

УДК 550.348. (470.6)

## СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА в 2018–2019 гг.

И.П. Габсатарова<sup>1</sup>, Л.Н. Королецки<sup>1</sup>, Л.Е. Иванова<sup>1</sup>, А.А. Саяпина<sup>2</sup>,  
С.С. Багаева<sup>2</sup>, З.М. Адилов<sup>3</sup>, О.А. Асманов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, [ira@gstras.ru](mailto:ira@gstras.ru), [korol@gstras.ru](mailto:korol@gstras.ru)

<sup>2</sup>Северо-Осетинский филиал ФИЦ ЕГС РАН,  
г. Владикавказ, Россия, [a\\_sayapina@gstras.ru](mailto:a_sayapina@gstras.ru)

<sup>3</sup>Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН,  
г. Махачкала, Россия, [adilov79@mail.ru](mailto:adilov79@mail.ru)

**Аннотация.** Сейсмический мониторинг на территории Северного Кавказа в 2018–2019 гг. производился сейсмической сетью, состоящей из 66 станций, все станции оснащены цифровым оборудованием. На большей части территории сеть обеспечивала представительную регистрацию землетрясений с  $K_p \geq 7.0$ , в ее центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях – с  $K_p \geq 6.0$  и в отдельных локальных зонах – с  $K_p \geq 5.5$ . В целом в регионе и окрестностях зарегистрировано 6874 землетрясения. В населенных пунктах Кавказа ощутимыми были 26 землетрясений. Максимальная интенсивность сотрясений  $I_{\max} = 6$  баллов по шкале MSK-64 была отмечена от Закатальского землетрясения 5 июня 2018 г. с  $K_p = 14.1$  на территории Азербайджана и от Буйнакского-II 24 мая 2019 г. с  $K_p = 11.5$  в Дагестане, вблизи Чиркейского водохранилища. На территории Осетии и Ингушетии (Терско-Каспийский передовой прогиб) ощущались максимально, до 5 баллов, два землетрясения 2018 г.: Заманкульское 12 апреля с  $K_p = 8.9$  и Яндарское 17 октября с  $K_p = 11.7$ . Дууплет ощутимых до 3–4 баллов землетрясений зарегистрирован 24 ноября 2018 г. ( $K_p = 10.3$ ) и 25 ноября 2018 г. ( $K_p = 10.5$ ) в Западно-Кубанском краевом прогибе. Два землетрясения произошли 15 октября 2018 г. в центре Азовского моря: главный толчок с  $K_p = 11.0$  и его афтершок с  $K_p = 8.4$ . Сейсмичность Северного Кавказа в 2018–2019 гг. в соответствии со шкалой уровня сейсмичности «СОУС-09» установлена как «фоновая средняя» за период наблюдений с 1962 г. по 2019 год.

**Ключевые слова:** сейсмическая станция, ощутимое землетрясение, механизм очага, Терско-Каспийский прогиб, Большой Кавказ, шкала уровня сейсмичности, «фоновая средняя».

**Для цитирования:** Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 73–91. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.06> EDN: ZOYJVU

**Введение.** В 2018–2019 гг. сейсмический мониторинг территории Северного Кавказа осуществлялся, как и ранее [1], несколькими подразделениями ФИЦ ЕГС РАН: Центральным отделением (код сети и информационно-обрабатывающего центра OBGSR), лабораторией сейсмического мониторинга Кавказских Минеральных Вод, г. Кисловодск (KMGSР), Дагестанским (DAGSR) и Северо-Осетинским (NOGSR) филиалами. В Центральном отделении подготавливается «Сводный каталог землетрясений Северного Кавказа» в границах зоны ответственности (рис. 1), в котором содержатся стыковочные данные разных центров с выбором предпочтительного решения по каждому гипоцентру, а также выполняется построение механизмов очагов наиболее сильных землетрясений, проводится разбиение землетрясений по принадлежности к тектоническим зонам Кавказа [2].

Целью работы является анализ пространственного и временного распределения сейсмичности Северного Кавказа в 2018–2019 гг. в границах зоны ответственности названных организаций по материалам «Сводного каталога...» (Приложение 2) и сопоставление его с основными тектоническими структурами региона и сейсмичностью за предваряющий период.

**Сейсмическая сеть** в регионе в 2018–2019 гг. состояла из 66 станций. Все станции были оснащены цифровым оборудованием, подключены к сети Интернет и передавали информацию в центры обработки в режиме, близком к реальному времени. Положение станций показано на рис. 1.

