетрясения, для которых величина R_6 была определена ненадежно (например, Арганкульское землетрясение 1935 г. с $M=6.1$).

2. Отношение радиусов 4-балльной и 6-балльной изосейст (R_4/R_6).

Выбор данного параметра связан со следующими обстоятельствами. Во-первых, для $I=4-6$ баллов имеется наибольший объем данных. Во-вторых, как будет показано ниже, сейсмические волны, соответствующие 6-балльным изосейстам, распространяются в основном в верхней части земной коры, где в первую очередь можно ожидать миграцию флюидов в горизонтальном направлении, поскольку она характеризуется наибольшей проницаемостью пород [5]. В то же время при 4-балльных изосейстах волны проникают в нижнюю кору и верхи мантии, поэтому величину R_4 можно использовать в качестве референц-радиуса, на фоне которого удобно выделять временные вариации параметра R_6 .

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ
ЭФФЕКТОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РАЙОНАХ ТЯНЬ-ШАНЯ И ПАМИРА**

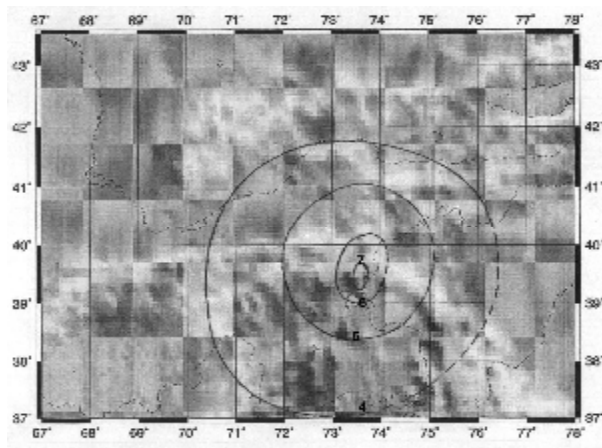
Таблица 1. Параметры сильных коровых землетрясений Тянь-Шаня

Название	год	дата	j°	l°	h, km	M	R_6 , км	R_4/R_6	R'_6 , км
Беловодское	1885	02.08	42.70	74.10	15	6.9	110		120
Верненское	1887	08.06	43.10	76.80	20	7.3	180	2.3	135
Чиликское	1889	10.07	43.20	78.70	40	8.3	370	2.2	100
Артышское	1896	01.11	39.70	75.90	25	6.6	80	4.3	120
Уратюбинское (I)	1897	17.09	39.80	68.40	25	6.6	75	3.9	115
Уратюбинское (II)	1897	17.09	39.90	68.00	45	6.7	105	3.4	145
Кашгарское (I)	1902	22.08	39.80	76.20	40	8.1	290	2.5	100
Андижанское	1902	04.12	40.80	72.30	9	6.4	60	3.8	110
Айваджское	1906	24.10	36.50	68.00	32	6.8	90	5.6	115
Каратагское (I)	1907	21.10	38.70	68.10	24	7.3	170	2.6	125
Сарезское	1911	18.02	38.20	72.80	26	7.4	130	2.1	90
Кеминское	1911	03.01	42.90	76.90	25	8.2	150	3.5	45
Арганкульское (I)	1934	31.08	38.90	70.90	8	6.5	24	4	45
Пскемское	1937	18.11	42.10	70.90	25	6.5	55	4.9	95
Кемино-Чуйское	1938	20.06	42.70	75.80	21	6.9	105	4.7	115
Гармское	1941	20.04	39.20	70.50	8	6.4	60	3.5	110
Файзабадское	1943	11.01	38.62	69.30	10	6.0	36		100
Чаткальское	1946	02.11	42.90	72.00	30	7.5	170	3.2	100
Хаитское	1949	10.07	39.20	70.80	16	7.4	80	5.3	55
Улугчатское	1955	15.04	39.90	74.60	50	7.1	75	4.5	70
Каракульское	1963	16.10	38.70	73.34	17	6.5	60	3.8	100
Сарыкамышское	1970	05.06	42.48	78.89	15	6.8	35	6	45
Маркансуйское	1974	11.08	39.39	73.86	18	7.3	55	4.7	40
Исфара-Баткенское	1977	31.01	40.08	70.86	25	6.1	37		106
Дараут-Курганское	1978	01.11	39.39	72.00	20	6.8	64		80
Жаланаш-Тюпское	1978	24.03	42.88	78.58	15	7.0	90	2.8	90
Алайское	1983	16.12	39.40	73.00	10	6.1	45	3.4	110
Кашгарское (II)	1985	23.08	39.37	75.44	20	7.0	210	1.9	210
Кайраккумское	1985	13.10	40.30	69.80	10	6.0	32		90
Байсорунское	1990	12.10	43.08	77.97	15	6.4	70		130
Кочкоратинское	1992	15.05	41.15	72.42	5	6.2	33		75
Сусамырское	1992	19.08	42.24	73.59	25	7.3	147		110

