

МИГРАЦИЯ ОЧАГОВ СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ГАРМСКОГО РАЙОНА И НЕРЕГУЛЯРНОСТЬ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Рассматриваются пространственно-временные вариации локализации очагов землетрясений с $H \geq 14$ км на территории Гармского района. Неравномерность распределения таких землетрясений связывается с блоковым строением: в ослабленных зонах их больше, чем в блоках. Выделены три ослабленные зоны, характеризующиеся повышенной активностью заглубленной сейсмичности. Активность заглубленной сейсмичности в этих зонах варьирует во времени, увеличиваясь перед землетрясениями $K \geq 12.5$. Характер временных вариаций распределения очагов землетрясений с глубиной позволяет высказать предположение о существовании связи между скоростью вращения Земли и активностью заглубленной сейсмичности.

Ключевые слова: сейсмичность, пространственно-временные вариации, вариации скорости вращения Земли.

Введение

В пределах Гармского района глубины очагов большинства (до 90%) землетрясений не превышают 14 км. Тот факт, что местные землетрясения, очаги которых расположены в более глубоких слоях земной коры, четче отражают процессы подготовки событий больших энергий, а поведение землетрясений в ее верхней более раздробленной части оказывается более хаотичным, отмечался еще в работе [Нерсесов и др., 1979]. Там же показано, что в течение 1955 – 1975 гг. моменты возникновения относительно сильных землетрясений с $K > 13$ предварялись кратковременным повышением активности слабых событий в слое 11-15 км и глубже.

Увеличение перед сильным событием числа глубокофокусных землетрясений и их стягивание к его очаговой области неоднократно описывалось в литературе, и считается одним из предвестников сильных событий. [Соболев, Тюпкин, 1996]. В работе [Антикаева, 2012] на примере трех сильных землетрясений Гармского района с $K > 13$ (1983 и 1987 гг.) показано, что перед сильными землетрясениями большинство заглубленных событий (с $H > 14$ км) локализовано в ослабленных зонах. Там же на основе анализа морфологии огибающих коды землетрясений было продемонстрировано, что в период подготовки сильного землетрясения в ослабленных зонах на глубинах порядка 10 – 30 км формируются структуры контрастного поглощения, состоящие из сухого слоя слабого поглощения, относительно небольшой мощности, и подстилающего его мощного флюидонасыщенного слоя сильного поглощения. При этом отмечается рост числа заглубленных событий и, как правило, в течение некоторого времени этот контраст поглощения нивелируется.

Синхронный рост в ослабленных зонах числа заглубленных событий и изменение в них затухания S-волн отражает перестройку флюидного поля в земной коре в процессе подготовки сильного землетрясения. Совпадение здесь глубин очагов землетрясений и положения сухих слоев (межблоковых перемычек), скорее всего, означает,

что к ним и приурочены очаги землетрясений с $H > 14$ км.

В предлагаемой работе предпринята попытка распространить опыт, полученный при изучении флюидного режима в очаговых областях трех упомянутых выше сильных землетрясений, на очаговые области других сильных землетрясений этого района.

Пространственно-временные вариации заглубленной сейсмичности.

Как показывает анализ, распределение относительного числа землетрясений с глубинами очагов от 14 до 40 км варьирует в пространстве и во времени. На юге района можно выделить три области сгущения эпицентров заглубленных землетрясений: восточнее ст. 11 (зона 1), субширотная зона, расположенная южнее ст. 4 (зона 2) и зона на запад от ст. 7 (зона 3). Они в значительной степени совпадают с ослабленными зонами. Здесь относительное число заглубленных землетрясений в 2-3 раза больше, чем в блоках. Локализация ослабленных зон и блоков, положение эпицентров сильных землетрясений, а также вариации скорости вращения Земли за рассматриваемый период приведены в [Антикаева, наст. издание]. Наибольшая вариабельность числа заглубленных землетрясений характерна для глубин около 14 км, где значения относительного числа землетрясений на разных временных интервалах различаются в 2-4 раза. При этом максимальные значения отмечаются в периоды снижения скорости вращения Земли.

Перед большинством сильных землетрясений района в пределах трех упомянутых выше ослабленных зон одновременно или по очереди активизируется заглубленная сейсмичность. Уже на стадии визуального анализа обнаруживается цикличность активизации заглубленной сейсмичности в ослабленных зонах (особенно ярко - в зоне 2). Здесь максимумы активности наблюдаются примерно через каждые 10 лет. Спектральный анализ позволил выявить и более короткие периодичности активизации заглубленной

сейсмичности: полугодовые, окологодовые, пятилетние и более длиннопериодные семнадцатилетние ритмы. Заметим, что такие же ритмы свойственны вариациям скорости вращения Земли. Окологодовые ритмы лучше всего проявляются в вариациях заглубленной сейсмичности в пределах третьей ослабленной зоны. Возможность существования таких же ритмов в вариациях поля поглощения S-волн показана в работе [Аптикаева, 2010].

