УДК 550.34 DOI 10.33764/2618-981X-2022-2-2-158-163

Афтершоки сильнейших землетрясений Азии в зонах разного уровня сейсмичности

О. А. Кучай¹

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. Трофимука А.А. СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация e-mail: KuchayOA@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Средние величины сейсмической активности, полученные по афтершоковым последовательностям сильнейших землетрясений Азии (М≥7), не коррелируются с уровнями фоновой сейсмичности в областях сильнейших событий и их магнитудами. Высокий уровень сейсмической активности проявляется в зонах крупных активных разломах и отражается в афтершоковых последовательностях.

Ключевые слова: сейсмическая активность, афтершоковые последовательности, сильнейшие землетрясения Азии, механизмы очагов землетрясений

Aftershocks of the strongest earthquakes in Asia in zones of different seismicity levels

O. A. Kuchay¹ ¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation e-mail: KuchayOA@ipgg.sbras.ru

Abstract. The average values of seismic activity obtained from the aftershock sequences of the strongest earthquakes in Asia (M>6.9) are not correlated with the levels of background seismicity in the areas of the strongest events and their magnitudes. A high level of seismic activity is manifested in zones of large active faults and is reflected in aftershock sequences.

Keywords: seismic activity, aftershock sequences, the strongest earthquakes in Asia, focal mechanisms of earthquakes

Введение

В данной работе оценивается состояние зон сейсмически активной среды на основе анализа зарегистрированных фоновых и афтершоковых процессов. Для этого рассматривается средняя величина сейсмической активности фоновых событий в районах сильнейших землетрясений Азии и сопоставляется со средней величиной сейсмической активности афтершоковых последовательностей. Такой подход позволяет оценить как связаны уровни фоновой сейсмичности и характер афтершоковых процессов.

Работ, посвященных анализу афтершоковых процессов множество, но в последнее время наиболее полные и подробные исследования представлены в монографиях [1, 2] и в публикациях [3, 4, 5, 6, 7]. Как отмечают авторы [1] выделение афтершоков в практическом отношении неизбежно содержит в себе субъективный элемент, поскольку для того, чтобы отнести то или иное землетрясение к афтершокам, необходимо задать размер временно́го и пространственного окна. В опубликованной монографии [1] предложена процедура идентификации афтершоков, которая опирается на пространственно-временную локализацию афтершоков в окрестности главного события и используется алгоритм Молчана -Дмитриевой.

Методы и материалы

В нашей работе были выбраны сильнейшие землетрясения Центральной Азии в пределах территории с координатами $\varphi=20^{\circ}-60^{\circ}$ с.ш., $\lambda=60^{\circ}-120^{\circ}$ в.д. с М \geq 7 и глубиной 1-50 км из каталога сильных землетрясений мира, опубликованных геологической службой США [8] и произошедших в период 1970-2019 гг. Одновременно использовался каталог Международного Сейсмологического центра ISC [9]. Были проведены сопоставления значений магнитуд сильных событий, размещенных в обоих каталогах и выбраны 19 главных толчков с М \geq 7 (Рис. 1). Информация о фокальных механизмах очагов главных событий и их глубинах бралась из каталога Global CMT catalog [10] по данным которого, рассматриваемые очаги сосредоточены в слое 12-20 км, за исключением землетрясения 24.03.1978г. (H=34 км). В этом же каталоге приводятся глубины землетрясений, полученные другим методом и отличающиеся на 3-15 км.



Рис. 1. Карта эпицентров сильнейших землетрясений Азии (М≥7) и решения их фокальных механизмов за период 1964-2019 гг. Красным цветом на стереограммах закрашены области волн сжатия, белым – волн растяжения

Решения механизмов очагов землетрясений представлено в верхней полусфере

На территории исследуемого района не рассматривались землетрясения в области г. Газли (Узбекистан), вследствие того, что они являются техногенными. Информация о фокальных механизмах очагов главных событий и их глубинах бралась из каталога Global CMT catalog [10], по данным которого рассматриваемые очаги сосредоточены в слое 12-20 км, за исключением землетрясения 24.03.1978 г. (H=34 км). В этом же каталоге приводятся глубины землетрясений, полученные другим методом и отличающиеся на 3-15 км.

