

УДК 550.348 (470.6)

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 24 АПРЕЛЯ 2018 г. с $K_p=10.5$, $M_w=3.9$ и $I_0=5$ баллов

в АНАПСКО-НОВОРОССИЙСКОЙ ЗОНЕ

А.И. Клянчин¹, А.С. Зверева², И.П. Габсатарова³

¹ФИЦ ЕГС РАН, г. Санкт-Петербург, astrogeolog@mail.ru

²ФИЦ ЕГС РАН, г. Пермь, zvereva.as59@gmail.com

³ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, ira@gsras.ru

Аннотация. Приведены инструментальные и макросейсмические данные о землетрясении 24 апреля 2018 г. с $K_p=10.5$, произошедшем на побережье Черного моря вблизи Абрауского полуострова и ощущавшемся в 15 населенных пунктах на расстояниях до 52 км от эпицентра с интенсивностью от 3 до 5 баллов. Эпицентр землетрясения расположен в Черноморской зоне ВОЗ. По спектрам семи региональных станций рассчитаны скалярный сейсмический момент M_0 и спектральная моментная магнитуда $M_w=3.9$. По знакам первого движения в P -волне на 68 станциях построен механизм очага. Установлено, что в очаге произошел надвиг по плоскости северо-западного простирания, падающей на северо-восток, что согласуется с ориентацией и падением плоскостей разрывов тектонических структур в районе очага. Макросейсмические проявления землетрясения 24 апреля 2018 г. позволили выбрать наиболее приемлемое значение глубины и произвести расчет интенсивности в эпицентре ($h=10$ км, $I_0=5$ баллов).

Ключевые слова: землетрясение, Анапско-Новороссийская зона, механизм очага, очаговый спектр, макросейсмический эффект.

Для цитирования: Клянчин А.С., Зверева А.С., Габсатарова И.П. Землетрясение 24 апреля 2018 г. с $K_p=10.5$, $M_w=3.9$ и $I_0=5$ баллов в Анапско-Новороссийской зоне // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 293–302. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.26> EDN: HYDJSS

Введение. 24 апреля 2018 г. в 20^h47^m (23^h47^m местного времени) в акватории Черного моря, вблизи полуострова Абрау (в районе Утриш), произошло ощутимое землетрясение с $K_p=10.5$ [1], $M_w=3.9$ [2]. По полученным инструментальным данным, эпицентр землетрясения находился в шельфовой части побережья Черного моря (рис. 1) вблизи пос. Сукко (11 км к юго-востоку) и с. Абрау-Дюрсо (11 км к западу). Землетрясение ощущалось, в основном, в Анапе и Новороссийске, а также в некоторых ближайших населенных пунктах. Макросейсмическая информация по этому землетрясению, собранная одним из авторов настоящей статьи, была опубликована в работах [3, 4].

В тектоническом плане Анапско-Новороссийская зона, в основном, относится к району северо-западного сочленения структур Большого Кавказа с Туапсинским передовым прогибом и Восточно-Черноморской плитой. Макросейсмические проявления от землетрясений умеренных магнитуд известны здесь еще с XVII века [5–7].

Целью настоящей работы является описание всей имеющейся инструментальной и макросейсмической информации о землетрясении 24 апреля 2018 г., исследование очаговых и спектральных параметров, таких как механизм очага, скалярный сейсмический момент M_0 и спектральная магнитуда Канамори M_w , и сопоставление полученной информации со структурно-тектоническими условиями района.

Сейсмическая сеть. Непрерывный сейсмологический мониторинг на территории Краснодарского края проводится сетью сейсмических станций Федерального исследовательского центра Единой геофизической службы РАН (ФИЦ ЕГС РАН), расположенных на Черноморском побережье Кавказа, Крыма и в Краснодарском крае. В настоящее время в западной зоне работают 20 сейсмических станций, записи которых передаются в центры сбора и обработки и сохраняются в архивах ФИЦ ЕГС РАН [8, 9].

Инструментальные данные. Оперативные параметры гипоцентра землетрясения были получены в Службе срочных донесений (ССД) ФИЦ ЕГС РАН [10] (табл. 1, решение GSRAS (ССД)), куда записи более 50 сейсмических станций России и мира поступают в режиме, близком к реальному времени, а впоследствии – в службе Сейсмологического бюллетеня (табл. 1, решение GSRAS) [11]. В связи с тем, что для этих решений использовались обобщенные годографы

и в основном удаленные станции, произведено уточнение параметров землетрясения с использованием данных сети региональных станций и местных скоростных моделей среды. Локация проводилась с использованием времен вступления P - и S -волн, выделенных на записях 36 станций, удаленных от эпицентра на расстояния от 24 до 624 км (рис. 2). Для определения параметров гипоцентра была использована программа HYPO71 [12] с заданной скоростной моделью земной коры для Западного Кавказа по [13].

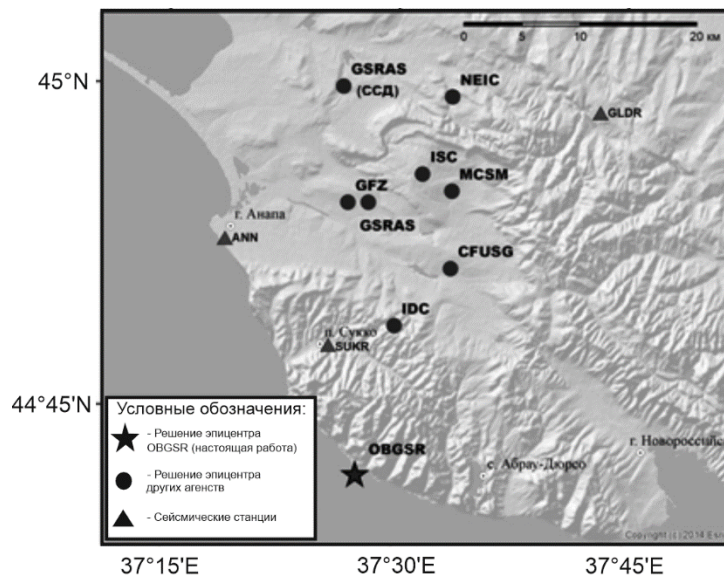


Рис. 1. Положение эпицентра землетрясения 24 апреля 2018 г. по данным разных агентств и расположение ближайших сейсмических станций

Названная выше сеть сейсмических станций позволила локализовать гипоцентр землетрясения в некотором удалении от гипоцентров по данным других международных центров, не располагавших данными ближайших станций (рис. 1, табл. 1). На рис. 1 показано расположение эпицентров по данным разных агентств.

