

УДК 550.34

## АНАЛИЗ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА: ВОЗМОЖНАЯ ПОДГОТОВКА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

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

<sup>1)</sup> *Институт физики Земли Российской Академии наук, Москва, Россия*

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

Рассмотрены некоторые характеристики сейсмичности района Северного Кавказа, начиная с 1964 г. Установлено, что перед сильным Рачинским землетрясением 29.05.1991 г. ( $M_w=7.0$ ) сформировалась кольцевая структура сейсмичности на глубинах 0–33 км. На основе ранее установленных корреляционных зависимостей пороговых значений магнитуды ( $M_p$ ) и длин больших осей колец сейсмичности  $IgL$  от магнитуды главных событий  $M_w$  для внутриконтинентальных землетрясений с механизмами типа взброса и взбрососдвига сделана оценка магнитуды сильного события, которое могло готовиться в области кольцевой структуры. Для зоны Рачинского землетрясения эта величина составила  $M_w=7,1\pm 0,2$ , что достаточно близко к реальной магнитуде данного события. Выделены новые крупные кольцевые структуры, формирующиеся на западной окраине Большого Кавказа и в области Восточного Кавказа, где по инструментальным и историческим данным сильные землетрясения неизвестны. Оценены значения магнитуды возможных сильных землетрясений:  $M_w=7,0\pm 0,2$  и  $M_w=6,9\pm 0,2$  в указанных областях, соответственно. Особую опасность может представлять готовящееся сильное сейсмическое событие на крайнем западе Большого Кавказа, из-за большой плотности населения и близости таких крупных городов, как Краснодар, Новороссийск, Сочи и др. Предполагается, что формирование кольцевых структур является следствием процессов самоорганизации геологических систем, связанных с миграцией глубинных флюидов.

### ВВЕДЕНИЕ

В [1–5] показано, что перед многими сильными внутриконтинентальными землетрясениями в литосфере формируются кольцевые структуры сейсмичности. Такие структуры проявляются главным образом в диапазоне глубин 0–33 км, но в некоторых случаях (например, на Южном Тянь-Шане) – также на глубинах 34–70 км [6]. В некоторых континентальных районах выделяются также глубокие полосы сейсмичности [4, 5]. Кольцевые структуры обычно имеют форму, близкую к эллипсам, они характеризуются пороговыми значениями магнитуд  $M_p$  и длинами больших осей ( $L$ ). Установлено, что эти величины коррелируются с магнитудами главных событий  $M_w$ , при этом корреляционные зависимости существенно различаются для разных типов механизмов в очаге [2]. Длительность формирования кольцевых структур  $T_p$ , как правило, не превышает 45 лет, в среднем она равна  $25\pm 5$  годам [2]. Имеющиеся данные показывают, что по параметрам кольцевых структур можно оценивать магнитуды готовящихся сильных землетрясений [5, 6]. Кроме того, текущие величины  $T_p$ , вероятно, могут быть использованы для целей среднесрочного прогноза сейсмических событий. В данной статье проводится изучение характеристик кольцевых структур в районе Северного Кавказа, как сформировавшейся перед сильным землетрясением конца XX-го века, так и проявившихся в последние годы в областях, где в историческое время не было сильных событий.

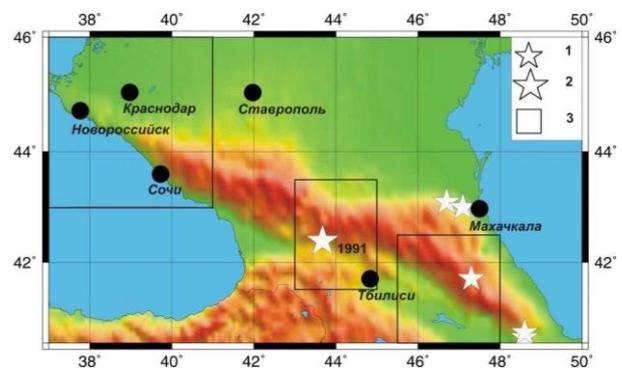
### ИСТОРИЧЕСКАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ

