

УДК 550.34

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ ЮЖНОЙ МЕКСИКИ: ВОЗМОЖНАЯ ПОДГОТОВКА СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

¹⁾ Копничев Ю.Ф., ²⁾ Соколова И.Н.

¹⁾ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

²⁾ Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Рассматриваются характеристики сейсмичности в зоне субдукции, расположенной в районе южной Мексики, между 18° и 20° N. Установлено, что перед двумя сильными землетрясениями (10.09.1995 г., $M_w=8.0$ и 22.01.2001 г., $M_w=7.6$), начиная с 1973 г. сформировались неглубокие кольцевые структуры сейсмичности ($h=0-33$ км) с одинаковыми пороговыми значениями магнитуд $M_{p1}=4.9$. В то же время здесь, в отличие от многих других зон субдукции, не проявились глубокие кольцевые структуры (в диапазоне глубин 34–70 км). Установлено, что перед двумя указанными землетрясениями образовалась линейная полоса сейсмичности с пороговым значением $M_{p2}=5.1$. Эпицентры главных событий располагались вблизи от областей пересечения или касания мелких колец и глубокой полосы. Предполагается, что в этих областях достигается наибольшая мощность двухфазного слоя с сообщающимися трещинами и порами, заполненными флюидом. На кровле такого слоя имеет место концентрация напряжений, которая и может приводить к подвижке при сильном землетрясении. Выделена еще одна пара, состоящая из мелкого кольца и глубокой полосы, сформировавшаяся к 2015 г. к северо-западу от очагов землетрясений 1995 и 2001 гг. ($M_{p1}=4.9$, $M_{p2}=4.5$). Есть основания предполагать, что в области касания этих структур может готовиться новое сильное землетрясение. На основании корреляционных зависимостей размеров колец сейсмичности и величин M_{p1} от магнитуды главных событий, полученных ранее для востока Тихого океана, оценена магнитуда возможного сильного землетрясения: $M_w=7.7\pm 0.2$.

ВВЕДЕНИЕ

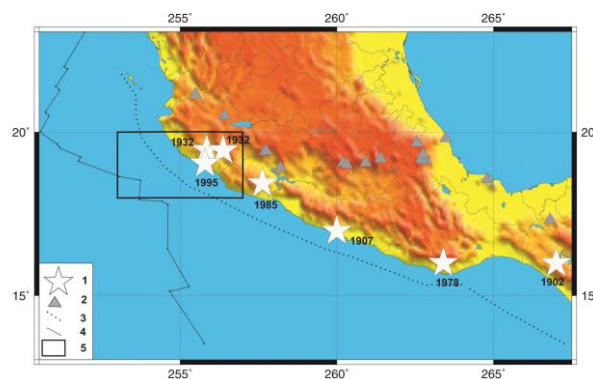
В последнее десятилетие установлено, что перед подавляющим большинством сильных и сильнейших землетрясений в зонах субдукции формируются кольцевые структуры сейсмичности [1–7]. Как правило, такие структуры, имеющие форму, близкую к эллипсам, образуются в двух диапазонах глубин: 0–33 и 34–70 км. Они характеризуются пороговыми значениями магнитуд (соответственно M_{p1} и M_{p2}), а также длинами больших осей (L и l). Длительность формирования таких структур в большинстве случаев не превышает 40 лет, в среднем она близка к 25 годам [4–7]. Полученные данные могут быть использованы для определения места и магнитуды готовящихся сильных землетрясений и, возможно, для их среднесрочного прогноза. Примеры успешного прогноза места и магнитуды Великого землетрясения Тохoku 11.03.2011 г. ($M_w=9.0$) в северо-восточной Японии и землетрясения Икике 01.04.2014 г. ($M_w=8.2$) в северном Чили приведены в [4, 7]. В статье с этой целью рассматриваются характеристики сейсмичности в зоне субдукции, расположенной в районе южной Мексики.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

В районе южной Мексики океаническая плита Кокос погружается под Северо-Американский континент со средней скоростью ~61 мм/год. Мексиканская зона субдукции имеет ряд необычных черт [8–11]. В этой зоне регистрируется очень мало землетрясений на глубинах более 100 км, а сильные события происходят только близко к побережью. Вулканический фронт не идет параллельно желобу, а от-

клоняется от него приблизительно на 15° (рисунок 1). Считается, что океаническая плита идет очень полого на расстояниях до 250 км от глубоководного желоба. В зоне субдукции регистрируются «тихие» землетрясения (события, связанные с медленным скольжением плиты), которые могут длиться около месяца [11].

