ГЕОФИЗИКА =

VДК 550.34

DOI: 10.23671/VNC. 2019.3.36483

Оригинальная статья

О макросейсмических проявлениях Яндарского землетрясения 17 октября 2018 года

И.Ю. Дмитриева^(D), А.А. Саяпина^(D), С.В. Горожанцев^(D), к.г.-м.н., С.С. Багаева^(D)

Северо-Осетинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, д. 93а, e-mail: sofgsras@gmail.com

Статья поступила: 11 июля 2019, доработана: 17 сентября 2019, одобрена в печать: 18 сентября 2019.

Аннотация: Актуальность. Кавказский регион характеризуется высокой сейсмичностью. При возникновении ощутимых землетрясений проводятся макросейсмические исследования, представляющие собой изучение последствий сейсмических воздействий. К числу таких землетрясений можно отнести землетрясение, произошедшее на окраине села Яндаре Республики Ингушетия 17 октября 2018 г.с максимальной интенсивностью сотрясений в эпицентре 5 баллов, являющееся объектом данного исследования. Цель работы установление особенностей макросейсмического проявления землетрясения. Методы исследования. Макросейсмическое обследование территории, ретроспективный анализ, параметры землетрясения определялись в программно-вычислительных комплексах WSG и HYP071. Результаты работы. По инструментальным данным сетей сейсмических станций NOGSR, OBGSR, DAGSR получено следующее решение параметров землетрясения: φ=43,27°N, λ=44,92°E, h=12 км, КР=11,5. Приведены сведения по истории сейсмичности очаговой зоны исследуемого землетрясения за последние 150 лет. Очаг землетрясения приурочен к активному Сунженскому разлому. Рассмотрены форшоковая активность и немногочисленная серия афтершоков. Для землетрясения был рассчитан механизм очага по знакам первых вступлений продольных Р-волн на 48 станциях, хорошо окружавших эпицентр и расположенных на расстояниях Δ = 0,3-50,5°. Согласно полученному решению землетрясение возникло под действием преобладающих сжимающих напряжений. Тип подвижки в очаге соответствовал взбросу с правосторонним сдвигом по плоскости NP2 с юго-восточным простиранием и левостороннему сдвигу с компонентами взброса по плоскости NP1 с субширотным простиранием. Для сбора макросейсмических данных сотрудниками Северо-Осетинского филиала ФИЦ ЕГС РАН был осуществлен выезд в эпицентральную зону и близлежащие районы. Оценка интенсивности проводилась на основе шкалы ШСИ – 17. Землетрясение с интенсивностью 5 баллов проявилось в населенных пунктах Яндаре, Троицкое, Карабулак. Колебания ощущались в Сунже, Барсуках и Плиево силой 4 балла, Назрани – 3-4 балла. В населенных пунктах Магас, Али-Юрт, Средние Ачалуки ощутимость землетрясения составила 3 балла. В семи населенных пунктах колебания проявились интенсивностью в 2 балла. Во Владикавказе землетрясение ощущалось на верхних этажах многоэтажных зданий. Данные о проявлениях Яндарского землетрясения интересны с точки зрения анализа распределения интенсивности сотрясений, изучения сейсмичности региона в целом, а также связи с геологическим строением территории.

Ключевые слова: сейсмичность, землетрясение, эпицентр, форшоки, механизм очага, макросейсмическое исследование.

Для цитирования: Дмитриева И. Ю., Саяпина А. А., Горожанцев С. В., Багаева С. С. О макросейсмических проявлениях Яндарского землетрясения 17 октября 2018 года. *Геология и Геофизика Юга России*. 2019. 9 (3): 151-160. DOI: 10.23671/VNC. 2019.3.36483. GEOPHYSICS =

DOI: <u>10.23671/VNC. 2019.3.36483</u>

Original paper

About Macroseismic Displays of Yandary Earthquake, October 17, 2018

I. Yu. Dmitrieva (D), A. A. Sayapina (D), S. V. Gorozhantsev (D), S. S. Bagaeva (D)

North Ossetian Branch of the Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation, e-mail: sofgsras@gmail.com

Received 11 July 2019; revised 17 September 2019; accepted 18 September 2019.