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 24 апреля 2018 г. с $K_p=10.5$, $M_w=3.9$ по данным различных центров

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда, класс/число станций	Ссылка
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
GSRAS (CCD)	20 47 36	–	45.00	–	37.44	–	10	–	$mb=4.1/3$	[10]
GSRAS	20 47 39.9	–	44.91	–	37.46	–	33	–	$MPSP=4.1/5$	[11]
OBGSR	20 47 41.20	0.75	44.70	–	37.46	–	35	0.3	$MPVA=4.7$, $M_w=3.9$ [2], $K_p=10.5$	[1]
MCSM	20 47 38.60	1.21	44.92	–	37.56	–	10	–	$mb=4.4\pm 0.2$, $mB=4.8\pm 0.3$, $ML_v=4.6\pm 0.3$	[14]
GFZ	20 47 39.84	0.98	44.91	–	37.447	–	10f	–	$mb=4.4\pm 0.2/25$, $M=4.3/25$	[14]
NEIC	20 47 37.42	1.33	44.9931	–	37.5591	–	10f	–	$mb=4.2\pm 0.1$	[14]
CFUSG	20 47 42.00	0.3	44.86	–	37.56	–	33.0	–	$MSH=3.9$, $K_{\pi}=10.7\pm 0.3/8$	[14]
IDC	20 47 42.17	1.02	44.8151	–	37.4996	–	38.1	11.4	$mb=3.6\pm 0.1/11$, $ML=3.8\pm 0.2/13$, $M_s=2.3\pm 0.3/1$	[14]
ISC	20 47 39.52	2.078	44.933	–	37.5278	–	30.3	9.21	$mb=4.1\pm 0.1/26$	[14]

Примечание: OBGSR – региональный бюллетень Северного Кавказа ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия; GSRAS – телесеизмический бюллетень ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия, в ISC код – “MOS”; MCSM – Main Centre for Special Monitoring (Украина); ISC – International Seismological Center, UK; NEIC – National Earthquake Information Center, USA; CFUSG – Институт сейсмологии и геодинамики Крымского Федерального Университета им. Вернадского; IDC – International Data Centre, Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBTO), Austria; GFZ – Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre For Geosciences (GFZ), Potsdam, Germany.

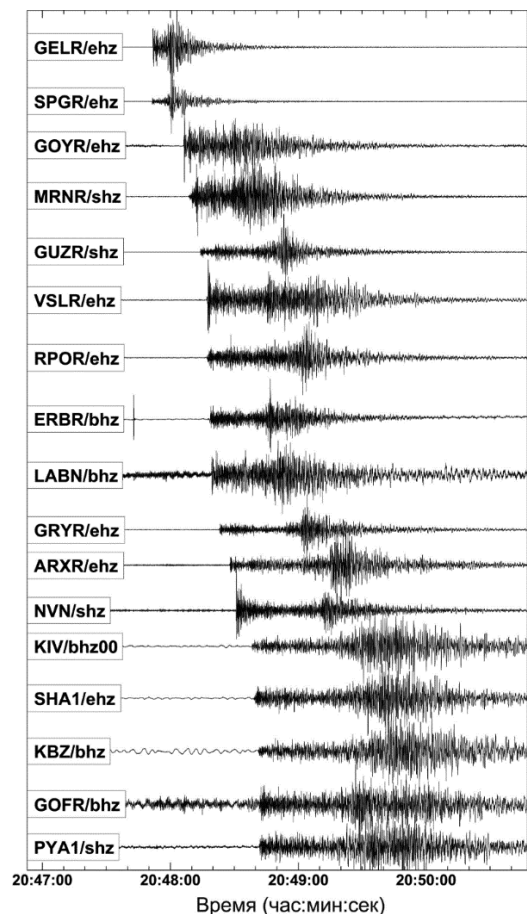


Рис. 2. Записи землетрясения 24 апреля 2018 г. на вертикальной компоненте отдельных станций северо-западного и центрального Кавказа на расстояниях от 44 км (GELR) до 455 км (PYA1)

Механизм очага. В ФИЦ ЕГС РАН механизм очага землетрясения был построен по знакам первого движения в P -волне, которые уверенно были выделены на 68 сейсмических станциях, удаленных от очага на расстояния от 0.4° до 11.2° . На 38 станциях зафиксированы волны сжатия (знак плюс), на 30 – волны растяжения (знак минус). Для расчета использовалась программа FA А.В. Ландера [15]. Результаты представлены в [16], табл. 2 и на рис. 3.

Движение в очаге возникло при преобладающем действии сил близмеридионального сжатия, тип движения – взброс с некоторыми компонентами сдвига. Нодальная плоскость $NP1$ имеет близширотное простирание, тип движения – взброс с компонентами левостороннего сдвига. По пологой плоскости $NP2$ северо-западного простирания произошел надвиг с компонентами правостороннего сдвига. Решение хорошо согласуется по типу движения с данными о механизме очага этого землетрясения, опубликованными в [17] по другому набору знаков первых вступлений и с использованием другой программы.