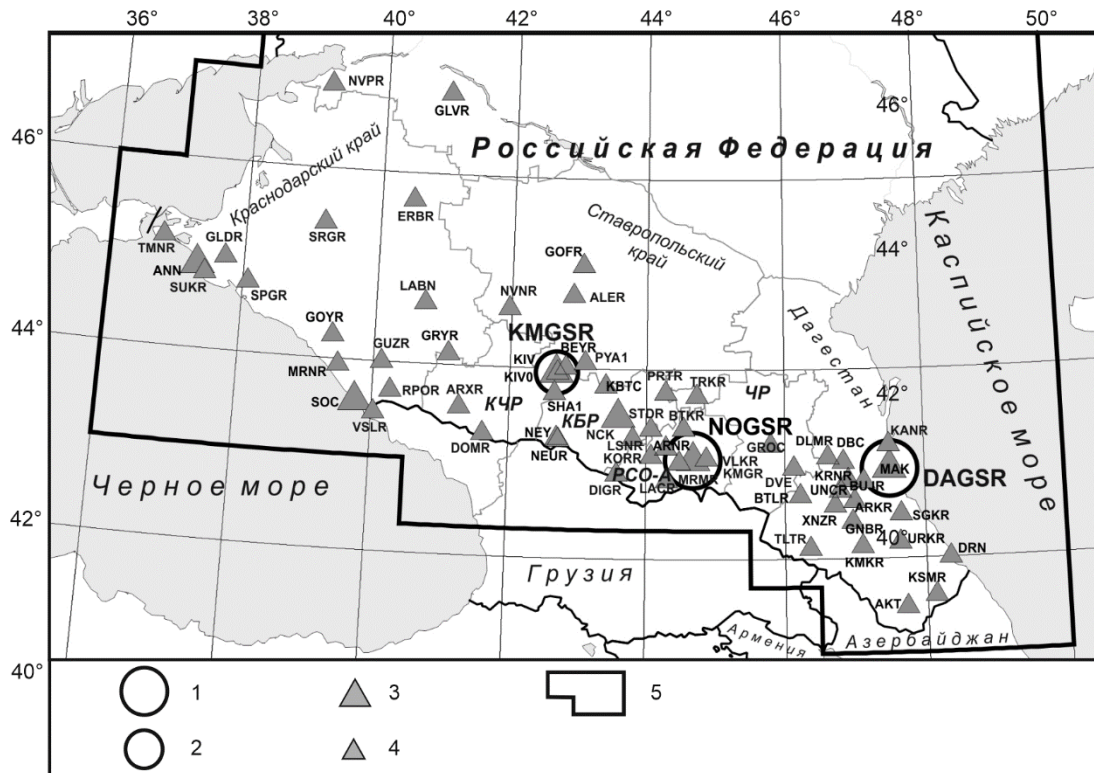


Рис. 1. Сейсмическая сеть Северного Кавказа в 2018–2019 гг.

1 – региональный сейсмологический центр; 2 – локальный сейсмологический центр; 3 – сейсмическая станция, оснащенная широкополосной аппаратурой; 4 – сейсмическая станция, оснащенная короткопериодной аппаратурой; 5 – границы региона.

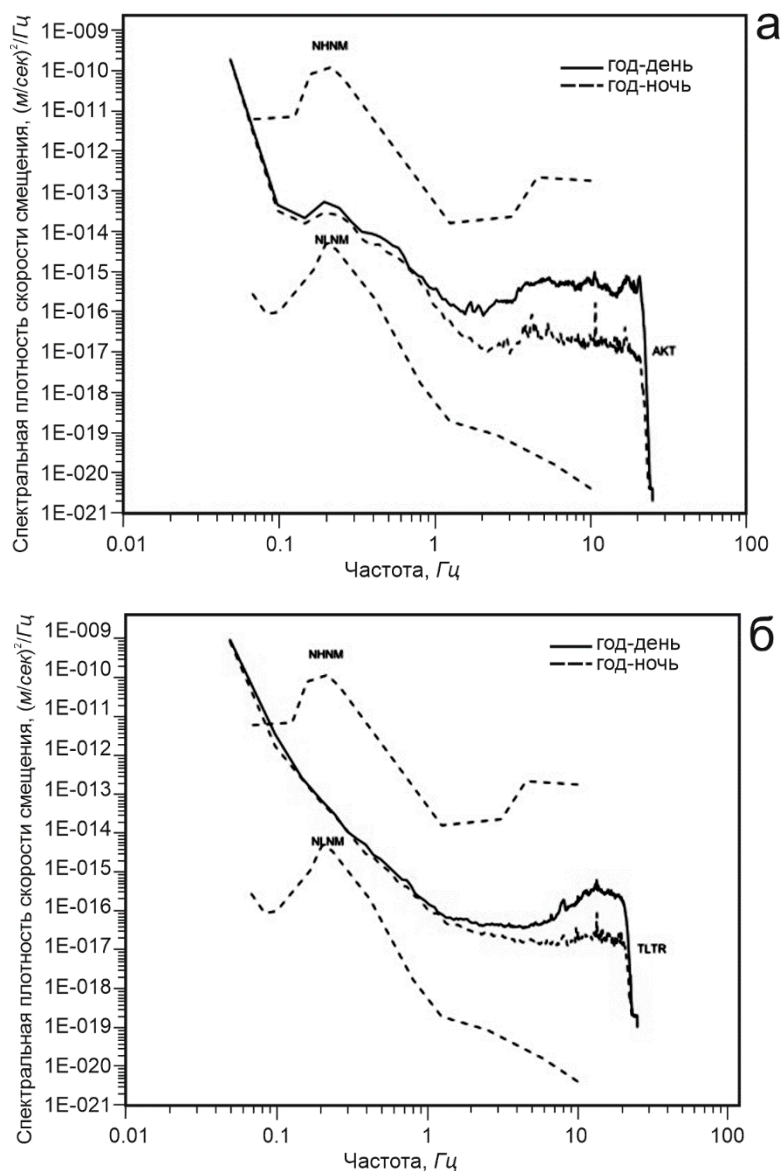
По сравнению с 2017 г., в сети ОБGSR произошли изменения, касающиеся западной части региона. В 2018 г. были открыты четыре станции – «Сергиевский» (SRGR), «Сукко» (SUKR), «Таманский» (TMNR) и «Гладковский» (GLDR). Первые волновые формы с этих станций стали поступать в информационно-обрабатывающий центр ФИЦ ЕГС РАН (г. Обнинск) 14 октября 2018 года. Была закрыта станция «Фишт» из-за труднодоступности для посещения, последние волновые формы были получены 31 октября 2018 года. 21 февраля 2018 г. по техническим причинам была приостановлена регистрация на сейсмической станции «Цей». В Ростовской области в июне 2019 г. были введены в опытную эксплуатацию станции «Новополтавский» (NVPR) и «Головановский» (GLVR), оснащенные комплектами аппаратуры CM-3KB+UGRA. Таким образом, сеть станций Северного Кавказа получила две самые северные точки: первая в Приазовье, вторая – в 60 км к северо-западу от г. Сальска, где в 2001 г. произошло сильное для этих мест Сальское землетрясение ( $M_s=4.7$ ,  $I_0=6-7$  баллов). Обе станции имеют высокий уровень сейсмических шумов в сравнении со среднемировыми оценками по Дж. Петерсону [3, 4] и поэтому будут регистрировать только значительные по магнитуде землетрясения. В отличие от станций Северного Кавказа, установленных в горных условиях на скальных грунтах, платформенные станции обладают несколько повышенным уровнем микросейсмического шума, превышающим средний уровень шумов по мировым оценкам [3, 4], так как установлены они на грунтах в основном II–III категории, в районах с мощным слоем осадков. Однако даже в таких условиях улучшенная конфигурация сети позволила понизить уровень регистрируемых землетрясений на платформенных структурах на 1.0–1.5  $K_p$ . Кроме того, значительно расширились возможности построения механизмов очагов по знакам первого вступления  $P$ -волны.