Abstract: Relevance. The Caucasus region is characterized by a high seismicity. In case of sensible earthquake occurence, macroseismic studies are carried out, which consist in a study of the effects of seismic impacts. One of such earthquakes occurred on the outskirts of the village of Yandare, Republic of Ingushetia, October 17, 2018 with a maximum intensity in the epicenter of 5 points, which is the subject of the present study. Aim. To establish the features of the macroseismic manifestation of an earthquake. Methods. Macroseismic survey of the territory, retrospective analysis, earthquake parameters were determined in the WSG and HYPO71 software. Results. Using the instrumental data of the networks of seismic stations NOGSR, OBGSR, DAGSR, the earthquake parameters were obtained: $\varphi = 43.27^{\circ}$ N, $\lambda = 44.92^{\circ}$ E, h = 12 km, energy class KP = 11.5. The article provides the information on the history of seismicity of the focal zone of the investigated earthquake over the past 150 years. The earthquake focus is confined to the active Sunzhensky fault. Foreshock activity and a small series of aftershocks are considered. The source mechanism for the earthquake was calculated from the signs of the first arrivals of longitudinal P-waves at 48 stations, surrounding the epicenter and located at the distances Δ = 0.3-50.5°. According to the obtained solution, an earthquake arose under the influence of prevailing compressive stresses. The type of movement in the source corresponded to a reverse fault with a right-side shift along the NP2 plane with southeastern strike and a left-side shift with components of a reverse fault along the NP1 plane with sub-latitudinal strike. In order to collect macroseismic data, employees of the North Ossetian branch of the Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences made a trip to the epicenter zone and the surrounding areas. The intensity assessment was carried out on the basis of the seismic intensity scale SIS-17 ("ShSI-17"). An earthquake with an intensity of 5 points appeared in the settlements of Yandare, Troitskoye and Karabulak. Fluctuations were felt in Sunzha, Badgers and Plievo with the intensity of 4 points, in Nazran – 3-4 points. In the settlements of Magas, Ali-Yurt, Middle Achaluki, the perceptibility of an earthquake was 3 points. In seven settlements, fluctuations showed an intensity of 2 points. In Vladikavkaz, an earthquake was felt on the upper floors of multi-storey buildings. The data on the Yandare earthquake manifestations is interesting from the point of view of analyzing the distribution of the intensity of tremors, studying the seismicity of the region as a whole, and also the connection with the geological structure of the territory.

Keywords: seismicity, earthquake, epicenter, foreshock, focal mechanism, macroseismic research.

For citation: Dmitrieva I.Yu., Sayapina A.A., Gorozhantsev S.V., Bagaeva S.S. About Macroseismic Displays of Yandary Earthquake, October 17, 2018. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. 2019. 9(3): 151-160. (In Russ.) DOI: 10.23671/VNC.2019.3.36483.

Сейсмичность Кавказского региона имеет высокие показатели [Рогожин, 2002; Уломов и др., 2007; Погода и др., 2015; Багаева и др., 2018].При возникновении ощутимых землетрясений проводятся макросейсмические исследования, представляющие собой изучение последствий сейсмических воздействий с последующей привязкой результатов к различным оценочным шкалам [Медведев и др., 1965; European Macroseismic Scale 1992, 1993, 1998a, b; Vogt et al., 1994; Michetti et al., 2004, 2007]. К числу таких землетрясений можно отнести и землетрясение, произошедшее на окраине села Яндаре Республики Ингушетия 17 октября в 15^h55^mпо Гринвичу с максимальной интенсивностью сотрясений в эпицентре 5 баллов. Землетрясение было названо Яндарским по названию населенного пункта.