Таблица 2. Параметры механизма очага землетрясения 24 апреля 2018 г. в 20^h47^m

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды		K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				MPVA	MS		T		N		P		NP1			NP2		
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
ФИЦ ЕГС РАН	24.04	20:47:41.2	35	4.7	–	10.5	71	323	14	100	12	193	91	59	74	301	35	115

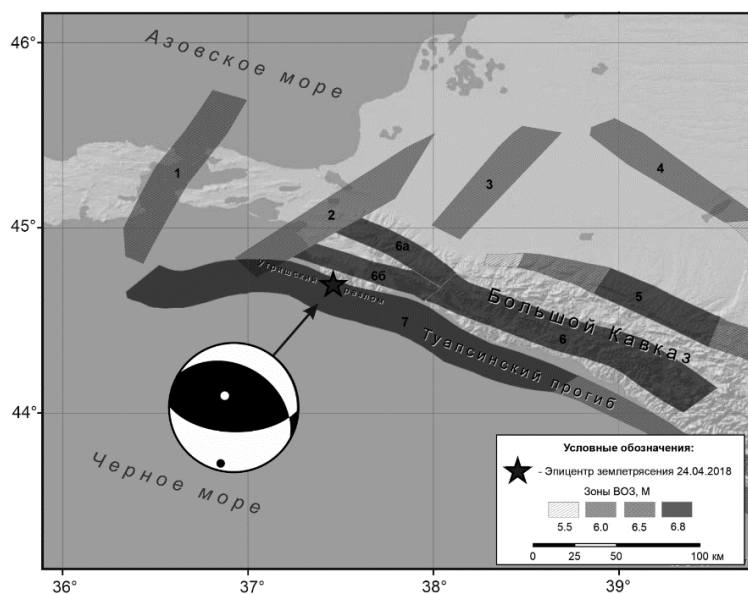


Рис. 3. Положение эпицентра и диаграмма механизма очага землетрясения 24 апреля 2018 г. на фоне карты зон ВОЗ [18] и основных тектонических элементов по [19].

Зоны ВОЗ: 1 – Керченская, 2 – Анапская, 3 – Новороссийская, 4 – Новотитаровская, 5 – Ахтырская, 6 – Михайловская (6а – северная, 6б – южная), 7 – Черноморская.

Сравнение положения эпицентра землетрясения 24 апреля 2018 г. с картой зон Возможных Очагов Землетрясений (ВОЗ) показало, что эпицентр попадает в Черноморскую зону ВОЗ с $M_{\max}=6.8$ [18] (рис. 3).

Сейсмотектоническая позиция. Механизм очага согласуется с положением прибрежных (Черноморских) тектонических структур. Известно, что существенное место в новейшей структуре Северо-Западного Кавказа занимают взбросо-надвиговые дислокации [18]. А в Чёрном море, в погруженном Туапсинском прогибе, хорошо выражена система линейных субширотных складок, осложненных протяженными взбросами и надвигами. Граница горного сооружения Кавказа и Черноморской впадины на всем протяжении представляет крутой флексуроподобный перегиб, осложненный многочисленными взбросо-надвигами [20]. В этом районе часто происходят ощутимые землетрясения с магнитудой от 3.5 до 4.0–5.0 с глубиной их очага от 10 до 50 км.

Рассматриваемое землетрясение произошло в шельфовой зоне Восточного Причерноморья вблизи Анапы, то есть южнее Утришского разлома [19], отделяющего побережье от морской акватории, и связано, вероятно, с активизацией одного из Черноморских разломов, простирающихся вдоль побережья и входящих в состав Черноморской зоны ВОЗ (рис. 3). В геолого-структурном отношении эпицентр землетрясения находится в зоне сочленения северного борта Туапсинского прогиба и надвигового фронта Большого Кавказа [21].

Спектральный анализ. В программном комплексе SEISAN [22] был проведен расчет спектральных параметров очага землетрясения 24 апреля 2018 года. Методика вычислений описана в [23]. Значение сейсмического момента M_0 землетрясения получено в ФИЦ ЕГС РАН по спектрам S -волн на семи станциях (рис. 4): «Геленджик» GELR ($\Delta=37$ км), «Шапсуг» SPGR ($\Delta=39$ км), «Гойтх» GOYR ($\Delta=153$ км), «Марьино» MRNR ($\Delta=176$ км), «Гузерибль» GUZR ($\Delta=219$ км), «Красная Поляна» RPOR ($\Delta=244$ км), «Горный» GRYR ($\Delta=288$ км), и составляет $M_0=7.94 \cdot 10^{14}$ Н·м. Среднее значение моментной магнитуды равно $M_w=3.9$ [2].

