

УДК 550.34

## КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ЧИЛИ И УСПЕШНЫЙ ПРОГНОЗ МЕСТА И МАГНИТУДЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ИКИКЕ 01.04.2014 Г. ( $M_w=8.2$ )

<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 сейсмической брешы в районе северного Чили, расположенной между  $20^\circ S$  и  $18^\circ S$ . Ранее [2, 4, 5] в этой зоне были выделены кольцевые структуры сейсмичности, сформировавшиеся в период 01.01.1973 - 01.01.2010 гг. в двух диапазонах глубин: 0 - 33 и 34 - 70 км. Для указанной зоны была спрогнозирована энергия готовящегося сильного сейсмического события:  $M_w=8.2\pm 0.2$ . Существенно, что эпицентр произошедшего 01.04.2014 г. сильнейшего землетрясения Икике ( $M_w=8.2$ ), попал именно в эту зону. В статье заново исследуются характеристики кольцевых структур сейсмичности, сформировавшихся перед землетрясением Икике. Установлено, что в 2010 - 2014 гг. параметры мелкого кольца сейсмичности несколько изменились, глубокое кольцо проявилось еще более четко, хотя его параметры остались неизменными. При этом эпицентр землетрясения Икике, как и по [2, 4, 5], остался в области пересечения новых мелкого и глубокого колец сейсмичности. Учет новых данных позволил несколько уточнить прогноз магнитуды сильного землетрясения:  $M_w=8.2\pm 0.1$ . В статье обсуждаются также механизмы формирования кольцевых структур.

Исследованиями последних лет [1-5] установлено, что в зонах субдукции перед большинством сильных и сильнейших землетрясений формируются кольцевые структуры сейсмичности в двух диапазонах глубин: 0 - 33 и 34 - 70 км (ниже для простоты они называются соответственно “мелкими” и “глубокими” кольцами). Показано также, что эпицентры главных событий, как правило, располагаются вблизи областей пересечения или наибольшего сближения мелких и глубоких колец сейсмичности [1, 2, 4, 5]. Получены корреляционные зависимости размеров колец (соответственно  $L$  и  $l$ ), а также пороговых значений магнитуд ( $M_{p1}$  и  $M_{p2}$ ) от энергии сильных землетрясений ( $M_w$ ) в разных зонах субдукции [2, 6], что позволяет по характеристикам кольцевых структур оценивать магнитуду готовящихся сильных сейсмических событий.

Структуры с такими характеристиками сейсмичности выделены в обширном регионе Южной Америки [5, 6], как перед сильными и сильнейшими землетрясениями, так и в зонах сейсмических брешей, где достаточно давно не было сильных землетрясений с  $M_w \geq 8.0$ . Пара таких структур проявилась до 01.01.2010 г. в районе, ограниченном координатами  $20^\circ S$  -  $18^\circ S$ , что позволило сделать прогноз положения эпицентра возможного сильного землетрясения и оценить его магнитуду. 01.04.2014 в этом районе произошло сильное землетрясение Икике ( $M_w=8.2$ ), вызвавшее значительные разрушения и человеческие жертвы. В статье заново рассматриваются характеристики сейсмичности исследуемого района с использованием данных, полученных после 01.01.2010 г. Оценивается эффективность прогноза, сделанного на основании анализа параметров кольцевых структур сейсмичности.

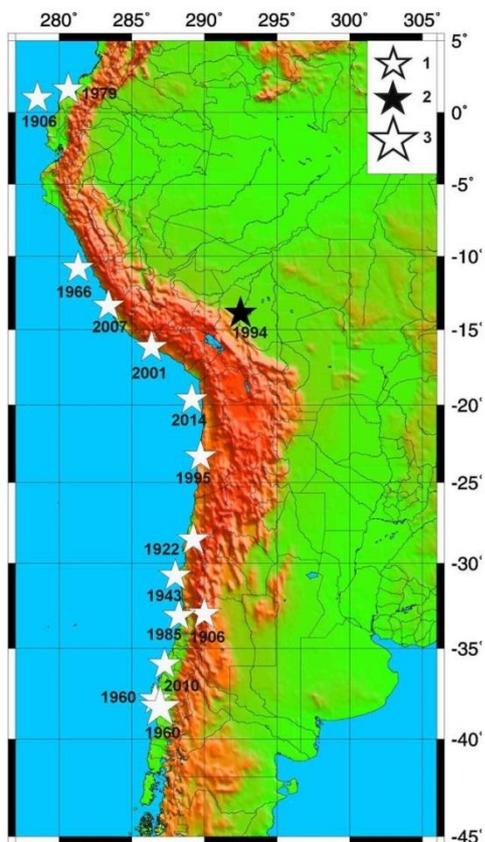
### ИСТОРИЧЕСКАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ

