УДК550.34

DOI: [10.46698/VNC.2020.64.38.007](https://doi.org/10.46698/VNC.2020.64.38.007)

Оригинальная статья

Макросейсмические и инструментальные исследования Верхне-Фиагдонского землетрясения 26 января 2020 года

И. Ю. Дмитриева , А. А. Саяпина , С. С. Багаева , С. В. Горожанцев

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

Статья поступила: 16.09.2020, после рецензирования: 28.10.2020, принята к публикации: 12.11.2020

Резюме: Актуальность работы. Изучение землетрясений территории Северного Кавказа не просто актуальная задача. Ее решение является насущной необходимостью, требует ежедневного, кропотливого труда для повышения уровня комфортности жизни населения. **Целью работы** является представить достаточно подробный анализ ощутимого тектонического землетрясения, случившегося 26 января 2020 года в 21^h01^m по Гринвичу с интенсивностью сотрясений в эпицентре 4-5 баллов, произошедшего на территории Республики Северная Осетия-Алания. **Методы исследования** включали: определение параметров гипоцентра сейсмического события с помощью программно-вычислительных комплексах WSG и HYP071; описание геолого-тектонической позиции очага; расчет и графическое представление механизма очага землетрясения по знакам первых вступлений *P*-волн; сбор макросейсмических данных путем выездов на места проявления землетрясения для определения интенсивности сотрясений земной поверхности в баллах; рассмотрение исторической и современной сейсмичности в области исследуемого землетрясения. В **результате** получено следующее решение параметров гипоцентра землетрясения: $\varphi=42,69^{\circ}\text{N}$, $\lambda=44,15^{\circ}\text{E}$, $h=6\text{ км}$, $K_p=11,2$. Очаг землетрясения находился вблизи зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) Главного хребта в сеймотектоническом блоке, расположенном между Главным Кавказским и Адайком-Казбекским разломами. По знакам первых вступлений продольных *P*-волн на 20 станциях рассчитан механизм очага землетрясения. Согласно полученному решению очаг землетрясения возник в верхней части земной коры под действием сжимающих напряжений, тип движения – взбросо-сдвиг, что согласуется с кинематической характеристикой зоны Главного хребта. Землетрясение, получившее название Верхне-Фиагдонское, характеризуется отсутствием заметного афтершокового процесса, однако анализ имеющихся волновых форм ближайшей сейсмической станции показал наличие последовательности слабых сейсмических событий. Макросейсмический эффект землетрясения был исследован сотрудниками Северо-Осетинского филиала ФИЦ ЕГС РАН в 25 населенных пунктах. Согласно результатам опроса, максимальная интенсивность сотрясений составила 4-5 балла. По результатам оценки интенсивности построена соответствующая карта пунктов-баллов землетрясения. Приведены сведения по истории сейсмичности очаговой зоны исследуемого землетрясения за более чем 150 лет.

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

Для цитирования: Дмитриева И. Ю., Саяпина А. А., Багаева С. С., Горожанцев С. В. Макросейсмические и инструментальные исследования Верхне-Фиагдонского землетрясения 26 января 2020 года. *Геология и геофизика Юга России*. 2020. 10 (4): 113 – 123. DOI: 10.46698/VNC.2020.64.38.007.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (в рамках государственного задания № 075-01304-20) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

DOI: [10.46698/VNC.2020.64.38.007](https://doi.org/10.46698/VNC.2020.64.38.007)

Original paper

Macroseismic and instrumental studies of the Verkhniy Fiagdon earthquake on January 26, 2020

I. Yu. Dmitrieva^{ID}, A. A. Sayapina^{ID}, S. S. Bagaeva^{ID}, S. V. Gorozhantsev^{ID}

North Ossetia Regional Seismological Centre, Geophysical Survey,
Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str., Vladikavkaz 362002,
Russian Federation, e-mail: sofgras@gmail.com

