

УДК 550.34

## КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В ЗОНЕ СУБДУКЦИИ КАСКАДИЯ: ВОЗМОЖНАЯ ПОДГОТОВКА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

<sup>1)</sup> Копничев Ю.Ф., <sup>2)</sup> Соколова И.Н.

<sup>1)</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

<sup>2)</sup> Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Рассматриваются характеристики сейсмичности в зоне субдукции Каскадия, расположенной на западе Северной Америки. Установлено, что перед двумя сильными землетрясениями (17.08.1991 г.,  $M_w=7.1$  и 25.04.1992 г.,  $M_w=7.2$ ), начиная с 1964 г. сформировались неглубокие кольцевые структуры сейсмичности ( $h=0-33$  км) с пороговыми значениями магнитуд  $M_{p1}$  соответственно 4.3 и 4.8. В то же время здесь, в отличие от многих других зон субдукции, не проявились глубокие кольцевые структуры (в диапазоне глубин 34–70 км). Выделены три новые кольцевые структуры с пороговыми значениями  $M_{p1}=4.7-5.2$ , которые начали формироваться с 1973 г. Предполагается, что в областях этих структур могут готовиться сильные землетрясения. На основании корреляционных зависимостей размеров колец сейсмичности и величин  $M_{p1}$  от магнитуды главных событий, полученных ранее для востока Тихого океана, сделаны оценки магнитуд возможных сильных землетрясений:  $M_w=7.6-7.9$  (самое сильное – в районе о-ва Ванкувер). С учетом этого сделан вывод, что в настоящее время в зоне субдукции Каскадия не готовится сильнейшее событие с  $M_w\sim 9.0$ , аналог землетрясения 1700 г. Однако вероятна реализация в ближайшие годы сильного землетрясения с  $M_w=7.9\pm 0.3$  в районе о-ва Ванкувер. Обсуждаются причины отсутствия глубоких колец сейсмичности в рассматриваемой зоне.

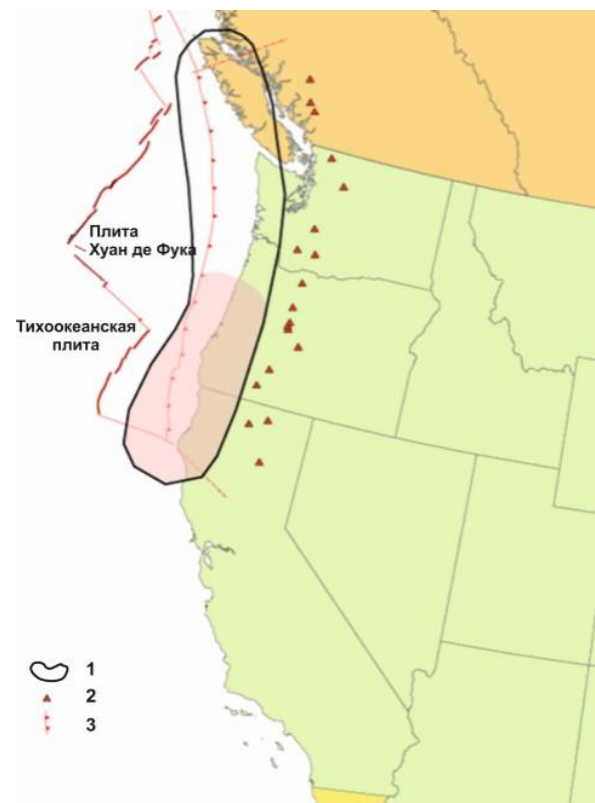
### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы установлено, что перед 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]. Возможность такого прогноза особенно важна для наиболее сильных землетрясений с  $M_w\rightarrow 9.0$ , для которых период повторяемости может составлять многие сотни лет [8]. В данной статье с этой целью рассматриваются характеристики сейсмичности в зоне субдукции Каскадия, расположенной на западе Северной Америки [9].

### ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Зона субдукции Каскадия длиной ~1100 км простирается от севера о-ва Ванкувер до мыса Мендосино в северной Калифорнии (рисунок 1). Она разделяет Северо-Американскую плиту и океаническую плиту Хуан де Фука. Океаническая литосфера Тихого океана погружается под континент со скоро-

стью ~40 мм/год. Молодая океаническая плита, субдуцируемая под Северо-Американскую, считается “теплой”, поскольку она разогрета гораздо сильнее, чем более древние плиты, например, тихоокеанская, погружающаяся под северо-восточную Японию [9].