Начиная с 1900 г. в регионе Южной Америки (между  $46^\circ S$  и  $05^\circ N$ ) произошло 15 сильных и сильнейших сейсмических событий с  $M_w \geq 8.0$  (таблица 1, рисунок 1). В это число входит и Великое Чилийское землетрясение 22 мая 1960 г. – наиболее сильное на земном шаре из числа зарегистрированных инструментально. Очаговая зона этого грандиозного события простиралась примерно между  $46^\circ S$  и  $37.5^\circ S$ . Последним из этой серии было землетрясение Икике 01.04.2014 г. ( $M_w=8.2$ ) в районе северного Чили. Оно произошло в области сейсмической брешы, где не было событий с  $M_w \geq 8.0$  по крайней мере с начала XX-го века [6].

Таблица 1. Сильнейшие землетрясения в регионе Южной Америки

№	Дата	$\phi$ , град. S	$\lambda$ , град. W	h, км	$M_w$	Район
1	31.01.1906	1.0 N	81.5		8.6	Эквадор-Колумбия
2	17.08.1906	33.0	70.0		8.5	Чили
3	11.11.1922	28.55	70.75	35	8.7	Чили
4	06.04.1943	30.75	72.00		8.2	Чили
5	21.05.1960	37.85	73.38	12	8.2	Чили
6	22.05.1960	38.29	73.05	35	9.6	Чили
7	17.10.1966	10.80	78.68	34	8.2	Перу
8	12.12.1979	1.60 N	79.36	24	8.1	Эквадор-Колумбия
9	03.03.1985	33.14	71.76	35	8.0	Чили
10	09.06.1994	13.87	67.51	640	8.2	Боливия
11	30.07.1995	23.34	70.26	41	8.0	Чили
12	23.06.2001	16.26	73.64	33	8.4	Перу
13	15.08.2007	13.38	76.61	39	8.0	Перу
14	27.02.2010	35.91	72.73	35	8.8	Чили
15	01.04.2014	19.63	70.863	10	8.2	Чили

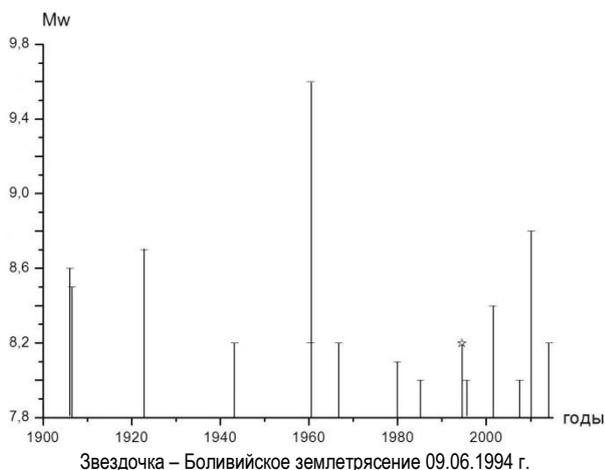
**КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ЧИЛИ И УСПЕШНЫЙ ПРОГНОЗ  
МЕСТА И МАГНИТУДЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ИКИКЕ 01.04.2014 Г. (Mw=8.2)**



1 – Mw=8.0 - 8.8, 3 – Mw=9.6 (указаны годы этих событий).  
2 – глубокофокусное Боливийское землетрясение 1994 г.

*Рисунок 1. Эпицентры сильных и сильнейших землетрясений в регионе Южной Америки*

Следует отметить, что 09.06.1994 г. произошло глубокофокусное Боливийское землетрясение ( $M_w=8.2$ ,  $h=635$  км) - одно из сильнейших на земном шаре на глубинах более 100 км. Проведенный нами анализ показывает, что после этого события резко активизировалась неглубокая сейсмичность в регионе Южной Америки, ограниченном координатами  $37^\circ S - 13^\circ S$  (таблица 1, рисунок 2).