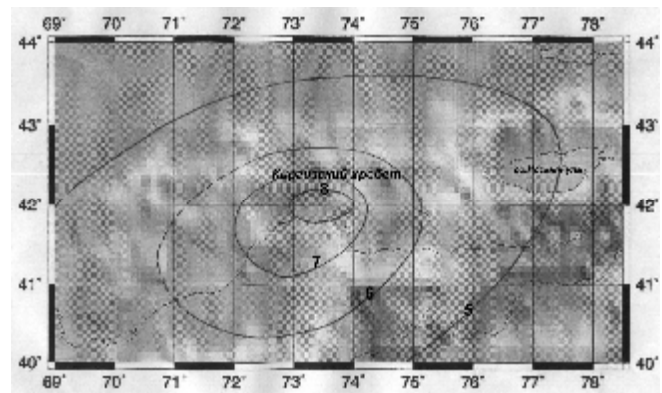
АНАЛИЗ ДАННЫХ

В таблице 1 приведены сведения о рассматриваемых землетрясениях и параметрах R_6 и R_4/R_6 . Величина R_6 варьируется от 40 до 210 км, в среднем составляя 100 ± 34 км. На рисунке 1 показаны схемы изосейст для двух землетрясений примерно одинаковой энергии – Маркансуйского 1974 г. и Сусамырского 1992 г. (таблица 1). Очаги землетрясений имели также близкие глубины – 18 и 25 км, соответственно. Вместе с тем, размеры высших изосейст для них резко различаются. Для Маркансуйского

землетрясения макросейсмические эффекты оказались достаточно слабыми, поэтому не удалось даже оценить площади, оконтуренные 7- и 8-балльными изосейстами. Для Сусамырского землетрясения средний размер 6-балльной изосейсты почти в 3 раза больше. Вместе с тем следует отметить резкую анизотропию макросейсмического поля для этого землетрясения. Высшие изосейсты явно сгущаются к северу и северо-востоку, по направлению к Киргизскому хребту.



а



б

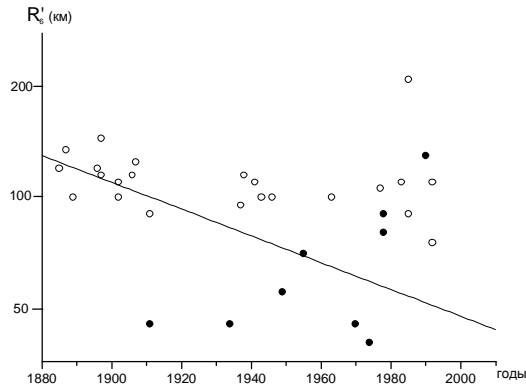
Рисунок 1. Примеры резкого различия размеров изосейст для двух землетрясений с $M=7.3$ – Маркансуйского (а) и Сусамырского (б)

На рисунке 2 представлена зависимость величины R'_6 от времени. Наблюдается постепенное уменьшение значений параметра с конца 1800-х годов до 1970-1975 гг. Для временного периода 1885-1975 гг. получена следующая корреляционная зависимость:

$$\lg R'_6 \text{ (км)} = 9.015 - 0.0037 T \text{ (лет)}, \quad (3)$$

Коэффициент корреляции равен -0.61 .