В соответствии с [Рогожин, 2009] эпицентр землетрясения находился в зоне, для которой максимально возможная магнитуда равна $M_{\rm max}$ =6,1. В действительности такие магнитуды здесь пока не зафиксированы. По данным [Бабаян и др., 1977] была рассмотрена история сейсмичности очаговой зоны исследуемого землетрясения за последние 150 лет. Параметры сильнейших и ощутимых землетрясений в рассматриваемой зоне приведены в таблице 1. Исходя из исторических и инструментальных данных, следует, что землетрясения, сопоставимые или превосходящие по энергетическому классу Яндарское землетрясение, происходили и происходят здесь довольно редко.

Таблица 1. / Table 1.

Основные параметры сильнейших исторических землетрясений в районе Яндарскогоземлетрясения. /

N⁰	Ilama / Data	Drayg / Tima	Эпицен	тр / Epicenter	h m / hm	М	I_0 , баллы / I_0 , Points	
	Jara / Dale	время / типе	φ°, N	λ°, Ε	п, км / кт	IVI		
1	01.03.1872	22:00	43,20	45,00	7	4,0	6	
	±1 сутки	22.00	±0,2	±0,2	3-14	±0,7	±1	
2	23.08.1874	22.50	43,20	44,80	6	4,5	7	
	±10 минут	22:30	±0,2	±0,2	3-12	±0,7	±0,5	
3	26.06.1020	20:06	43,3	44,9	12	4,4	5-6	
	20.00.1939	20:00	±0,2	±0,2	8-18	±0,5	±0,5	
4	12.06.1046	04:35:43	43,2	44.9	(15)	4,4		
	12.00.1940	±5c	±0,5	±0,5	5-50	0,5		

The main parameters of the strongest historical earthquakes in the area of the Yandary Earthquake

Очаг рассматриваемого землетрясения приурочен к активному Сунженскому разлому (рис. 1). В этом месте Терско-Каспийский передовой прогиб встречается с молодой платформой Предкавказья. В целом, весь район составляет Сунженскую антиклинальную зону. Описываемая территория представляет собой слаборасчленённую долину реки Сунжа. Коренных обнажений практически нет, редкие обнажения встречаются только по руслу реки.



Рис. 1. Фрагмент тектонической карты-схемы региона 1 – эпицентр землетрясения 17.10.2018 г.; 2 – тектонические нарушения, трассирующиеся на поверхности земли. /

Fig. 1. A fragment of a tectonic map of the region

1 - the epicenter of the earthquake on October 17, 2018; 2 - tectonic faults, traceroute on the surface of the earth

9 (3) 2019

Геология и геофизика Юга России

Инструментальные параметры

Параметры землетрясения, рассчитанные в программно-вычислительных комплексах WSG [Красилов и др., 2006] и HYPO71 [Lee et al., 1985], были определены по инструментальным данным сетей сейсмических станций NOGSR, OBGSR, DAGSR [Габсатарова и др., 2017]. Гипоцентр землетрясения имеет координаты φ = 43,27°N, λ = 44,92°E, глубину залегания *h*=12 км, энергетический класс *K*_P=11,5. Станции [Погода и др., 2013, 2016; Саяпина и др., 2018, 2019], участвующие в определении параметров гипоцентра, окружали эпицентр с азимутальной брешью GAP=117° (рис. 2). Ближайшая станция «Комгарон» находилась на расстоянии 25 км. Общее число станций, участвующих в локации, равно *N*=21. Записи ближайших к эпицентру станций представлены на рисунке 2.





Fig. 2. Fragments of records of the vertical components of the network stations GS RAS. The inset shows the position of seismic stations involved in determining the coordinates of the hypocenter of the Yandary earthquake

Форшоки и афтершоки

Анализ предваряющей сейсмичности выявил за месяц до Яндарского землетрясения в его очаговой зоне сейсмическую активность, по-видимому, являющуюся форшоковой. Общее число зарегистрированных событий составило N = 13 в диапазоне $K_{\rm p} = 5,7-10,6$, параметры которых приведены в таблице 2. Об ощутимости самого сильного форшока в этой серии стало известно позднее от жителей г. Карабулак и с. Яндаре в процессе сбора макросейсмических данных исследуемого землетрясения.