Начиная с 1600 г. в пределах Большого Кавказа и его ближайших окрестностей произошло 6 землетрясений с  $M\geq 6,5$  (рисунок 1, таблица 1). Наиболее силь-

ным было Рачинское землетрясение 29.04.1991 г. ( $M_w=7,0$ ), которое сопровождалось двумя афтершоками с  $M_w>6,0$ . Близкие магнитуды приписываются также двум Шемахинским (1667 и 1902 гг.) и Дагестанскому (1830 г.) землетрясениям [8]. Согласно палеосейсмическим данным, средний период повторяемости землетрясений с  $M_w\sim 7,0$  составляет на Северном Кавказе порядка 1,5–2 тыс. лет [9].

Таблица 1. Сильные землетрясения в пределах Большого Кавказа и его ближайших окрестностей

Дата	$\varphi^{\circ}N$	$\lambda^{\circ}E$	M	$M_w$	Название
1667	41,7	47,3	6,5		Мишлешское
1667	40,6	48,6	6,9		Шемахинское
09.03.1830	43,10	46,70	6,8		Дагестанское
13.02.1902	40,7	48,6	6,9		Шемахинское
14.05.1970	43,00	47,09	6,6		Дагестанское
29.04.1991	42,39	43,67	6,9	7,0	Рачинское



1 –  $M=6.5-6.9$ ; 2 –  $M_w=7.0$ ; 3 – области, в которых выделены кольцевые структуры

Рисунок 1. Сильные землетрясения в районе Северного Кавказа с XVII-го века

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

При исследованиях сейсмичности использовались главным образом каталоги NEIC (National Earthquake Information Center) Геологической службы США (USGS – United States Geological Survey), начиная с 1973 г. При изучении сейсмичности в очаговой зоне Рачинского землетрясения и ее окрестностях дополнительно привлекались данные за 1964–1972 гг. из монографии [8].

Методика выделения кольцевых структур описана ранее [2, 7, 10–12]. Суть ее заключается в раздельном анализе сейсмичности в диапазоне глубин 0–33 км, где выделяются кольцевые структуры, которые характеризуются пороговыми значениями магнитуд ( $M_p$ ) и длинами больших осей ( $L$ ), и в диапазоне глубин 34–70 км, в котором выделяются либо кольцевые структуры, либо линейные полосы сейсмичности.