*Рисунок 2. Зависимость магнитуд сильных землетрясений от времени*

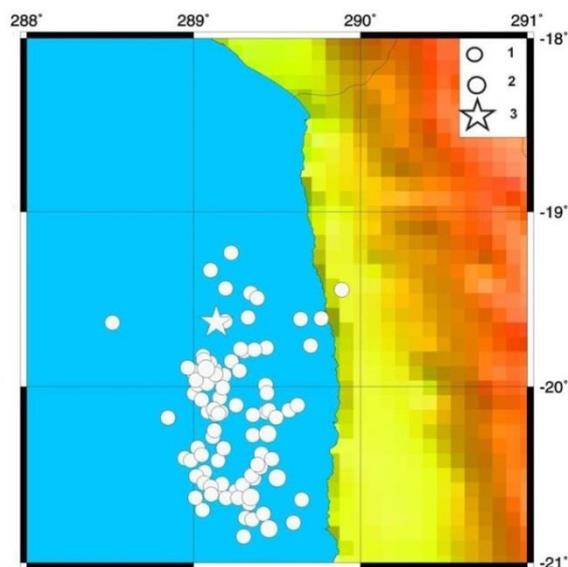
Если с 1900 по 1994 г. здесь было зарегистрировано только 9 землетрясений с  $M_w \geq 8.0$  (с глубинами гипоцентров до 45 км), то всего лишь за 20 лет (с 1995 по 2014 гг.) – 5 таких событий, причем первое из них (землетрясение в Антофагасте 30.07.1995 г. с  $M_w=8.0$ ) произошло через год после Боливийского. Отсюда следует, что частота возникновения сильных сейсмических событий здесь выросла примерно в 2.5 раза.

**МЕТОДИКА И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ**

Анализ характеристик сейсмичности проведен, как ранее в [1 - 6], для двух диапазонов глубин: 0-33 и 34-70 км. Используются каталоги землетрясений NEIC (National Earthquake Information Center, ГС США) начиная с 1973 г. Для выделения кольцевых структур сейсмичности обработаны данные о землетрясениях, произошедших в районе, ограниченном координатами  $20^\circ S - 18^\circ S$ ,  $72^\circ W - 68.5^\circ W$ . Рассмотрены две выборки данных: первая – до 01.01.2010 г., а вторая – до 01.04.2014 г. (до землетрясения Икике). Для первого интервала времени рассмотрены характеристики сейсмичности с пороговыми значениями магнитуд  $M_{p1}=4.8$  и  $M_{p2}=4.9$  (соответственно для мелких и глубоких колец), для второго –  $M_{p1}=4.9$ ,  $M_{p2}=4.9$ .

**АНАЛИЗ ДАННЫХ**

Афтершоковая область землетрясения Икике показана на рисунке 3 (события с  $M \geq 4.5$  за первые 10 дней после этого события). Видно, что облако афтершоков длиной ~180 км вытянуто вдоль береговой линии; большая часть очаговой зоны находится к югу от эпицентра, что свидетельствует о распространении разрыва в основном в этом направлении. Подавляющее большинство афтершоков расположено на глубинах до 36 км.

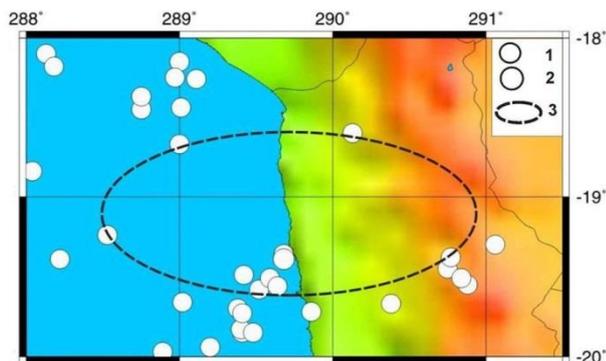


1 –  $M=4.5-5.9$ , 2 –  $M=6.0-7.7$ , 3 – эпицентр главного землетрясения

*Рисунок 3. Афтершоки землетрясения Икике 01.04.2014 г. за первые 10 дней после этого события*

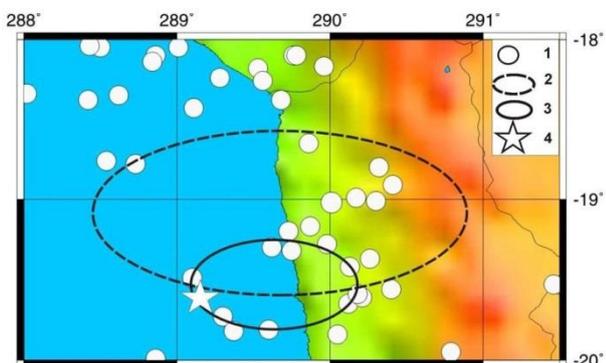
Кольцевые структуры, образовавшиеся до 01.01.2010 г. В [6] предварительно рассмотрены характеристики кольцевых структур, сформировавшихся в рассматриваемом районе до 01.01.2010 г. На рисунке 4 представлены данные о неглубокой сейсмичности ( $M_{п1}=4.8$ ). Из карты следует, что начиная с 1982 г. здесь сформировалась крупная кольцевая структура с длиной большой оси  $L \sim 260$  км, вытянутая в субширотном направлении примерно вдоль широты  $19^\circ S$ . Наибольшая магнитуда землетрясения  $M_{max}$  для кольца сейсмичности равна 6.5 (для события 13.11.2009 г.).