В 2018–2019 гг. наряду с открытием новых станций был продолжен процесс модернизации существующей сети, заключающийся в отдельных переносах станций в более «тихое» место и замене устаревшего оборудования.

Состав сети NOGSR в центральной части региона также изменился по сравнению с 2017 г.: станция «Дигорское ущелье» 14 июня 2018 г. перенесена на расстояние 100 м в более тихое и безлюдное место, установлено новое оборудование Trillium Compact+Centaur. В декабре 2019 г.

открыта станция «Майрамадаг», станция «Герская» перенесена в более тихое и безлюдное место. На трех станциях («Ардон», «Кора» и «Лескен») произведена модернизация регистрационного оборудования, в результате которой увеличен динамический диапазон. После сильной грозы в апреле 2019 г. вышел из строя регистратор Guralp CMG-DAS-S6 на станции «Владикавказ» (VLKG), ее работа временно приостановлена. В обработке использовались записи станции VLKR, параллельно производившей наблюдения с 2010 года.

В сети DAGSR в 2018 г. появилась станция, оснащенная широкополосным оборудованием, – на станции «Ахты» короткопериодный сейсмометр CM-3KB заменен широкополосным прибором TC120-SV1. В 2019 г. на западе республики в одноименном селе открыта станция «Тлярата» (TLTR), оснащенная короткопериодным сейсмометром СКМ-3 и регистратором UGRA. Обе станции обладают довольно низким уровнем шумов в ночное и дневное время в частотных полосах 0–3 Гц (АКТ) и 0–10 Гц (TLTR), что вполне достаточно для регистрации близких землетрясений (рис. 2).



**Рис. 2.** Графики спектров мощности дневного (сплошная линия) и ночного (пунктирная линия) сейсмического шума двух дагестанских станций: а – «Ахты» (АКТ) и б – «Тлярата» (TLTR)

Координаты и параметры всех упомянутых выше станций даны в приложении к статье [Прил. 1].

Оценка регистрационной возможности сети Северного Кавказа дается в [5]. В 2018–2019 гг. на большей части территории региона сеть обеспечивала регистрацию землетрясений

с  $K_p=7.0$  и выше, в центральной (включая район Большого Сочи) и восточной частях региона представительными были землетрясения с  $K_p=6.0$  и выше, а в отдельных локальных зонах (Сочи-Краснополянской, в Кавминводской, центральной части Северной Осетии–Алании, центральной части Дагестана) – с  $K_p=5.5$  и выше.

**Методика обработки** сейсмических записей и получения параметров гипоцентров сейсмических событий, подробно описанная в [6], в основном осталась прежней. В Центральном отделении (ОБГСР), в случаях регистрации события несколькими сетями, при относительно сильных землетрясениях с  $K_p \geq 8.5$  проводилась сводная обработка по полному списку станций, расположенных в регионе. Локация проводилась по программе HYPO71 [7] с использованием местных скоростных разрезов [8, 9]. Для локации событий в приграничных зонах привлекались также данные станций Национальной сейсмической службы Грузии: ABS, AKH, ALIG, BATM, BGD, BRNG, CHRГ, DGRG, DMNI, GUDG, KZRT, LGD, ONI, SHTL, ТКВ, TRLG, VSHL. Кроме того, при уточнении локации землетрясений западной зоны использовались данные всех станций Крымской сети [10]. Перечисленные материалы поступали в ФИЦ ЕГС РАН по обмену или заимствовались с сайта Международного сейсмологического центра ISC [11]. Построение механизмов очагов проводилось по программе FA А.В. Ландера [12] с учетом знаков первого движения в  $P$ -волне на региональных станциях не только Северного Кавказа, но и Крыма, Грузии, Армении, Азербайджана, Турции и других стран, данные которых опубликованы в ISC [11].

**Общая характеристика сейсмичности.** В результате сводной обработки землетрясений на территории Северного Кавказа, согласно утвержденным ранее границам региона (рис. 1), были локализованы и включены в каталог 6392 землетрясения [Прил. 2]. Вне этих рамок (вне зоны ответственности) обработаны и локализованы еще 482 землетрясения с  $K_p=5.4–12.5$ . Все они отмечены в каталоге меткой «вне» в отдельной графе. Минимальный энергетический класс в каталоге [Прил. 2] равен  $K_{min}=1.1$  и характеризует микроземлетрясение, произошедшее 14 июля 2019 г. в  $23^h13^m$  в Дагестане (в предгорьях, в 15 км от Буйнакскa) и являющееся частью афтершокового процесса Буйнакского-II землетрясения. Максимальный класс в 2018 г. равен  $K_{max}=14.1$  и характеризует самое сильное землетрясение в Северо-Кавказском регионе (Закатальское-V), произошедшее в Азербайджане 5 июня 2018 г. в  $18^h40^m$  [13, 14]. Оно вызвало сотрясения в очаговой области до 6 баллов, а на территории Дагестана – интенсивностью до 5 баллов. Самыми сильными землетрясениями на территории РФ в 2018 г. стали два события с  $K_p=11.7$  в Чеченской Республике (ЧР) и Ингушетии. Землетрясение, произошедшее в ЧР 14 октября в  $13^h51^m$  вблизи с. Мескеты, имело глубину 83 км, сведений об ощутимости не поступало. Землетрясение в Ингушетии, получившее название Яндарского, произошло 17 октября 2018 г. в  $15^h55^m$ , максимальная интенсивность сотрясений составила 5 баллов [15, 16].

Самое сильное землетрясение в 2019 г. с  $K_{max}=12.5$  произошло в Каспийском море, в 150 км юго-восточнее Махачкалы, и ощущалось в городе интенсивностью 2–3 балла. Максимальный макросейсмический эффект до 6 баллов вызвало землетрясение 24 мая 2019 г. в  $22^h34^m$  с  $K_{max}=11.5$  с эпицентром вблизи г. Буйнакскa. Оно получило название «Буйнакское-II» [13], т.к. данному событию предшествовало «Буйнакское-I» землетрясение 9 января 1975 г. с  $M=5.3$  и максимальной интенсивностью сотрясений 8 баллов [17].