На основе результатов совместной интерпретации геологических и сейсмологических данных главная роль в сеймотектоническом деформировании земной коры в пределах Гармского полигона отводится активному увеличению объема слоистых пород Таджикской депрессии в результате проникновения в пределы верхней коры глубинных флюидов, привносящих дополнительный минеральный материал, что обуславливает субгоризонтальные напряжения распора [Лукк, 2011].

Выделен ряд областей, где на глубинах больших 10 – 12 км преобладают механизмы срез-врез и близвертикальное удлинение, что может быть следствием доставки сюда флюидами и перетолжения минерального материала. Одной из таких областей является так называемое столбообразное сейсмогенное тело, которое перекрывается с выделенной нами ослабленной зоной 2.

Логично полагать, что проникновение этих глубинных флюидов осуществляется в пределах ослабленных зон, а не блоков. В силу вертикальной неоднородности ослабленных зон здесь на больших глубинах могут формироваться области контрастного поглощения – перемежения флюидонасыщенных слоев сильного поглощения и флюидонепроницаемых слоев слабого поглощения (межблоковых перемычек). В этом случае заглубленные землетрясения могут ассоциироваться с разрушением последних.

Область столбообразного сейсмогенного тела, как место возможного проникновения глубинных флюидов, по-видимому, не единственное в пределах Гармского района. Из проведенного выше анализа следует, что эта область большей своей частью совпадает с ослабленной зоной 2 и характеризуется повышенным уровнем заглубленной сейсмичности. Но помимо нее существует еще, по крайней мере, две области сгущения очагов заглубленных землетрясений, которые, на наш взгляд, также можно рассматривать, как сейсмогенерирующие в пределах рассматриваемого района.

Характер временных вариаций распределения очагов землетрясений с глубиной позволяет высказать предположение о существовании связи между скоростью вращения Земли и активностью заглубленной сейсмичности. Уменьшение скорости вращения Земли сопровождается ростом относительного числа землетрясений с глубинами

гипоцентров 14 км, а при увеличении скорости вращения – их число уменьшается. Совпадение ритмов активизации заглубленной сейсмичности, вариаций поглощения S-волн и скорости вращения Земли также свидетельствует в пользу вывода о взаимосвязи этих процессов.

Рассматривая межблоковые перемычки в качестве структурных элементов, объединяющих малые блоки в большие, можно отнести вариации скорости вращения Земли к внешним факторам, приводящим к перестройке блоковой структуры.

Флюидный фактор становится более значимым в случае уменьшения скорости вращения Земли и расширения ее поверхности. Как известно, флюиды являются катализатором процессов, приводящих к уменьшению прочности пород. В таких условиях относительно консолидированные объемы, где малые блоки связаны между собой сухими межблоковыми перемычками, сформировавшимися в ослабленных зонах, постепенно насыщаясь флюидами, поступающими из подстилающих флюидонасыщенных слоев и смежных ослабленных зон, переходят в деконсолидированное состояние.

Процесс разрушения межблоковых перемычек может способствовать возникновению достаточно сильных землетрясений. Пример такого землетрясения (Каудальского 26.02.1983). Предполагаемый его сценарий коротко состоял в следующем: в ослабленных зонах на периферии готовящегося очага в период, предшествующий сильному землетрясению, имела место переестройка флюидного поля в земной коре. Рост флюидного давления в пределах флюидонасыщенных слоев и гидроразрывы в покрывающих их горизонтах на глубинах более 14 км стали причиной серии слабых сейсмических событий. Образовавшиеся в результате этого микротрещины заполнились флюидами, этот процесс распространялся снизу вверх и стягивался к очаговой области сильного землетрясения, где к тому времени на глубинах от 10 до 80 км сформировался консолидированный добротный блок большой вертикальной протяженности. В афтершоковый период в результате насыщения его флюидами, поступающими из подстилающей флюидонасыщенной области, нижняя граница которой фиксируется на глубине ~ 120 км, а также из смежных ослабленных зон, он прекратил свое существование как единый блок [Аптикаева, 2012].

Примечательно, что подавляющее большинство землетрясений Каудальской зоны с $K \sim 13$ произошло в условиях низких среднегодовых скоростей вращения Земли. Распространяя сценарий землетрясения 1983 г. на все сильные землетрясения Каудальской зоны, можно сделать гипотетический вывод, что разрушение конгломерата блоков в пределах этой структуры возможно в условиях достаточно высокой флюидонасыщенности смежных с ней ослабленных зон.