Афтершоковая последовательность была немногочисленна: всего 5 зарегистрированных событий. Максимальный афтершок с $K_P = 9$ произошел в этот же день в 22^h26^m по Гринвичу, ощущавшийся некоторыми жителями с. Яндаре и г. Карабулак.

Таблица 2. / Table 2.

Nº	Дата, дм/ Date, DM	t ₀ , чмин. / Hour Min- utes	Эпицентр/ Epicenter	tентр/ enter	<i>h</i> ,			Дата, ∂ <i>м</i> / Date, DM	t ₀ , чмин / Hour Min- utes	Эпицентр / Epicenter		<i>h</i> ,	
			φ°, N	λ°, Ε	км / km	K _P	N⁰			φ°, N	λ°, Ε	км / km	K _P
Форшоки / Forshoks								05.09	0259	43.34	44.99	9	10.6
1	04.09	0129	43.31	44.99	6	7.9	12	05.09	0404	43.33	44.99	7	6.2
2	04.09	0134	43.33	44.96	18	5.9	13	08.09	0526	43.33	45.0	9	7.6
3	04.09	0138	43.31	44.95	7	6.8	Основной толчок / Mainpush						
4	04.09	0140	43.32	44.96	7	5.7		17.10	1555	43.27	44.92	12	11.5
5	04.09	0142	43.29	44.97	7	6.2	Афтершоки / Aftershocks						
6	04.09	0202	43.01	45.01	9	7.8	1	17.10	2226	43.3	44.92	11	9.0
7	04.09	0257	43.34	45.03	7	7.1	2	18.10	2320	43.27	44.96	3	6.0
8	04.09	1207	43.33	45.0	11	7.9	3	19.11	1957	43.29	44.94	17	8.9
9	04.09	1902	43.34	45.0	9	10.1	4	29.11	0151	43.29	44.9	12	6.4
10	04.09	2047	43.32	44.98	10	7.4	5	05.12	1431	43.34	44.94	11	7.5

Основные параметры форшокови афтершоков Яндарского землетрясения. / The main parameters of foreshocks and aftershocks of the Yandary earthquake





Fig. 3. Map of the epicenters of the foreshocks and aftershocks of the earthquake of October 17, 2018

Карта эпицентров форшоков и афтершоков для исследуемого землетрясения изображена на рисунке 3, из которой видно, что их области распределения ориентированы различно.

Облако форшоков имеет северо-восточное простирание, а область афтершоков вытянута вдоль простирания Сунженского разлома и достаточно близка к основному толчку.

Механизм очага

Механизм очага Яндарского землетрясения был рассчитан [Габсатарова и др., 2019] для модели источника в виде двойного диполя на основе знаков первых вступлений продольных *P*-волн [Ландер, 2006] на 48 станциях, хорошо окружавших эпицентр и расположенных на расстояниях $\Delta = 0,3-50,5^{\circ}$. Диаграмма механизма очага в стереографической проекции в нижней полусфере показана на рисунке 4, параметры – приведены в таблице 3.

Такое решение механизма очага согласуется с кинематической характеристикой Сунженской разломной зоны.



Рис. 4. Стереограмма механизма очага землетрясения 17 октября 2018 г. / Fig. 4. Stereogram of the focal mechanism of the earthquake on October 17, 2018

Согласно полученному решению землетрясение возникло под действием преобладающих сжимающих напряжений, ориентированных в юго-западном направлении. Тип подвижки в очаге соответствовал взбросу с правосторонним сдвигом по плоскости NP2 с юго-восточным простиранием и левостороннему сдвигу с компонентами взброса по плоскости NP1 с субширотным простиранием. Обе нодальные плоскости имеют достаточно крутое падение.

Таблица 3. / Table 3.