Анализ сейсмической энергии, выделившейся за 2013–2019 гг. на территории Северного Кавказа в рамках границ региона, показал, что значения суммарной сейсмической энергии за 2018 г. ( $\Sigma E=22 \cdot 10^{11}$  Дж) и 2019 г. ( $\Sigma E=38.7 \cdot 10^{11}$  Дж) значительно ниже таковых в 2016 г. и 2017 г., но все же больше значений за 2013, 2014 и 2015 годы. С учетом сопредельных районов Грузии, Армении, Турции и Азербайджана, суммарная выделившаяся сейсмическая энергия составила:  $\Sigma E=1315 \cdot 10^{11}$  Дж в 2018 г. и  $\Sigma E=68 \cdot 10^{11}$  Дж в 2019 г. (табл. 1). Это увеличение произошло в основном за счет выделившейся энергии в Азербайджане в 2018 году.

**Таблица 1.** Распределение суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  землетрясений по административным единицам территории Северного Кавказа и близлежащим акваториям морей в 2013–2019 гг.

№	Район	$\Sigma E, 10^{11}$ Дж						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Азовское море	–	0.07968	0.43892	25.1244	–	1.002512	0.001000
2	Чёрное море + ЮЧМ	1.99533	0.17346	0.07598	5.30679	0.78905	0.188345	0.028985
3	Ростовская область	–	–	–	–	–	0.050119	–
4	Калмыкия	–	–	–	–	–	0.012589	0.001995

№	Район	$\Sigma E, 10^{11} \text{ Дж}$						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
5	Краснодарский край	0.10837	0.04736	0.18426	2.38645	4.40639	2.885346	0.224014
6	Ставропольский край	0.11260	0.02478	2.70432	0.03851	0.07869	0.026516	0.728464
7	Карачаево-Черкессия	8.99735	0.00163	0.00513	0.32888	0.05892	0.012866	0.035690
8	Кабардино-Балкария	0.00963	2.23452	0.09604	0.27771	0.21892	0.142345	0.015784
9	Северная Осетия–Алания	0.01774	0.02214	0.30675	0.15276	0.05877	0.061660	0.056740
10	Ингушетия	0.05892	3.43284	0.06342	0.25738	0.08814	5.639449	0.010935
11	Чеченская Республика	1.79534	3.29850	2.02149	2.23620	2.52141	10.13017	0.675767
12	Дагестан	9.60113	0.51635	0.64420	255.589	636.432	1.909188	4.293763
13	Каспийское море	0.33284	9.11037	0.34434	6.42205	5.55031	0.294014	32.65909
	Всего	23.08137	18.94165	6.88494	298.120	650.202	22.35512	38.73222
	Сопредельные территории	89.15953	113.2821	31.5071	2.18778	8.21131	1293.113	29.59272
	Сумма	112.2409	132.2237	38.39204	300.308	658.414	1315.467	68.32494

В годы, показанные в табл. 1, уровни сейсмичности в соответствии со шкалой «СОУС'09» [18] оценены как «фоновый средний» за последние 54 года инструментальных наблюдений в регионе. Находясь в одной градации шкалы [19, 20], после 2012 г. впервые отмечается заметный подъем уровня сейсмичности, который, однако, не превысил отметки максимального уровня «фоновое среднего» и значение 2012 года. Хотя по суммарному числу зарегистрированных землетрясений, как на Северном Кавказе (в рамках границ региона), так и с сопредельными территориями, за последние десять лет отмечается заметный рост числа землетрясений (рис. 3). Это объясняется ростом числа станций в сети и, в связи с этим, возросшей ее чувствительностью при регистрации слабых землетрясений.

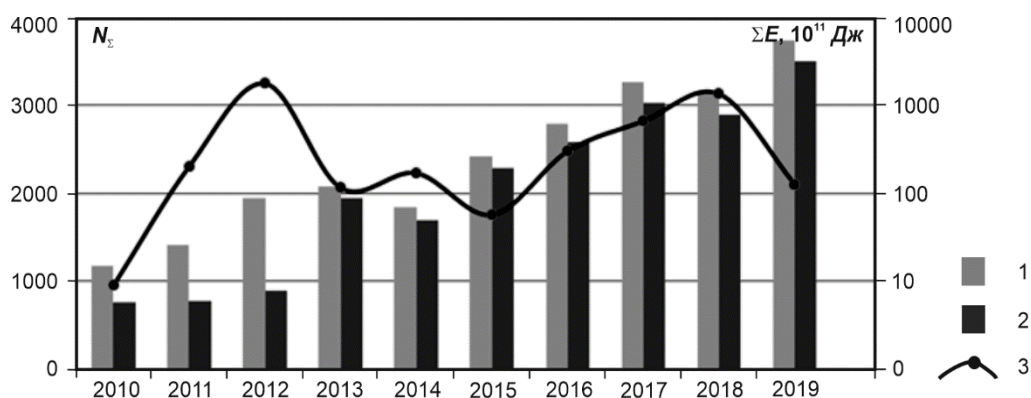


Рис. 3. График распределения числа землетрясений, включая сопредельные территории,  $N_{\Sigma}$  (1), числа землетрясений в границах региона  $N_{\Sigma}$  (2) и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E, 10^{11} \text{ Дж}$  (3) по годам с 2010 г. по 2019 г.

Карта эпицентров землетрясений с  $K_p \geq 6.6$ , зарегистрированных в 2018–2019 гг., изображена на рис. 4. Из рисунка видно, что основная масса землетрясений традиционно произошла в центральной и восточной частях Северного Кавказа. Западная часть региона была менее активной.

Большая часть землетрясений имела коровые глубины, из них 43.9 % очагов локализовано на глубинах  $h \leq 10 \text{ км}$ , 38.6 % – в интервале глубин  $h = 11–20 \text{ км}$ , 11.5 % –  $h = 21–30 \text{ км}$ , 6 % –  $h = 31–69 \text{ км}$ . С промежуточной глубиной очага, в диапазоне глубин  $h = 70–182 \text{ км}$ , зарегистрировано 65 землетрясений на территории Чеченской Республики, три землетрясения – на территории Дагестана, два землетрясения – в Ставропольском крае [Прил. 2].

Приведем таблицу распределения сейсмичности в административных границах Республик и краев (табл. 2). 72 % сейсмической энергии выделилось при землетрясениях, произошедших на территории Чеченской Республики и в Каспийском море. Сейсмичность на остальных территориях не превышала 5 % от общей энергии землетрясений внутри государственных границ России, кроме Ингушетии (~9.2 %) и Дагестана (~10.2 %).