С начала XX-го века в мексиканской зоне субдукции произошло 7 сильных землетрясений с $M_w \geq 7.8$ (рисунок 1, таблица 1).



1 – эпицентры сильных землетрясений ($M_w \geq 7.8$) с начала XX-го века [21]; 2 – вулканы; 3 – глубоководный желоб; 4 – СОХ; 5 – область, в которой анализировалась сейсмичность

Рисунок 1. Карта района исследований

Последнее такое событие произошло в штате Колима 10.09.1995 г. ($M_w=8.0$). Были рассмотрены характеристики сейсмичности в области, расположенной между 18° и 20° N, где зона субдукции находится ближе всего к срединно-океаническому хребту (СОХ). В этой области погружающаяся океаничес-

кая плита имеет наименьший возраст для всей мексиканской зоны субдукции (~10 млн. лет [8]).

Таблица 1. Сильные землетрясения в районе южной Мексики (с начала XX-го века)

Дата	Широта	Долгота	Mw	h, км
23.09.1902	16.06	-93.00	7.8	
15.04.1907	17.00	-100.00	7.9	
03.06.1932	19.46	-104.15	7.9	25
18.06.1932	19.45	-103.63	7.9	54
29.11.1978	16.01	-96.60	7.8	24
19.09.1985	18.45	-102.37	8.0	20
09.10.1995	19.05	-104.21	8.0	26

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях использовались каталоги NEIC (National Earthquake Information Center) Геологической службы США (USGS- United States Geological Survey), начиная с 1973 г.

Методика выделения кольцевых структур имеет следующие особенности

1. Длительность периода, в течение которого исследуются характеристики сейсмичности, составляет около 40 лет, что соответствует максимальным величинам, известным в настоящее время.

2. Рассматриваются параметры сейсмичности в двух диапазонах глубин: 0–33 и 34–70 км, в которых формируются кольцевые структуры. Для каждого диапазона отбираются события, магнитуда которых не меньше пороговой (соответственно $M_{п1}$ и $M_{п2}$), причем эти величины обычно на 2–3 единицы меньше, чем магнитуда главного землетрясения.

3. Проводится перебор пороговых величин магнитуд $M_{п}$ (в обоих диапазонах глубин) с целью определения оптимальных значений, при которых кольцевые структуры выделяются наиболее четко.

4. Кольцевые структуры аппроксимируются, как правило, эллипсами. Кольца сейсмичности строятся таким образом, чтобы примерно равное количество относительно слабых событий находилось по обе стороны контуров эллипсов. При этом принимается, что кольцо сейсмичности сформировалось, если максимальная ширина полосы эпицентров, формирующих его (сумма наибольших отклонений эпицентров, расположенных соответственно внутри и вне эллипса, от его контура), не превышает $\frac{1}{4}$ длины малой оси эллипса (критерий качества кольцевой структуры).

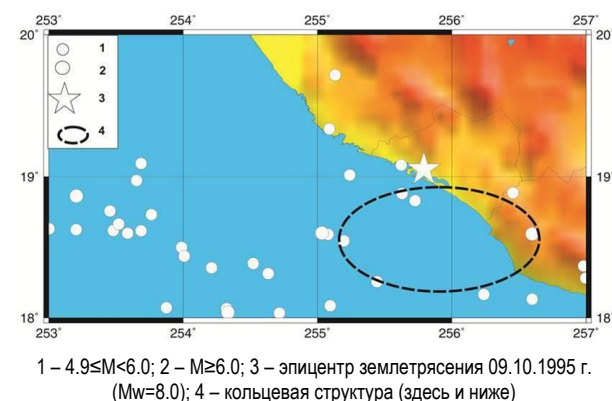
5. Выбираются кольцевые структуры с наибольшими возможными пороговыми значениями $M_{п1}$ и $M_{п2}$. При прочих равных условиях выбирается кольцо сейсмичности с максимальной длиной большой оси эллипса (соответственно L и l для мелкого и глубокого колец).

