



Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі
Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері
және жер ресурстарын басқару комитеті

Министерство национальной экономики
Республики Казахстан
Комитет по делам
строительства, жилищно-коммунального
хозяйства и управления земельными ресурсами

Ministry of national economy of the Republic of Kazakhstan
Committee on affairs of construction, housing and
communal services and management of land resources

ХАБАРШЫСЫ ВЕСТНИК THE HERALD

№5 (57) 2016

**"ҚАЗАҚ ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ СӘУЛЕТ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ
ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ ИНСТИТУТЫ" АҚ**

**АО "КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ"**

**JSC "KAZAKH SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE"**



Акционерное общество «Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры»

- ✓ разработка проектной документации на строительство, реконструкцию и восстановление зданий и сооружений, возводимых либо расположенных в климатических районах с обычными геологическими условиями, а также на площадках сейсмичностью 7,8,9 и 10 баллов (лицензия первой категории);
- ✓ изыскательская деятельность, включающая подвиды деятельности по геофизическим исследованиям, рекогносцировку и съемку, полевые исследования грунтов, гидрогеологические исследования, построение и закладку геодезических центров и иные инженерно-геодезические работы (лицензия первой категории);
- ✓ проведение научных исследований, опытно-экспериментальных, технологических и проектных работ, направленных на обеспечение надежности и безопасности зданий и сооружений;
- ✓ экспертные работы, включающие работы по экспертизе проектов и проведению технического обследования надежности и устойчивости зданий и сооружений;
- ✓ осуществление технического и авторского надзоров, обеспечивающих подготовку и осуществление строительства с целью достижения оптимальных проектных показателей;
- ✓ разработка специальных технических условий на проектирование и строительство объектов в районах повышенной сейсмической опасности;
- ✓ оценка последствий стихийных бедствий и аварий зданий и сооружений;
- ✓ осуществление расчетов зданий и сооружений на статические и динамические (сейсмические) нагрузки;
- ✓ технико-экономический аудит объектов строительства;
- ✓ разработка мероприятий для проектирования и строительства зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях.
- ✓ организация и проведение обучения и аттестации инженерно-технических работников, специализирующихся в области проектных и строительного-монтажных работ в сейсмоопасных районах.

«ҚазҚСҒЗИ» АҚ хабаршысы

ғылыми-техникалық журналы

Меншік иесі: Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің «Қазақ құрылыс және сәулет ғылыми-зерттеу және жобалау институты» АҚ

Редакция алқасы:

ИОШИНОРИ Ивасаки (YOSHINORY Iwasaki) – Геотехникалық зерттеу институтының директоры (Жапония)

ХАКИМОВ Ш. – «Тошуйжол ЛИТИ» ААҚ, сейсмикаға төзімді құрылыс бөлімінің меңгерушісі, ҰИА және ХИА академигі (Өзбекстан)

НҮРБАТЫРОВ Қ. – «Қазақстан Республикасындағы индустриялық және құрылыс технологиялары» қауымдастығының төрағасы, ҚР ҰИА және ХИА академигі, техника ғылымдарының докторы, профессор

ЖҮСПБЕКОВ А. – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің профессоры, техника ғылымдарының докторы

АБАҚАНОВ М. – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ техникалық мәселелер бойынша басқарушы директоры, ҚР ҰИА және ХИА корреспондент-мүшесі, техника ғылымдарының докторы

ЕРЖАНОВ С. – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ ғылым жөніндегі басқарушы директоры, ҚР ҰИА және ХИА корреспондент-мүшесі, техника ғылымдарының кандидаты

ЛАПИН В. – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ Ғалым хатшысы, техника ғылымдарының кандидаты, ХИА корреспондент-мүшесі

БЕСПАЕВ А. – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ Темір-бетон конструкциялар зертханасының меңгерушісі, ҚР ҰИА академигі, техника ғылымдарының докторы

ШАХНОВИЧ Ю. – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ Құрылыс конструкцияларын үлгілеу және есептеу зертханасының бас ғылыми қызметкері, техника ғылымдарының кандидаты

ИЦКОВ И. – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ Көп қабатты ғимараттардың сейсмикалық төзімділігі зертханасының меңгерушісі, техника ғылымдарының кандидаты

Бас редактор: Ержанов С.