На рисунке 5 нанесены эпицентры более глубоких землетрясений ( $h=34 - 70$  км). В данном случае начиная с 1973 г. достаточно четко проявилась меньшая по размеру кольцевая структура ( $M_{п2}=4.9$ ,  $L \sim 110$  км), также ориентированная в субширотном направлении. Максимальная магнитуда для кольца сейсмичности соответствует событию 14.02.2007 г. ( $M_{max}=5.6$ ). Кольца сейсмичности пересекаются в областях, расположенных приблизительно вдоль широты  $19.5^\circ S$ . Важно отметить, что эпицентр сильного землетрясения Икике находится вблизи западной области пересечения колец сейсмичности.



Глубины гипоцентров 0 - 33 км в районе между  $20^\circ S$  и  $18^\circ S$  в период до 01.01.2010 г. Эпицентры землетрясений: 1 -  $M=4.8 - 6.0$ ; 2 -  $M=6.1 - 6.7$ ; 3 - мелкое кольцо сейсмичности

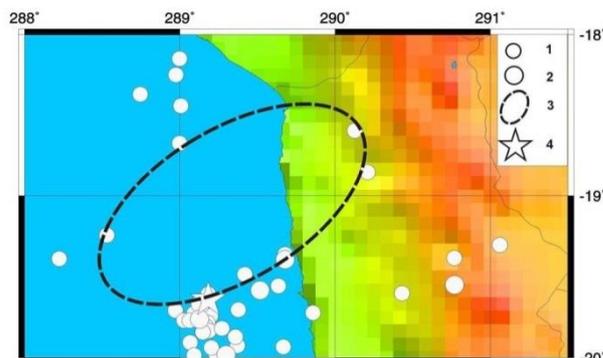
Рисунок 4. Характеристики неглубокой сейсмичности



Глубины гипоцентров 34 - 70 км в районе между  $20^\circ S$  и  $18^\circ S$  в период до 01.01.2010 г. 1 - эпицентры землетрясений:  $M=4.9 - 5.9$ ; 2, 3 - соответственно мелкое и глубокое кольца сейсмичности; 4 - эпицентр землетрясения Икике

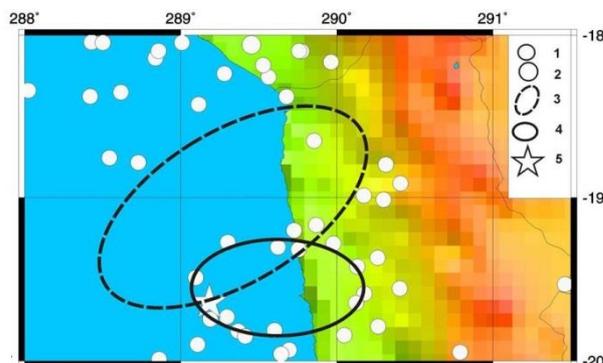
Рисунок 5. Характеристики глубокой сейсмичности

Кольцевые структуры, образовавшиеся до 01.04.2014 г. На рисунках 6, 7 показаны характеристики сейсмичности за период 01.01.1973 - 31.03.2014 гг., предшествующий землетрясению Икике. Из рисунка 6 следует, что в данном случае проявилась меньшая по размеру неглубокая структура с более высоким пороговым значением магнитуды ( $M_{п1}=4.9$ ), ориентированная в северо-восточном направлении ( $L=190$  км). Наибольшая плотность эпицентров соответствует южной границе кольца сейсмичности. Время формирования кольцевой структуры  $T_1$  составляет  $\sim 32$  года.



Глубины гипоцентров 0 - 33 км в районе между  $20^\circ S$  и  $18^\circ S$  в период до 01.04.2014 г. Эпицентры землетрясений: 1 -  $M=4.9 - 6.0$ ; 2 -  $M=6.1 - 6.7$ ; 3 - мелкое кольцо сейсмичности; 4 - эпицентр землетрясения Икике

Рисунок 6. Характеристики неглубокой сейсмичности



Глубины гипоцентров 34 - 70 км в районе между  $20^\circ S$  и  $18^\circ S$  в период до 01.04.2014 г. Эпицентры землетрясений: 1 -  $M=4.9 - 6.0$ ; 2 -  $M=6.2$ ; 3, 4 - соответственно мелкое и глубокое кольца сейсмичности; 5 - эпицентр землетрясения Икике

Рисунок 7. Характеристики глубокой сейсмичности

На рисунке 8 показана зависимость магнитуд землетрясений в области кольцевой структуры от времени  $M(T)$ . Видно, что имеет место резкий рост скорости сейсотектонической деформации (СТД) начиная с 2009 г., когда произошло три события с  $M=6.1-6.5$ . При этом половина всех землетрясений зарегистрирована начиная с 16.03.2014 г., в течение всего лишь 15 дней.