6. Регулярно (не реже, чем раз в полгода) необходим контроль параметров сейсмичности, поскольку известны случаи, когда в течение последних 1–2

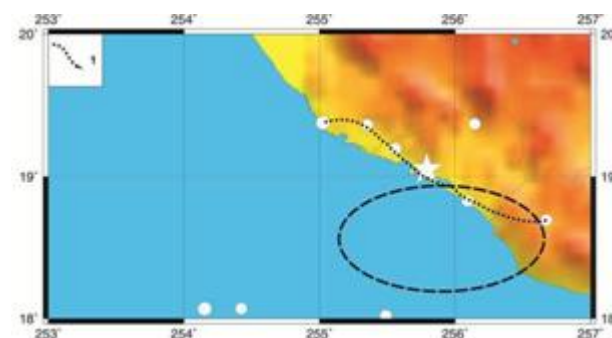
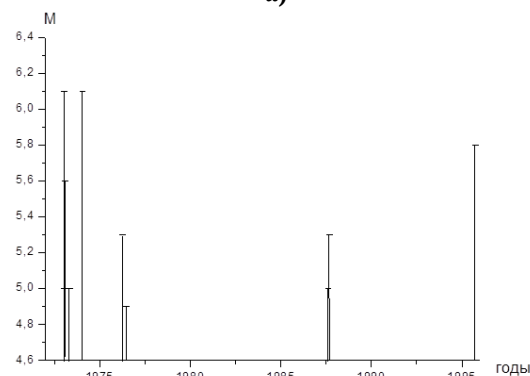
лет проявлялись новые кольцевые структуры с гораздо большими величинами $M_{п}$ (как это было, например, перед Великим землетрясением Тохоку 11 марта 2011 г. [4]).

АНАЛИЗ ДАННЫХ

На рисунке 2-а показаны характеристики неглубокой ($h=0–33$ км) сейсмичности перед землетрясением 09.10.1995 г. В окрестностях будущего очага в период 01.01.1973 – 08.10.1995 гг. сформировалась кольцевая структура, вытянутая в субширотном направлении ($M_{п1}=4.9$, $L\sim 160$ км).



а)



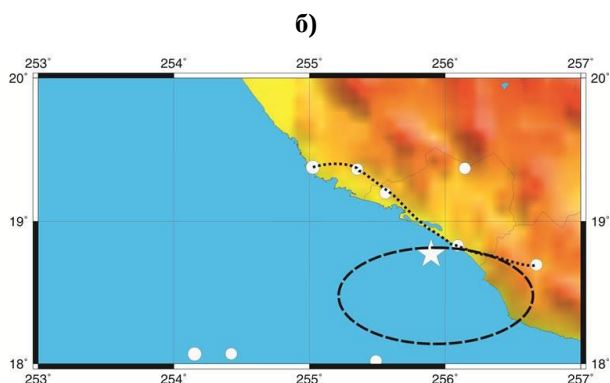
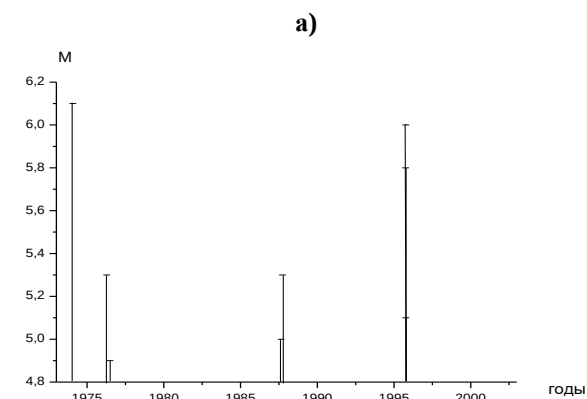
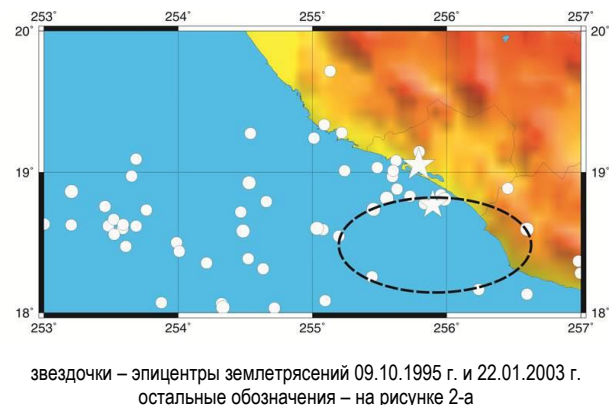
в)