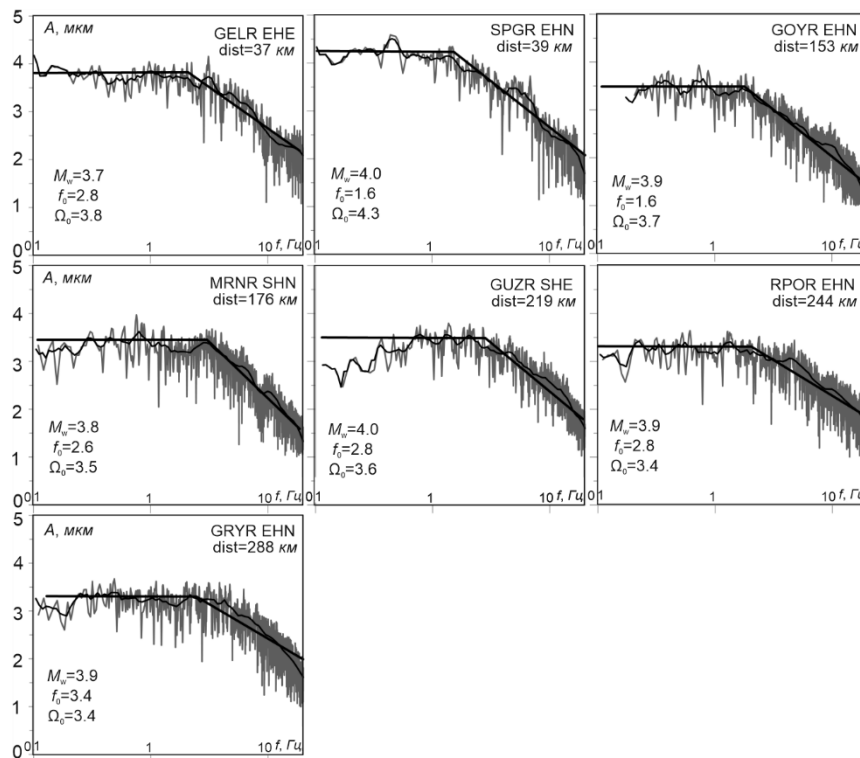


Рис. 4. Станционные спектры и результаты вычисления спектральных параметров землетрясения 24 апреля 2018 г. по записям семи сейсмических станций Западного Кавказа

Макросейсмический эффект. Макросейсмические сведения были собраны из разных источников: с помощью социальной сети «ВКонтакте», получены комментарии в группах по Новороссийску и Анапе [24, 25]; кроме того, одним из авторов статьи были опрошены некоторые прохожие в Новороссийске. В итоге с 25 апреля по 5 мая 2018 г. была получена информация от

258 участников опроса, проживающих в 15 населенных пунктах. Из них только 96 человек ощущали землетрясение, остальные – не ощущали. В г. Новороссийске ощущали 62 респондента, а не ощущали – 104; в г. Анапе – 20 ощущали и 26 не ощущали. В двух городах большинство людей сообщало о сотрясениях на высоких этажах (выше седьмого этажа). Эти данные понижались примерно на балл. Для каждого населенного пункта были вычислены средние значения интенсивностей. По результатам анализа данных составлена табл. 3.

Таблица 3. Макросейсмические данные о землетрясении 24 апреля 2018 г. в $20^{\text{h}}47^{\text{m}}$ с $K_p=10.5$ [26]

№ п/п	Пункт	φ, °N	λ, °E	Δ, км	№ п/п	Пункт	φ, °N	λ, °E	Δ, км
5 баллов					4 балла				
1	Су-Псех	44.86	37.36	19	9	Камчатка	44.71	37.63	14
4–5 баллов					10	Варваровка	44.84	37.38	17
2	Раевская	44.83	37.55	17	11	Убых	44.82	37.64	19
3	Гайдук	44.79	37.70	21	12	Борисовка	44.76	37.70	20
4	Верхнебаканский	44.84	37.66	23	13	Цемдолина	44.76	37.72	22
5	Анапская	44.90	37.38	23	14	Мысхако	44.66	37.77	25
6	Анапа	44.89	37.32	24	15	Натухаевская	44.91	37.57	24
7	Алексеевка	44.90	37.35	24	16	Новороссийск	44.72	37.77	25
8	Гостагаевская	45.03	37.51	37	3–4 балла				
					17	Крымск	44.93	37.99	49

Обработка макросейсмических данных проводилась в соответствии с 12-балльной шкалой сейсмической интенсивности MSK-64 [27].

С интенсивностью 5 баллов землетрясение ощущалось в пос. Су-Псех. Некоторые люди пугались, тряслась мебель, всяческие предметы раскачивались. Один житель сообщил, что он наблюдал звон, дребезжание, сдвиг легкого стола ~ на 7 см, скрип деревянного перекрытия мансарды, открывание дверей шкафа. Замечено повреждение в здании: «просела отмостка вокруг дома на 1–5 см, новый дом дает усадку».

С интенсивностью 4–5 баллов землетрясение проявилось на расстояниях 17–24 км от эпицентра: в ст. Раевской, пос. Гайдук, пос. Верхнебаканском, ст. Анапской и г. Анапе:

- станция *Раевская* – сильная ошутимость, дрожание домов, сотрясение мебели, сильный гул;
- поселок *Гайдук* – наблюдалось дребезжание стекол, «вибрация дома, как от движения танка»;

- поселок *Верхнебаканский* и село *Тоннельное* – некоторые спящие проснулись, почувствовав толчки, всяческие предметы звенели, тяжелая мебель отчетливо дрожала;

- станция *Анапская* – некоторые испугались, проснулись, тяжелая мебель раскачивалась;
- в районе *Анапы* большинство жителей ощущали сотрясения отчетливо, перед землетрясением сильно беспокоились животные, слышался подземный гул, толчок продолжался от 3 до 7 секунд; некоторые сильно и испугались; тяжелая мебель и всяческие предметы раскачивались, стулья и столы сдвинулись во время колебаний; у одного очевидца на восьмом этаже нового монолитного здания в ванной и спальне обнаружены трещины.

С интенсивностью 4 балла землетрясение ощущалось на расстояниях 14–25 км от эпицентра:

- хутор *Камчатка* – ощущение, как будто поезд тронулся и остановился;
- поселок *Варваровка* – «встряхнуло» тяжелую мебель;
- хутор *Убых* – было такое колебание, как будто по улице едет многотонная машина, гул шел со стороны Анапы;

- село *Борисовка* – мебель шаталась, чувствовали дрожание пола;
- поселок *Цемдолина* – тяжелая мебель тряслась, дома дрожали, перед землетрясением наблюдалось беспокойство домашних животных;

- поселок *Мысхако* – наблюдалось дрожание дома, мебель дребезжала, всяческие предметы качались;

- станция *Натухаевская* – люди заявляли, что «хорошо тряслась земля».