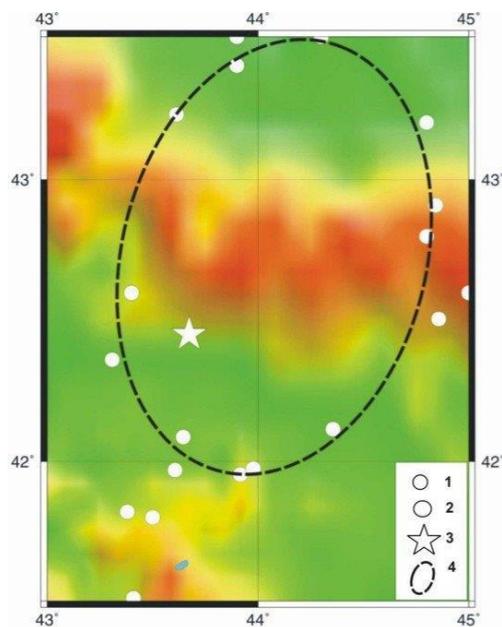
### АНАЛИЗ ДАННЫХ

Рассмотрим сначала данные о сейсмичности перед Рачинским землетрясением 29.04.1991 г. (рисунок 2-а) в области Северного Кавказа, ограниченной координатами 41,5–43,5° N, 43,0–45,0° E, за период с 01.01.1964 по 28.04.1991 гг. Перед этим землетрясением четко проявилась крупная кольцевая структура ( $M_p=4,0$ ,  $L\sim 180$  км), вытянутая в субмеридиональном направлении. Кольцо сейсмичности пересекает весь Большой Кавказ; внутрь него попадает одна из высочайших вершин этой горной системы – г. Казбек. Структура сформировалась в 1966–1991 гг.; наибольшие значения магнитуды соответствуют событиям 1976 и 1978 гг. ( $M=4,8$ ). Эпицентр главного землетрясения находится внутри кольца сейсмичности, на расстоянии около 20 км от его границы. Отметим, что сумма магнитуд землетрясений в единицу времени может служить грубой оценкой скорости сейсмо-тектонической деформации (СТД). Из рисунка 2-б следует, что наибольшая скорость СТД в области кольца сейсмичности наблюдалась в 1976–1987 гг. В данном случае зарегистрировано только одно относительно глубокофокусное событие с  $M\geq 3,5$ , т.е. не сформировалось ни глубокой полосы сейсмичности, ни, тем более, глубокой кольцевой структуры сейсмичности.

### Западный Кавказ

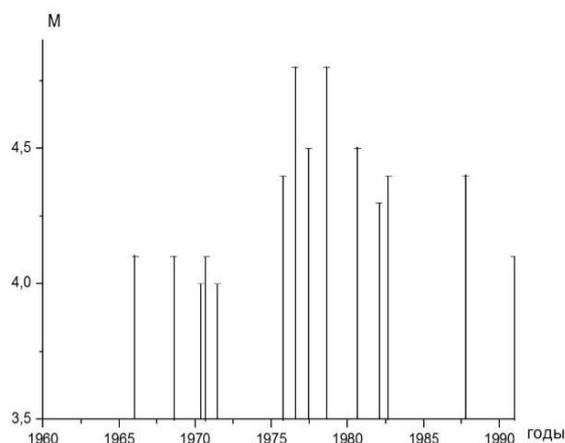
На рисунке 3-а приведены характеристики сейсмичности западной окраины Большого Кавказа. В этой области в период с 01.01.1973 по 01.01.2018 гг. образовалась неглубокая кольцевая структура, ориентированная в направлении на северо-северо-запад ( $M_p=3,8$ ,  $L\sim 180$  км). Большая часть кольца сейсмичности проходит по континентальной области (в Краснодарском крае), а южный край приходится на северную границу Черного моря. Северная часть кольца сейсмичности находится в Индо-Кубанском краевом прогибе, а юго-западная граничит с Туап-

синским прогибом. Кольцевая структура на юго-востоке пересекает западный фланг Большого Кавказа (между 44,0 и 44,5° N, 39,1 и 39,6° E). Текущее время ее формирования  $T_p$  – около 40 лет. Самая большая магнитуда в области кольца сейсмичности соответствует событию 1978 г. ( $M=5,7$ ). Из рисунка 3-б видно, что максимальные значения скорости СТД имели место в 1978–1985 и 2002–2004 гг. На рисунке 3-в показаны эпицентры глубоких землетрясений. В данном случае зарегистрировано только 5 таких событий ( $M=3,2-4,7$ ,  $h=35-52$  км), 4 из которых формируют субширотную полосу, пересекающую центральную часть мелкого кольца.



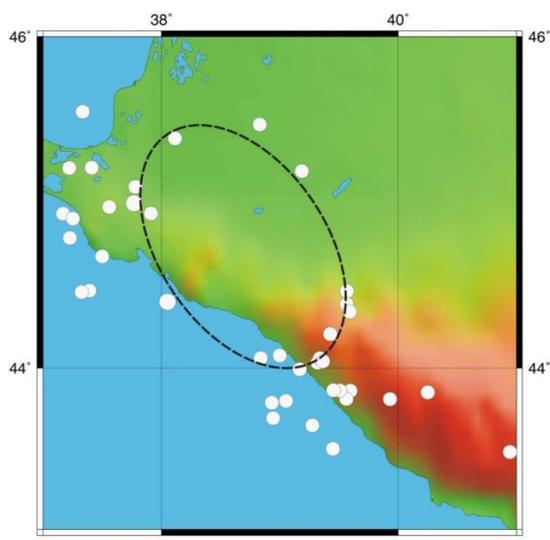
Эпицентры землетрясений: 1 –  $M=4,0-4,9$ ; 2 –  $M\geq 5,0$ ; 3 – эпицентр Рачинского землетрясения; 4 – кольцевая структура