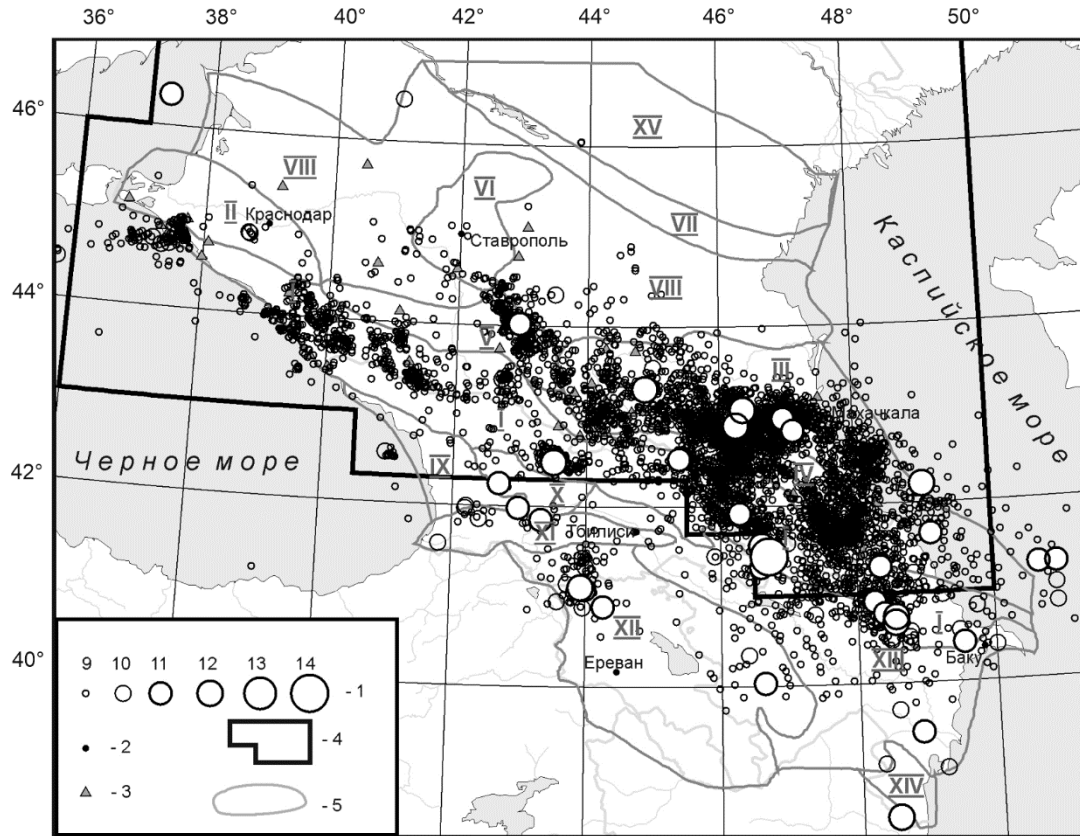


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа и сопредельных территорий с  $K_p \geq 6.6$  за 2018–2019 гг. в границах тектонических структур по В.Е. Хайну [2]

1 – энергетический класс  $K_p$  (самым маленьким кругом показаны эпицентры с  $K_p \leq 9$ ); 2 – населенный пункт; 3 – сейсмическая станция; 4 – границы региона; 5 – тектонические зоны: I – Большой Кавказ; II – Западно-Кубанский передовой прогиб, III – Терско-Каспийский передовой прогиб, IV – Дагестанский клин, V – моноκлиналь Предкавказья, VI – Ставропольский свод, VII – Кумо-Манычский прогиб, VIII – структуры Скифской платформы, IX – Рионский межгорный прогиб, X – Джавахетское нагорье, XI – Аджаро-Триалетская складчатая область, XII – мегантиклинорий Малого Кавказа, XIII – Куринский и Нижнеараксинский прогибы, XIV – Тальш, XV – Донецко-Каспийская погребенная складчатая область; XVI – Черное море; XVII – Азовское море; XVIII – Каспийское море.

Таблица 2. Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по административным территориям в 2018–2019 гг.

№	Район	$K_p$														$N_{\Sigma}$	$\Sigma E$ , $10^{11}$ Дж
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	Азовское море	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	1	–	–	–	3	1.003512
2	Чёрное море + ЮЧМ	–	–	–	–	14	28	43	21	9	1	–	–	–	–	116	0.217330
3	Ростовская область	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	1	0.050119
4	Калмыкия	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	2	0.014585
5	Краснодарский край	–	–	4	40	110	119	56	18	2	6	2	–	–	–	357	3.109361
6	Ставропольский край	–	2	50	119	73	57	30	19	3	1	1	–	–	–	355	0.754980
7	Карачаево-Черкессия	–	–	1	6	74	65	19	9	4	–	–	–	–	–	178	0.048556
8	Кабардино-Балкария	–	1	21	59	78	91	35	13	6	1	–	–	–	–	305	0.158129
9	Северная Осетия–Алания	–	–	–	10	69	56	56	13	9	–	–	–	–	–	213	0.118401
10	Ингушетия	–	–	–	–	2	32	51	10	3	1	1	1	–	–	101	5.650384
11	Чеченская Республика	–	–	–	9	83	237	289	111	43	10	1	2	–	–	785	10.80594
12	Дагестан	1	12	126	502	790	844	435	100	43	8	2	–	–	–	2863	6.202951
13	Каспийское море	–	–	–	–	2	79	138	86	25	4	1	1	–	–	336	32.95310
	Всего	1	15	202	745	1295	1608	1156	423	165	41	14	4	–	–	5615	61.08735
	Сопредельные территории	–	–	–	2	43	206	433	341	118	39	16	6	–	1	777	1322.705
	Сумма	1	15	202	747	1335	1804	1483	551	187	45	15	6	–	1	6392	1383.793

Ниже приводятся сведения о проявлениях сейсмичности Северного Кавказа в границах тектонических структур по В.Е. Хаину [2], а также прилегающих частей акваторий Азовского, Чёрного и Каспийского морей (табл. 3, рис. 4).