С середины 1970-х годов величины R'_6 значительно возрастают, в среднем за период 1977-1992 гг. $R'_6 = 111 \pm 38$ км.



Залитые значки – данные для землетрясений, произошедших через небольшие интервалы времени после близких сильных коровых или глубокофокусных гиндукушских землетрясений.

Прямая – линия регрессии по данным за 1885-1975 гг.

Рисунок 2. Зависимость параметра $\lg R'_6$ от времени.

Важно отметить, что существенно пониженные значения R'_6 (40-80 км) наблюдались для Кеминского, Арганкульского (I), Хаитского, Улугчатского, Сарыкамышского, Маркансуйского и Дараут-Курганского землетрясений. Эпицентры четырех из этих событий (за исключением Арганкульского, Улугчатского и Маркансуйского землетрясений) находились на сравнительно небольшом расстоянии

($\Delta r \leq 150$ км) от эпицентров сильных коровых землетрясений, произошедших соответственно за $\Delta T = 22-24, 8, 1.3$ и 4.2 года до них (таблица 2, рисунок 3). Кроме того, перед Арганкульским, Хаитским, Улугчатским, Маркансуйским и Дараут-Курганским землетрясениями (за $5.5; 0.3; 6; 0.03$ и 4.3 года, соответственно) произошли сильнейшие глубокофокусные гиндукушские землетрясения с магнитудой M от 7.2 до 7.7 , на эпицентральных расстояниях до 500 км. (здесь мы не рассматриваются геодинамические эффекты сильнейших гиндукушских землетрясений, проявившиеся иногда и на гораздо больших эпицентральных расстояниях [6]).

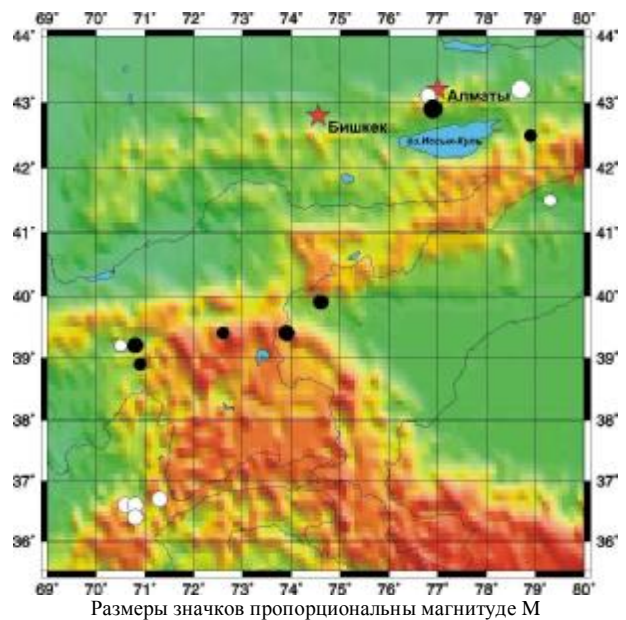


Рисунок 3. Эпицентры землетрясений с anomalously низкими значениями R'_6 (залитые значки), а также предвещающих их сильных коровых и глубокофокусных землетрясений.