1 – зона субдукции; 2 – вулканы; 3 – ось глубоководного желоба

Рисунок 1. Расположение зоны субдукции Каскадия на западе Северной Америки

Зона субдукции Каскадия может генерировать очень сильные землетрясения. Последнее такое событие с  $M_w \sim 9.0$  произошло в 1700 г. [10]. Землетрясение породило цунами, которое вызвало разрушения даже в районе Японии. Согласно палеосейсмическим данным, сильнейшие землетрясения происходили здесь, по меньшей мере, 7 раз за последние 3500 лет, при этом период повторяемости таких событий может варьироваться от 300 до 600 лет [11]. Недавние исследования показывают, что вероятность землетрясения с  $M_w \sim 9.0$  в ближайшие 50 лет может составлять  $\sim 17\%$  [11]. Это свидетельствует о необходимости более точного прогноза места и магнитуды готовящегося сильного сейсмического события.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

**Данные.** По аналогии с [1–7] рассмотрены характеристики сейсмичности в исследуемом районе, включающем очаговую зону сильного землетрясения или предполагаемую область подготовки такого события. Строились карты эпицентров землетрясений для двух диапазонов глубин: 0–33 и 34–70 км за период, начиная с 1964 г., для очаговых зон сильных землетрясений и с 1973 г. – для возможных областей их подготовки. Анализировались данные сейсмических каталогов NEIC (National Earthquake Information Center) Геологической службы США (USGS – United States Geological Survey) с 1973 г. и ISC (International Seismological Centre) за 1964–1972 гг.

**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  $M_{p1}$  и  $M_{p2}$ ).

3. Проводится перебор пороговых величин магнитуд  $M_p$  (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. 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  $M_{p1}$  и  $M_{p2}$ . 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) необходимо контролировать параметры сейсмичности, поскольку известны случаи, когда за последние 1–2 года проявлялись новые кольцевые структуры с гораздо большими величинами  $M_p$ , как это было, например, перед Великим землетрясением Тохоку 11 марта 2011 г. ( $M_w=9.0$ ) и землетрясением Икике в районе северного Чили 01.04.2014 [4, 7].

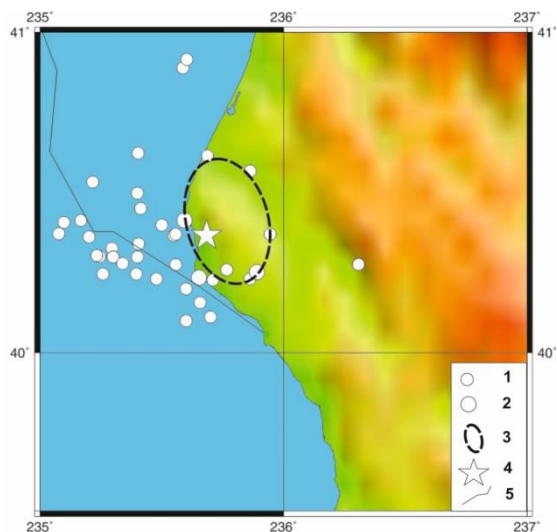
#### АНАЛИЗ ДАННЫХ

Рассмотрим сначала характеристики сейсмичности перед двумя сильными землетрясениями в зоне субдукции Каскадия, произошедшими в 1991 и 1992 гг.

**Кольцевые структуры сейсмичности, сформировавшиеся перед сильными землетрясениями.** 25.04.1992 г. в районе северной Калифорнии произошло землетрясение с  $M_w=7.2$ . Это событие имело механизм типа надвига, типичный для зон субдукции. На рисунке 2-а показаны эпицентры неглубоких ( $h=0-33$  км,  $M_{p1}=4.8$ ) землетрясений, произошедших в данном районе с 01.01.1964 по 24.04.1992 гг. Из рисунка 2-а следует, что здесь сформировалась кольцевая структура с длиной большой оси  $L \sim 45$  км, вытянутая вдоль побережья в субмеридиональном направлении. Эпицентр главного события находится на расстоянии около 10 км от кольца сейсмичности. Рисунок 2-б иллюстрирует зависимость магнитуд землетрясений в области кольца сейсмичности от времени. Видно, что в данном случае кольцо начало формироваться в 1973 г.; наблюдается резкий рост скорости сеймотектонической деформации (СТД) в 1987–1991 гг., когда произошли три события с  $M=6.0-6.3$ .