Received: 16.09.2020, revised: 28.10.2020, accepted: 12.11.2020

Abstract: Relevance. The earthquakes study in the North Caucasus is not just an urgent task. Its solution is an urgent need. It requires daily, painstaking work to increase the comfort level of the population's life. **The aim** of the work is to present a sufficiently detailed analysis of the tangible tectonic earthquake on January 26 at 21^h01^m GMT, which occurred on the territory of the Republic of North Ossetia-Alania. Intensity of the shock equaled 4-5 in the epicenter. **Research methods** included: determination of the parameters of the seismic event hypocenter using the WSG and HYP071 software complexes; description of the geological and tectonic position of the source; calculation and graphical presentation of the earthquake source mechanism by the signs of the first arrivals of P-waves; collection of macroseismic data by visits to the places of earthquake manifestation to determine the intensity of shaking the earth's surface in points; consideration of historical and modern seismicity in the area of the investigated earthquake. **As a result**, the following solution of parameters of an earthquake is received: $\varphi=42,69^{\circ}\text{N}$, $\lambda=44,15^{\circ}\text{E}$, $h=6$ km, $K_p=11,2$. The epicenter of the earthquake occurs near the Main ridge zone. In more detail, the earthquake happened in the seismotectonic block located between the Main Caucasian and Adaykom-Kazbek faults. For the earthquake, the mechanism of the focus was calculated according to the signs of the first arrivals of longitudinal P-waves at 20 stations. According to the solution, the earthquake occurred in the upper part of the earth's crust under the action of compressive stresses, the type of motion is upthrust-strike-slip, which is consistent with the kinematic characteristic of the Main Ridge Zone. The earthquake, called Verkhniy Fiagdon earthquake, is characterized by the absence of a noticeable aftershock process, but the analysis of the available wave forms of the nearest seismic station showed the presence of a sequence of weak seismic events. The macroseismic effect of the earthquake was investigated in 25 settlements by the staff of the North Ossetian branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences. According to the survey results, the maximum intensity of concussions was 4-5 points. A map of earthquake manifestations in localities constructed based on the results of the intensity assessment. The history of seismicity of the focal zone of the investigated earthquake for the last 150 years is studied.

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

For citation: Dmitrieva I. Yu., Sayapina A. A., Bagaeva S. S., Gorozhantsev S. V. Macroseismic and instrumental studies of the Verkhniy Fiagdon earthquake on January 26, 2020. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2020. 10 (4): 113 – 123. DOI: 10.46698/VNC.2020.64.38.007.

Acknowledgments: This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (within the framework of state assignment No. 075-01304-20) and using data obtained at the unique scientific equipment "Seismic-infrasound complex for monitoring the Arctic permafrost and a complex for continuous seismic monitoring of the Russian Federation, adjacent territories and the world".

Введение

Северный Кавказ является одним из наиболее опасных регионов Российской Федерации [Ulomov et al., 2007; Lukk, Shevchenko, 2019]. Согласно карте ОСР-2016, здесь возможны разрушительные землетрясения с интенсивностью до 8-9 баллов по шкале MSK-64. Следовательно, глубокое изучение сейсмичности данной территории – это не просто актуальная задача, а острая проблема, требующая ежедневного кропотливого труда для повышения безопасности жизни населения.

26 января 2020 года в горной местности на юге Республики Северная Осетия-Алания в 20 км от села Верхний Фиагдон и в 9 км от Российско-Грузинской границы произошло ощутимое землетрясение с энергетическим классом $K_p=11,2$ и максимальной интенсивностью в эпицентре 4-5 баллов. Оно стало сильнейшим инструментально зарегистрированным землетрясением с момента создания на территории республики сети сейсмологических наблюдений [Габсатарова и др., 2014; Багаева и др., 2019]. В тектоническом отношении эпицентр Верхне-Фиагдонского землетрясения находился в блоке между Адайком-Казбекским разломом на севере и Тибским разломом на юге, которые круто падают к северу и северо-востоку соответственно. Смещения по обоим разломам – взбросо-надвиги. Ранее в зоне Тибского разлома была выявлена Нарская зона первичных палеосейсмодислокаций, тяготеющая к одноименной неотектонической депрессии, что свидетельствует о современной сейсмотектонической активности этой структуры [Рогожин и др., 2014].