Параметры механизма очага землетрясения 17 октября 2018 г. /

Оси главных напряжений / Principalaxes						Нодальные плоскости / Nodal planes						
Т		Р		Ν			NP1		NP2			
PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
58	102	11	210	29	307	269	42	43	144	62	124	

The parameters of the focal mechanism of the earthquake of October 17, 2018

Макросейсмические проявления Яндарского землетрясения

Для сбора макросейсмических данных сотрудниками Северо-Осетинского филиала ФИЦ ЕГС РАН был осуществлен выезд в эпицентральную зону и близлежащие районы. Оценка интенсивности проводилась по реакции людей и предметов быта на основе шкалы ШСИ-17 [ГОСТ Р 57546-2017]. Обследованию были подвергнуты в основном одно- и двухэтажные жилые дома (за исключением г. Магаса) и некоторые здания административного значения.

С интенсивностью 5 баллов землетрясение проявилось в населенных пунктах Яндаре, Троицкое и Карабулак. Оно было замечено практически всеми жителями этих сел. Многие люди испытывали сильный испуг, некоторые покидали помещения. В домах сильно раскачивались висячие предметы, дребезжала посуда, вибрировали мебель и предметы домашнего обихода. В магазине с полок падали легкие предметы. В отдельных кирпичных домах наблюдались трещины в стенах. При землетрясении был слышен подземный гул, схожий со звуковым эффектом, издаваемым взрывом.

Интенсивность колебаний 4 балла была зафиксирована в населенных пунктах Плиево, Барсуки, Сунжа. Здесь землетрясение ощутили многие люди, находящиеся в покое. В помещениях дрожала мебель, колебались висячие предметы. Паники у людей не было, просто замерли в ожидании.

В Магасе, Али-Юрте, Средних Ачалуках ощутимость землетрясения составила 3 балла. Люди, находившиеся в покое, чувствовали плавное покачивание. В домах были заметны колебания висячих предметов, дребезжание посуды.

Интенсивность сотрясений в 2 балла зафиксирована в населенных пунктах Берд-Юрт, Майское, Галашки, Чермен, Зязиков-Юрт, Гайрбек-Юрт и Батако по вибрации легких предметов.

Во Владикавказе землетрясение ощущалось на верхних этажах многоэтажных зданий. Обобщенные результаты оценки интенсивности землетрясения приведены в таблице 4, а соответствующая карта пунктов-баллов представлена на рисунке 5.

Таблица 4. / Table 4.

	Пункт / Settlement	Δ, км	Координаты /				Пункт /	Л км	Координаты /	
N⁰			Coord	imates		Nº	Sattlamont	$\frac{\Delta}{lm}$	Coord	Coordinates
			φ°,N	λ°,E			Settlement	/ KM	φ°,N	λ°,E
	5 баллов /						2 балла /			
	5 points						2points			
1	Яндаре	0.9	43.27	44.91		11	Берд-Юрт	16.8	43.22	45.11
2	Карабулак	4.26	43.31	44.91		12	Майское	18.5	43.19	44.72
3	Троицкая	6.97	43.31	44.99		13	Галашки	21.6	43.08	44.98
	4 балла /					14	Чермен	21.5	43.15	44.71
	4points					15	Зязиков-Юрт	26.8	43.48	44.77
4	Плиево	7.12	43.29	44.84		16	Гайрбек-Юрт	30	43.40	44.60
5	Барсуки	9.1	43.26	44.81		17	Батако	33.4	43.38	44.54
6	Сунжа	11.8	43.32	45.05			1 балл /			
	3-4 балла /						1 point			
	3-4points					18	Владикавказ	34.2	43.02	44.68
7	Назрань	13.8	43.21	44.76			не ощущалось			
	3 балла /						/ notfeel			
	3 points					19	Михайловское	30.4	43.10	44.63
8	Магас	14.6	43.17	44.80		20	Беслан	32.4	43.19	44.53
9	Али-Юрт	15.1	43.14	44.85		21	Пседах	36	43.47	44.57
10	Ср Ачалуки	18.9	43 37	44 73		22	Сагонния	363	43 49	44 59

Макросейсмические данные о землетрясении 17 октября 2018 г. / Macroseismic data on the earthquake on October 17, 2018