Афтершоковые последовательности для 19 землетрясений выбирались только по каталогу Международного Сейсмологического центра ISC [9]. Выборка фоновых и афтершоковых событий осуществлялась на площадке 3°х3° с М≥ 4.5, где в центре находился эпицентр основного землетрясения. Временной период каждой выборки соответствовал 1964-2019гг.

В сейсмологии общепринято рассчитывать сейсмическую активность как среднее число очагов землетрясений с определенной величины магнитуды, которые возникают на единице площади очаговой области и за единицу времени. В нашем случае фоновую активность землетрясений для каждого выделенного участка рассчитывали с 1964 по 2019гг. исключая год, в течение которого, регистрировались афтершоки. Так же как и авторы публикации [2] длительность серии повторных толчков ограничили одним годом. Землетрясения, начиная с М≥4.5 представительны в данных выборках.

Площади афтершоковой деятельности ($M \ge 4.5$) для 19 основных событий рассчитывались по фактическому месторасположению эпицентров на территории 3°х3°. Для получения площади фоновых событий учитывалось положение окна (3°х3°) на географической карте. Кроме того распределение повторных толчков сопоставлялось с простиранием нодальных плоскостей, полученных из определений параметров механизмов очагов, приведенных в каталоге [10].

Рассчитанные средние значения фоновой активности и средней активности афтершоковых последовательностей приведены на Рис.2 и в Табл.1



Рис. 2. Средние значения фоновой активности (оранжевый цвет) и средней активности афтершоковых последовательностей (синий цвет). По оси ординат – значения активности.

Таблица 1

Средние значения активности ас	ртершоковых последовательностей
и фоновой активности в окре	стности сильных землетрясений

N	дата	время	широта	долгота	магнитуда	афтершо- ковая актив-	фоновая актив-
П/П						ность	ность
1	04.01.1970	17:00	24.12	102.55	Mc=7.3	1.6	0.1
2	06.02.1973	10:37	31.33	100.53	Mc=7.5	1.28	0.13
3	08.11.1974	1:13	39.36	73.81	Mc=7.3	3.1	0.99
4	27.07.1976	20:07	39.52	118.03	Mw=7.6	1.13	0.05
5	24.03.1978	21:05	42.37	78.69	Ms=7.1(Mw=6.9)	1.18	0.25
6	23.08.1985	12:41	39.42	75.43	Ms=7.6(Mw=6.9)	4.2	0.49
7	06.11.1988	13:30	23	99.68	Mw=7.3	0.89	0.136
8	19.08.1992	2:40	42.19	79.32	Mw=7.3	0.79	0.2
9	27.02.1997	21:06	29.7	68.1	Mw=7.1	1.5	0.28
10	08.11.1997	10:30	35.33	86.96	Mw=7.5	0.31	0.05
11	14.11.2001	9:27	35.8	92.91	Mw=7.8	0.85	0.05
12	26.01.2001	3:16	23.37	70.34	Mw=7.6	0.54	0.03
13	27.09.2003	11:33	50.02	87.86	Mw=7.2	3.68	0.09
14	08.10.2005	3:50	34.38	73.47	Mw=7.6	3.1	0.29
15	20.03.2008	22:33	35.43	81.37	Mw=7.1	1.25	0.25
16	12.05.2008	6:28	31.44	104.1	Mw=7.9	1.56	0.22
17	24.09.2013	11:30	26.7	65.04	Mw=7.8	0.65	0.102
18	25.04.2015	6:11	28.13	84.71	Mw=7.9	1.2	0.17
19	07.12.2015	7:50	38.12	72.88	Mw=7.2	0.258	0.93

Результаты и обсуждения

Материалы из таблицы 1 рассчитывались с использованием землетрясений с М≥4.5 представительных в данных выборках за один и тот же длительный период времени (в течении 54 лет) и зарегистрированных на практически одинаковой площади. Полученные результаты расчета (фоновая активность) меняются в диапазоне от 0,03 до 0,99. Данные по афтершокам (М≥4.5), возникшим в течение года, свидетельствуют о значительно разном количестве повторных толчков и занимаемых ими площадей. Соответственно наблюдается разброс в значениях афтершоковой активности .

Как следует из Табл. 1 и Рис.2 средняя величина активности, полученная по афтершоковым последовательностям (М≥4.5) сильнейших землетрясений Азии не связана с уровнем фонового сейсмического режима (М≥4.5) района каждого из сильнейших событий и с магнитудой основного землетрясения.