Рисунок 2. Сейсмичность перед землетрясением 09.10.1995 г. ($M_w=8.0$): а – неглубокая; б – зависимость магнитуд землетрясений от времени в области кольцевой структуры; в – глубокая

Максимальные магнитуды ($M_{\max}=6.1$) соответствуют двум событиям, произошедшим в 1973–1974 гг. Наибольшие скорости сеймотектонической деформации (СТД) в области кольца сейсмичности наблюдались в 1973–1976 и 1995 гг. (рисунок 2-б). Рисунок 2-в иллюстрирует характеристики относительно глубоководной сейсмичности ($h=34\text{--}70$ км) в рассматриваемой области. В данном случае не образовалось глубоких колец для величин $M_{p2}\geq 4.0$; вместе с тем достаточно четко проявилась структура, близкая к линейной, с пороговым значением $M_{p2}=5.1$ и длиной $l\sim 200$ км, вытянутая в запад-северо-западном направлении, параллельно желобу (на расстояниях от него $\sim 80\text{--}100$ км). Существенно, что эпицентр главного землетрясения находится на расстоянии ~ 20 км от области пересечения мелкого кольца и глубокой полосы, что во много раз меньше величины L .

На рисунке 3-а представлены данные о неглубокой сейсмичности перед землетрясением 22.01.2003 г., эпицентр которого располагался на расстоянии ~ 30 км к юго-востоку от эпицентра события 10.09.1995 г. В данном случае до 21.01.2003 г. проявилась кольцевая структура, форма и размер которой близки к изображенной на рисунке 2-а ($M_{p1}=4.9$, $L\sim 160$ км). Наибольшие скорости СТД наблюдались в 1973 - 1976 и 1995 гг. (рисунок 3-б). На рисунке 3-в показаны характеристики глубоководной сейсмичности. Видно, что для $M_{p2}=5.1$ проявилась та же полоса эпицентров, простирающаяся параллельно желобу. Интересно, что эпицентр землетрясения 22.01.2003 г. располагался вблизи области касания мелкого кольца и глубокой полосы сейсмичности.

Рисунок 4-а иллюстрирует характеристики неглубокой сейсмичности, проявившейся в исследуемой области до 01.03.2015 г. За указанный период здесь сформировалась кольцевая структура с таким же пороговым значением ($M_{p1}=4.9$), но меньшая по размерам ($L\sim 110$ км), ориентированная в северо-западном направлении, параллельно глубоководному желобу. Кольцевая структура расположена в основном между желобом и афтершоковой зоной сильного землетрясения, произошедшего в штате Колима 10.09.1995 г. Самые высокие скорости СТД в области кольца сейсмичности имели место в 1973–1976 и 1995–2003 гг., а наибольшая магнитуда ($M_{\max}=6.4$) соответствует землетрясению 1995 г. (рисунок 4-б). На рисунке 4-в представлены эпицентры глубоких землетрясений ($M_{p2}=4.5$). В данном случае в 1973 - 2015 гг. четко проявилась линейная субширотная полоса длиной около 120 км, расположенная к востоку от желоба. Можно считать, что глубокая полоса касается северной границы мелкого кольца. Интересно, что эта полоса, которая сформировалась в основном после землетрясения 10.09.1995 г., служит продолжением полосы, изображенной на рисунках 2-в и 3-в.



обозначения – на рисунках 2-а и 2-в

в)

Рисунок 3. Сейсмичность перед землетрясением 09.10.1995 г. ($M_w=7.6$): а – неглубокая; б – зависимость магнитуд землетрясений от времени в области кольцевой структуры; в – глубокая