В районе г. *Новороссийска* большинство жителей ощущали подземный толчок отчетливо, перед землетрясением беспокоились домашние животные; в Новороссийске дрожали шкафы, кровати и холодильники, всяческие предметы и столы качались, звенела посуда; очевидцы заявили, что наблюдалась вибрация здания и треск ветхих домов.

Карта ощутимости землетрясения 24 апреля 2018 г. представлена на рис. 5. Поскольку эпицентр находился в море на значительном расстоянии от населенных пунктов, необходимо было рассчитать интенсивность в эпицентре по общей формуле Шебалина или с региональными коэффициентами, обосновать выбор глубины и, в конечном итоге, оценку I_0 . Так, по общей формуле Шебалина: $I_0=1.5 \cdot M-3.5 \cdot \lg h+3$, при $M=(K-4)/1.8=3.6$ и $h=35$ км получается $I_0=3$ балла, что неприемлемо, а при $h=10$ км интенсивность в эпицентре $I_0=4.9$ согласуется с наблюдаемыми данными.

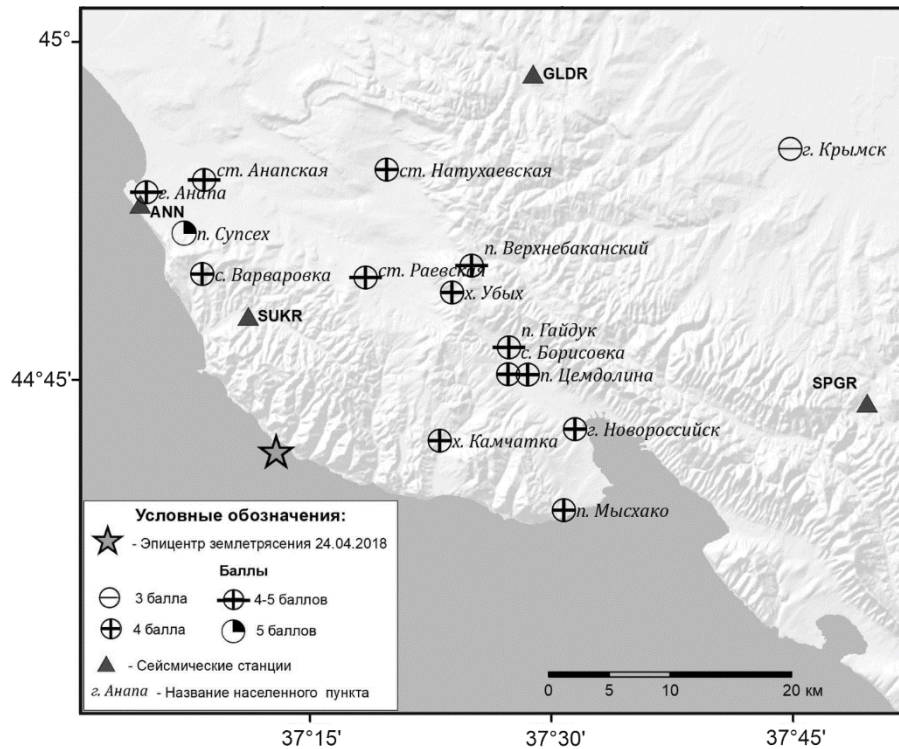


Рис. 5. Карта проявлений интенсивности сотрясений от землетрясения 24 апреля в населенных пунктах

Историческая сейсмичность. В ближайшем окружении эпицентра землетрясения 24 апреля 2018 г. известны 7-, 6–7- и 6-балльные землетрясения [5, 28, 29] (табл. 4, рис. 6).

Таблица 4. Список исторических наиболее сильных землетрясений, ощущавшихся в Анапско-Новороссийском районе

Дата д мес год	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			M	I_0	Название
		φ° , N	λ° , E	h , км			
16.07.1799	16 22 -	45.2	38.2	30	5.1	5–6±1.0	на Кубани
04.12.1830	05 00 -	44.9	37.3	12	4.8	6–7±0.5	Анапское-I
20.02.1834	17 51 -	44.8	36.9	20	5.5	6–7±1.0	Анапское-II
09.10.1879	00 00 -	45.15	37.9	25	5.7	7±0.5	Нижнекубанское
12.07.1966	18 53 12	44.7	37.3	20	5.8	7±0.5	Анапское-IV
25.05.1968	07 06 39	44.8	38.2	10	4.4	6±0.5	Абинское
08.01.1969	23 48 33	44.8	37.1	18	4.9	7±0.5	
09.11.2002	10 56 41	45.12	37.84	28	4.8	7	Нижнекубанское-II
10.12.2012	16 56 56	44.81	37.54	31	4.2	5–6	Су-Псехское

Согласно [30], землетрясение 1966 г. было приурочено к той же сейсмогенерирующей структуре, что и впоследствии произошедшее событие 2002 года. Оно связано с поперечной зоной разломов, пересекающих сейсмоактивную зону, тянущуюся вдоль береговой линии. Эпицентр Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г. располагался между Черноморским разломом на юго-западе и Ахтырским разломом на севере, Керченским проливом на западе и Новороссийским поперечным разломом на востоке [6].