1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале СШИ-17; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – предполагаемые изосейсты. /

Fig. 5. Map locality-points and fragments of the expected isoseist earthquake October 17, 2018 with K_P =11.5

l – macroseismic intensity; 2 – instrumental epicenter; 3 – eists

В заключение стоит сказать, что землетрясение 17 октября 2018 г. стало первым ощутимым землетрясением в Республике Ингушетия, для которого удалось собрать макросейсмические данные сотрудниками СОФ ФИЦ ЕГС РАН. Так как объем имеющейся макросейсмической информации для рассматриваемой территории относительно невелик, данные о проявлениях Яндарского землетрясения интересны с точки зрения анализа распределения интенсивности сотрясений и изучения сейсмичности региона в целом.

Литература

1. Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В. (отв. сост.). II б. Кавказ [50-1974 гг., *M*≥4.0, *I*₀≥5] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 69-170.

2. Багаева С.С., Саяпина А.А., Горожанцев С.В., Погода Э.В. Макросейсмические проявления Заманкульского землетрясения 12 апреля 2018 г. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 39-42.

3. Габсатарова И.П., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В., Янков А.Ю. Северный Кавказ //Землетрясения России в 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 17-27.

4. Габсатарова И.П., Гилёва Н.А., Богинская Н.В., Иванова Е.И., Малянова Л.С., Сафонов Д.А., Середкина А.И. Механизмы очагов отдельных землетрясений России // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – (в печати).

5. ГОСТ Р 57546-2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. Москва. Стандартинформ, 2017. 27 с.

6. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург». Петергоф, 2-6 октября 2006 г. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77-83.

7. Ландер А. В. Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений *P*-волн). – М: Фонды автора, 2006. –27с.

8. Медведев С. В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64 // М.: Межведомственный геофизический институт при Президиуме АН СССР, 1965. 11с.

9. Погода Э.В., Багаева С.С., Саяпина А.А. Регистрационные возможности сети сейсмологических наблюдений Северо-Осетинского филиала ГС РАН // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы VIII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 266-269.

10. Погода Э.В., Гричуха К.В., Кабирова О.Г. Очаговые зоны землетрясений Центральной части Северного Кавказа. // Материалы Десятой Международной сейсмологической школы. Геофизическая служба РАН, Республиканский центр сейсмологической службы при Национальной академии наук Азербайджана. 2015. – С. 265-268.

11. Погода Э.В., Дмитриева И.Ю., Пятунин М.С.. Исследование спектральных характеристик сейсмических шумов на сейсмостанциях Республики Северная Осетия – Алания. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XI Международной сейсмологической школы/ Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016. – С. 263-267.

12. Рогожин Е. А. Современная геодинамика и потенциальные очаги землетрясений Кавказского региона. // Современные математические и геологические модели природной среды: Сб. науч. тр. – М. ОИФЗ РАН, 2002. – С. 244-254.

13. Рогожин Е.А. Сейсмотектоника центрального сектора Большого Кавказа как основа для сейсмического мониторинга и оценки опасности // Вестник Владикавказского Научного Центра. – 2009. – №9 (4). – С. 16-22.

14. Саяпина А.А., Багаева С.С., Горожанцев С.В. О методико-технологических особенностях выполнения сейсмологических наблюдений в Северной Осетии. Теория и практика разведочной и промысловой геофизики: сборник научных трудов / гл. ред. В.И. Костицын; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2018. – С. 252-258.

15. Саяпина А.А., Багаева С.С., Горожанцев С.В. Краткая история создания и этапы развития сейсмологической службы в Республике Северная Осетия-Алания (к 80-летию Э.В. Погоды и 20-летию образования СОФ ФИЦ ЕГС РАН) // Вестник Владикавказского научного центра Т. 19, №2. – Владикавказ: ВНЦ РАН, 2019. – С. 56-64.

16. Уломов В.И., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Полякова Т.П., Шумилина Л.С. К оценке сейсмической опасности на Северном Кавказе // Физика Земли. 2007. № 7. С. 31-45.