Таблица 2. Параметры землетрясений с anomalously низкими значениями R'_6 и предвещающих их сильных коровых и глубокофокусных событий

Название	Год	Дата	j°	l°	h , км	M	D_r , км	ΔT , лет
Верненское	1887	08.06	43.10	76.80	20	7.3	24	24
Чиликское	1889	10.07	43.20	78.70	40	8.3	150	22
Кеминское	1911	03.01	42.90	76.90	25	8.2		
Гиндукушское	1929	01.02	36.70	71.30	200	7.2	250	5.5
Арганкульское (I)	1934	31.08	38.90	70.90	8	6.5		
Гармское	1941	20.04	39.20	70.50	8	6.4	26	8
Гиндукушское	1949	04.03	36.60	70.60	300	7.7	290, 510	0.3; 6
Хаитское	1949	10.07	39.20	70.80	16	7.4		
Улугчатское	1955	15.04	39.90	74.60	52	7.1		
Гиндукушское	1965	14.03	36.60	70.80	215	7.7	415	9
Кокшаальское	1969	11.02	41.50	79.30	25	6.6	120	1.3
Сарыкамышское	1970	05.06	42.48	78.89	15	6.8		
Гиндукушское	1974	30.07	36.40	70.80	200	7.3	430, 370	0.03; 4.3
Маркансуйское	1974	11.08	39.39	73.86	18	7.3	115	4.2
Дараут-Курганское	1978	01.11	39.40	72.60	20	6.8		

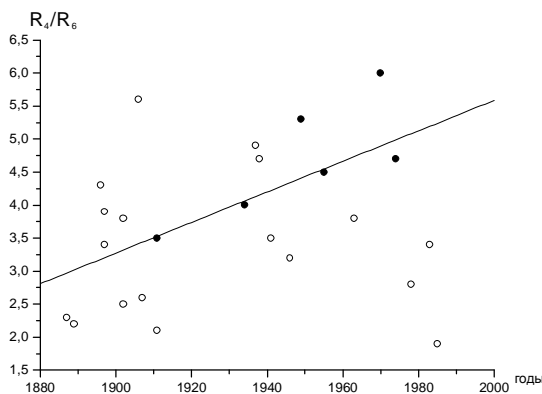
Очаговые зоны указанных событий с аномально низкими величинами R_6 попадают внутрь 5- и 6-балльных (для Кеминского и Хаитского землетрясений – даже 8- и 9-балльных) изосейст, предворающих их сильных коровых и глубокофокусных землетрясений.

Вместе с тем, для нескольких землетрясений (Жаланаш-Тюпского, Кашгарского (II), Байсорунского), также произошедших через сравнительно небольшие интервалы времени после близких сильных событий (8, 11, 12 лет, соответственно), такого эффекта не наблюдалось. Для Кашгарского землетрясения получена аномально большая величина $R_6=210$ км. Следует, однако, заметить, что землетрясениям, предворающим первые два из них (Сарыкамьшскому и Маркансуйскому) соответствуют аномально малые площади, оконтуренные высшими изосейстами (в частности, 6-балльной). В то же время «нормальные» величины R_6 соответствуют паре Уратюбинских землетрясений 17.09.1897 г., которые произошли с интервалом 2 часа. Кроме того, практически совпадают со средними значения R_6 для Кемино-Чуйского (1938 г.) землетрясения, очаг которого попадает в область 8- и 9-балльных сотрясений при Кеминском (1911 г.) землетрясении.

На рисунке 4 представлена зависимость параметра R_4/R_6 от времени для рассматриваемых землетрясений. Величины R_4/R_6 варьируются в диапазоне 1.9-6.0. В данном случае наблюдается увеличение средних значений параметра со временем до середины 1970-х годов, уравнение линейной регрессии имеет вид:

$$R_4/R_6 = -40.71 + 0.0231 T \text{ (лет)}, \quad (3)$$

коэффициент корреляции равен 0.58. Существенно, что относительно высокие значения R_4/R_6 (от 3.5 до 6.0) соответствуют шести из указанных выше событий с аномально низкими величинами R_6 .



Прямая – линия регрессии по данным за 1885-1975 гг.

Рисунок 4. Зависимость параметров R_4/R_6 от времени. Залитые значки – данные для землетрясений с аномально низкими значениями R_6 .