Цель работы

Целью настоящей работы являлось проведение комплексного анализа основных параметров очага землетрясения на основе инструментальных и макросейсмических данных, определение его расположения в сейсмотектоническом плане территории Северной Осетии-Алании, построение механизма очага для сопоставления полученного решения с кинематикой разломной структуры очаговой зоны исследуемого землетрясения.

Методы и результаты исследования

Методика исследований Верхне-Фиагдонского землетрясения включала: оценку и обработку инструментальных данных, расчет и графическое представление механизма очага, сбор и анализ макросейсмических данных, обзор исторической и современной сейсмичности.

Инструментальные данные

Параметры гипоцентра землетрясения, рассчитанные в программно-вычислительных комплексах WSG [Красилов и др., 2006] и HYPO71 [Lee et al., 1985], были определены по данным сетей сейсмических станций NOGSR, OBGSR и DAGSR [Габсатарова и др., 2017]. Получено следующее решение параметров очага землетрясения: $\varphi=42,69^\circ\text{N}$, $\lambda=44,15^\circ\text{E}$, $h=6$ км, $K_p=11,2$. Станции [Погода и др., 2016; Саяпина и др., 2019], участвующие в определении параметров гипоцентра, окружали эпицентр с азимутальной брешью $GAP=160^\circ$. Ближайшая станция «Лац» находилась на расстоянии 21 км. Общее число станций, участвующих в локации, равно $N=20$. Записи ближайших к эпицентру станций представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Записи землетрясения 26.01.2020 г. в 21^h01^m с $K_p=11,2$. /
Fig. 1. Records of the earthquake of 26.01.2020 at 21^h01^m with $K_p=11,2$.

За основным толчком не последовало заметного афтершокового процесса, однако, проанализировав недельную запись вертикальной компоненты ближайшей сейсмической станции «Лац», удалось выделить последовательность слабых сейсмических событий. При ближайшем рассмотрении записи 21 событие было отнесено к событиям «возможно, афтершок» (рис. 2). Распределение их во времени изображено на рисунке 3.

Рис. 2. Записи событий «возможно, афтершок». /
Fig. 2. Records of «possible aftershock» events.

Рис. 3. Распределение во времени событий «возможно, афтершок». /
Fig. 3. The distribution in time of events «possible aftershock».

Механизм очага

Механизм очага Верхне-Фиагдонского землетрясения (табл. 1, рис. 4) рассчитан по знакам первых вступлений продольных волн [Ландер, 2006] на 20 станциях, расположенных на расстояниях от 21 до 211 км от эпицентра.

Согласно полученному решению землетрясение возникло под действием преобладающих сжимающих напряжений, ориентированных в северо-западном направлении. Тип подвижки в очаге соответствовал взбросу с правосторонним сдвигом по плоскости NP1, простирающейся с юго-запада на северо-восток, и левостороннему сдвигу с взбросовой компонентой по плоскости NP2 близ меридианального простиранья.

Рис. 4. Стереограмма механизма очага землетрясения 26 января 2020 г. /
Fig. 4. Stereogram of the focal mechanism of the earthquake on January 26, 2020

Обе нодальные плоскости имеют достаточно крутое падение ($DP=44-69^\circ$).

Такое решение механизма очага хорошо сочетается с кинематической характеристикой зоны Главного хребта ВОЗ. Простираение плоскости *NP1* согласуется с вытянутостью изосейст, что позволяет выбрать ее в качестве действующей плоскости.

Макросейсмические данные

Для сбора макросейсмических данных сотрудниками Северо-Осетинского филиала ФИЦ ЕГС РАН был осуществлен выезд в эпицентральной зону и близлежащие районы. Также сведения о макросейсмических проявлениях из 14 населенных пунктов были собраны путем телефонного опроса. Оценка

интенсивности проводилась по реакции людей и предметов быта на основе шкалы ШСИ-17 [ГОСТ Р 57546-2017], являющейся результатом модернизации шкал MSK-64 [Медведев и др., 1965], MCS [Sieberg, 1923], MM [Wood et al., 1931], EMS-98 [European Macroseismic Scale, 1998], ESI-2007 [Michetti et al., 2007].