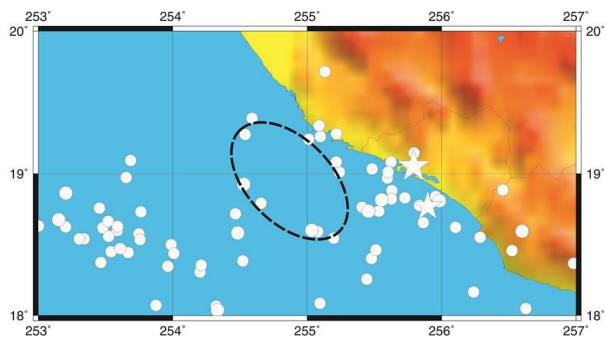
Оценка магнитуд сильных землетрясений по параметрам кольцевых структур. Для этих целей были использованы корреляционные зависимости размеров кольцевых структур и пороговых значений магнитуд от энергии главных событий, полученные в [6] для зон субдукции на востоке Тихого океана:

$$\lg L \text{ (км)} = -1.33 + 0.45M_w, r=0.88; \quad (1)$$

$$M_{p1} = -0.44 + 0.66M_w, r=0.89, \quad (2)$$

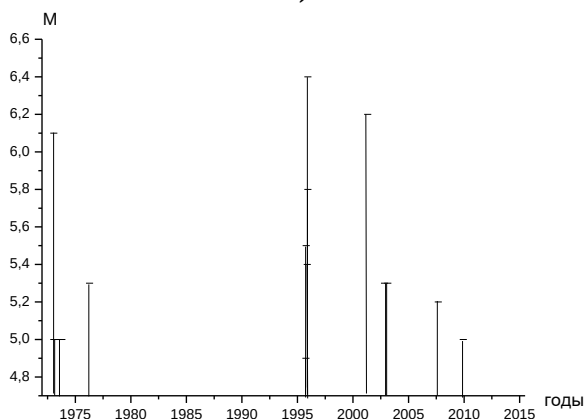
где r – коэффициент корреляции.

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ ЮЖНОЙ МЕКСИКИ: ВОЗМОЖНАЯ ПОДГОТОВКА СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

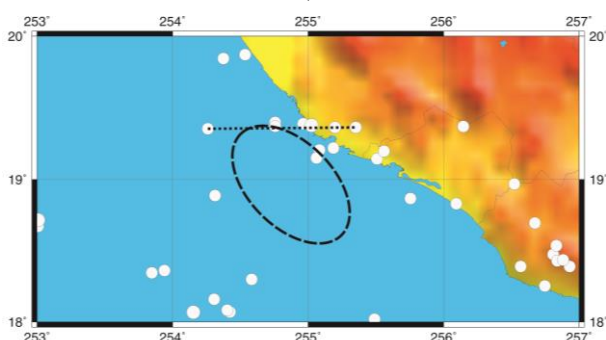


обозначения – на рисунке 2-а

а)



б)



обозначения – на рисунках 2-а и 2-в

в)

Рисунок 4. Сейсмичность в исследуемой области кольцевой структуры за период до 01.03.2015 г.: а – неглубокая; б – зависимость магнитуд землетрясений от времени; в – глубокая

Таблица 2. Параметры кольцевых структур в районе южной Мексики

Интервал времени	Mw	Mп1	L, км	Прогноз Mw
01.01.1973-08.10.1995	8.0	4.9	160	8.0±0.1
01.01.1973-21.01.2003	7.6	4.9	160	8.0±0.1
01.01.1973-01.03.2015		4.9	110	7.7±0.2

Из таблицы 2 следует, что оценка величины Mw, полученная по данным о кольцевой структуре, которая образовалась перед землетрясением 1995 г., близка к реальной величине. В то же время аналогичная

оценка для события 2003 г. завышена на 0.4. Для нового кольца сейсмичности, проявившегося к 2015 г., исходя из формул (1) и (2) прогнозируется магнитуда возможного события: $M_w=7.7\pm0.2$.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что в мексиканской зоне субдукции, так же как и в других районах тихоокеанского пояса, перед сильными землетрясениями формируются неглубокие кольцевые структуры сейсмичности. Вместе с тем, в области между 18° и 20° N не проявляются глубокие кольца сейсмичности. В то же время перед двумя сильными событиями здесь образовалась линейная полоса глубоких землетрясений. Существенно, что эпицентры сильных землетрясений находятся вблизи от областей пересечения или касания мелких колец и полосы глубокой сейсмичности.

В [1–7] показано, что эпицентры большинства сильных и сильнейших землетрясений в зонах субдукции находятся вблизи областей пересечения или наибольшего сближения мелких и глубоких кольцевых структур сейсмичности. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что мелкие кольца оконтуривают жесткие блоки литосферы, а глубокие – относительно маловязкие блоки [3–7]. На границах обоих типов блоков происходит подъем глубинных флюидов [3, 5]. При этом в областях пересечения или наибольшего сближения мелких и глубоких колец сейсмичности достигается наибольшая мощность двухфазного слоя с присутствием заметной доли флюидов. В случае, если флюиды формируют связную сеть, на кровле такого слоя наблюдается концентрация напряжений, причем уровень избыточных напряжений пропорционален мощности слоя [12]. Концентрация напряжений и может приводить к подвижке при сильном землетрясении [1–8].