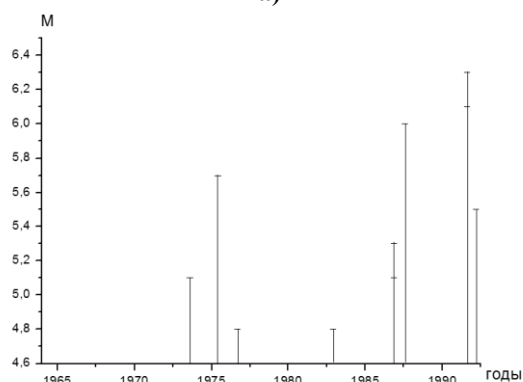
Рисунок 3-а иллюстрирует характеристики сейсмичности перед землетрясением 17.08.1991 г. ( $M_w=7.1$ ), произошедшим на северной границе Калифорнии. Механизм этого события – почти чистый сдвиг. Здесь в 1966–1991 гг. в океанической коре, к западу от глубоководного желоба, сформировалось кольцо сейсмичности ( $M_{p1}=4.3$ ,  $L \sim 60$  км), вытянутое в субширотном направлении. Наибольшие скорости СТД в области кольцевой структуры наблюдались в 1991 г., самое сильное событие имело магнитуду 6.9 (рисунок 3-б). Следует отметить, что в данном случае не зарегистрировано глубоких землетрясений с  $M \geq 3.6$ .

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В ЗОНЕ СУБДУКЦИИ КАСКАДИЯ:  
ВОЗМОЖНАЯ ПОДГОТОВКА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

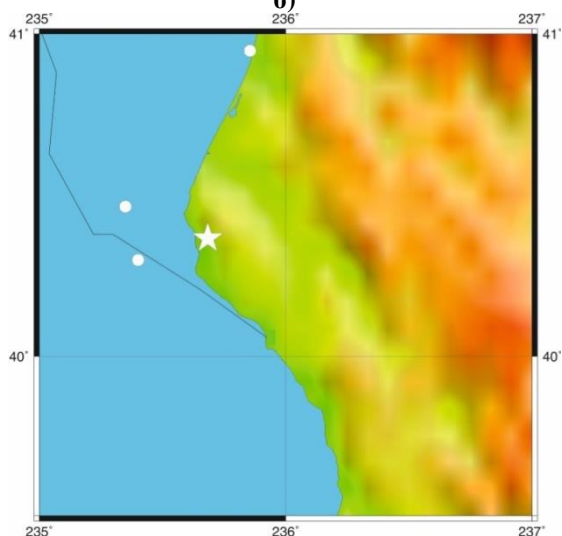


1 –  $M=4.8-5.9$ ; 2 –  $M \geq 6.0$ ; 3 – кольцо сейсмичности; 4 – эпицентр главного события; 5 – ось глубоководного желоба

а)

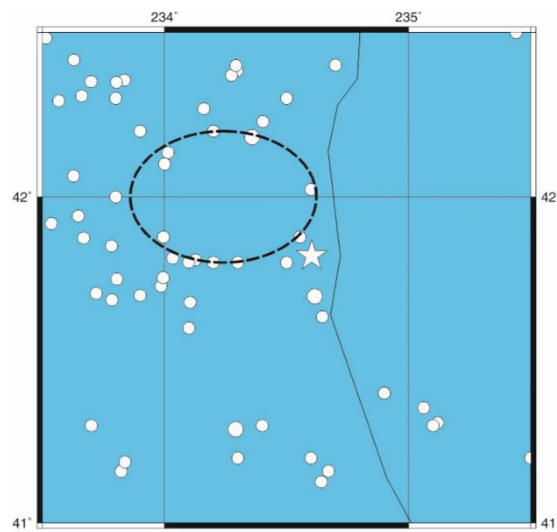


б)