Рисунок 7 иллюстрирует характеристики сейсмичности в диапазоне глубин 34-70 км. Из рисунка следует, что кольцевая структура, образовавшаяся до 01.01.2010 г., проявилась к 31.03.2014 г. еще бо-

лее четко ( $M_{п2}=4.9$ ,  $l\sim 110$  км). Время ее формирования  $T_2$  составляет около 41 г. На рисунке 9 представлена зависимость  $M(T)$  для глубокого кольца сейсмичности. В данном случае наибольшие скорости СТД наблюдались в 1973 - 1985 гг. и 2006 - 2014 гг. При этом самое сильное событие (23.03.2014 г.,  $M=6.0$ ) произошло всего лишь за 8 дней до главного землетрясения.

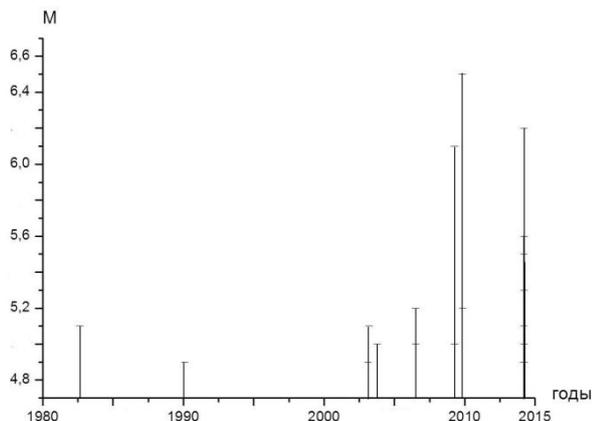


Рисунок 8. Зависимость  $M(T)$  для мелкой кольцевой структуры

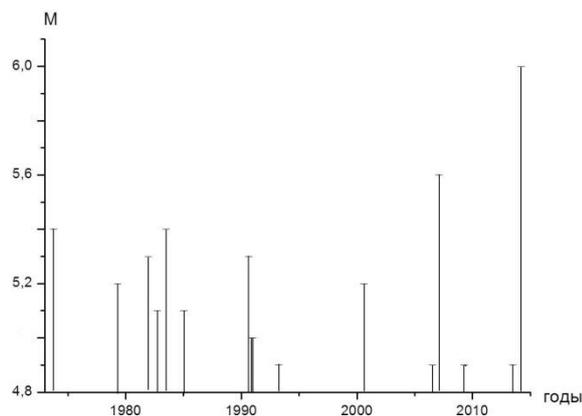


Рисунок 9. Зависимость  $M(T)$  для глубокой кольцевой структуры

Из рисунка 7 следует, что кольца сейсмичности пересекаются в областях, расположенных на широтах  $\sim 19.3^\circ S$  и  $19.6^\circ S$ . Существенно, что, несмотря на изменение формы и размеров мелкого кольца, эпицентр землетрясения Икике снова попадает в западную область пересечения кольцевых структур (отклонение его от точки пересечения – менее 10 км).

Оценка магнитуды готовившегося сильного землетрясения по параметрам кольцевых структур проведена на основании корреляционных зависимостей  $lgL(M_w)$ ,  $l(M_w)$ ,  $M_{п1}(M_w)$  и  $M_{п2}(M_w)$ , полученных в работе [6] для всего региона Южной Америки по данным для 12 землетрясений с  $M_w=7.0 - 8.8$  (рисунки 10 – 13, таблица 2):

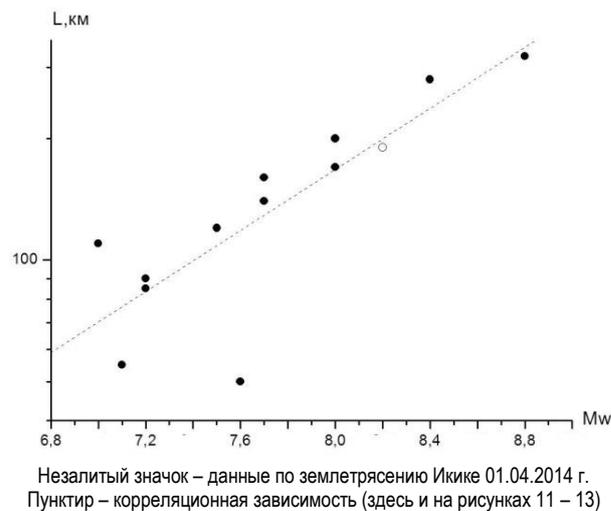
$$lgL(\text{км}) = 0.38 M_w - 0.82, \quad r=0.83, \quad (1)$$

$$l(\text{км}) = 0.39 M_w - 1.12, \quad r=0.84, \quad (2)$$

$$M_{п1} = -0.01 + 0.60 M_w, \quad r=0.85, \quad (3)$$

$$M_{п2} = -1.13 + 0.73 M_w, \quad r=0.85, \quad (4)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции.