Данные, полученные для исследуемой области, показывают, что, в отличие от многих других зон субдукции, в районе южной Мексики, между 18° и 20° N, на глубинах 34 - 70 км формируются не глубокие кольцевые структуры, а линейные полосы сейсмичности. Близость эпицентров сильных землетрясений к областям пересечения или касания мелких колец и глубокой полосы позволяет предполагать, что в этих областях также достигается наибольшая мощность двухфазного слоя.

Ранее [3, 5, 11] было установлено, что перед большинством сильных неглубоких землетрясений в зонах субдукции в верхах мантии формируются области высокого содержания флюидов. После сильных событий флюиды в течение нескольких десятков лет поднимаются в земную кору, о чем свидетельствуют вариации скоростей [14] и поглощения [3, 5, 11] короткопериодных S-волн, а также гравиметрические данные [15].

В [3–7] отмечалось, что формирование колец сейсмичности перед сильными землетрясениями служит отражением процессов самоорганизации

геологических систем [16], ведущих, в конечном счете, к уменьшению потенциальной энергии Земли в результате подъема легкой жидкой фазы. Можно предполагать, что в рассматриваемом районе южной Мексики формирование линейных полос сейсмичности вместо глубоких колец энергетически более выгодно, вероятно, вследствие меньшей доли флюидов в верхах мантии по сравнению с большинством зон субдукции [17]. Возможно, это связано с молодым возрастом субдуцирующей плиты Наска, в литосфере которой имеет место пониженное содержание гидратированных пород [18]. При дегидратации таких пород в процессе субдукции выделяется свободная вода, которая и служит одним из главных компонентов глубинных флюидов [19]. В этой связи следует отметить, что глубокие кольца сейсмичности не формируются также перед сильными землетрясениями в зоне субдукции Каскадия, где под Северо-Американский континент погружается очень молодая плита Хуан-де-Фука [20].