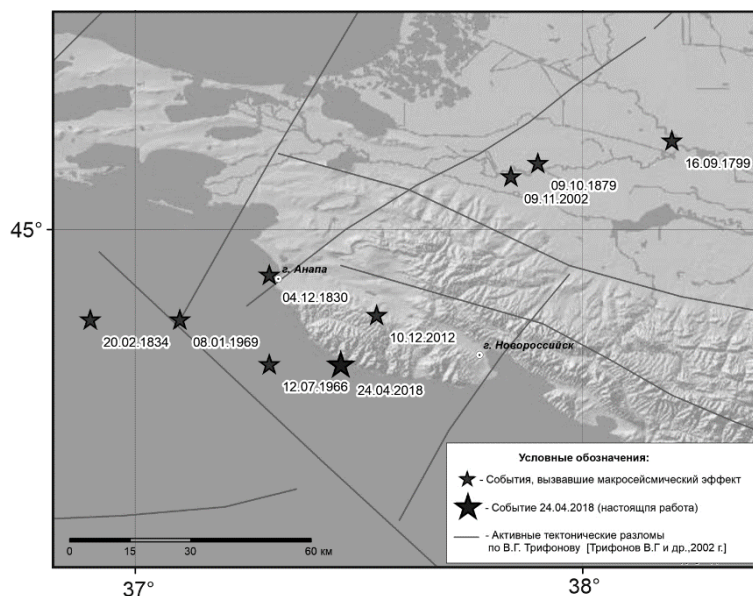


Рис. 6. Карта наиболее сильных землетрясений, ощущавшихся в Анапско-Новоросийской зоне, и положение эпицентра землетрясения 24.04.2018 г. на фоне рельефа и активных глубинных разломов по [31]

Заключение. Землетрясение 24 апреля 2018 г. на Черноморском побережье Северного Кавказа относится к умеренным по магнитуде и ощутимости (не более 5 баллов) землетрясениям. Оно произошло в высокосейсмичной Черноморской зоне ВОЗ ($M_{\max}=6.8$). Современная сеть станций и имеющееся программное обеспечение позволили определить механизм очага и исследовать его спектральные параметры, такие как скалярный сейсмический момент M_0 и спектральную моментную магнитуду $M_w=3.9$. Установлено, что в очаге произошел надвиг по плоскости северо-западного простирания, падающей на северо-восток, что согласуется с ориентацией и падением плоскостей разрывов тектонических структур в районе очага.

Анализируя макросейсмические проявления землетрясения 24 апреля 2018 г. в Анапско-Новоросийской зоне Краснодарского края, отметим, что малое количество макросейсмических данных не позволило составить карту изосейст и определить положение макросейсмического эпицентра, однако информация о балльности в ближайших населенных пунктах дала основание для выбора наиболее приемлемой глубины и расчета интенсивности в эпицентре ($h=10$ км, $I_0=5$ баллов).

Л и т е р а т у р а

1. Королецки Л.Н., Габсатарова И.П., Адилев З.А., Багаева С.С., Иванова Л.Е. Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
2. Зверева А.С., Малянова Л.С., Габсатарова И.П. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 257–263. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.22> EDN: JQNTX
3. Клянчин А.И. Макросейсмические проявления двух ощутимых землетрясений 24 апреля 2018 г. и 13 сентября 2018 г. // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 95–105.
4. Клянчин А.И. Макросейсмическое проявление землетрясения 24 апреля 2018 года в прибрежной зоне Краснодарского края // Исследования и творческие проекты для развития и освоения проблемных и прибрежно-шельфовых зон юга России: сборник трудов X Всероссийской Черноморской школы семинара молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников (Геленджик, 15–17 мая 2019 г.). – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. – С. 207–213.
5. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. // Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. – М.: Наука, 1977. – 536 с.
6. Габсатарова И.П., Малянова Л.С., Селиванова Е.А., Якушева В.Н. Су-Псехское землетрясение 10 декабря 2012 г. с $K_p=11.5$, $M_{w,rel}=4.3$, $I_0=5-6$ (Анапский сейсмоактивный район) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 420–432.

7. Габсатарова И.П., Чепкунас Л.С., Бабкова Е.А. Нижнекубанское-II землетрясение 9 ноября 2002 года с $K_p=13.0$, $M_w=5.5$, $I_0=6$ (Северный Кавказ) // Землетрясения Северной Евразии, 2002 год. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 357–379.
8. Габсатарова И.П., Мехрюшев Д.Ю., Королецки Л.Н., Адилов А.З., Магомедов Х.Д., Саяпина А.А., Багаева С.С., Янков А.Ю., Иванова Л.Е. Северный Кавказ. I. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 17–24.
9. Маловичко А.А., Габсатарова И.П., Дягилев Р.А., Мехрюшев Д.Ю., Зверева А.С. Оценка регистрационных возможностей сейсмической сети в западной части Северного Кавказа через геометрию сети и локальный уровень микросейсмических шумов // Сейсмические приборы. – 2020. – Т. 56, № 3. – С. 35–60. DOI: <https://doi.org/10.21455/si2020.3-3>
10. Информационные ресурсы Единой геофизической службы РАН // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: <http://www.gsras.ru/new/infres/>
11. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2018. (2023) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2018/
12. Lee W.H.K., Lahr J.C. NYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes // U.S. Geological Survey. Open File Report. – 1975. – V. 75, N 311. – P. 1–116.
13. Краснопевцева Г.В. Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. – М.: Наука, 1984. – 109 с.
14. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
15. Ландер А.В. Программа расчёта и графического представления механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений Р-волн (FA) / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662004 от 25 сентября 2018 г. – EDN:GTRUYE
16. Габсатарова И.П., Малянова Л.С. Каталог механизмов очагов землетрясений Северного Кавказа за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
17. Пустовитенко Б.Г., Эреджепов Э.Э., Бондарь М.Н. Очаговые параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 246–256. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.21> EDN: JIZXYC
18. Акимов В.А., Зайцев В.А., Ларьков А.С., Лутиков А.И., Овсяченко А.Н., Панина Л.В., Сысолин А.И. Карты сейсмической опасности Северо-Западного и Центрального Кавказа в детальном масштабе // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2019. – Т. 46, № 4. – С. 57–74.
19. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – 256 с.
20. Мейснер Л.Б., Туголесов Д.А. Туапсинский прогиб – впадина с автономной складчатостью // Геотектоника. – 1998. – № 5. – С. 76–86.
21. Казьмин В.Г., Лобковский Л.И., Пустовитенко Б.Г. Современная кинематика микроплит в Черноморско-Южно-Каспийском регионе // Океанология. – 2004. – Т. 44, № 4. – С. 600–610.
22. Havskov J., Voss P.H., Ottemöller L. Seismological observatory software: 30 Yr of SEISAN // Seismological Research Letters. – 2020. – V. 91, N 3. – P. 1846–1852. DOI: <https://doi.org/10.1785/0220190313>
23. Зверева А.С., Собисевич А.Л., Лиходеев Д.В. к вопросу о взаимосвязи моментных и локальных магнитуд землетрясений Северо-Западного Кавказа // Доклады Российской Академии Наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 508, № 1. – С. 98–107.
24. Группа «Подслушано в Анапе». (2023) // «ВКонтакте» [сайт]. – URL: https://vk.com/pva_anapa
25. Группа «Новороссийск онлайн». (2023) // «ВКонтакте» [сайт]. – URL: https://vk.com/nvrsk_online
26. Артемова Е.В., Будеева Н.В., Иванова Л.Е., Асманов О.А., Адилов З.А., Багаева С.С., Саяпина А.А., Дмитриева И.Ю., Пономарева Н.Л., Клянчин А.И., Бахтиярова Г.М., Лукаш Н.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Северного Кавказа за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
27. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
28. Ананьин И.В. Сейсмичность Северного Кавказа. – М.: Наука, 1977. – 148 с.
29. Зверева А.С., Клянчин А.И., Габсатарова И.П. Землетрясение 12 декабря 2020 г. в Анапской зоне с $M_w=3.8$, $I_0=4-5$ баллов // Российский сейсмологический журнал. – 2021. – Т. 3, № 2. – С. 52–66. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.2.03>
30. Татевосян Р.Э., Плетнев К.Г., Бяков А.Ю., Шестопапов В.Л. Нижнекубанское землетрясение 9 ноября 2002 г.: результаты макросейсмического обследования // Физика Земли. – 2003. – № 11. – С. 42–53.
31. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизийного пояса. – М.: Геос, 2002. – 224 с.