Незалитый значок – данные по землетрясению Икике 01.04.2014 г.  
Пунктир – корреляционная зависимость (здесь и на рисунках 11 – 13)

Рисунок 10. Зависимость  $lgL(M_w)$  для региона Южной Америки

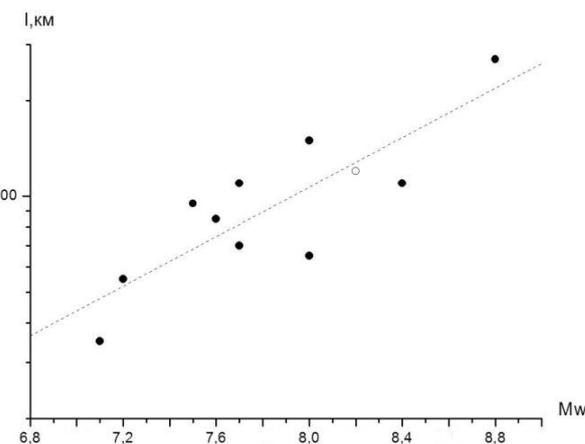


Рисунок 11. Зависимость  $l(M_w)$  для региона Южной Америки

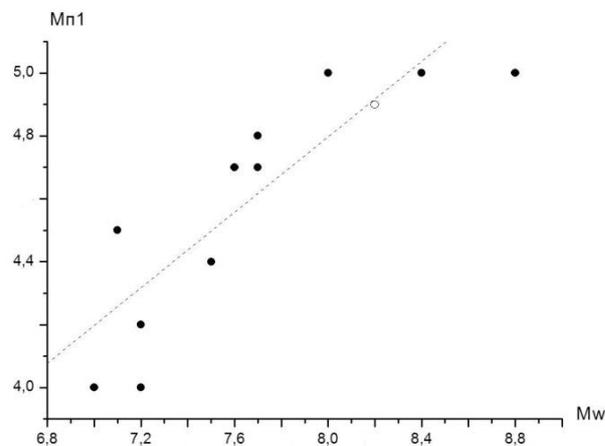


Рисунок 12. Зависимость  $M_{п1}(M_w)$  для региона Южной Америки

**КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ЧИЛИ И УСПЕШНЫЙ ПРОГНОЗ  
МЕСТА И МАГНИТУДЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ИКИКЕ 01.04.2014 Г. (Mw=8.2)**

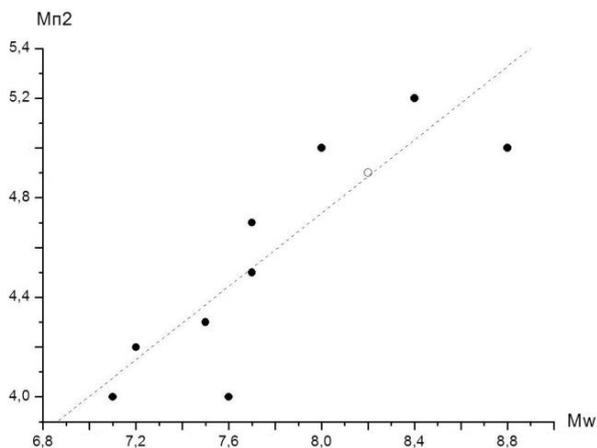


Рисунок 13. Зависимость  $M_{п2}(M_w)$  для региона Южной Америки

Таблица 2. Характеристики кольцевых структур перед сильными и сильнейшими землетрясениями в регионе Южной Америки

Дата	Ф, град. S	λ, град. W	h, км	Mw	L, км	l, км	Mп1	Mп2	Район
30.07.1995	23,34	70,26	41	8	200	150	5	5	Чили
03.10.1995	2,75	77,88	24	7	110		4		Эквадор
21.02.1996	9,71	79,85	15	7,5	120	95	4,4	4,3	Перу
12.11.1996	14,99	75,68	17	7,7	160	110	4,8	4,5	Перу
30.01.1998	23,85	70,15	41	7,1	55	35	4,5	4	Чили
04.08.1998	0,59	80,39	26	7,2	85		4		Эквадор
23.06.2001	16,26	73,64	33	8,4	280	110	5	5,2	Перу
07.07.2001	17,54	72,08	33	7,6	50	85	4,7	4	Перу
15.11.2004	4,7 N	77,51	15	7,2	90	55	4,2	4,2	Колумбия
15.08.2007	13,39	76,64	39	8	170	65	5	5	Перу
14.11.2007	22,25	69,89	40	7,7	140	70	4,7	4,7	Чили
26.02.2010	35,85	72,72	35	8,8	320	270	5	5	Чили
01.04.2014	19,63	70,86	10	8,2	190	110	4,9	4,9	Чили

С использованием формул (1) - (4) по данным, полученным до 01.01.2010 г., в [6] была найдена оценка магнитуды готовившегося землетрясения в районе между 20°S и 18°S:  $M_w=8.2\pm 0.2$ . Использование данных для новых кольцевых структур дает оценку величины  $M_w$  с еще большей точностью:  $M_w=8.2\pm 0.1$  (таблица 3).