**Таблица 3.** Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по тектоническим структурам [2] в 2018–2019 гг.

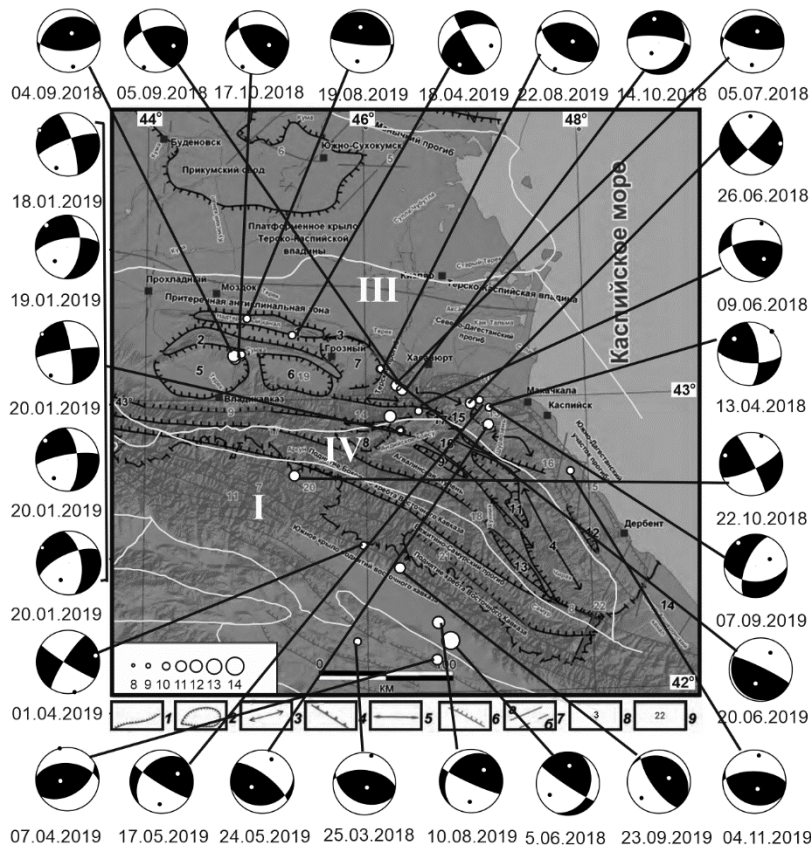
№	Район	$K_p$														$N_\Sigma$	$\Sigma E$ , $10^{11}$ Дж
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
I	Большой Кавказ	–	–	5	68	281	551	474	160	50	14	5	2	–	1	1611	1321.895
II	Западно-Кубанский прогиб	–	–	–	–	1	7	10	8	–	2	–	–	–	–	28	0.522040
III	Терско-Каспийский прогиб	–	8	88	386	583	674	646	246	87	19	5	3	–	–	2745	23.47857
IV	Дагестанский клин	1	4	38	132	348	434	213	50	25	4	–	–	–	–	1249	0.694420
V	Предкавказская моноклиналь	–	2	68	155	84	45	27	12	2	–	1	–	–	–	396	0.681035
VI	Ставропольский свод	–	–	–	–	–	11	3	4	1	–	–	–	–	–	19	0.010473
VIII	Скифская платформа	–	1	3	6	17	40	26	17	2	2	2	–	–	–	116	1.959807
IX	Рионский межгорный прогиб	–	–	–	–	–	1	2	5	–	–	–	–	–	–	8	0.009786
X	Джавахетское нагорье	–	–	–	–	–	1	2	2	–	–	–	–	–	–	5	0.002755
XIII	Куринский и Нижне-араксинский прогибы	–	–	–	–	–	5	11	6	3	–	1	–	–	–	26	1.057958
XV	Донецко-Каспийская погребенная складчатая область	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	2	0.014585
XVI	Черное море	–	–	–	–	21	32	49	23	10	4	–	–	–	–	139	0.782824
XVII	Азовское море	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	–	–	–	2	1.002512
XVIII	Каспийское море	–	–	–	–	–	3	20	16	6	–	–	1	–	–	46	31.68105
	Сумма	1	15	202	747	1335	1804	1483	551	187	45	15	6	–	1	6392	1383.793

Для сейсмичности в границах территории «Северный Кавказ» в 2018–2019 гг., по сравнению с таковой в 2016–2017 гг., по выделившейся энергии характерен пониженный уровень реализовавшихся землетрясений. Общее число землетрясений в 2018–2019 гг. близко к таковому в 2016–2017 гг. Первенство принадлежит зоне Большого Кавказа (в два раза больше по энергии и почти в 1.2 раза – по количеству землетрясений), на втором месте по выделенной энергии находится зона Каспийского моря (в 400 раз больше по сравнению с 2016–2017 гг.). На порядок выше в 2018–2019 гг. уровень выделившейся энергии в зоне Терско-Каспийского прогиба, в которой зарегистрировано самое большое число землетрясений, 87 % из которых – слабые события с  $K_p \leq 7$ .

**Макросейсмические сведения.** В населенных пунктах Кавказа в 2018–2019 гг. ошутимыми были 59 землетрясений, из них 26 – непосредственно на территории Северного Кавказа [Прил. 2 и 4). Максимальная интенсивность  $I_{\max}$  сотрясений, равная 6 баллам по шкале MSK-64 [21], была отмечена от Закатальского землетрясения, произошедшего 5 июня 2018 г. в  $18^{\text{h}}40^{\text{m}}$  с  $h=9$  км с  $K_p=14.1$  на территории Азербайджана, и от Буйнакского-II с  $K_p=11.5$ , произошедшего в Дагестане вблизи Чиркейского водохранилища 24 мая 2019 г. в  $22^{\text{h}}34^{\text{m}}$  с  $h=10$  км [Прил. 2 и 4]. Наиболее сильные и ошутимые землетрясения зарегистрированы вне границ РФ. Внутри границ РФ – на территории Восточного Кавказа в Дагестане и Ингушетии (Терско-Каспийский передовой прогиб). Таблица названий и координат всех (146) населенных пунктов, сотрясенных в 2018–2019 гг., приводится в [Прил. 5].