На рисунке 5 показан временной ряд сильных коровых землетрясений Тянь-Шаня и Памира ($M \geq 6.0$), начиная с 1885 г. Видно, что в рассматриваемом ре-

гионе с 1885 по 1911 гг. наблюдался аномально высокий уровень сейсмической активности. В целом количество землетрясений снижалось примерно до начала 1970-х годов. С середины 1970-х годов наблюдалось новое повышение уровня сейсмичности (в течение 11 лет произошло 3 землетрясения с магнитудой $M \geq 7.0$). Можно отметить, что наблюдается корреляция между средними величинами R_6 и количеством наиболее сильных землетрясений ($M \geq 7.0$) за определенный интервал времени (при осреднении, например, за интервал $\Delta T = 30$ лет).

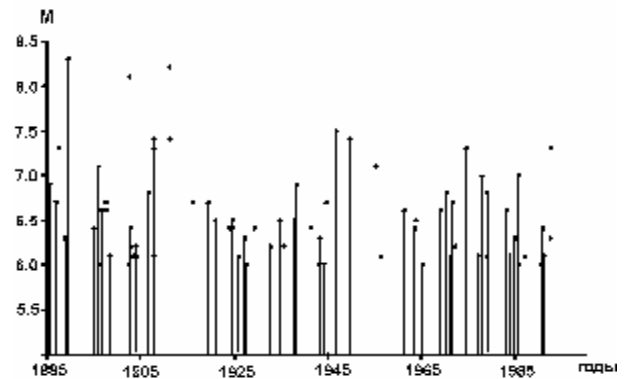


Рисунок 5. Зависимость магнитуд сильных землетрясений от времени в районах Тянь-Шаня и Памира

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ макросейсмических данных показывает, что после серии сильнейших землетрясений конца 1800-х – начала 1900-х годов в течение ~70-80 лет имеет место постепенное уменьшение средней площади 6-балльной изосейсты, а также среднего отношения площадей 6-балльной и 4-балльной изосейст для всего района Тянь-Шаня. Кроме того, часто после сильных близких землетрясений в течение определенного времени ($\Delta T \sim 1-25$ лет) наблюдается резкое уменьшение площади 6-балльной изосейсты как относительно средней величины для данной магнитуды, так и по отношению к площади 4-балльной изосейсты для данного землетрясения.

Из таблицы 1 следует, что величины R_6 для большей части рассматриваемых землетрясений (примерно 2/3) – менее 100 км, и, кроме того (за исключением двух землетрясений с $M > 8.0$ и одного с $M = 7.0$), не превышает 200 км. Это означает, что объемные волны, вызывающие на поверхности сотрясения с интенсивностью 6 баллов (что соответствует средним ускорениям сильных движений $\sim 0.05g$ [7]), распространяются в земной коре (в основном – в верхней ее части). В то же время, 4-балльные изосейсты формируются волнами, в большинстве случаев проникающими в верхи мантии.

Резкое уменьшение радиуса данной изосейсты (при прочих равных условиях) свидетельствует о существенном увеличении затухания короткопериодных сейсмических волн (в первую очередь попе-

речных, которые доминируют на малых эпицентральных расстояниях).