Жауапты редактор: Родзевич Е.

Техникалық редактор: Мергенбаева Г.

Мемлекеттік тілге аударған: Қалымбетова Г.

Беттеуші: Келгенбаев Н.

Собственник: АО «Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры» Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан

Редакционная коллегия:

ИОШИНОРИ Ивасаки (YOSHINORY Iwasaki) – Директор Геотехнического исследовательского института (Япония)

ХАКИМОВ Ш. – Заведующий отделом сейсмостойкого строительства ОАО «Тошуйжол ЛИТИ», академик НИА и МИА (Узбекистан)

НУРБАТУРОВ К. – Председатель ассоциации «Индустриальные и строительные технологии в РК», академик НИА и МИА РК, доктор технических наук, профессор

ЖУСУПБЕКОВ А. – Профессор Евразийского Национального университета им. Л.Н.Гумилева, доктор технических наук

АБАКАНОВ М. – Управляющий директор по техническим вопросам АО «КазНИИСА», член-корреспондент НИА РК и МИА, доктор технических наук

ЕРЖАНОВ С. – Управляющий директор по науке АО «КазНИИСА», член-корреспондент НИА РК и МИА, кандидат технических наук

ЛАПИН В. – Ученый секретарь АО «КазНИИСА», кандидат технических наук, член-корреспондент МИА

БЕСПАЕВ А. – Заведующий лабораторией железобетонных конструкций АО «КазНИИСА», академик НИА РК, доктор технических наук

ШАХНОВИЧ Ю. – Главный научный сотрудник лаборатории моделирования и расчета строительных конструкций АО «КазНИИСА», кандидат технических наук

ИЦКОВ И. – Заведующий лабораторией сейсмостойкости зданий повышенной этажности АО «КазНИИСА», кандидат технических наук

Главный редактор: Ержанов С.

Ответственный редактор: Родзевич Е.

Технический редактор: Мергенбаева Г.

Переводчик на государственный язык: Калымбетова Г.

Верстка: Келгенбаев Н.

Редакцияның мекен-жайы:

Қазақстан Республикасы, 050046, Алматы қаласы,

Солодовников көшесі, 21

тел.: +7 (727) 334-21-14, 392-75-12

E-mail: press_kazniissa@mail.ru

Ресми сайт: www.kazniissa.kz

«ҚазҚСҒЗИ» АҚ Жиынтықтау және шығару секторында басып шығарылды.

Журнал Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде тіркелді (15 қаңтар 2013 жылғы №13275-Ж есепке алу туралы куәлігі)

Таралым: 500 дана

Шығу жиілігі: ай сайын

Таралу аумағы: Қазақстан Республикасы

Таралу шарттары: жазылу негізінде

Журналда жарияланған кез келген материалды көшіріп басу үшін редакцияның жазбаша рұқсаты керек. Журналдағы фотоматериалдар ғаламтор көздерінен алынған.

УДК 550.34

КОПНИЧЕВ Ю.Ф.¹, СОКОЛОВА И.Н.²
(¹ ИФЗ РАН, Москва, РФ; ²РГП ИГИ РК, Алматы, РК)

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ: ВОЗМОЖНАЯ ПОДГОТОВКА СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

АНДАТПА: Жаңа Зеландия ауданында орналасқан субдукция аймағының кейбір сейсмикалық сипаттамалары (Солтүстік арал, 42° және $37,5^\circ$ S) қаралуды. Бұл аймақта көптеген басқа аудандардағы секілді 1973 жылдан кейін тереңдіктің екі диапазонында: 0-33 және 34-70 км сейсмикалық айналмалы құрылымдар қалыптасқаны көрсетілген. Магнитуданың шамалы мәндерінің бағалары (көрсетілген диапазондардағы M_{n1} және M_{n2} сәйкес), сондай-ақ, осы аймаққа арналған айналмалы құрылымдардың (L және l) өлшемдері алынған. Бұрын осы параметрлердің корреляциялық байланыстылықтары Тынық мұхитының батысына арналған басты жағдайлардың M_w магнитудаларынан құрылған болатын. Осы байланыстылықтарды пайдалана отырып, біз болуы мүмкін күшті жер сілкінісінің магнитудасын бағаладық: $M_w=8,4\pm 0,2$.