**Сейсмичность в отдельных зонах Северного Кавказа** по В.Е. Хаину [2].

**В зоне I – Большой Кавказ (БК)**, простирающейся с востока на запад вдоль границ РФ и одновременно южных границ региона, обычно происходят самые значительные землетрясения. В 2018–2019 гг. эта зона также отличалась высоким уровнем сейсмичности. Здесь было зарегистрировано 1611 землетрясений (+143 вне границ региона) с  $K_p=3.2-14.1$  и выделилось максимальное количество энергии (табл. 3). Для 16 землетрясений построены механизмы очагов, для *восточной части БК* они показаны на рис. 5, параметры их представлены в приложении к статье [Прил. 3].



**Рис. 5.** Положение эпицентров и диаграммы механизмов очагов 28 сильнейших землетрясений Восточной зоны Северного Кавказа за 2018–2019 гг. на схеме расположения основных разрывных структур Дагестана и прилегающих территорий из [22]). Светло-серыми линиями показаны границы тектонических зон по [2]: I – Большой Кавказ, III – Терско-Каспийский прогиб, IV – Дагестанский клин

Условные обозначения к рис. 5: 1 – контуры крупных новейших антиклиналей и границы региональных поднятий; 2 – крупные новейшие синклинали; 3 – оси новейших антиклиналей; 4 – Главный надвиг Большого Кавказа; 5 – флексурный перегиб северного склона к Скифской плите; 6 – взбросо-надвиги и тектонические покровы; 7 – прочие разломы: а – установленные, б – предполагаемые; 8 – номера структурных элементов; 9 – номера разрывных нарушений. Цифрами на схеме обозначены: антиклинальные поднятия: 1 – Терское; 2 – Сунженское; 3 – Новогрозненское; 4 – Джуфидагское; синклинали впадины: 5 – Осетинская; 6 – Чеченская; 7 – Грозненская; 8 – Ансалтинская; 9 – Мурадинская; 10 – Буйнакская; 11 – Урминская; 12 – Каранайская; 13 – Бейбулагская; краевые прогибы: 14 – Кусарский; 15 – 17 – структуры Дагестанского клина. Разломы, обозначенные цифрами: 1 – 18, 19 – Цхинвали-Казбекский глубинный разлом (подробнее см. в [22]).

Отметим, что здесь, в восточной части Главного Кавказского хребта на пограничной территории с Азербайджаном, произошло самое сильное землетрясение за рассматриваемый период: Закаतालское-V 5 июня 2018 г. в  $18^{\text{h}}40^{\text{m}}$  с  $K_p=14.1$  [13, 14]. Ранее в этой очаговой зоне были зарегистрированы: Закаतालское-I 02.09.1936 г. с  $MLH=5.3$ ,  $I_0=6$  баллов, Закаतालское-II 29.06.1948 г. с  $MLH=6.1$ ,  $I_0=7$  баллов, Закаतालское-III 07.05.2012 г. с  $ML=5.6$ ,  $I_0=7$  баллов и Закаतालское-IV 07.05.2012 г. с  $ML=5.7$ ,  $I_0=7$  баллов [23]. Примечательно, что, несмотря на небольшое расстояние между их эпицентрами, система напряжений и типы движений в их очагах разные: в очаге Закаतालского-III землетрясения реализовался сдвиг по обеим крутым нодальным плоскостям, тогда как в очаге Закаतालского-IV землетрясения возник сброс со сдвигом по равнонаклонным нодальным плоскостям [23]. Закаतालское-V землетрясение произошло под действием сил сжатия, направленных с юго-запада, тип движения в очаге – сдвиг по пологой близмеридиональной плоскости ( $NP1$ ), или взброс с компонентами сдвига по крутой плоскости юго-восточного, «кавказского», простираения ( $NP2$ ). Наше решение близко к механизму, полученному для этого землетрясения в центре GCMТ (Прил. 3). Однако азербайджанскими авторами определен другой механизм очага, представленный сбросом и иной ориентацией нодальных плоскостей [14]. Область ощутимых макросейсмических эффектов при Закаतालском землетрясении охватила большую часть территории Дагестана, о чем более подробно описано в [13]. Закаतालское-V имело всего два афтершока в июне 2018 г. с  $K_p=7.1$  и 8.6. Сейсмическая активизация в его очаговой зоне возобновилась в августе-сентябре 2019 г. и началась с землетрясения



10 августа в 07<sup>h</sup>35<sup>m</sup> с  $K_p=12.4$ , после которого последовала серия афтершоков с  $K_p=5.8–11.1$ . Для основного толчка был также построен механизм очага, получен близкий по типу движения к механизму 5 июня 2018 г. (рис. 5), он также отличается от решения в [14].

В восточной части Большого Кавказа еще для пяти землетрясений построены механизмы очагов, которые представлены взбросами, взбросо-сдвигами и сдвигами (рис. 5).

В центральной части Большого Кавказа, в сопредельном районе Северной Осетии и Грузии, в эпицентральной зоне сильного Рачинского землетрясения 1991 г. [24], многие годы отмечается повышенный уровень сейсмичности. Из 66 землетрясений, зарегистрированных в исследуемый период, преобладающее число имело  $K_p \leq 8.0$ . Наиболее сильными были три: 6 ноября 2018 г. в 01<sup>h</sup>17<sup>m</sup> с  $K_p=12.5$ , 2 апреля 2019 г. в 07<sup>h</sup>30<sup>m</sup> с  $K_p=9.9$  и 22 июля 2019 г. в 18<sup>h</sup>00<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$ . Для двух из них построены механизмы очагов. Тип движения в очаге самого сильного землетрясения – взброс с небольшими компонентами сдвига, движение в очаге произошло под действием близмеридиональных сил сжатия.

Также была интересной серия из 55 землетрясений с  $K_p=3.6–9.8$  в Приэльбрусье в Кабардино-Балкарии, семь землетрясений произошли в январе, 48 землетрясений – с 26 по 30 марта. Землетрясения территориально локализованы вблизи Пшекиш-Тырныаузской шовной зоны (ПТШЗ), немного восточнее кальдеры Эльбруса (рис. 6). Для самого сильного землетрясения, произошедшего 30 января 2018 г. в 18<sup>h</sup>22<sup>m</sup> с  $K_p=9.8$ , построен механизм очага, представленный сдвигом с небольшими компонентами взброса по крутым плоскостям, близмеридиональной (NP1) или близширотной (NP2), причем плоскость NP2 с вертикальным падением ( $DP2=82^\circ$ ) близка по простиранию к ПТШЗ. Детально проявление сейсмичности в Приэльбрусье описано в [25]. Такого уровня сейсмической активизации в этом районе ранее не наблюдалось.