В [3] на основании анализа параметра Lg/Pg для трасс от Семипалатинского испытательного полигона, пересекающих Казахскую платформу и различные районы Тянь-Шаня, показано, что поглощение поперечных волн в земной коре существенно изменяется во времени для очаговых зон сильных землетрясений ($M \geq 7.0$) и их близких окрестностей. Это свидетельствует о миграции флюидов, поднявшихся из верхней мантии в кору после сильных тектонических событий [8], в горизонтальном направлении. Эффекты постепенного снижения величины R_6 и увеличения значений R_4/R_6 в течение 70-80 лет после серии сильнейших землетрясений на рубеже 20-го века в целом для района Тянь-Шаня, а также резкого изменения этих параметров для большинства землетрясений, произошедших через сравнительно небольшие интервалы времени после близких сильных событий, служат дополнительными аргументами в пользу вывода о расплывании флюидов из очаговых зон. В этой связи можно отметить, что лишь одно растрескивание пород в результате сильных землетрясений и последующей афтершоковой деятельности неспособно обеспечить такие эффекты, поскольку трещины образуются в основном в 9- и 8-балльных зонах. Кроме того, увеличением плотности трещин трудно объяснить уменьшение средних значений параметров R_6 и R_6/R_4 в 1911-1946 гг., несмотря на отсутствие в этот период достаточно сильных землетрясений с магнитудой $M \geq 7.0$. Кроме того, процессы дегидратации горных пород [5,13] также не могут объяснить обнаруженных эффектов, поскольку в самих очаговых зонах, где тепловой поток должен возрастать сильнее всего, поглощение поперечных волн после сильных событий постепенно уменьшается [3], что свидетельствует о снижении доли свободных флюидов. И, наконец, тепловые процессы очень инерционны, поэтому заметное увеличение температуры горных пород, необходимое для их дегидратации [13], в результате кондуктивной теплопередачи может произойти только в течение очень больших интервалов времени, несопоставимых с рассматриваемыми. В этом случае высокие величины R_6 и низкие R_4/R_6 в конце 19-го – начале 20-го веков естественным образом объясняются относительной «сухостью» коры Тянь-Шаня, где до этого в течение нескольких сотен лет не было тектонических событий с магнитудой $M \geq 8.0$ (согласно данным, приведенным в [4], с начала 13 века до конца 1880-х годов, наиболее сильным здесь, повидимому, было Аксуйское землетрясение 1716 г. с $M \sim 7.5$). Интересно, что длительность периода уменьшения величины R_6 и увеличения R_4/R_6 для всего района Тянь-Шаня не противоречит сделанным в [3] оценкам времени расплывания флюидов из очаговых зон землетрясений с магнитудой $M \geq 8.0$ по изменению параметра Lg/Pg . Вместе с тем, остаются неясными при-

чины существенного увеличения параметра R_6 с конца 70-х годов.

Рассмотрим теперь возможные причины уменьшения величин R_6 после сильных гиндукушских землетрясений. Очевидно, что этот эффект не может быть объяснен миграцией флюидов из мантийной зоны глубокофокусной сейсмичности на большие расстояния. Здесь должен существовать качественно иной механизм. Ранее [6] были получены данные, свидетельствующие о том, что нередко в течение 4-5 месяцев после сильнейших гиндукушских землетрясений с магнитудой $M \geq 6.7$, в обширном регионе Центральной и Южной Азии, ограниченном координатами $30^\circ-50^\circ$ N и $50^\circ-90^\circ$ E, происходят коровые землетрясения с магнитудой $M \geq 7.0$ (вероятность случайного появления таких пар ничтожно мала). Кроме того, приведены многочисленные данные, свидетельствующие о переходе флюидного поля в крупных разломных зонах на больших эпицентральных расстояниях до и после сильнейших гиндукушских событий в «возбужденное» состояние, что выражается в вариациях поля поглощения поперечных волн, скоростей деформации, дебита источников, гидрогеохимических параметров и др. Все это интерпретировалось как следствие распространения медленно затухающих уединенных волн деформации [9], передающихся по разломным зонам от Гиндукуша. Эти волны могут стимулировать подъем флюидов, находящихся под литостатическим или даже сверхлитостатическим давлением, из нижней коры в верхнюю кору по крупным разломным зонам. Поднявшиеся в верхнюю кору флюиды часто не имеют гидродинамической связи с приповерхностными подземными водами. В этом случае они, как правило, находятся под сверхгидростатическим давлением [5], поэтому могут сравнительно быстро расплываться в горизонтальном направлении, что, в конечном счете, и обуславливает резкое уменьшение размеров высших изосейст при сильных коровых землетрясениях.

Наблюдающаяся в некоторых случаях резкая анизотропия макросейсмического поля, не связанная с обычной вытянутостью изосейст вдоль горных хребтов (рисунок 1), также может быть объяснена высокой концентрацией флюидов в определенных локальных областях. В случае с очагом Сусамырского землетрясения более сильное затухание изосейст в северном и северо-восточном направлениях согласуется с очень низкими скоростями S-волн в верхнем 15-километровом слое коры в районе Киргизского хребта, что может быть связано с высоким содержанием свободной воды [10].