На данном материале выявлено, что высокая степень сейсмической активности проявляется в зоне крупного активного разлома и отражается в афтершоковых последовательностях. Примером служит северная часть Дарваз-Каракульского разлома (землетрясения № 3 и № 6) и землетрясение (№19), эпицентр которого фиксируется в области высокой сейсмичности, простирающейся диагонально через Памир.

Далее рассмотрим типы фокальных механизмов очагов 17 сильнейших землетрясений (кроме первых двух из списка таблицы 1, для которых не удалось найти фокальный механизм очага) разделив их на три группы по положению осей деформаций Р и Т: надвиги и сдвиго-надвиги, сбросы и сдвиго-сбросы, сдвиги. По распределению повторных толчков вдоль предполагаемой плоскости разрыва, которая совпала с одной из двух нодальных плоскостей фокальных механизмов главного события, тип подвижки устанавливается однозначно. Таких сейсмических событий набирается десять, из них пять землетрясений характеризуются сдвиговой подвижкой в очаге (№ 3, 7, 10, 13, 19), три сдвиго-надвиговой (№ 6, 16, 17) и два сдвиго-сбросовой (№ 4, 11). Для семи землетрясений значения простирания плоскостей разрыва отличаются незначительно и, соответственно, поле афтершоков может совпадать с азимутом простирания и той и другой плоскости. Для них присущ надвиговый тип смещения в очагах по обеим плоскостям при близгоризонтальной оси Р (землетрясения № 5, 8, 9, 12, 14, 18) и сбросовый - при горизонтальной оси Т (землетрясение № 15). При анализе типов подвижек в очагах главных событий с характером фоновой и уровнем афтершоковой активности не выявлено какой либо связи. Распределение эпицентров главных событий в пределах афтершоковой области фиксировалось либо в центре либо на одном конце афтершоковой области, такое расположение эпицентров не сказывалось на результатах определения уровня афтершоковой активности.

Заключение

В рамках анализируемого периода наблюдений афтершоковых серий и фоновых землетрясений с $M \ge 4.5$ средние величины сейсмической активности, полученные по повторным толчкам сильнейших землетрясений Азии ($M \ge 7$), не коррелируются с уровнем фоновой сейсмичности и их магнитудой. Высокий уровень сейсмической активности проявляется в зонах крупных активных разломов и отражается в афтершоковых последовательностях. Типы подвижек в очагах главных событий не влияют на степень афтершоковой активности и возникают при разном фоновом уровне.

Работа выполнена при поддержке проекта ФНИ № FWZZ-2022-0021 "Региональные особенности структуры земной коры и верхов мантии платформенных и складчатых областей Сибири, их напряженно-деформированное состояние по данным сейсмологии, гравиметрии и геомеханики"

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.Смирнов В. Б., Пономарёв А. В. Физика переходных режимов сейсмичности – М.: РАН, 2020. – 412 с.

2. Баранов С.В., Шебалин П.Н. Закономерности постсейсмических процессов и прогноз опасности сильных афтершоков. М.: РАН – 2019. – 218 с.

3. Шебалин П. Н., Баранов С. В. Дзебоев Б. А. Закон повторяемости количества афтершоков // ДАН, 2018 – 481(3). – С. 320–323.

4.Баранов С.В. Шебалин П.Н. Оценивание области афтершоковой активности по информации об основном толчке // Геофизические исследования. – 2018 – 19 (2). – С. 34-56.

5. Лутиков А.И., Донцова С.Н., Родина С.Н. Временные и энергетические параметры афтершокового процесса землетрясений Кавказа и сопредельных территорий // Геофизические исследования. – 2017. – 18 (1). – С. 20-36

6. Баранов С.В., Шебалин П.Н. Глобальная статистика афтершоков сильных землетрясений: независимость времен и магнитуд //Вулканология и сейсмология. – 2019. – №2. – С. 67–76.

7. Шебалин П.Н. Баранов С.В. О прогнозировании афтершоковой активности. 5. оценка длительности опасного периода // Физика Земли. –2019. – №5. – С. 22–37

8. Геологическая служба США: http://www.earthquake.usgs.gov.

9. Каталог ISC: http://www.isc.ac.uk

10. Global CMT catalog: http://www.globalcmt.org

© О. А. Кучай, 2022