С интенсивностью 4-5 баллов землетрясение проявилось в населенных пунктах Хидикус, Лац, Урикау, Верхний Фиагдон и Верхний Унал и было замечено практически всеми жителями этих сел. Многие люди испытывали сильный испуг и покидали помещения, многие спящие просыпались. В домах сильно раскачивались висячие предметы, дребезжала посуда, скрипела и дрожала мебель, в некоторых случаях падали иконы, беспокоились домашние животные. При землетрясении был слышен грохотообразный гул, похожий на взрыв.

Интенсивность колебаний 4 балла была зафиксирована в населенных пунктах Дзивгис, Нар, Бурон и Верхний Цей. Здесь землетрясение ощутили многие люди, находящиеся в покое. В помещениях дрожала мебель, колебались свободно подвешенные предметы. Люди слышали сильный шум как при грозе. Паники у людей не было.

В Тамиске и Кобане ощутимость землетрясения составила 3 балла. Люди, находившиеся в покое, испытывали плавное покачивание. В домах были заметны колебания висячих предметов, дребезжание посуды.

Таблица 1 / Table 1

**Параметры механизма очага землетрясения 26 января 2020 г. /
The parameters of the focal mechanism of the earthquake of January 26, 2020**

Оси главных напряжений / Principal axes						Нодальные плоскости / Nodal planes					
<i>T</i>		<i>P</i>		<i>N</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>		
<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>
50	190	14	298	36	39	235	69	129	349	44	32

Интенсивность сотрясений в 2-3 балла зафиксирована в населенных пунктах Алагир, Суадаг и Чми. Люди ощущали плавное покачивание, в домах слегка покачивались люстры. В селении Чми у людей возникло ощущение того, как будто Терек вышел из берегов (у тех, кто уже сталкивался с этим явлением).

2 балла отмечены в населенных пунктах Балта и Ногкау по единичным слабым ощущениям.

Во Владикавказе и Ардоне землетрясение ощущалось на верхних этажах многоэтажных зданий.

Обобщенные результаты оценки интенсивности землетрясения приведены в таблице 2, а соответствующая карта пунктов-баллов представлена на рисунке 5.

Историческая и современная сейсмичность

Очаг исследуемого землетрясения расположен вблизи зоны Главного хребта ВОЗ [Рогожин и др., 2008], для которой теоретически максимально возможная маг-

Таблица 2 / Table 2

Макросейсмические данные о землетрясении 26 января 2020 г. / Macro seismic data on the earthquake on January 26, 2020

№	Пункт / Settlement	Δ, км / km	Координаты / Coordinates	
			φ°, N	λ°, E
	<i>4-5 балла / 4-5 points</i>			
1	Хидикус / Hidikus	18,6	42,82	44,27
2	Лац / Lats	20	42,82	44,29
3	Урикау / Urikau	20,1	42,83	44,29
4	В. Фиэгдон / Upper Fiagdon	21,4	42,83	44,31
5	В. Унал / Upper Unal	18,5	42,85	44,16
	<i>4 балла / 4 points</i>			
6	Дзивгис / Dzivgis	25,6	42,88	44,31
7	Нар / Nar	10,5	42,68	44,02
8	Бурон / Buron	17,2	42,79	44,01
9	В. Цей / Upper Tsey	22,1	42,80	43,94
	<i>3 балла / 3 points</i>			
10	Тамиск / Tamisk	31,5	42,96	44,20
11	Кобан / Koban	37,6	42,92	44,48
	<i>2-3 балла / 2-3 points</i>			
12	Алагир / Alagir	40,6	43,04	44,22
№	Пункт / Settlement	Δ, км / km	Координаты / Coordinates	
			φ°, N	λ°, E
13	Суадаг / Suadag	41,5	43,04	44,28
14	Чми / Chmi	44,2	42,85	44,64
	<i>2 балла / 2 points</i>			
15	Дзуарикау / Dzuarikau	43	43,02	44,41
15	Балта / Balta	47,2	42,92	44,63
16	Ногкау / Nogkau	47,6	43,09	44,29
	<i>1 балл / 1 point</i>			
17	Ардон / Ardon	56,3	43,18	44,30
18	Владикавказ / Vladikavkaz	57,7	43,02	44,68
	<i>не ощущалось / not feel</i>			
19	В. Саниба / Upper Saniba	49,3	43,01	44,56
20	Н. Саниба / Lower Saniba	50,7	43,04	44,54
21	Кадгарон / Kadgaron	52,1	43,13	44,33
22	Гизель / Gizel	52,9	43,04	44,57
23	Архонская / Arkhonskaya	56,1	43,11	44,51
24	Фарн / Farn	62,7	43,18	44,50
25	Октябрьское / Oktyabrskoe	64,3	43,06	44,75