С использованием полученных данных, проведена в первом приближении оценка минимальной скорости миграции флюидов в верхней части земной коры (V_f). Для грубой оценки применялась формула:

$$V_f = \Delta R / \Delta T, \quad (3)$$

где $\Delta R = \Delta r + R_6$ – радиус области, в которую внедрились дополнительные объемы флюидов.

Для данных, приведенных в таблицах 1, 2, получены значения V_f , варьирующиеся в диапазоне 13-115 км/год для четырех землетрясений: Кеминского, Хаитского, Сарыкамышского и Дараут-Курганского. Отметим, что ранее нами получены оценки скорости подъема флюидов из верхней мантии: $V_f \sim 10$ км/год [8]. Учитывая, что проницаемость пород в верхней части коры, скорее всего, на несколько порядков выше, чем в нижней коре и верхней мантии [5], можно полагать, что полученные здесь и в [8] оценки V_f не противоречат друг другу.

Следует отметить еще, что о миграции ювенильных флюидов в земной коре свидетельствуют и имеющиеся геохимические данные. Как известно, повышенное содержание изотопа ^3He служит доказательством присутствия в подземных водах мантийных флюидов [11]. В [12] показано, что в районе юго-восточного Тянь-Шаня в конце 1980-х годов в водах нескольких источников зарегистрированы ано-

мально высокие величины изотопного отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ ($(2.1 \div 6.5) \cdot 10^{-6}$), которые ранее никогда не встречались вне областей современного вулканизма. Проведенный анализ этих данных показывает, что указанные величины зарегистрированы на сравнительно небольших расстояниях (~ 40 -200 км) от эпицентров двух сильных землетрясений с магнитудой $M \geq 7.0$ (Маркансуйского и Кашгарского) через интервалы времени от 3 до 14 лет после этих событий.

В заключение следует отметить, что через достаточно большой период времени (судя по полученным данным, ~ 25 -30 лет), видимо, происходит заметное уменьшение содержания свободных флюидов и, возможно, частичное залечивание трещин в самих очаговых зонах и их близких окрестностях (скорее всего, в результате процессов гидратации горных пород, которые, как правило, сопровождаются увеличением их объема [13]). Это приводит к резкому уменьшению затухания амплитуд сильных движений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Пространственно-временные вариации структуры поля поглощения поперечных волн в районе Семипалатинского полигона // Физика Земли, 2001. - № 11. - С.73-86.
2. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Изучение вариаций поля поглощения поперечных волн в районе Центральной Азии по записям ядерных и химических взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне // Геофизика и проблемы нераспространения / Вестник НЯЦ РК, 2003. - Вып.2. - С.83-88.
3. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Анализ пространственно-временных вариаций поля поглощения поперечных волн в очаговых зонах сильных землетрясений Тянь-Шаня по записям подземных ядерных взрывов // Доклады РАН, 2004. - Т.395, № 6.
4. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. (ред.). Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1977. - 535 с.
5. Киссин И.Г. Флюидонасыщенность земной коры, электропроводность, сейсмичность // Физика Земли. 1996. - № 4. - С.30-40.
6. Копничев Ю.Ф., Баскутас И., Соколова И.Н. Пары сильных землетрясений и геодинамические процессы в районе Центральной и Южной Азии // Вулканология и сейсмология, 2002. - № 5. - С.49-58.
7. Artikaev F. F., Zhunusov T. Zh., Mikhailova N. N. et al. Project of the standart for earthquake intensity estimation // Aseismic construction, 1996. - Issue 5. Moscow. VNIINTPI. - P.12-19.
8. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Пространственно-временные вариации поля поглощения S-волн в очаговых зонах сильных землетрясений Тянь-Шаня // Физика Земли, 2003. - № 7. - С.35-47.
9. Николаевский В.Н. Математическое моделирование уединенных деформационных и сейсмических волн // Доклады РАН, - 1995. - Т.341, № 3. - С.403-405.
10. Винник Л.П., Косарев Г.Л., Орешин С.И. и др. Литосфера Тянь-Шаня по данным о функциях приемника для P- и S-волн // Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов. - Москва-Бишкек, - 2003. - С.94-105.
11. Поляк Б.Г. Тепломассопоток из мантии в главных структурах земной коры. - М.: Наука, 1988. - 191 с.
12. Поляк Б.Г., Каменский И.Л., Султанходжаев А.А. и др. Субмантийный гелий во флюидах юго-восточного Тянь-Шаня // ДАН СССР, 1990. - Т.312, №3. - С.721-725.
13. Калинин В.А., Родкин М.В., Томашевская И.С. Геодинамические эффекты физико-химических превращений в твердой среде. М.: Наука, 1989. - С.157.