Таблица 3. Характеристики кольцевых структур и прогноз магнитуды землетрясения Икике

Интервал времени	L, км	l, км	Mп1	Mп2	Mw
До 01.01.2010	260	110	4.8	4.9	8.2±0.2
До 01.04.2014	190	110	4.9	4.9	8.2±0.1

Учет новых данных, полученных для землетрясения Икике, позволяет получить уточненные корреляционные зависимости, аналогичные выражениям (1) и (3):

$$\lg L(\text{км}) = 0.38 M_w - 0.80, r=0.83, \quad (5)$$

$$\lg l(\text{км}) = 0.39 M_w - 1.09, r=0.84, \quad (6)$$

$$M_{п1} = 0.60 M_w, r=0.86, \quad (7)$$

$$M_{п2} = -1.15 + 0.74 M_w, r=0.85. \quad (8)$$

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Проведенный анализ показал, что перед землетрясением Икике, так же, как и перед многими другими сильными и сильнейшими событиями в различных зонах субдукции [1 - 6], в течение соответственно 32 лет и 41 года сформировались кольцевые структуры сейсмичности в диапазонах глубин 0 - 33 и 34 - 70 км. Оценки размеров колец сейсмичности и пороговых значений магнитуд, полученные как до 01.01.2010 г., так и до 01.04.2014 г., хорошо согласуются со средними величинами, соответствующими корреляционным зависимостям (1) - (4). Новые данные для землетрясения Икике позволили уточнить корреляционные зависимости: (5) - (8). Следует подчеркнуть, что оценки магнитуд, полученные как по предварительным, так и окончательным данным, практически совпадают с величиной  $M_w$  для землетрясения Икике. Кроме того, в обоих случаях эпицентр этого события находился на расстояниях менее 10 км от западной области пересечения кольцевых структур. Отметим, что настолько точный прогноз положения эпицентра и магнитуды сильного землетрясения по характеристикам колец сейсмичности осуществлен впервые.

Рисунок 8 показывает, что скорость СТД в области мелкого кольца резко выросла в последние годы перед землетрясением Икике. Аналогичные результаты получены для других сильных сейсмических событий в зонах субдукции, в частности, перед Суมาตรา-Андаманским землетрясением 26.12.2004 г. ( $M_w=9.0$ ) [3] и землетрясением Тохоку 11.03.2011 г. ( $M_w=9.0$ ) [4] в районе северо-восточной Японии. Не исключено, что подобный эффект может быть использован для целей среднесрочного прогноза землетрясений.

В [1 - 6] отмечено, что появление кольцевых структур, скорее всего, связано с миграцией мантийных флюидов, играющих важную роль в процессах подготовки сильных землетрясений. Полученные в [3, 5] данные позволяют считать, что мелкие кольцевые структуры оконтуривают сравнительно жесткие, а глубокие – относительно маловязкие блоки литосферы, на границах которых стимулируется медленный подъем глубинных флюидов. В областях пересечения или касания мелких и глубоких колец постепенно достигается максимальная толщина двухфазного слоя с присутствием заметной доли флюидов. В случае, если флюиды формируют связную сеть, на кровле этого слоя будет иметь место концентрация напряжений, которые могут превысить предел прочности горных пород, инициируя подвижку при сильном землетрясении [7, 8].

В целом формирование кольцевых структур и подъем мантийных флюидов есть отражение процессов самоорганизации геологических структур [9], в конечном счете, приводящих к уменьшению потенциальной энергии нашей планеты [1 - 6]. Можно полагать, что изменение параметров мелких кольцевых структур в последние годы перед сильными землетрясениями [3, 4] связано с тем, что в самоорганизующихся системах существует иерархия переменных, определяющая состояние данной системы [9]. Стоящие на верхних ступенях иерархии переменные имеют наиболее длительные периоды релаксации, они определяют состояние системы в целом. Переменные более низких рангов приспособляются к ним (долгоживущие системы подчиняют себе короткоживущие).