Важно отметить также, что неглубокая кольцевая структура и глубокая полоса сформировались к 2015 г. к западу от очага сильного землетрясения 1995 г., там, где не зарегистрировано событий с $M \geq 7.0$, по крайней мере, с начала XX-го века [21]. Указанные данные позволяют предполагать, что в рассматриваемой области может готовиться сильное сейсмическое событие. Использование корреляционных зависимостей (1) и (2) позволяет оценить магнитуду возможного землетрясения: $M_w = 7.7 \pm 0.2$. По аналогии с данными для событий 1995 и 2003 гг. можно предполагать, что эпицентр такого землетрясения будет располагаться вблизи области касания мелкого кольца и глубокой полосы. В этой области целесообразно проводить мониторинг различных геофизических и геохимических полей с целью среднесрочного прогноза сильного сейсмического события.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копничев, Ю.Ф. Кольцевая сейсмичность в разных диапазонах глубин перед сильными и сильнейшими землетрясениями в зонах субдукции / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Докл. РАН, 2009. Т. 425. № 4. – С. 539–542.
2. Копничев, Ю.Ф. Характеристики кольцевой сейсмичности в разных диапазонах глубин перед сильными и сильнейшими землетрясениями в районе Суматры / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Докл. РАН, 2009. – Т. 429. № 1. – С. 106–109.
3. Копничев, Ю.Ф. О корреляции характеристик сейсмичности и поля поглощения S-волн в районах кольцевых структур, формирующихся перед сильными землетрясениями / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вулканология и сейсмология, 2010. – № 6. – С. 34–51.
4. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности и землетрясение 11.03.2011 г. ($M_w=9.0$) в районе северо-восточной Японии / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Докл. РАН, 2011. – Т. 440. № 2. – С. 246–249.
5. Копничев, Ю.Ф. Неоднородности поля поглощения короткопериодных S-волн в районе очага землетрясения Мауле (Чили, 27.02.2010, $M_w=8.8$) и их связь с сейсмичностью и вулканизмом / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Геофизические исследования, 2011. – Т. 12. № 3. – С. 22–33.
6. Копничев, Ю.Ф. Характеристики кольцевых структур сейсмичности, формирующихся перед сильными и сильнейшими землетрясениями на периферии Тихого океана / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК, 2013. – Вып. 2. – С. 131–140.
7. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности в районе северного Чили и успешный прогноз места и магнитуды землетрясения Икике 01.04.2014 г. ($M_w=8.2$) / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК, 2015. – Вып. 4. – С. 153–159.
8. Chen, T. Seismic attenuation structure in central Mexico: Image of a focused high-attenuation zone in the mantle wedge / T. Chen, R.W. Clayton // J. Geophys. Res., 2009. 114. – B07304, doi:10.1029/2008JB005964.
9. Song, T.-R.A. Subducting slab ultra-slow velocity layer coincident with silent earthquakes in southern Mexico / T.-R.A. Song, D.V. Helmberger, M.R. Brudzinski, R.W. Clayton, P. Davis, X. Perez-Campos, S.K. Singh // Science, 2009. – P. 502–506. – DOI: 10.1126/science.1167595.
10. Perez-Campos, X. Horizontal subduction and truncation of the Cocos Plate beneath central Mexico / X. Perez-Campos, Y. Kim, A. Husker, P. M. Davis, R. W. Clayton, A. Iglesias, J. F. Pacheco, S. K. Singh, V. C. Manea, M. Gurnis // Geophys. Res. Lett., 2008. – 35, L18303, doi:10.1029/2008GL035127.
11. Payero, J. S. Nonvolcanic tremor observed in the Mexican subduction zone / J. S. Payero, V. Kostoglodov, N. Shapiro, T. Mikumo, A. Iglesias, X. Perez-Campos, and R. W. Clayton // Geophys. Res. Lett., 2008. – 35, L07305, doi:10.1029/2007GL032877.
12. Gold, T. Fluid ascent through the solid lithosphere and its relation to earthquakes / T. Gold, S. Soter // Pure Appl. Geophys., 1984/1985. – V. 122. – P. 492–530.
13. Копничев, Ю.Ф. Пространственно-временные вариации поля поглощения поперечных волн в сейсмически активных и слабосейсмичных районах / Ю.Ф. Копничев, Д.Д. Гордиенко, И.Н. Соколова // Вулканология и сейсмология, 2009. – № 1. – С. 49–64.
14. Husen, S. Postseismic fluid flow after the large subduction earthquake of Antofagasta, Chile / S. Husen, E. Kissling // Geology, 2001. – V. 29, N 9. – P. 847850.
15. Ogawa, R. Slow postseismic recovery of geoid depression formed by the 2004 Sumatra-Andaman earthquake by mantle water diffusion / R. Ogawa, K. Heki // Geophys. Res. Lett., 2007. – V. 34. L06313. doi: 10.1029/2007GL029340.
16. Летников, Ф.А. Синергетика геологических систем / Ф.А. Летников // Новосибирск: Наука, 1992. – 229 с.

17. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности, формирующиеся в континентальных районах перед сильными землетрясениями с различными механизмами очагов / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Геофизические исследования, 2013. – Т. 14. – № 1. – С.5–15.
18. Abers, G. Thermal–petrological controls on the location of earthquakes within subducting plates / G. Abers, J. Nakajima, P. van Keken, S. Kita, B. Hacker // Earth Planet. Sci. Lett. 2013. – V. 369–370. – P. 178–187.
19. Yamazaki, T. Double seismic zone and dehydration embrittlement of the subducting slab / T. Yamazaki, T. Seno // J. Geophys. Res., 2003. – V. 108. N B4. doi: 10/1029/2002JB001918.
20. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности в зоне субдукции Каскадия: возможная подготовка сильных землетрясений / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова / Вестник НЯЦ РК (в печати).
21. Engdahl, E. A. Global seismicity: 1990 – 1999 // E. Engdahl, A. Villaseñor // Earthquake & engineering seismology. Part A. - Academic Press. An imprint of Elsevier Science, 2002. – P. 665–690.