Рис. 5. Карта пунктов-баллов и фрагменты предполагаемых изосейст землетрясения 26 января 2020 г. с $K_p=11,2$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале ШСИ-17; 2 – эпицентр, определенный по инструментальным данным; 3 – предполагаемые изосейсты. /

Fig. 5. Map locality-points and fragments of the expected isoseist earthquake January 26, 2020 with $K_p=11,2$

1 – macroseismic intensity; 2 – instrumental epicenter; 3 – supposed isoseists.

Таблица 3 / Table 3

Основные параметры сильнейших исторических землетрясений в районе Верхне-Фиэгдонского землетрясения. / The main parameters of the strongest historical earthquakes in the area of the Verkhniy Fiagdon Earthquake

№	Дата / Date	Время / Time	Эпицентр / Epicenter		h , км / km	M	I_0 , баллы / points
			φ° , N	λ° , E			
1	13.03.1854	07:45 ± 10 мин	42,80 $\pm 0,5$	44,00 $\pm 0,5$	15 5-50	4,4 $\pm 0,7$	5-6 ± 1
2	30.08.1905	23:54:16 ± 10 с	42,70 $\pm 0,2$	44,00 $\pm 0,2$	11 5-22	4,2 $\pm 0,5$	6 $\pm 0,5$
3	17.02.1917	23:49 ± 10 мин	42,7 $\pm 0,2$	44,0 $\pm 0,2$	(10) 3-30	4,2 $\pm 0,7$	6 ± 1
4	22.02.1917	04:58:22 ± 10 с	42,7 $\pm 0,2$	44,0 $\pm 0,2$	9 4-18	4,5 $\pm 0,5$	6-7 ± 1
5	09.05.1946	19:49:08 ± 5 с	42,7 $\pm 0,2$	44,4 $\pm 0,2$	20 13-30	4,8 $\pm 0,5$	6 $\pm 0,5$
6	06.11.1946	21:54:07 ± 5 с	42,6 $\pm 0,2$	44,5 $\pm 0,2$	16 8-32	3,9 $\pm 0,7$	5 ± 1
7	29.04.1991	09:37	42,84	44,12	10	5,1	
8	29.04.1991	19:06	42,65	44,02	2	4,8	
9	11.02.1994	17:40	42,68	44,08	10	3,8

Рис. 6. Сейсмичность вблизи эпицентральной зоны Верхне-Фиагдонского землетрясения 2004-2019 гг. на фоне зон ВОЗ. /

Fig. 6. Seismicity near the epicentral zone of the Verkhniy Fiagdon earthquake of 2004-2019 against the background of the zones of possible earthquake foci.

нитуда равна $M_{\max}=6,2$. По данным [Бабаян и др., 1977; Годзиковская, 2001] была рассмотрена история сейсмичности очаговой зоны Верхне-Фиагдонского землетрясения за последние 150 лет. Параметры ближайших по расстоянию к нему сильнейших и ощутимых землетрясений приведены в таблице 3.

Сейсмичность вблизи эпицентра Верхне-Фиагдонского землетрясения в 2004-2019 гг. показана на рисунке 6 на фоне карты зон ВОЗ Мизурской (7), Владикавказской (5), Главного Хребта (8). Цифрами 6,2 и 6,5 отмечены максимально возможные магнитуды. Как видно, зона Главного хребта на территории Северной Осетии-Алании наименее сейсмоактивна, несмотря на высокий сейсмический потенциал.