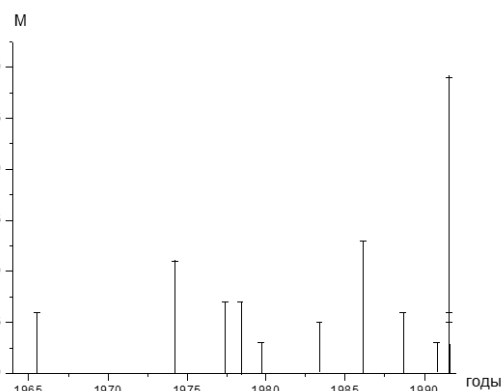
в)

Рисунок 2. Район северной Калифорнии: а – мелкая кольцевая структура сейсмичности, сформировавшаяся перед землетрясением 25.04.1992 г.; б – зависимость магнитуд землетрясений от времени в области кольцевой структуры; в – эпицентры глубоких землетрясений.  $M=3.6-4.4$



Обозначения – на рисунке 2-а

а)



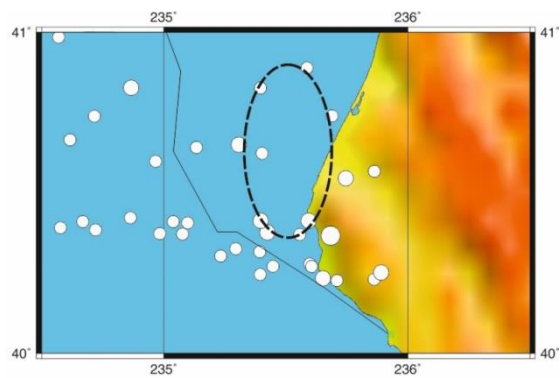
б)

Рисунок 3. Район северной границы Калифорнии: а – мелкая кольцевая структура сейсмичности, сформировавшаяся перед землетрясением 17.08.1991 г.  $M_p=4.3$ ; б – зависимость магнитуд землетрясений от времени в области кольцевой структуры

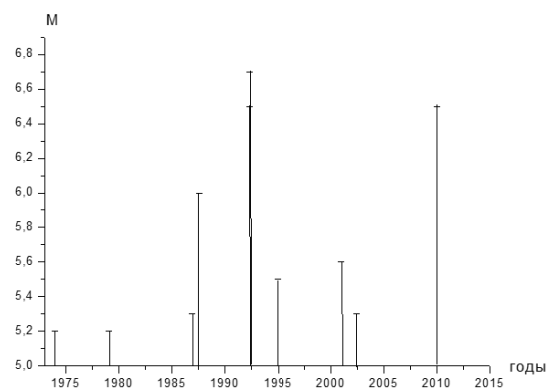
**Кольцевые структуры, сформировавшиеся до 01.01.2015 г.** На рисунке 4-а представлены данные о сейсмичности в районе северной Калифорнии, ограниченном координатами 40–41° N, 127–125° W. Здесь в 1973–2010 гг. на глубинах 0–33 км сформировалась кольцевая структура ( $M_{p1}=5.2$ ,  $L \sim 45$  км), вытянутая в субмеридиональном направлении вдоль побережья. Наибольшая магнитуда в области кольца сейсмичности соответствует событию 1992 г. ( $M_{max}=6.7$ ). На рисунке 4-б показана зависимость магнитуд землетрясений от времени в области кольцевой структуры. Видно, что наибольшие скорости STD наблюдались в 1986–1994 и 2010 гг.

Из рисунка 4-в следует, что в данном районе очень мало событий с глубинами 34–70 км, поэтому не сформировалось глубоких колец сейсмичности для  $M_{p2} \geq 3.6$ .

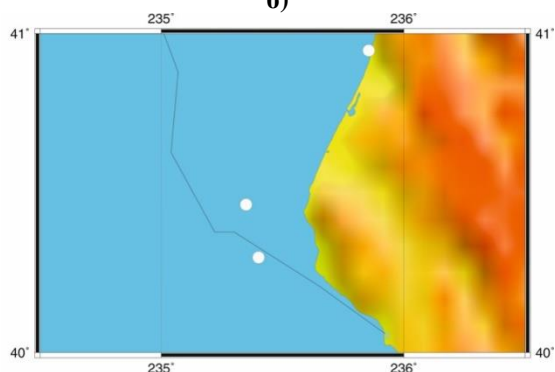
КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В ЗОНЕ СУБДУКЦИИ КАСКАДИЯ:  
ВОЗМОЖНАЯ ПОДГОТОВКА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ



Обозначения – на рисунке 2-а  
а)



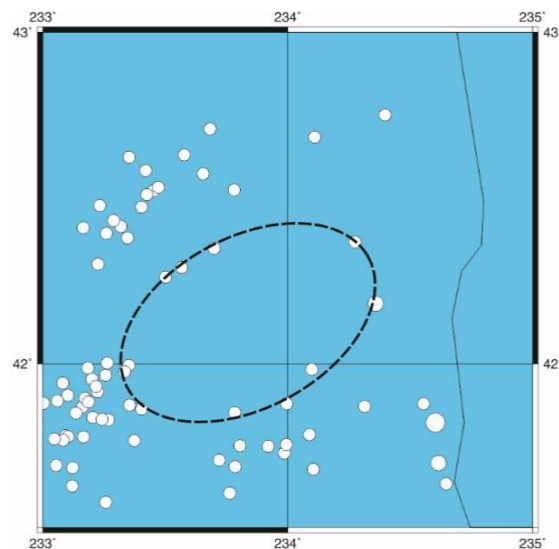
б)



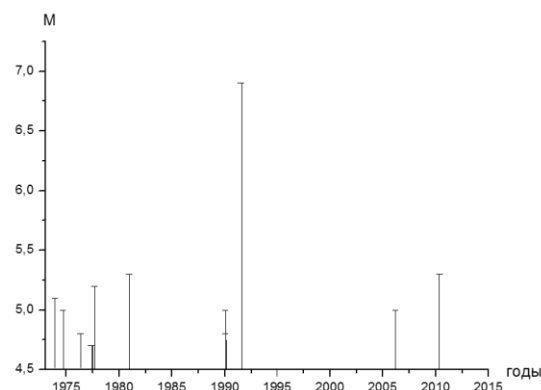
в)

Рисунок 4. Район северной Калифорнии: а – мелкая кольцевая структура сейсмичности, сформировавшаяся до 01.01.2015 г.  $M_{п1}=5.2$ ; б – зависимость магнитуд землетрясений от времени в области кольцевой структуры; в – эпицентры глубоких землетрясений.  $M=3.6-4.4$

На рисунке 5-а показаны характеристики сейсмичности в районе на границе Калифорнии и Орегона. В данном случае в 1973-2010 гг. проявилось мелкое кольцо сейсмичности с  $M_{п1}=4.7$ ,  $L\sim 110$  км, ориентированное в восточном-северо-восточном направлении. Наибольшая магнитуда имела место для землетрясения 1991 г. ( $M=6.9$ , см. рисунок 5б). В этом районе начиная с 1973 г. не зарегистрировано ни одного глубокого события с  $M\geq 3.6$ .



Обозначения – на рисунке 2-а  
а)

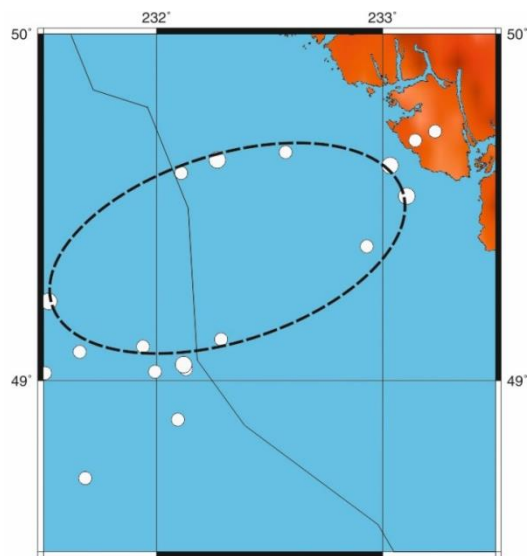


б)

Рисунок 5. Район границы Калифорнии и Орегона: а – мелкая кольцевая структура сейсмичности, сформировавшаяся до 01.01.2015 г.  $M_{п1}=4.7$ ; б – зависимость магнитуд землетрясений от времени в области кольцевой структуры