**EARTHQUAKE of APRIL 24, 2018 with $K_R=10.5$, $M_w=3.9$ and $I_0=5$
in the ANAPA-NOVOROSSIYSK ZONE**

A.I. Klyanchin¹, A.S. Zvereva², I.P. Gabsatarova³

¹Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, astrogeolog@mail.ru;

²Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Perm, zvereva.as59@gmail.com;

³Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, ira@gsras.ru

Abstract. The article presents instrumental and macroseismic data on the earthquake of April 24, 2018 with $M_w=3.9$, which occurred at the Black Sea coast near the Abrau Peninsula. The earthquake was felt in 15 settlements at distances up to 52 km from the epicenter with an intensity of 3 to 5 points. The earthquake occurred in the Black Sea zone of occurrence of earthquakes. The scalar seismic moment M_0 and the spectral moment magnitude $M_w=3.9$ were calculated based on the spectra of seven regional stations. The focal mechanism was constructed based on the signs of the first movement in the P -wave at 68 stations. It is established that a thrust has occurred in the source along a northwest-trending plane dipping to the northeast, which is consistent with the orientation and dip of the fault planes of tectonic structures in the area of the source. The macroseismic manifestations of the April 24, 2018 earthquake made it possible to choose the most acceptable depth value and calculate the intensity at the epicenter ($h=10$ km, $I_0=5$).

Keywords: earthquake, Anapa-Novorossiysk zone, focal mechanism, source spectrum, macroseismic effect.

For citation: Klyanchin, A.I., Zvereva, A.S., & Gabsatarova, I.P. (2023). [Earthquake of April 24, 2018 with $K_R=10.5$, $M_w=3.9$ and $I_0=5$ in the Anapa-Novorossiysk zone]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 293–302. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.26> EDN: HYDJSS

References

1. Koroletsky, L.N., Gabsatarova, I.P., Adilov, Z.A., Bagaeva, S.S., & Ivanova, L.E. (2023). [Catalog of earthquakes and explosions in the North Caucasus for 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
2. Zvereva, A.S., Malyanova, L.S., & Gabsatarova, I.P. (2023). [Spectral and focal parameters of North Caucasus earthquakes in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 257–263. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.22> EDN: JQHTEX
3. Klyanchin, A.I. (2019). [Macroseismic manifestations of two sensible earthquakes on April 24 and September 13, 2018]. *Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Series "Geography"* [Scientific notes of the Taurida National University named after V.I. Vernadsky. Series "Geography"], 5(4), 95–105. (In Russ.).
4. Klyanchin, A.I. (2019). [Macroseismic manifestations of earthquakes on April 24, 2018 in the coastal zone of the Krasnodar Territory]. In *X Vserossiyskaia Chernomorskaia shkola-seminar molodyh uchionyh, aspirantov, studentov i shkol'nikov. Issledovaniia i tvorcheskiiye proekty dlia razvitiia i osvoeniia problemnykh i pribrezhno-shelfovykh zon iuga Rossii, 15–17 maya 2019. Sbornik trudov* [X All-Russian Black Sea school-seminar of young scientists, graduate students, students and school students. Research and creative projects for the development and development of problem and coastal-shelf zones of southern Russia. May 15–17, 2019. Collection of conference proceedings] (pp. 207–214). Taganrog, Russia: Southern Federal University Publ. (In Russ.).
5. Kondorskaya, N.V., & Shebalin, N.V. (1977). [New catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times through 1975]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 536 p. (In Russ.).
6. Gabsatarova, I.P., Malyanova, L.S., Selivanova, E.A., & Yakusheva, V.N. (2018). [Su-Psekh earthquake on December 10, 2012 with $K_R=11.5$, $M_{w_{per}}=4.3$, $I_0=5–6$ (Anapa seismoactive region)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 420–432. (In Russ.).
7. Gabsatarova, I.P., Chepkunas, L.S., & Babkova, E.A. (2008). [Nizhnokubansk-II earthquake 09.11.2002 with $K_R=13.0$, $M_w=5.5$ and $I_0=6$ (the Northern Caucasus)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2002 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2002] (pp. 357–379). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
8. Gabsatarova, I.P., Mekhryushev, D.Yu., Korolecki, L.N., Adilov, A.Z., Magomedov, Kh.D., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., Yankov, A.Yu., & Ivanova, L.E. (2020). [North Caucasus. I. Results of seismic monitoring of various regions of Russia]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2018 godu* [Earthquakes in Russia, 2018] (pp. 17–24). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
9. Malovichko, A.A., Gabsatarova, I.P., Diagilev, R.A., Mekhryushev, D.Yu., & Zvereva, A.S. (2020). Evaluation of detection and location capability of the seismic network in the western part of the North Caucasus using network layout and local microseismic noise level. *Seismic Instruments*, 56(3), 35–60. DOI: <https://doi.org/10.21455/si2020.3-3>