Заключение

Верхне-Фиагдонское землетрясение стало сильнейшим инструментально зарегистрированным землетрясением с момента создания на территории республики сети сейсмологических наблюдений. Оно подтвердило значительный сейсмический потенциал зоны Главного хребта ВОЗ. Решение механизма очага хорошо согласуется с кинематикой разломной структуры очаговой зоны исследуемого землетрясения. Макросейсмический эффект Верхне-Фиагдонского землетрясения проанализирован на основе шкалы ШСИ-17. В результате анализа построена соответствующая карта пунктов-баллов, свидетельствующая о преобладании распространения сотрясений в северо-восточном направлении.

Проведенные исследования находят свое применение в решении различных научных и практических задач.

Литература

1. Бабаян Т. О., Кулиев Ф. Т., Папалашвили В. Г., Шебалин Н. В., Вандышева Н. В. (отв. сост.). П б. Кавказ [50-1974 гг., $M \geq 4,0$, $I_0 \geq 5$]. // 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. О современной сейсмичности Республики Северная Осетия-Алания по данным инструментальных наблюдений СОФ ФИЦ ЕГС РАН. // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. / Под ред. А. В. Николаева, В. Б. Заалишвили. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН. 2019. – С. 502-508.
3. Габсатарова И.П., Погода Э.В., Головкова Л.В. Хаталдонское землетрясение 11 мая 2008 года с $K_p = 10,2$, $I_0 = 4$ (Северная Осетия-Алания). // Землетрясения Северной Евразии в 2008 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2014. – С. 330–336.
4. 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.
5. Годзиковская А. А. База данных «Каталог землетрясений Кавказа с $M \geq 4,0$ ($K \geq 11,0$) с древнейших времен по 2000 г.» [электронный ресурс]. – URL: <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/caucasus/>.
6. ГОСТ Р 57546-2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. – М.: Стандартинформ, 2017. – 27 с.
7. 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.
8. 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.
9. Медведев С. В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. // М.: Межведомственный геофизический институт при Президиуме АН СССР, 1965. – 11с.
10. 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.
11. Рогожин Е. А., Габсатарова И. П., Погода Э. В. Зоны ВОЗ и сейсмичность территории Республики Северная Осетия-Алания. // Землетрясения Северной Евразии. Материалы Международной конференции, посвященной 10-летию выпуска сборника научных трудов «Землетрясения Северной Евразии», Обнинск, 28-31 июля 2008 г. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 243-249.
12. Рогожин Е. А., Овсяченко А. Н., Лутиков А. И., Собисевич А. Л., Собисевич Л. Е., Горбатилов А. В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – 256 с.
13. 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. – 2019. – Т. 19. № 2. – С. 56-64.
14. European Macroseismic Scale EMS-98. / Ed. by G. Grunthal. Luxembourg: Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie. – 1998. – Vol. 15. – 99 p.
15. Lee W. H. K. and Valdes C. M. HYP071PC: A personal computer version of the HYP071 earthquake location program. // U. S. Geological Survey Open File Report 85-749. – 1985. – 43 p.
16. Lukk A. A., Shevchenko V. I. Seismicity, tectonics, and GPS geodynamics of the Caucasus. // Izvestiya. Physics of the Solid Earth. – 2019. – Vol. 55. No. 4. – pp. 626-648.
17. Michetti A. M., Esposito E., Guerrieri L., Porfido S., Serva L., Tatevossian R., Vittori E., Audernard 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 cartageologica d'Italia*. – 2007. – Vol. LXXIV. – 50 p.

18. Sieberg A. *Geologische, physikalische und angewandte Erdbebenkunde*. – Jena: G. Fischer, 1923.

19. Ulomov V. I., Danilova T. I., Medvedeva N. S., Polyakova T. P., Shumilina L. S. Assessment of seismic hazard in the North Caucasus. // *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*. – 2007. – Vol. 43. No. 7. – pp. 559-572.

20. Wood H., Neumann F. Modified Mercalli intensity scale of 1931. // *Bull. Seismol. Soc. Am.* – 1931. – Vol. 21. – pp. 277-283.