а) неглубокая сейсмичность

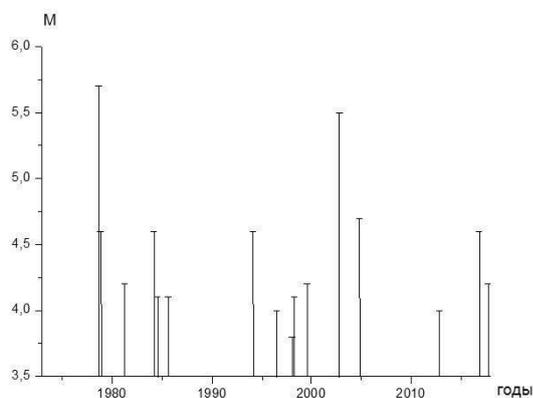


б) зависимость магнитуд событий от времени в области кольцевой структуры

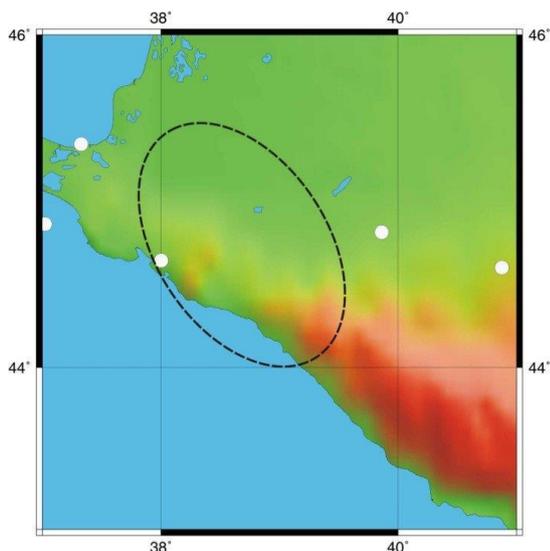
Рисунок 2. Зона очага Рачинского землетрясения (29.04.1991 г.,  $M_w=7,0$ ). Характеристики сейсмичности



Малый кружок –  $M=3,8-4,9$ ; остальные обозначения – на рисунке 2-а  
а) неглубокая сейсмичность



б) зависимость магнитуд событий от времени в области неглубокой кольцевой структуры



Малый кружок –  $M=3,2-4$ ; остальные обозначения – на рисунке 3-а  
в) элементы глубокой сейсмичности

Рисунок 3. Запад Большого Кавказа.  
Характеристики сейсмичности

### Восточный Кавказ

На рисунке 4-а представлены характеристики сейсмичности к югу от очага Дагестанского землетрясения 14.05.1970 г. ( $M=6,6$ ). Здесь к 01.01.2018 г. сформировалась кольцевая структура ( $M_p=4,1$ ,  $L\sim 100$  км), вытянутая в субмеридиональном направлении. Кольцо сейсмичности расположено на границе между Дагестаном и Азербайджаном; внутри него находятся хребты Самурский и Кябakteпе (с вершинами высотой более 4000 м).

Начало формирования кольцевой структуры относится к 1988 г., текущее время ее образования составляет около 30 лет. Наибольшая магнитуда ( $M_{max}=5,6$ ) соответствует землетрясению 2012 г., максимальные скорости СТД наблюдались в 2012–2017 гг. (рисунок 4-б). Из рисунка 4в следует, что эпицентры глубоких событий в данном случае формируют две полосы, одна из которых ( $M=4,0-5,6$ ,  $h=35-67$  км) касается кольца сейсмичности на северо-западе, вторая ( $M=3,9-5,0$ ,  $h=34-60$  км) пересекает его на юге и юго-западе. Из сопоставления рисунков 3в и 4в следует, что в области восточного кольца гораздо ярче проявилась глубокофокусная сейсмичность, чем в области западного.