Заключення

Начиная с середины 50-х годов, когда наметилась тенденция к уменьшению скорости вращения Земли, активизировалась зона к юго-западу от Каудальской. Мы не располагаем данными о вариациях в этот период ее флюидонасыщенности. Поэтому можно только предположить, что в результате роста сейсмической активности она выросла, а несущая способность зоны снизилась. Предшествующее резкое падение скорости вращения Земли способствовало росту флюидонасыщенности в обширной субширотной ослабленной зоне 2. Сильные землетрясения 1966 – 1969 гг. (№№ 6-8) раскололи конгломерат по залеченной до этого ослабленной зоне. Землетрясения 1976 – 1977 гг. (№№ 11 и 13) раскололи восточный блок. Землетрясение 1983 г. (№ 15), которое произошло уже на фоне роста скорости вращения Земли, логично связать с ее глубокой продолжительной сезонной аномалией. Это землетрясение и его афтершоки окончательно разрушили западный блок. Отметим, что в течение последних двух десятилетий в Каудальской зоне не было землетрясений с $K \geq 13$. Характерно, что в этот период наметилась и тенденция роста скорости вращения Земли. Поэтому процесс возникновения землетрясений, на наш взгляд, можно рассматривать как адаптацию геологических объектов к вариациям общего для них внешнего

фактора – скорости вращения Земли (либо иного внешнего фактора, индикатором которого является этот параметр).

Литература

- Аптикаева О.И. Циклические вариации поля поглощения S-волн в ослабленных зонах и блоках на Гармском прогностическом полигоне // Проблемы сейсмоструктуры: Материалы XVI междунар. конф., 20–25 сентября 2010 г. Воронеж, – 2010. – Т. 1. – С. 65-70.
- Аптикаева О.И. Особенности поля поглощения в очаговых зонах сильных землетрясений Гармского района // Физика Земли. – 2012. – № 5. – С. 26–36
- Лукк А.А. Слой неустойчивой деформации – анналог волновода – на глубинах 12-20 км в земной коре Таджикской депрессии // Физика Земли. – 2011. – № 4. – С. 39-57
- Нересов И.Л., Пономарев В.С., Тейтельбаум Ю.М. Вариации активности коровых землетрясений в различных слоях глубины и сейсмический прогноз // Докл. АН СССР. – 1979. – Т.247, – № 5. – С. 1100-1102
- Соболев Г.А., Тюпкин Ю.С. Аномалии в режиме слабой сейсмичности перед сильными землетрясениями Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 1996. – № 4. – С. 64-74

**МІГРАЦІЯ ОСЕРЕДКІВ СЛАБКІХ ЗЕМЛЕТРУСІВ ГАРМСЬКОГО РАЙОНУ
ТА НЕРЕГУЛЯРНІСТЬ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ**

О.І. Аптікаєва, С.Ф. Аптікаєв

Розглядаються просторово-часові варіації локалізації вогнищ землетрусів з $H \geq 14$ км на території Гармського району. Нерівномірність розподілу таких землетрусів зв'язується з блоковою будовою: у ослаблених зонах їх більше, ніж в блоках. Виділено три ослаблені зони, що характеризуються підвищеною активністю заглибленої сейсмичності. Активність заглибленої сейсмичності в цих зонах варіює в часі, збільшуючись перед землетрусами з $K \geq 12.5$. Характер тимчасових варіацій розподілу осередків землетрусів з глибиною дозволяє висловити припущення про існування зв'язку між швидкістю обертання Землі і активністю заглибленої сейсмичності.

Ключові слова: сейсмичність, просторово-часові варіації, варіації швидкості обертання Землі

**MIGRATION OF SOURCES OF SMALL EARTHQUAKES IN THE GARM REGION
AND IRREGULARITY OF THE EARTH'S ROTATION**

O.I. Aptikaeva, S.F. Aptikaev

Spatiotemporal variations in location of earthquake sources at depths $H \geq 14$ km in the Garm region are analyzed. Non-uniformity in distribution of such earthquakes is considered as a consequence of the block structure: deeper earthquakes occur in weaker zones more often than in the blocks. Three weakened zones exhibit higher levels of deep seismic activity. Number of deep earthquake sources in these zones varies in time, increasing before the earthquakes with $K \geq 12.5$. Based on the character of temporal variations in distribution of earthquake sources with depth the existence of correlation between the Earth's rotation rate and seismic activity at depth has been suggested.

Key words: seismic activity, spatiotemporal variations, variations in the Earth's rotation rate.