АННОТАЦИЯ: Рассматриваются некоторые характеристики сейсмичности в зоне субдукции, расположенной в районе Новой Зеландии (Северный о-в, между 42° и $37,5^\circ$ S) Показано, что в этой зоне, так же, как и во многих других районах, после 1973 г. формируются кольцевые структуры сейсмичности в двух диапазонах глубин: 0-33 и 34-70 км. Получены оценки пороговых значений магнитуд (соответственно M_{n1} и M_{n2} в указанных диапазонах), а также размеров кольцевых структур (L и l) для этой зоны. Ранее были построены корреляционные зависимости этих параметров от магнитуд M_w главных событий для запада Тихого океана. Используя эти зависимости, мы оценили магнитуду возможного сильного землетрясения: $M_w=8,4\pm 0,2$.

ABSTRACT: We have been studying some seismicity characteristics in the subduction zone of New Zealand (North island, between 42° and 37.5° S). It was shown that ring-shaped seismicity structures are being formed after 1973 in two depth ranges: 0-33 and 34-70 km in this zone, like in many other regions. We have obtained estimates of threshold magnitude values (M_{n1} and M_{n2} in the ranges mentioned respectively), and also dimensions of ring structures (L and l) for these zones. Earlier correlation dependences of these parameters on magnitudes M_w of main events for the west of the Pacific were constructed. Using these dependences we estimated magnitude of possible large earthquake: $M_w=8,4\pm 0,2$ for the region of New Zealand.