### Оценка магнитуд возможных сильных землетрясений по характеристикам кольцевых структур

В [2] получены корреляционные зависимости величин  $L$  и  $M_p$  от магнитуды главных событий для внутриконтинентальных землетрясений с различными типами подвижек в очаге. Для механизмов типа взброса и взбрососдвига, которые преобладают у сильных событий в районе Кавказа [13, 14], получены следующие зависимости:

$$\lg L(\text{км}) = -1,11 + 0,45M_w, r=0,85. \quad (1)$$

$$M_p = -0,92 + 0,73M_w, r=0,77, \quad (2)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции.

По формулам (1) и (2) оценены магнитуды сильных землетрясений, которые могут соответствовать описанным выше кольцевым структурам (таблица 2).

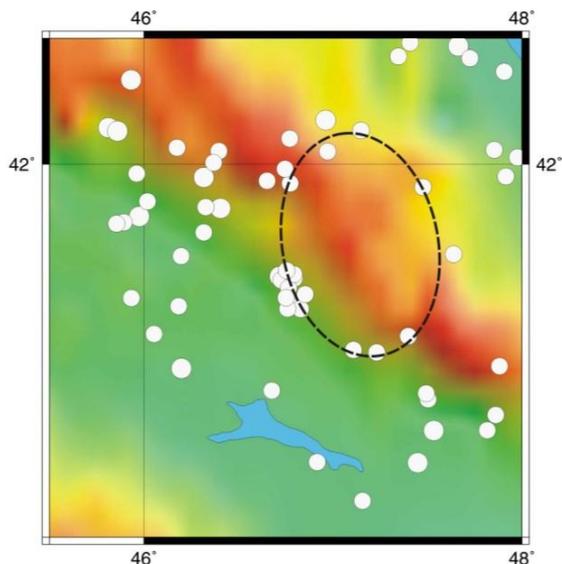
Таблица 2. Оценки величин  $M_w$  по параметрам кольцевых структур

Область	$L$ , км	$M_p$	$T_p$ , лет	$M_w$
41,5–43,5° N 43,0–45,0° E	180	4,0	23	7,1±0,2
43,0–46,0° N 37,5–40,0° E	170	3,8	40*	7,0±0,2
40,5–42,5° N 45,5–48,0° E	100	4,1	30*	6,9±0,2

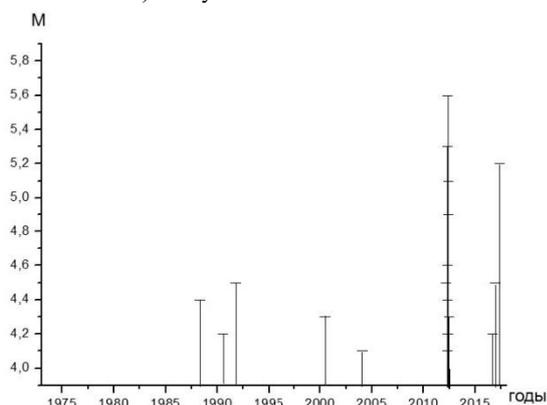
Примечание: \* – для этих областей указаны текущие величины  $T_p$

Из таблицы 2 следует, что по параметрам кольца сейсмичности, сформировавшегося перед Рачинским землетрясением, можно было спрогнозировать подготовку события с  $M_w=7,1\pm 0,2$ . Полученная оценка достаточно близка к реальной магнитуде этого землетрясения.