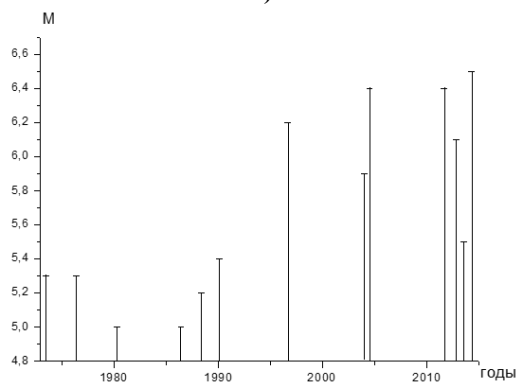
На рисунке 6-а представлены данные о сейсмичности в районе о-ва Ванкувер. Здесь в 1973–2014 гг. образовалась кольцевая структура с пороговым значением  $M_{п1}=5.0$ . Структура с длиной большой оси  $L\sim 120$  км вытянута в направлении восток-северо-восток. Наибольшая магнитуда  $M_{max}$  в области кольца сейсмичности составляет 6.5 (для землетрясения 2014 г.). Из рисунка 6б следует, что в области кольцевой структуры имел место резкий рост скорости СТД в 2004-2014 гг., когда произошло 4 события с  $M=6.1-6.5$ .

В данном районе в 1987-2011 гг. зарегистрировано только четыре землетрясения с глубинами более 33 км ( $M=4.0-4.6$ ,  $h=34-38$  км, см. рисунок 6в). Из приведенных данных следует, что в зоне субдукции Каскадия начиная с 1973 г. не сформировалось ни одной глубокой кольцевой структуры.

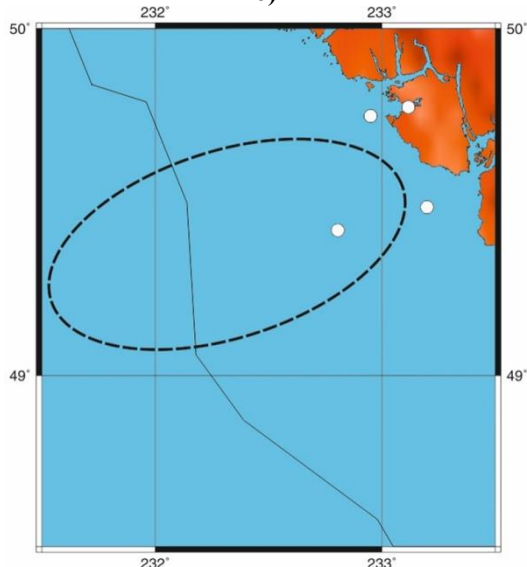


Обозначения – на рисунке 2-а

а)



б)



в)

Рисунок 6. Район о-ва Ванкувер: а – мелкая кольцевая структура сейсмичности, сформировавшаяся до 01.01.2015 г.  $M_{п1}=5.0$ ; б – зависимость магнитуд землетрясений от времени в области кольцевой структуры; в – эпицентры глубоких землетрясений.  $M=4.0-4.6$

**Оценки магнитуд возможных сильных землетрясений.** В [6] получены корреляционные зависимости размеров кольцевых структур, а также пороговых значений магнитуды от энергии главных землетрясений для зон субдукции на востоке Тихого океана (от Аляски до Южной Америки):

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

$$r = 0.88, p < 0.0001,$$

$$M_{п1} = -0.44 + 0.66 M_w \quad (2)$$

$$r = 0.88, p < 0.0001,$$

где  $r$  – коэффициент корреляции,  $p$  – уровень статистической значимости.

По этим формулам выполнена оценка магнитуд сильных землетрясений, подготовка которых может идти в областях кольцевых структур (таблица).

Таблица. Оценки величин  $M_w$  по параметрам кольцевых структур

Район	L, км	$M_{п1}$	$M_w$
40–41° N	55	5.2	7.7±0.9
41.5–42.5° N	110	4.7	7.6±0.1
48.5–50° N	120	5.0	7.9±0.3