17. European Macroseismic Scale 1992. Conseil De L'Europe Cahiers Europeen de Geodynamique et de Seismologie Vol. 7. Luxemburg, 1993, 79 p.

18. European Macroseismic Scale EMS-98 / Ed. by G. Grunthal. Luxembourg: Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie, 1998. Vol. 15. 99 p.

19. Lee W. H. K. and Valdes C. M. HYP071PC: A personal computer version of the HYPO71 earthquake location program // U. S. Geological Survey Open File Report 85-749. – 1985. – 43 p.

20. Michetti A. M., Esposito E., Gürpinar A., Mohammadioun B., Porfeido S., Rogozhin E., Serva L., Tatevossian R., Vittory E., Audemard F., Comerci V., Marco S., McCalpin J., Mörner N.A. The INQUA scale. An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically-induced ground effects in natural environment. Roma: SystemCart, 2004. 118 p. (Memoriedescritivedella carta geologicad'Italia; Vol. 67).

21. Michetti A.M., Esposito E., Guerrieri L., Porfido S., Serva L., Tatevossian R., Vittori E., Audermard F., Azuma T., Clague J., Commerci V., Gurpinar A., McCalpin J., Mohammadioun B., Morner N.A., Ota Y., Rogozhin E. Intensity scale ESI 2007 // Memorie descriptive della carta geologicad'Italia. 2007. V. LXXIV, 50 p.

22. Vogt J., Musson R.M. W., Stucchi M. Seismogeological and hydrological criteria for the New European Macroseismic Scale (MSK-92) // Natural Hazards, 1994. Vol. 10, N 1/2. P. 1-6.

References

1. Babayan T.O., Kuliev F.T., Papalashvili V.G., Shebalin N.V., Vandysheva N.V. (rev. comp.). II b. Caucasus [50–1974, M≥4.0, I0≥5]. New catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975. M. Nauka, 1977. pp. 69–170. (In Russ.)

2. Bagaeva S.S., Sayapina A.A., Gorozhantsev S.V., Pogoda E.V. Macroseismic effect of the Zamankul earthquake on April 12, 2018. Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Materials of the XIII International Seismological School. Publishing editor A.A. Malovichko. Obninsk: FRC GS RAS, 2018. pp. 39–42. (In Russ.)

3. Gabsatarova I.P., Daniyalov M.G., Mekhryushev D.Yu., Pogoda E.V., Yankov A.Yu. North Caucasus. Earthquakes of Russia in 2015. Obninsk. FRC GS RAS, 2017. pp. 17–27. (In Russ.)

4. Gabsatarova I.P., Gileva N.A., Boginskaya N.V., Ivanova E.I., Malyanova L.S., Safonov D.A., Seredkina A.I. Focal mechanisms of some earthquakes in Russia. Earthquakes of Russia in 2018. Obninsk. FRC GS RAS, 2019. (in press). (In Russ.)

5. GOST R 57546-2017 Earthquakes. Seismic intensity scale. Moscow. Standardinform, 2017. 27 p. (In Russ.)

6. Krasilov S.A., Kolomiets M.V., Akimov A.P. Organization of the digital seismic data processing using the WSG software package. Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Materials of the International Seismological School dedicated to the 100th anniversary of the opening of the Pulkovo and Yekaterinburg seismic stations. Peterhof, October 2–6, 2006, Obninsk. GS RAS, 2006. pp. 77–83. (In Russ.)

7. Lander A.V. Description and instructions for the user of the FA program complex (calculation and graphical representation of the mechanisms of earthquake sources according to the signs of the first P-wave arrivals). M. Author's funds, 2006. 27p. (In Russ.)

8. Medvedev S.B., Shponkhoier V., Karnik V. Seismic intensity scale MSK-64. Moscow. Interdepartmental Geophysical Institute under the Presidium of the USSR Academy of Sciences, 1965. 11p. (In Russ.)