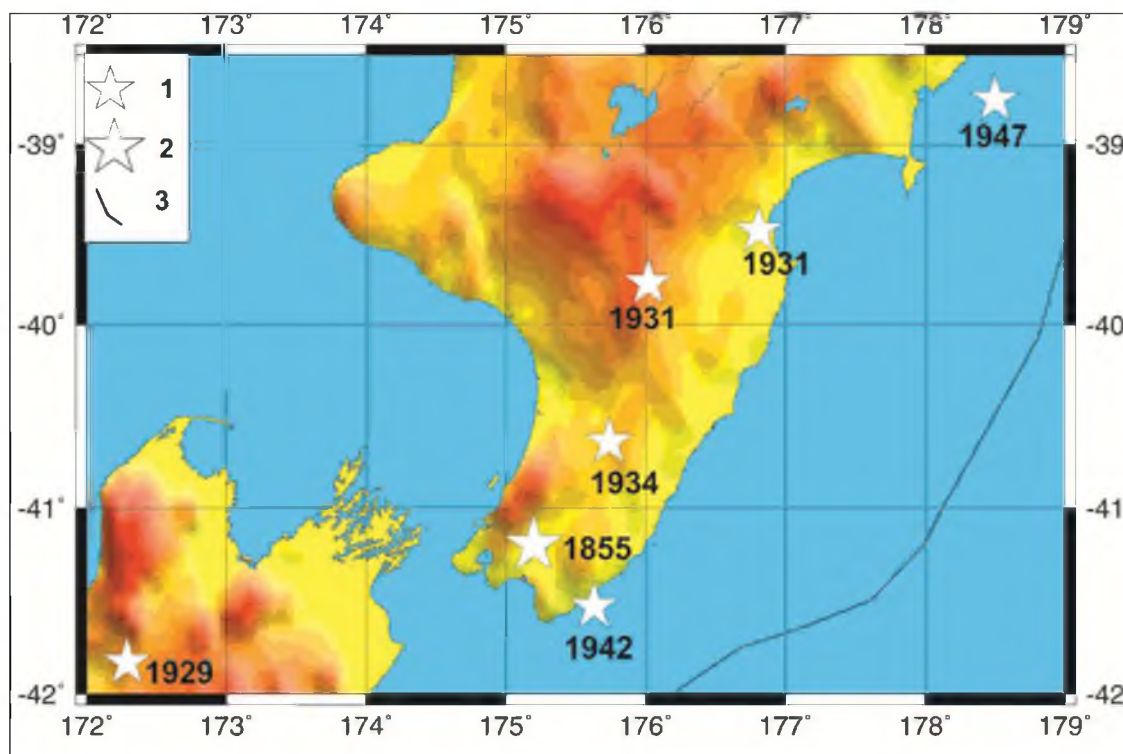
ВВЕДЕНИЕ

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_{n1} и M_{n2}), 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 Тохоку 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 работах [4, 7]. В настоящей работе с этой целью рассматриваются характеристики сейсмичности в зоне субдукции, расположенной в районе Новой Зеландии.

СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Мы рассматривали данные о сейсмичности в районе Северного острова, ограниченном координатами $42 - 37,5^\circ S$, $172-179^\circ E$. На рисунке 1 нанесены эпицентры сильных землетрясений, произошедших в районе Северного острова Новой Зеландии и вблизи от него. Указаны события с $M_w \geq 7,0$ начиная с 1900 г. и с $M_w \geq 8,0$ во второй половине XIX-го века (таблица 1). Видно, что за указанный период зарегистрировано 7 таких событий. При этом самое сильное из них (23.01.1855 г.) имело магнитуду $M_w=8,2$. Следует заметить, что это землетрясение с механизмом, нетипичным для зон субдукции (сдвиг с небольшой взбросовой компонентой) произошло на разломе Ваирарапа, простирающемся в северо-восточном направлении. Интересно, что при этом событии зарегистрировано наибольшее известное на земном шаре смещение бортов разлома (до 18 м [8]). Следует отметить, что с начала XIX-го века в районе Новой Зеландии не зарегистрировано сильных землетрясений субдукционного типа с $M_w \sim 8$. Вместе с тем палеосейсмические данные показывают, что последние два таких события происходили здесь приблизительно 880-800 и 520-470 лет назад [9]. В связи с этим можно предполагать, что в районе желоба Хикуранги готовится новое сильное землетрясение в погружающейся океанической плите. Необходимо отметить, что в некоторых работах, опубликованных в последние годы, предполагается, что в данном районе возможны сильнейшие события с $M_w \sim 9,0$ [10]. По этой причине важной задачей является уточнение магнитуды сильного землетрясения, которое может произойти здесь в ближайшие годы.



1 – $M_w=7,0-7,7$; 2 – $M_w>8,0$; 3 – ось глубоководного желоба.

Рисунок 1 – Эпицентры сильных землетрясений в районе Северного о-ва Новой Зеландии.

Таблица 1 – Сильные землетрясения в районе Новой Зеландии

Дата	°S	°E	h, км	M _w
23.01.1855	41,2	175,2	33	8,2
16.06.1929	41,83	172,29	35	7,5
02.02.1931	39,77	176,02	35	7,7
13.02.1931	39,48	176,81	35	7,1
05.03.1934	40,64	175,74	35	7,3
24.06.1942	41,53	175,63	35	7,0
25.03.1947	38,75	178,50	-	7,0

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использовались каталоги NEIC Геологической службы США (USGS) начиная с 1973 г.

Методика выделения кольцевых структур состоит в следующем.

1. Выбирается наибольшая возможная длительность периода, в течение которого исследуются характеристики сейсмичности (не менее 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. Производится перебор пороговых величин магнитуд $M_{п}$ (в обоих диапазонах глубин) с целью определения оптимальных значений, при которых кольцевые структуры выделяются наиболее четко.