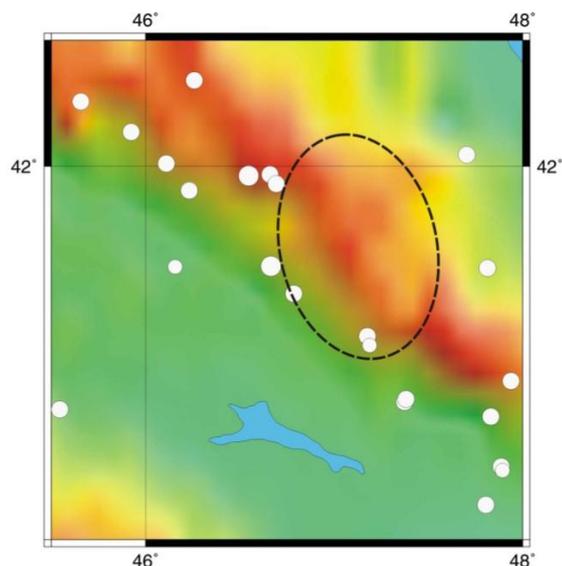
**АНАЛИЗ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА:  
ВОЗМОЖНАЯ ПОДГОТОВКА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**



Малый кружок –  $M=4,1-4,9$ ; остальные обозначения – на рисунке 2-а.  
а) неглубокая сейсмичность



б) зависимость магнитуд событий от времени в области неглубокой кольцевой структуры



в) элементы глубокой сейсмичности

Рисунок 4. Восток Большого Кавказа.  
Характеристики сейсмичности

Двум другим кольцевым структурам соответствуют близкие средние величины  $M_w$  для событий, которые могут готовиться в этих областях.

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Полученные данные свидетельствуют о том, что в районе Северного Кавказа, как и во многих других континентальных районах [1–5, 7], перед сильными землетрясениями формируются неглубокие кольцевые структуры сейсмичности. Вместе с тем здесь, как правило, не проявляются глубокие кольцевые структуры (на глубинах 34–70 км), которые образуются перед большинством сильных и сильнейших землетрясений в зонах субдукции [2, 7, 10–12, 15,]. Ранее [1, 11] было показано, что кольцевые структуры сейсмичности коррелируются с аномалиями высокого поглощения короткопериодных S-волн в литосфере, в том числе в районах, где отсутствует современный вулканизм, что говорит о связи таких структур с относительно высоким содержанием глубинных флюидов. Можно полагать, что кольца сейсмичности служат отражением процессов самоорганизации геологических систем [16], в конечном счете ведущих к уменьшению потенциальной энергии Земли в результате подъема легкой жидкой фазы. Отсутствие глубоких колец сейсмичности в большинстве континентальных районов, скорее всего, связано со значительно меньшим содержанием свободных флюидов в литосфере континентов по сравнению с зонами субдукции, где происходит дегидратация пород океанической коры [17].

Проведенный анализ показал, что перед печально известным Рачинским землетрясением, которое оказалось совершенно неожиданным для сейсмологов, сформировалась неглубокая кольцевая структура. Существенно, что оценка магнитуды этого события, полученная по параметрам кольца сейсмичности, близка к реальной величине, соответствующей Рачинскому землетрясению. Кроме того, длительность ее формирования хорошо согласуется со средними величинами, полученными для внутриконтинентальных землетрясений с механизмами типа взброса и взбрососдвига ( $T_p \sim 24 \pm 5$  лет [2]). В связи с этим есть основания полагать, что своевременное использование информации о кольцевой активности могло бы быть полезным в целях среднесрочного прогноза этого сильного сейсмического события.

Следует подчеркнуть, что удалось выделить четко выраженные кольцевые структуры в двух областях Северного Кавказа, где в историческое время не зарегистрировано сильных землетрясений с  $M \geq 6,5$  [8]. Текущие длительности их формирования значительно превышают средние величины  $T_p$ , полученные в [2]). Кроме того, в этих областях проявились полосы глубокофокусной сейсмичности, как и в некоторых других континентальных районах, в частности, на Балканах и в районе Восточного Тянь-Шаня [4, 5]. В этих работах показано, что эпицентры сильных землетрясений располагались вблизи областей