10. Information resources of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences. (2023). Retrieved from: <http://www.gsras.ru/new/infres/>
11. GS RAS. (2023). Bulletin of Teleseismic Stations, 2018–2019. Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2018/
12. Lee, W.H.K., & Lahr, J.C. (1975). HYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. *U.S. Geological Survey. Open File Report*, 75(311), 1–116.
13. Krasnopevtseva, G.V. (1984). *Glubinnoe stroenie Kavkazskogo seismoaktivnogo regiona* [Deep structure of the Caucasian seismic region]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 109 p. (In Russ.).
14. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
15. Lander, A.V. (2018). [The program for calculating and graphically representing the mechanisms of earthquake sources by the signs of the first arrivals of *P*-waves (FA)]. Certificate of state registration of the computer program № 2018662004. (In Russ.).
16. Gabsatarova, I.P., & Malyanova, L.S. (2023). [Catalog of focal mechanisms of earthquakes in the Northern Caucasus for 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
17. Pustovitenko, B.G., Eredzhepov, E.E., & Bondar, M.N. (2023). [Focal parameters of the Crimean-Black Sea region earthquakes in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 246–256. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.21> EDN: JIZXYC
18. Akimov, V.A., Zaitsev, V.A., Larkov, A.S., Lutikov, A.I., Ovsyuchenko, A.N., Panina, L.V., & Sysolin, A.I. (2020). Seismic hazard maps of the Northwest and Central Caucasus on a detailed scale. *Seismic Instruments*, 56, 584–598.
19. Rogohin, E.A., Ovsyuchenko, A.N., Lutikov, A.I., Sobisevich, A.L., Sobisevich, L.E., & Gorbatikov, A.V. (2014). *Endogennye opasnosti Bol'shogo Kavkaza* [Endogenous hazards of the Greater Caucasus]. Moscow, Russia: IEP RAS Publ., 256 p. (In Russ.).
20. Meisner, L.B., & Tugolesov, D.A. (1998). [Tuapse foredeep as a depression with autonomous folding]. *Geotektonika* [Geotectonics], 5, 76–86. (In Russ.).
21. Kazmin, V.G., Lobkovsky, L.I., & Pustovitenko, B.G. (2004). [Modern kinematics of microplates in the Black Sea-South Caspian region]. *Okeanologiya* [Oceanology], 44(4), 600–610. (In Russ.).
22. Havskov, J., Voss, P.H., & Ottemöller, L. (2020). Seismological observatory software: 30 Yr of SEISAN. *Seismological Research Letters*, 91(3), 1846–1852. DOI: <https://doi.org/10.1785/0220190313>
23. Zvereva, A.S., Sobisevich, A.L., & Likhodeev, D.V. (2022). Moment and Local Magnitudes Calibration for Earthquakes in the Northwest Caucasus. *Doklady Earth Sciences*, 507(2), S304-S312.
24. Group “Overheard in Anapa”. (2023). Retrieved from https://vk.com/pva_anapa
25. Group “Novorossiysk”. (2023). Retrieved from <https://vk.com/nvrvk>
26. Artemova, E.V., Budeeva, N.V., Ivanova, L.E., Asmanov, O.A., Adilov, Z.A., Bagaeva, S.S., Sayapina, A.A., Dmitrieva, I.Yu., Ponomareva, N.L., Klyanchin, A.I., Bakhtiarova, G.M., & Lukash, N.A. (2023). [Macro-seismic effect of perceptible earthquakes in the North Caucasus for 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
27. Medvedev, S.V. Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaya shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
28. Anan'in, I.V. (1977). *Seysmichnost' Severnogo Kavkaza* [Seismicity of the North Caucasus]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 148 p. (In Russ.).
29. Zvereva, A.S., Klianchin, A.I., & Gabsatarova, I.P. (2021). [Earthquake on December 12, 2020 in the Anapa zone with $M_w=3.8$, $I_0=4-5$]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 3(2), 52–66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.2.03>
30. Tatevosyan, R.E., Pletnev, K.G., Byakov, A.Yu., & Shestopalov, V.L. (2003). [Nizhnokuban earthquake on November 9th 2002: results of macroseismic survey]. *Fizika Zemli* [Izvestiya. Physics of the Solid Earth], 11, 42–53. (In Russ.).
31. Trifonov, V.G., Soboleva, O.V., Trifonov, R.V., & Vostrikov, G.A. (2002). *Sovremennaya geodinamika Al'pijsko-Gimalajskogo kollizionnogo poyasa* [Recent Geodynamics of the Alpine-Himalayan Collision Belt]. Moscow, Russia: GEOS Publ., 225 p. (In Russ.).