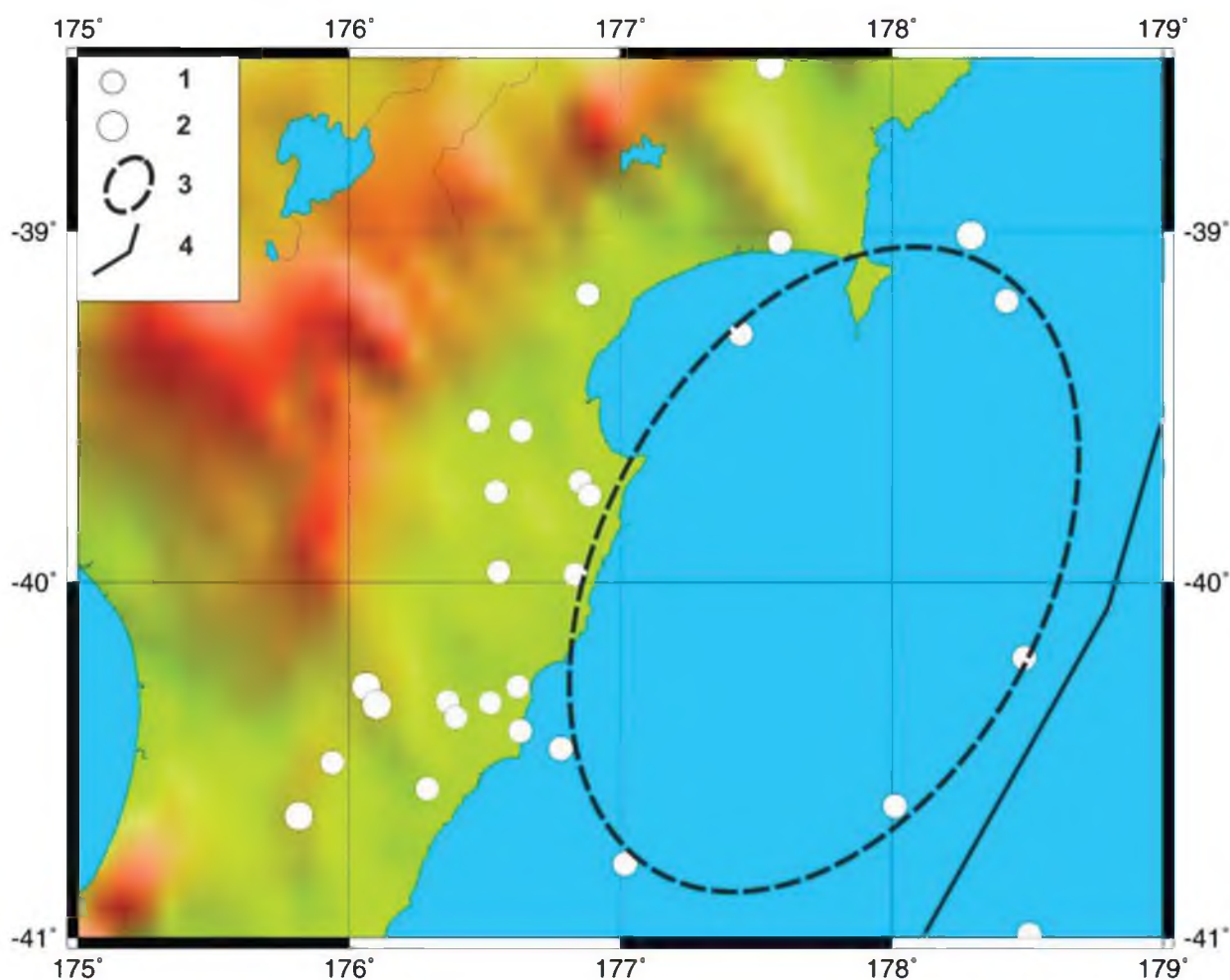
4. Кольцевые структуры аппроксимируются, как правило, эллипсами. Кольца сейсмичности строятся таким образом, чтобы примерно равное количество относительно слабых событий находилось по обе стороны контуров эллипсов. Мы принимаем, что кольцо сейсмичности сформировалось, если максимальная ширина полосы 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. Необходимо регулярно (не реже, чем раз в полгода) контролировать параметры сейсмичности, поскольку известны случаи, когда за последние 1-2 года 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 представлены характеристики неглубокой сейсмичности начиная с 01.01.1973 г. в районе, ограниченном координатами $41,0-38,5^{\circ}$ S, $175-179^{\circ}$ E. Здесь к 01.01.2016 г. сформировалась крупная кольцевая структура, вытянутая в северо-северо-восточном направлении, параллельно желобу Хикуранги ($M_{п1}=5,1$, $L\sim 220$ км). Наибольшая магнитуда в области кольца сейсмичности соответствует землетрясению 2007 г. ($M=6,6$). Кольцевая структура сформировалась в 1979-2011 г., текущее время $T_{п}$ от начала ее формирования составляет ~ 37 лет. Зависимость магнитуд от времени в области кольца сейсмичности имеет двугорбую форму, максимальные скорости сеймотектонической деформации (СТД) наблюдались в 1979-1988 и 2002-2011 гг. (рисунок 3).