пересечения или касания мелких колец и глубоких полос сейсмичности. Данный эффект может быть объяснен наибольшей мощностью двухфазного слоя с заметной долей флюидов в таких областях. В случае, когда флюиды формируют связную сеть, на кровле двухфазного слоя наблюдается концентрация напряжений, причем величина избыточных напряжений пропорциональна мощности слоя [18]. Это может служить триггерным эффектом, приводящим к подвижке при сильном землетрясении. По аналогии с другими районами [4, 5] можно ожидать, что эпицентры готовящихся событий также будут находиться вблизи областей пересечения мелких колец и глубоких полос сейсмичности. Для уточнения положения возможных очаговых зон целесообразно также привлечение палеосейсмических данных (в том числе получаемых методом тренчинга [9, 13]).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. Копничев, Ю.Ф. Характеристики поля поглощения S-волн в очаговых зонах двух сильных землетрясений Южной Азии и их связь с сейсмичностью / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК. – 2014. – Вып. 1. – С. 79–85.
4. Копничев, Ю.Ф. Анализ кольцевых структур сейсмичности в литосфере Восточного Тянь-Шаня: возможная подготовка сильных землетрясений / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник КазНИИСА. – 2017. – № 1. – С. 16–31.
5. Копничев, Ю.Ф. Характеристики кольцевой сейсмичности в районе северной Греции: возможная подготовка сильных землетрясений / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник КазНИИСА. – 2017. – № 4. – С. 31–46.
6. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности в районах Центрального Тянь-Шаня и Джунгарии: возможная подготовка сильных землетрясений / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вулканология и сейсмология. – 2014. – № 3. – С. 65–73.
7. Копничев, Ю.Ф. Неоднородности поля поглощения S-волн и кольцевые структуры сейсмичности в районе Байкальской рифтовой зоны / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК. – 2012. – Вып. 4. – С. 33–41.
8. Кондорская, Н.В. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин (ред.). – М.: Наука. – 1977. – 535 с.
9. Рогожин, Е.А. О соотношении проявлений вулканизма и землетрясений на Северном Кавказе / Е.А. Рогожин, А.Г. Гурбанов, А.В. Мараханов, А.Н. Овсяченко, А.В. Спиридонов, Е.Е. Бурканов // Физика Земли. 2005. – № 3. – С. 33–46.
10. 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 // ДАН. 2011а. – Т. 440. – № 2. – С. 246–249.
11. 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. 2011б. – Т. 12. – № 3. – С. 22–33.
12. Копничев, Ю.Ф. Кольцевые структуры сейсмичности в районе северного Чили и успешный прогноз места и магнитуды землетрясения Икике 01.04.2014 г. (Mw=8.2) / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК. – 2015. Вып. 4. – С. 153–159.
13. Рогожин, Е.А. Тектоника очаговых зон сильных землетрясений Северной Евразии конца XX столетия / Е.А. Рогожин // Рос. журнал наук о Земле. – 2000. – Т.2. – № 1.
14. Белоусов, Т.П. Рачинское землетрясение 1991 г. и его проявление в рельефе Большого Кавказа / Т.П. Белоусов // М.: Светоч Плюс. – 2009. – 208 с.
15. 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.
16. Летников, Ф.А. Синергетика геологических систем / Ф.А. Летников // Новосибирск: Наука. – 1992. – 229 с.
17. 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.
18. 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.

Учитывая полученные данные, в указанных областях целесообразно проводить постоянный мониторинг геодинамических процессов геофизическими и геохимическими методами с целью среднесрочного прогноза возможных сильных землетрясений. Особую опасность будет представлять событие, которое может произойти на западном фланге Большого Кавказа, в связи с высокой плотностью населения и близостью нескольких крупных городов (Краснодара, Новороссийска, Сочи и др.). Вместе с тем в ближайшие годы наиболее вероятно сильное землетрясение в восточной области, поскольку здесь резко выросла скорость СТД в последнее десятилетие, аналогично данным, полученным перед рядом сильных событий в различных районах [1, 3–5, 10–12].