Из таблицы следует, что средние значения магнитуд возможных сильных землетрясений в зоне Каскадия варьируются в диапазоне 7.6–7.9. Для кольцевой структуры в районе северной Калифорнии наблюдается несоответствие между оценками  $M_w$  по L и  $M_{п1}$  (слишком малое кольцо для данной пороговой магнитуды).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что в зоне субдукции Каскадия формируются неглубокие кольцевые структуры сейсмичности перед сильными землетрясениями. Однако, в отличие от многих других зон субдукции, здесь не проявляются глубокие кольцевые структуры (в диапазоне 34–70 км). Как отмечалось в [3–7], формирование колец сейсмичности есть отражение процессов самоорганизации геологических систем [12], обеспечивающих подъем глубинных флюидов и, в конечном счете, ведущих к уменьшению потенциальной энергии Земли. Отличие зоны субдукции Каскадия от многих других связано с тем, что здесь погружается под континент очень молодая океаническая плита (возраст ~6–9 млн лет в области о-ва Ванкувер [9]). Предполагается, что в теплой плите Хуан де Фука гидратирована только океаническая кора [9]. В связи с этим при дегидратации материала субдуцирующей плиты выделяется сравнительно малый объем воды, главным образом на небольших глубинах, а в диапазоне 34–70 км, видимо, содержание флюидов слишком мало для формирования кольцевых структур.

Выше показано, что перед двумя сильными землетрясениями в зоне субдукции сформировались неглубокие кольца сейсмичности. Учитывая эти дан-



ные, можно предполагать подготовку сильных сейсмических событий в трех областях зоны субдукции Каскадия, где нами выделены кольцевые структуры. Из приведенной таблицы следует, что в областях трех кольцевых структур могут произойти события с  $M_w \sim 7.6-7.9$ . Таким образом, сейсмические данные свидетельствуют о том, что в зоне субдукции в настоящее время не формируются кольцевые структуры, которые могут соответствовать готовящемуся землетрясению с  $M_w \sim 9.0$ . Следует отметить, что достаточно крупные кольцевые структуры с высокими значениями  $M_p1$  четко проявились перед недавними сильнейшими землетрясениями: Суматра-Андаманским 2004 г. ( $M_w=9.0$ ), Мауле 2010 г. ( $M_w=8.8$ ) и Тохоку 2011 г. ( $M_w=9.0$ ) [3–5]. Вместе с тем необходимо учитывать, что кольца сейсмичности могут перестроиться в структуры с более высокими величинами  $L$  и  $M_p1$  достаточно быстро – в течение 1–2

лет, как это было, например, перед землетрясениями Тохоку 2011 г. и Икике 2014 г. [4, 7]. В связи с этим необходимо регулярно (не реже, чем раз в полгода) переопределять характеристики кольцевых структур в целях уточнения места и магнитуды готовящихся сильных землетрясений. Кроме того, такая информация может быть полезной для среднесрочного прогноза времени таких событий.

В [3, 4, 7] показано, что перед многими сильными и сильнейшими землетрясениями наблюдается резкий рост скорости СТД в областях кольцевых структур непосредственно в последние годы перед этими событиями (см. также рисунки 2-б, 3-б). Подобный эффект может наблюдаться и в районе о-ва Ванкувер (рисунок 6-б). Учитывая этот эффект, можно предполагать, что в этом районе сильное землетрясение в ближайшие годы наиболее вероятно.

#### 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. Goldfinger C. Superquakes and supercycles / C.Goldfinger, Ya.Ikeda, R.Yeats, J.Ren // Seismol. Res. Lett., 2013. – V. 84.– N 1. – P. 24–32.
9. 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.
10. Satake, K. Fault slip and seismic moment of the 1700 Cascadia earthquake inferred from Japanese tsunami descriptions / K. Satake, K. Wang, B. Atwater // J. Geophys. Res., 2003. – V. 108. – N B11. – doi: 10.1029/2003JB002521.
11. Kulkarni, R. Statistical analysis of great earthquake recurrence along the Cascadia subduction zone / R. Kulkarni, I. Wong, J. Zachariasen, C. Goldfinger, M. Lawrence // Bull. Seismol. Soc. Amer., 2013. – V. 103. – N 6. – P. 3205–3221.
12. Летников, Ф.А. Синергетика геологических систем / Ф.А. Летников // Новосибирск: Наука, 1992. – 229 с.