#### 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. (Mw=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, Mw=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. Каракин, А.В. Гидродинамика и структура двухфазной астеносферы / А.В. Каракин, Л.И. Лобковский // ДАН СССР, 1982. - Т. 268. - № 2. - С. 324 - 329.
7. Копничев, Ю.Ф. Анализ пространственно-временных вариаций поля поглощения поперечных волн в очаговых зонах сильных землетрясений Тянь-Шаня по записям подземных ядерных взрывов / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Докл. РАН, 2004. - Т. 395. - № 6. - С. 818 - 821.
8. 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.
9. Летников, Ф.А. Синергетика геологических систем, 1992. - Новосибирск: Наука. - 229 с.
10. Kopnichev, Yu.F. Ring-shaped seismicity within various depth ranges in the region of Kuril and Kamchatka / Yu.F. Kopnichev, I.N. Sokolova // Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана. - Баку: Nafta-Press, 2012. - С. 535 - 547.
11. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности в разных диапазонах глубин перед сильными и сильнейшими землетрясениями в районах Алеут и Аляски / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК, 2012. - Вып. 1. - С. 137 - 146.

#### СОЛТҮСТІК ЧИЛИ АУДАНЫНДА СЕЙСМИКАЛЫҚТЫҢ САҚИНАЛЫ ҚҰРЫЛЫМДАРЫ ЖӘНЕ ИКИКЕ ЖЕРСІЛКІНУДІҢ 01.04.2014 Г. (Mw=8.2) ОРНЫ МЕН МАГНИТУДАСЫН ТАБЫСТЫ БОЛЖАУ

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

<sup>1)</sup> РҒА О.Ю. Шмидт атындағы Жер физикасы институты, Мәскеу, Ресей  
<sup>2)</sup> Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Солтүстік Чили ауданында (20° S және 18° S арасында) сейсмикалық қуыс зонасында сейсмикалықтың сипаттамалары қарастырылады. Бұрын [2, 4, 5] бұл зонада, 1973 ж.01.01 - 2010 ж.01.01 кезеңінде тереңдіктің екі ауқымында: 0-33 және 34-70 км. қалыптасқан, сейсмикалықтың сақиналы құрылымдары айқындалған. Айтылған зона үшін дайындалудағы Mw=8.2±0.2 қатты сейсмикалық оқиғаның энергиясын бағалауы болжамдалған. Кейінде болған (2014 ж. 04.01) өте қатты (Mw=8.2) Икике жерсілкінуінің эпиорталығы сол зонада болуы маңызды болып келеді. Мақалада Икике жерсілкінуі алдында қалыптастырылған сейсмикалықтың сақиналы құрылымдардың сипаттамалары жаңадан зерттеледі. 2010-2014 ж.ж. сейсмикалықтың кіші сақинасының параметрлері біраз өзгергені, тереңдегі сақина, оның параметрлері

өзermесе де, одан анық байқалуы белгіленген. Мұнысында Икике жерсілкінуінің эпиорталығы [2, 4, 5] айтылғандай сейсмикалылықтың жаңа терең емесе және терең сақиналары қиылысында қалған. Жаңа деректерді есепке алуы қатты жерсілкінудің магнитудасын болжауын біраз дәлдеуіне мүмкіншілік берген:  $M_w=8.2\pm 0.1$ . Мақалада сонымен қатар сақиналы құрылымдар қалыптасудың механизмдері талқылануда.

**RING-SHAPED SEISMICITY STRUCTURES IN THE REGION OF NORTHERN CHILE  
AND SUCCESSFUL PREDICTION OF PLACE AND MAGNITUDE OF THE IQUIQUE  
EARTHQUAKE OF 01.04.2014 ( $M_w=8.2$ )**

<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*

The paper studies seismicity characteristics in seismic gap zone of the northern Chile region, located between 20° S and 18° S. Earlier [2, 4, 5] ring-shaped seismicity structures were picked out, which have been formed here during 01.01.1973 – 01.01.2010 in two depth ranges: 0 - 33 and 34 - 70 km. For the given zone an assessment of energy of the preparing strong seismic event with  $M_w=8.2\pm 0.2$  was predicted. It is significant that the epicenter of the following great Iquique earthquake ( $M_w=8.2$ ) occurred exactly in this zone. We consider the characteristics of ring-shaped seismicity structures anew, which formed before the Iquique earthquake. It has been established that during the period of 2010 – 2014 the parameters of shallow seismicity ring have changed somewhat, a deep ring has been detected more clearly, although its parameters remained unchanged. Interestingly, the Iquique earthquake epicenter as according to [2, 4, 5] remained in the region of crossing new shallow and deep rings of seismicity. The account of new data allowed us to clarify the prediction of great earthquake magnitude:  $M_w=8.2\pm 0.1$ . Mechanisms of the ring-shaped structures formation are discussed.