- 1 – $M=5,1-5,9$;
- 2 – $M\geq 6,0$;
- 3 – неглубокая кольцевая структура;
- 4 – ось глубоководного желоба.

Рисунок 2 – Неглубокая сейсмичность в районе Северного о-ва Новой Зеландии.

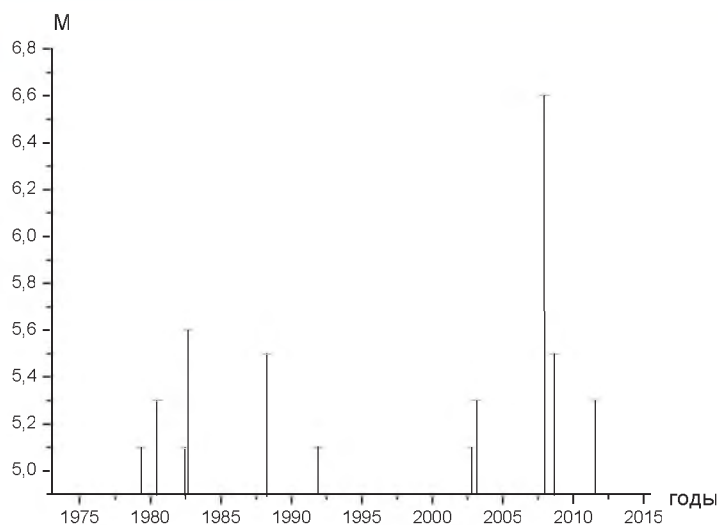
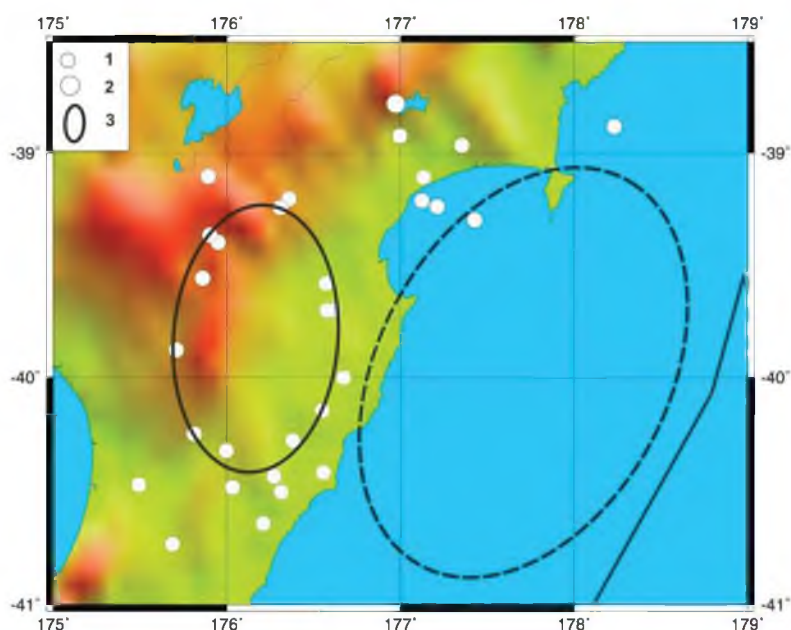


Рисунок 3 – Зависимость магнитуд землетрясений в области кольцевой структуры от времени.