ТЯНЬ-ШАНЬ ЖӘНЕ ПАМИР АУДАНДАРЫНДА ҚАТТЫ ЖЕР СІЛКІНУЛЕРДІҢ МАКРОСЕЙСМИКАЛЫҚ ӘСЕРЛЕРІНІҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ВАРИАЦИЯЛАРЫ

¹⁾Копничев Ю.Ф., ²⁾Соколова И.Н.

¹⁾РФА Бірлескен Жер физикасы институты, Мәскеу, Ресей

²⁾ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Тянь-Шань мен. Памир аудандарында 1885-1992 ж.ж. болған 32 қатты жерсілкінулердегі ($M \geq 6.0$) макросейсмикалық әсерлерінің кеңістіктік-уақыттық вариациялары талдауында. Магнитудасы $M=7$ келтірілген

6-баллдағы R'_6 , изосейстаның орта радиусы, сондай-ақ 4- және 6-баллдағы орта радиустарының қатынасы (R_4/R_6) қарастырылған. 1800 жылдардың аяғынан 1970-1975 ж.ж. дейін R'_6 және R_6/R_4 параметрлерінің мәні біртіндеп кемуі анықталған. 1975 ж. кейін параметрлердің мәні кенет өседі. Сондай-ақ, жақындағы қыртыстағы қатты жерсілкінулерден және теренкөзді Гиндукуштағы оқиғалардан кейін R_6 шамасы кенет төмендейтіні, ал R_4/R_6 – орта шамасында өсетіні анықталған. Анықталған әсерлерін, қатты жер сілкінулердің ошақтық белдемдерінде ювенильді флюидтері жоғарғы қыртысына көтерілуімен және қатты қозғалыстардың амплитудалары өшуін көбейтетіне келтіретін сол флюидтердің кейінде горизонтальды бағытындағы миграциясымен байланысты пайымдауға ұсынылады.

SPATIO-TEMPORAL VARIATIONS OF MACROSEISMIC EFFECTS FOR LARGE EARTHQUAKES IN THE REGIONS OF TIEN SHAN AND PAMIRS

¹Yu.F. Kopnichev, ²I.N. Sokolova

¹*Joint Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan*

We analyze spatio-temporal variations of macroseismic effects using data for 32 large earthquakes ($M \geq 6.0$) in the regions of Tien Shan and Pamirs occurred in 1885-1992. We consider the following parameters: average radius of intensity of 6 degree isoseist R'_6 equal to magnitude of $M=7.0$, and also a ratio of average radius of intensities 4 and 6 isoseists (R_4/R_6). A gradual diminishing of R'_6 parameter values since the end of 1800-es to 1970-1975 is observed; these values increase rapidly since 1975. Besides, often value of R'_6 decrease sharply after large close crustal earthquakes and deep-focus Hindu Kush events and R_6/R_4 . We suggest an interpretation of the effects observed, which is connected with juvenile fluids ascending into the upper crust in source zones of large earthquakes and subsequent migration in horizontal direction. This leads to increasing the attenuation of strong motion amplitudes