**СОЛТҮСТІК КАВКАЗ АУДАНЫНДАҒЫ САҚИНАЛЫ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ ТАЛДАУ:  
ҚАТТЫ ЖЕРСІЛКІНУЛЕРДІҢ ЫҚТИМАЛ ДАЙЫНДАЛУЫ**

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

<sup>1)</sup> *Ресей Ғылыми академиясының жер физикасы институты, Мәскеу, Ресей*

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

Солтүстік Кавказдың 1964 ж. бастап сейсмикалылығының бір қатар сипаттамалары қарастырылған. 1991 ж. 05.29-ындағы Рачинск қатты жерсілкінуі ( $M_w=7,0$ ) алдында 0–33 км. тереңдігінде сейсмикалылықтың сақиналы құрылымы қалыптастырылғаны анықталған. Солтүстік Кавказдағы қаусырма және қаусырма-ығыспа түріндегі механизмдерімен континент ішіндегі жерсілкінулер үшін магнитуданың табалдырық мәндері ( $M_p$ ) мен эллипстердің үлкен өсінің ұзындықтары басты оқиғалардың магнитудаларынан  $M_w$  бұрын анықталған корреляциялық тәуелдіктері негізінде, сақиналы құрылым облысында дайындалуы мүмкін, қатты оқиғаның магнитудасын бағалауы жасалған. Рачинск жерсілкінуі белдемі үшін бұл мәні  $M_w=7,1\pm 0,2$ , құрады, бұл осы оқиғаның нақты магнитудасына жеткілікті жақын. Үлкен Кавказ шегінде және Шығыс Кавказ облысында, онда инструменталды және тарихи деректері бойынша қатты жерсілкінулер беймәлім, қалыптастырылып жатқан жаңа ірі сақиналы құрылымдар айқындалған. Ықтимал қатты жерсілкінулердің магнитудаларының мәндері бағаланған:  $M_w=7,0\pm 0,2$  и  $M_w=6,9\pm 0,2$ , айтылған объектілерінде, сәйкесінде. Үлкен Кавказдың қиыр батысында дайындалып жатқан қатты жерсілкінуі, халықтың тығыздығынан және Краснодар, Новороссийск, Сочи ж.б. ірі қалалар жақын болуынан, ерекше қауіпті болып білінеді. Сақиналы құрылымдар қалыптастырылуы, тереңдегі флюидтер жылыстауымен байланысқан, геологиялық жүйелердің өзіндігінен ұйымдастырылу процессінің салдары болуы болжануда.

**ANALYSIS OF RING-SHAPED SEISMICITY STRUCTURES IN THE REGION OF THE NORTHERN  
CAUCASUS: POSSIBLE PREPARATION FOR LARGE EARTHQUAKES**

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

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

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

We have been studying some seismicity characteristics in the region of Northern Caucasus since 1964. It was established that ring-shaped seismicity structure have been formed within depth range of 0–33 km prior to large Racha earthquake of 29.05.1991 ( $M_w=7,0$ ). Seismicity rings are characterized by threshold magnitude value ( $M_t$ ) and big axis length ( $L$ ). Earlier we have obtained correlation dependences of  $M_t$  and  $\lg L$  values on magnitudes of main events  $M_w$  for intracontinental earthquakes with mechanisms of reverse and oblique-reverse faulting, prevailing in the region of Northern Caucasus. Using these dependences we estimated magnitudes of large event which could be prepared in the area of ring structure:  $M_w=7,1\pm 0,2$  for the zone of the Racha earthquake. This value is close enough to real magnitude of the event mentioned. New big ring structures were identified at the western outskirts of the Great Caucasus and in the region of the Eastern Caucasus, where large earthquakes are not known according to instrumental and historical data. We estimated magnitudes of possible large earthquakes by characteristics of these structures:  $M_w=7,0\pm 0,2$  and  $M_w=6,9\pm 0,2$  in the regions mentioned respectively. Large seismic event, which probably is prepared at the westernmost part of the Great Caucasus, can represent a special danger due to great density of population and nearness of a few big cities: Krasnodar, Novorossiysk, Sochi etc. It is supposed that ring structures formation is a consequence of geologic systems self-organization, connected with deep-seated fluids migration.