9. Pogoda E.V., Bagaeva S.S., Sayapina A.A. Registration capabilities of the network of seismological observations of the North Ossetian branch of the GS RAS. Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Materials of the VIII International Seismological School. Obninsk. GS RAS, 2013.

9 (3) 2019

Геология и геофизика Юга России

pp. 266–269. (In Russ.)

10. Pogoda E.V., Grichukha K.V., Kabirova O.G. Focal zones of earthquakes in the central part of the North Caucasus. Materials of the Tenth International Seismological School. Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences, Republican Center of Seismological Service under the National Academy of Sciences of Azerbaijan. 2015. pp. 265-268. (In Russ.)

11. Pogoda E.V., Dmitrieva I.Yu., Pyatunin M.S. Research of spectral characteristics of seismic noise at seismic stations of the Republic of North Ossetia - Alania. Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Materials of the XI International Seismological School. Publishing editor A.A. Malovichko. Obninsk: FRC GS RAS, 2016. pp. 263–267. (In Russ.)

12. Rogozhin E.A. Modern geodynamics and potential sources of earthquakes in the Caucasus region. Modern mathematical and geological models of the natural environment: Proceedings M. JIPE RAS, 2002. pp. 244–254. (In Russ.)

13. Rogozhin E.A. Seismotectonics of the central sector of the Greater Caucasus as a basis for seismic monitoring and hazard assessment. Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center. 2009. No. 9 (4). pp. 16–22. (In Russ.)

14. Sayapina A.A., Bagaeva S.S., Gorozhantsev S.V. About the methodological and technological features of seismological observations in North Ossetia. Theory and practice of exploration and production geophysics: Proceedings of scientific papers. Editor-in-charge. V.I. Kostitsyn; Perm State National Research University. Perm, 2018. pp. 252–258. (In Russ.)

15. Sayapina A.A., Bagaeva S.S., Gorozhantsev S.V. A brief history of the creation and stages of the development of the seismological service in the Republic of North Ossetia-Alania (devoted to the 80th anniversary of E.V. Pogoda and the 20th anniversary of the NOB FRC GS RAS). Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center Vol. 19, No. 2. Vladikavkaz: VSC RAS, 2019. pp. 56–64. (In Russ.)

16. Ulomov V.I., Danilova T.I., Medvedeva N.S., Polyakova T.P., Shumilina L.S. To the assessment of seismic hazard in the North Caucasus. Physics of the Earth. 2007. No. 7. pp. 31–45. (In Russ.)

17. European Macroseismic Scale 1992. Conseil De L'Europe Cahiers Europeen de Geodynamique et de Seismologie Vol. 7. Luxemburg, 1993, 79 p.

18. European Macroseismic Scale EMS-98. Luxembourg: Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie, 1998. Vol. 15. 99 p.

19. Lee W.H.K. and Valdes C.M. HYP071PC: A personal computer version of the HYPO71 earthquake location program. U.S. Geological Survey Open File Report 85–749. 1985. 43 p.

20. Michetti A.M., Esposito E., Gürpinar A., Mohammadioun B., Porfeido S., Rogozhin E., Serva L., Tatevossian R., Vittory E., Audemard F., Comerci V., Marco S., McCalpin J., Mörner N.A. The INQUA scale. An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically-induced ground effects in natural environment. Roma: SystemCart, 2004. 118 p. (Memoriedescritivedella carta geologicad'Italia; Vol. 67).

21. Michetti A.M., Esposito E., Guerrieri L., Porfido S., Serva L., Tatevossian R., Vittori E., Audermard F., Azuma T., Clague J., Commerci V., Gurpinar A., McCalpin J., Mohammadioun B., Morner N.A., Ota Y., Rogozhin E. Intensity scale ESI 2007. Memorie descriptive della carta geologicad'Italia. 2007. Vol. LXXIV, 50 p.

22. Vogt J., Musson R.M.W., Stucchi M. Seismogeological and hydrological criteria for the New European Macroseismic Scale (MSK-92). Natural Hazards, 1994. Vol. 10, N 1/2. pp. 1–6.