#### КАСКАДИЯ СУБДУКЦИЯСЫНЫҢ ЗОНАСЫНДАҒЫ СЕЙСМИКАЛЫҚТЫҢ АЙНАЛМАЛЫ ҚҰРЫЛЫМДАРЫ: БОЛАТЫН ҚАТТЫ ЖЕРСІЛКІНУЛЕРДІҢ ДАЙЫНДАЛУЫ

<sup>1)</sup> Ю.Ф. Копничев, <sup>2)</sup> И.Н. Соколова

<sup>1)</sup> РҒА О.Ю. Шмидт атындағы Жер физикасы институты, Москва, Ресей

<sup>2)</sup> Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Солтүстік Американың батысында орналасқан Каскадия субдукциясының зонасындағы сейсмикалықтың сипаттамалары қарастырылады. Екі қатты жерсілкінудің алдында (1991ж.08.17-сіндегі,  $M_w=7.1$  және 1992 ж.04.25-індегі,  $M_w=7.2$ ), 1964 жылдан бастап, сейсмикалықтың терең емес айналмалы құрылымдары қалыптасқаны белгілі болды ( $h=0-33$  км), магнитудаларының шекті көрсеткіштері  $M_p1$  осыған сәйкес 4.3 және 4.8. Сол уақытта, осы жерде басқа субдукция зоналарына қарағанда, сейсмикалықтың терең айналмалы

құрылымдары байқалмаған (34–70 км тереңдік диапазонында). Үш жаңа айналмалы құрылымдар белгіленді, олар 1973 жылдан бастап қалыптаса бастаған, шекті көрсеткіштері  $M_{p1}=4.7-5.2$ . Осы құрылымдардың аудандарында қатты жерсілкінулер пайда болуы мүмкін деген болжам жасалды. Сейсмикалықтың айналымдарының көлемдерінің корреляциялық тәуелділіктерінің және алдында Тынық Мұхиттың шығысы үшін алынған,  $M_{p1}$  шамасының басты оқиғалардың магнитудаларынан тәуелділіктерінің негізінде, болатын қатты жерсілкінулердің магнитудаларының бағалауы алынды:  $M_w=7.6-7.9$  (ең қаттысы – Ванкувер аралының ауданында). Осыны ескере отырып, қазіргі кезде Каскадия субдукциясының зонасында, 1700 жылдағы жерсілкінісіне ұқсайтын,  $M_w\sim 9.0$  магнитудалы қатты оқиға дайындалып жатқан жоқ деген қорытынды жасалды. Бірақ таяу жылдары, Ванкувер аралының ауданында  $M_w=7.9\pm 0.3$  магнитудалы қатты жерсілкінісі болуы ықтимал. Қарастырылып жатқан зонада сейсмикалықтың терең айналымдары жоқтығының себептері талқылануда.

### **RING-SHAPED SEISMICITY STRUCTURES IN THE CASCADIA SUBDUCTION ZONE: POSSIBLE PREPARATION FOR LARGE EARTHQUAKES**

<sup>1)</sup> Yu.F. Kopnichev, <sup>2)</sup> I.N. Sokolova

<sup>1)</sup> *Institute of the Earth Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

<sup>2)</sup> *Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan*

We have been considering seismicity characteristics in the Cascadia subduction zone, located in the west of North America. It was established, that since 1964 shallow ( $h=0-33$  km) ring-shaped seismicity structures with threshold magnitudes  $M_{t1}$  of 4.3 and 4.8 respectively have been formed prior to two large earthquakes (17.08.1991,  $M_w=7.1$  and 25.04.1992,  $M_w=7.2$ ). At the same time deep ring-shaped structures ( $h=34-70$  km) were not observed here, in contrast to many other subduction zones. We have been identified three new ring-shaped structures with values  $M_{t1}$  varying from 4.7 to 5.2, which began to form since 1973. It is supposed that large earthquakes can be prepared in these areas. At the base of correlation dependences of ring sizes and  $M_t$  values on magnitudes of major events, obtained earlier for the east of Pacific, we estimated magnitudes for possible large earthquakes:  $M_w=7.6-7.9$  (the largest value – for the Vancouver island area). It follows from this data that the giant earthquake with  $M_w\sim 9$ , analog of the 1700 event is not being prepared now in the subduction zone. At the same time a realization of large earthquake ( $M_w=7.9\pm 0.3$ ) is most probable in the area of Vancouver island in the nearest years. We discuss the reasons for the deep rings absence in the Cascadia subduction zone.