На рисунке 4 показаны эпицентры относительно глубокофокусных землетрясений ($M_{п2}=5,0$). В данном случае к западу от мелкого кольца четко проявилась меньшая по размерам кольцевая структура, ориентированная в субмеридиональном направлении (1~130 км). Наибольшая магнитуда события наблюдалась в 1975 г. ($M=5,6$). Величина СТД распределена по времени более равномерно, чем для мелкого кольца сейсмичности, последнее событие в области кольца сейсмичности произошло в 2015 г. (рисунок 5).

Важно отметить, что кольцевые структуры практически касаются в области $\sim 40,0^{\circ}S, 176,7^{\circ}E$ (расстояние между ними $\Delta r \sim 20$ км, что на порядок меньше размера мелкого кольца).



1 – $M=5,0-5,9$; 2 – $M \geq 6,0$. 3 – глубокая кольцевая структура.
Остальные обозначения – на рисунке 3.

Рисунок 4 – Глубокая сейсмичность в районе Северного о-ва Новой Зеландии.

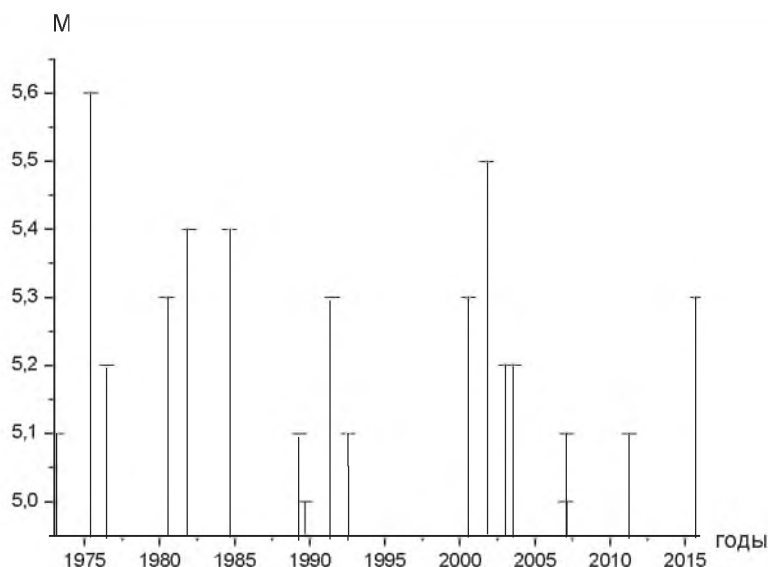


Рисунок 5 – Зависимость магнитуд землетрясений в области кольцевой структуры от времени.

Оценка магнитуд возможных сильных землетрясений. В работе [11] получены корреляционные зависимости размеров кольцевых структур и пороговых значений магнитуд от энергии главных событий для зон субдукции на западе и востоке Тихого океана. Для западной части тихоокеанского кольца получены только две зависимости с высокими коэффициентами корреляции r :

$$M_{m1} = -1,72 + 0,82M_w, \quad r = 0,88, \quad (1)$$

$$M_{m2} = -1,14 + 0,72M_w, \quad r = 0,96. \quad (2)$$

По формулам (1) и (2) мы оценили магнитуду возможного сильного землетрясения в районе Новой Зеландии. Из таблицы 2 следует, что здесь ожидается событие с $M_w = 8,4 \pm 0,2$.

Таблица 2 – Прогноз магнитуды возможного сильного землетрясения

Район	$M_w(L)$	$M_w(M_{п1})$	$M_w(I)$	$M_w(M_{п2})$	M_w
Новая Зеландия		8,2		8,5	$8,4 \pm 0,2$

Обсуждение

Полученные данные показывают, что в районе Новой Зеландии, так же, как и в большинстве других зон субдукции, формируются кольцевые структуры сейсмичности в двух диапазонах глубин. В работах [1-7, 11] отмечено, что кольцевые структуры служат отражением процессов самоорганизации геологических систем [12], обеспечивающих подъем глубинных флюидов и, в конечном счете, ведущих к уменьшению потенциальной энергии

Земли. Выделение флюидов в зонах субдукции происходит главным образом в результате дегидратации материала погружающихся океанических плит [13].