References

1. Babayan T. O., Kuliev F. T., Papalashvili V. G., Shebalin N. V., Vandysheva N. V. *Ib. Caucasus* [50-1974, $M \geq 4.0$, $I_0 \geq 5$]. New catalog of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975. Moscow. Nauka, 1977. pp. 69-170. (In Russ.)

2. Bagaeva S. S., Sayapina A. A., Gorozhantsev S. V. On the modern seismicity of the Republic of North Ossetia-Alania according to instrumental observations of the FRC GS RAS. Hazardous natural and man-made processes in mountainous regions: models. systems. technology. Collective monograph. Vladikavkaz, GPI VSC RAS, 2019. pp. 502-508. (In Russ.)

3. Gabsatarova I. P., Pogoda E. V., Golovkova L. V. Hataldonsk earthquake on May 11, 2008 with $K_p = 10.2$, $I_0 = 4$ (North Ossetia-Alania). The earthquakes of Northern Eurasia, 2008. Obninsk, GS RAS, 2014. pp. 330-336. (In Russ.)

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

5. Godzikovskaya A. A. Database "Catalog of earthquakes of the Caucasus with $M \geq 4.0$ ($K \geq 11.0$) from ancient times to 2000" URL: <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/caucasus/>. (In Russ.)

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

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

8. Lander A. V. Description and instructions for the user of the FA software package (calculation and graphical presentation of earthquake source mechanisms by the signs of the first arrivals of P-waves). Moscow, 2006. 27p. (In Russ.)

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

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

11. Rogozhin E. A., Gabsatarova I. P., Pogoda E. V. PSS zones and seismicity of the territory of the Republic of North Ossetia-Alania. Earthquakes of Northern Eurasia. In: Proceedings of the International Conference dedicated to the 10th anniversary of the release of the proceedings of scientific papers "Earthquakes of Northern Eurasia", Obninsk, July 28-31, 2008, Obninsk, GS RAS, 2008. pp. 243-249. (In Russ.)

12. Rogozhin E. A., Ovsyuchenko A. N., Lutikov A. I., Sobisevich A. L., Sobisevich L. E., Gorbatiyov A. V. Endogenous hazards of the Greater Caucasus. Moscow. IPE RAS, 2014. 256 p. (In Russ.)

13. Sayapina A. A., Bagaeva S. S., Gorozhantsev S. V. A brief history of the creation and stages of development of the seismological service in the Republic of North Ossetia-Alania (to the 80th anniversary of E. V. Pogoda and the 20th anniversary of the establishment of the NOB of FRC EGS RAS). *Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center*, 2019. Vol. 19. No. 2. pp. 56-64. (In Russ.)
14. European Macroseismic Scale EMS-98. Ed. by G. Grunthal. Luxembourg: Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie, 1998. Vol. 15. 99 p.
15. Lee W. H. K. and Valdes C. M. HYP071PC: A personal computer version of the HYP071 earthquake location program. U. S. Geological Survey Open File Report, 1985.43 p.
16. Lukk A. A., Shevchenko V. I. Seismicity, tectonics, and GPS geodynamics of the Caucasus. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 2019. Vol. 55. No. 4. pp. 626-648.
17. Michetti A. M., Esposito E., Guerrieri L., Porfido S., Serva L., Tatevossian R., Vittori E., Audermard F., Azuma T., Clague J., Commerci V., Gurbinar A., McCalpin J., Mohammadioun B., Morner N. A., Ota Y., Rogozhin E. Intensity scale ESI 2007. *Memorie descrittive della cartageologica d'Italia*, 2007. Vol. LXXIV. 50 p.
18. Sieberg A. *Geologische, physikalische und angewandte Erdbebenkunde*. Jena, G. Fischer, 1923.
19. Ulomov V. I., Danilova T. I., Medvedeva N. S., Polyakova T. P., Shumilina L. S. Assessment of seismic hazard in the North Caucasus. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 2007. Vol. 43. No. 7. pp. 559-572.
20. Wood H., Neumann F. Modified Mercalli intensity scale of 1931. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 1931. Vol. 21. pp. 277-283.