ОҢТҮСТІК МЕКСИКА АУДАНЫНДАҒЫ СЕЙСМИКАЛЫҚТЫҢ АЙНАЛМАЛЫ ҚҰРЫЛЫМДАРЫ: БОЛАТЫН ҚАТТЫ ЖЕРСІЛКІНУДІ ДАЙЫНДАУ

¹⁾ Ю.Ф. Копничев, ²⁾ И.Н. Соколова

¹⁾ *РФА О.Ю. Шмидт атындағы Жер физикасы институты, Москва, Ресей*

²⁾ *Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан*

Оңтүстік Мексикада, 18° және 20° N аралығында орналасқан, субдукция аймағындағы сейсмикалықтың сипаттамасы қарастырылады. Екі қатты жерсілкінудің алдында (1995ж.09.10-ында, $M_w=8.0$ және 2001ж.01.22-сінде, $M_w=7.6$) 1973 жылдан бастап, сейсмикалықтың терең емес айналмалы құрылымдары ($h=0 - 33$ км) магнитудаларының бірдей шекті көрсеткіштерімен $M_{p1}=4.9$ қалыптасқаны белгілі болды. Сол уақытта басқа көптеген субдукция аймақтарына қарағанда, терең айналмалы құрылымдар көрінбеген (34-70 км тереңдік диапазонында). Көрсетілген екі жерсілкінісінің алдында шекті көрсеткіштерімен $M_{p2}=5.1$ сейсмикалықтың сызықтық жолағы пайда болғаны белгілі болды. Басты оқиғалардың эпиорталықтары қиылысу аумағына жақын жерде немесе ұсақ айналымдардың жанасу жерлерінде және терең жолақтарда орналасқан. Осы аумақтарда флюидпен толтырылған, қатынас жарықтары мен тесіктері бар екіфазалы қабаттың қуаттылығы ең көп мөлшерге жетеді деген болжам жасалынады. Осындай қабаттың төбесінде күшеюдің шоғырлануы орын алады, ал ол қатты жерсілкінісі кезінде қозғалтуды тудыруы мүмкін. 1995 және 2001 жж. ($M_{p1}=4.9$, $M_{p2}=4.5$) жерсілкіністер ошақтарының солтүстік-батысына қарай, 2015 жылы қалыптасқан, ұсақ айналым мен терең жолақтан тұратын тағы бір жұп белгіленді. Осы құрылымдардың жанасу аймақтарында жаңа қатты жерсілкіну дайындалып жатыр деп айтуға негіз бар. Тынық мұхиттың шығысына бұрын соңды алынған, басты оқиғалардың магнитудаларынан сейсмикалық айналымдардың көлемі мен M_{p1} мөлшерінің корреляциялық тәуелділігінің негізінде, болатын қатты жерсілкінісінің магнитудасын $M_w=7.7\pm 0.2$ бағалау жүргізілді.

RING-SHAPED SEISMICITY STRUCTURES IN THE REGION OF SOUTHERN MEXICO: POSSIBLE PREPARATION FOR LARGE EARTHQUAKE

¹⁾ Yu.F. Kopnichev, ²⁾ I.N. Sokolova

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

²⁾ *Institute of Geophysical Research Kurchatov, Kazakhstan*

We have been studying seismicity characteristics in subduction zone, situated in the region of southern Mexico, between 18° and 20° N. It was established that since 1973 shallow ($h=0-33$ km) ring-shaped seismicity structures with threshold magnitude values $M_{t1}=4.9$ have been formed prior to two large earthquakes (10.09.1995, $M_w=8.0$ and 22.01.2003, $M_w=7.6$). At the same time, in contrast to many other subduction zones, deep ring-shaped seismicity structures (within the depth range of 34-70 km) were not revealed here. Interestingly, a linear seismicity strip with $M_{t2}=5.1$ has been formed prior to these large earthquakes. Epicenters of the main events were located near areas of crossing or contact of the shallow rings and deep strip. We suppose that the biggest thickness of two-phase layer with connected cracks and pores filled with fluids is observed in these areas. Stress concentration takes place at the roof of such the layer, which can lead to large earthquake initiation. One more pair, consisting of the shallow ring and deep strip, has been formed to 2015 to the northwest of rupture zones of earthquakes of 10.09.1995 and 22.01.2003. We suppose that new large earthquake is being prepared in the area of these structures contact. Correlation dependences of seismicity ring sizes and values M_{t1} on magnitudes of main events were obtained earlier for the east of Pacific. Using these dependences we estimated magnitude of possible large earthquake: $M_w=7.7\pm 0.2$.