Отметим, что в некоторых районах, например, в зоне субдукции Каскадия, а также в южной Мексике не образуются глубокие кольцевые структуры [14, 15], что мы связываем с относительно малым содержанием гидратированных пород в молодых океанических плитах Хуан-де-Фука и Кокос с возрастом ~5-10 млн. лет [16]. В рассматриваемом здесь районе погружающаяся океаническая плита значительно более древняя (с возрастом ~98 млн. лет [8]) и содержит больше гидратированных пород, что и обуславливает появление глубоких колец сейсмичности.

Наши данные показывают, что в рассматриваемом районе сформировались четкие кольцевые структуры, которые могут соответствовать подготовке сильного землетрясения с магнитудой $M_w \sim 8,4$. Важно отметить, что, исходя из параметров кольцевых структур, можно предполагать, что сильное событие с $M_w \sim 9,0$ в районе Новой Зеландии в ближайшие годы маловероятно. Судя по полученным ранее данным [1, 2, 4-7], эпицентр готовящегося сильного события, скорее всего, будет располагаться вблизи области наибольшего сближения мелкого и глубокого колец сейсмичности. Из рисунков 1, 2 следует, что эта область находится в зоне сейсмической брешы, в которой не происходило землетрясений такой энергии, по крайней мере, с середины XIX-го века.

Следует отметить, что текущее время формирования мелкой кольцевой структуры T_{Π} для района Новой Зеландии близко к максимальным величинам, полученным для зон субдукции Тихого океана (~40 лет). В связи с этим есть основания предполагать, что в ближайшие годы здесь высока вероятность реализации сильного землетрясения.

С учетом полученных данных имеет смысл проводить регулярный мониторинг геодинамических процессов в выделенной области с целью среднесрочного прогноза готовящегося сильного сейсмического события.

Литература

1. Копничев, Ю.Ф. Кольцевая сейсмичность в разных диапазонах глубин перед сильными и сильнейшими землетрясениями в зонах субдукции Копничев/ Ю.Ф., Соколова И.Н. // 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 / Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. // 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, Соколова И.Н. // 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 (в печати).

8. Rodgers, D. World's largest coseismic strike-slip offset: The 1855 rupture of the Wairarapa Fault, New Zealand, and implications for displacement/length scaling of continental earthquakes / D. W. Rodgers, T. A. Little // *J. Geophys. Res.* 2006. V. 111. B12. DOI: 10.1029/2005JB004065.
9. Clark, K. Evidence for past subduction earthquakes at a plate boundary with widespread upper plate faulting: southern Hikurangi margin, New Zealand / K. Clark, B. Hayward, U. Cochran, L. Wallace, W. Power, A. Sabaa // *Bull. Seismol. Soc. Am.* 2015. V. 105. P. 1661-1690.
10. Wallace, L.M. Earthquake and tsunami potential of the Hikurangi subduction thrust, New Zealand: Insights from paleoseismology, GPS, and tsunami modeling / L.M. Wallace, U.A. Cochran, W.L. Power, and K.J. Clark // *Oceanography*. 2014. V. 27. N 2. P. 104-117. <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.46>.
11. Копничев Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности, формирующиеся перед сильными и сильнейшими землетрясениями на северо-западе и востоке Тихого океана / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // *Вестник НЯЦ РК*. 2013. Вып. 2. С. 131-140.
12. Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. Новосибирск, Наука. 1992. – 229 с.
13. 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.
14. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности в зоне субдукции Каскадия: возможная подготовка сильных землетрясений / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // *Вестник НЯЦ РК*. 2016 (в печати).
15. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности в районе южной Мексики: возможная подготовка сильного землетрясения / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // *Вестник НЯЦ РК*. 2016 (в печати).
16. 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.