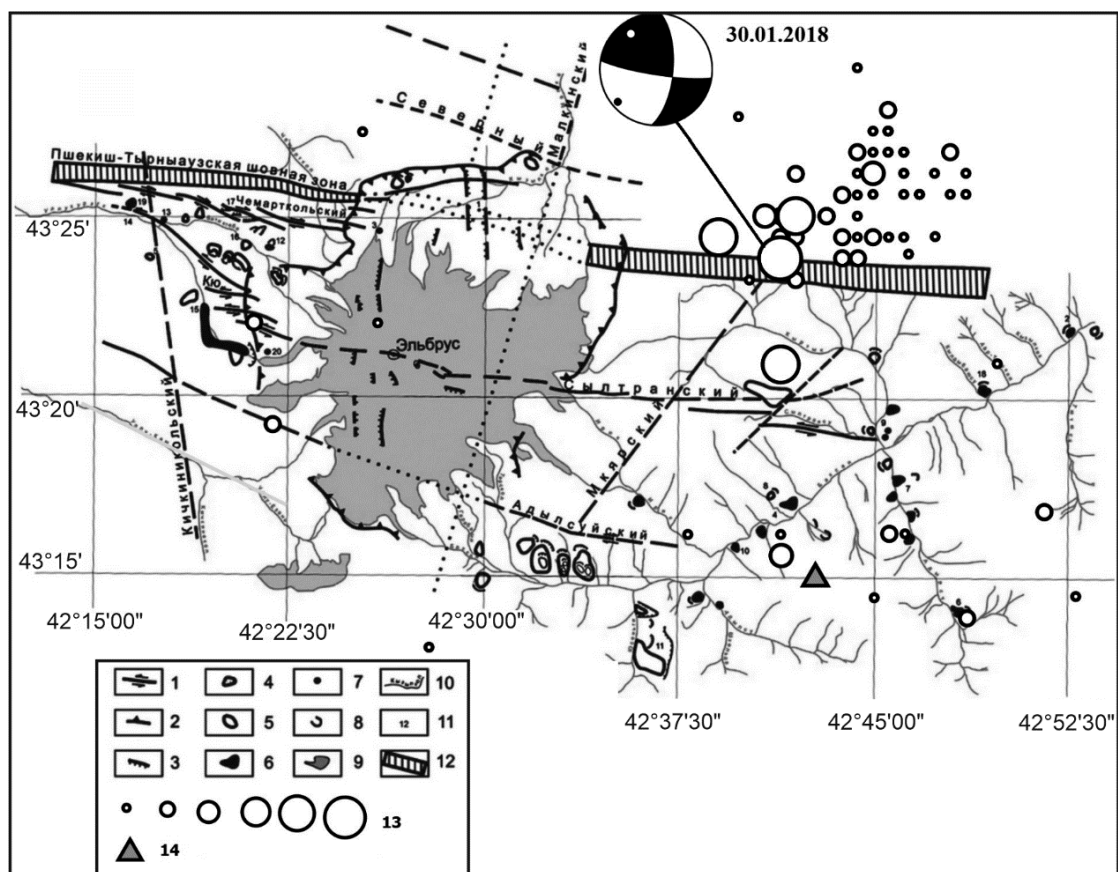


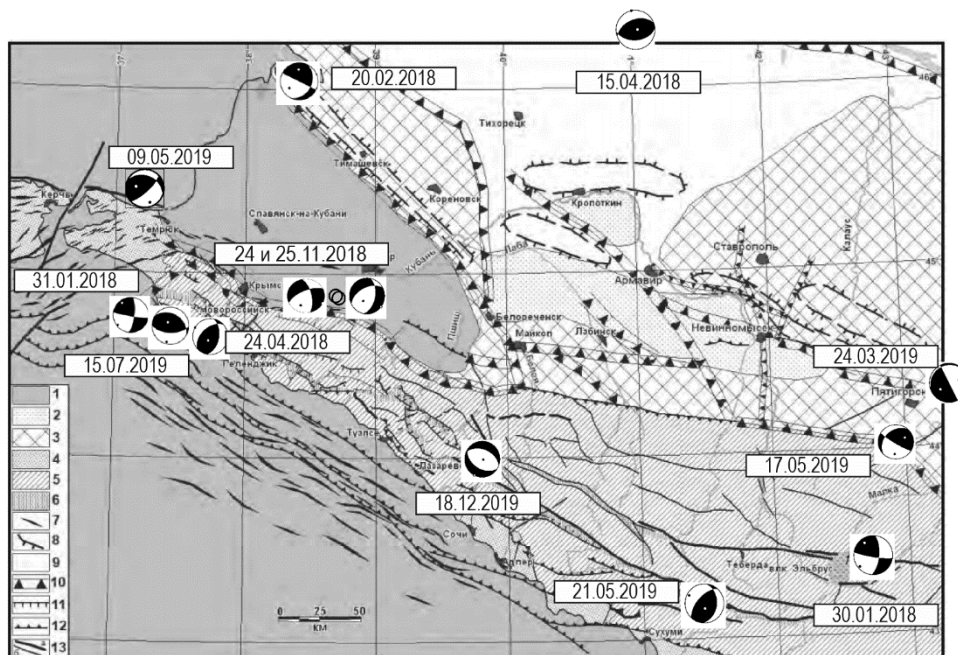
Рис. 6. Положение эпицентров землетрясений в январе и марте 2018 г. на фоне карты палеосейсмодислокаций в районе Приэльбрусья [26]

1 – сдвиговые разрывные нарушения и направление смещения по ним; 2 – границы Эльбрусской кальдеры [27]; 3 – первичные сейсмодислокации; 4–6 – вторичные сейсмодислокации: 4 – обвалы, 5 – оползни, 6 – каменно-ледовые лавины; 7 – сеймовибрационные явления; 8 – стенки отрыва вторичных сейсмодислокаций; 9 – ледники; 10 – реки; 11 – точки наблюдения; 12 – зона Пшекиш-Тырныаузского разлома; 13 – энергетический класс от  $K=5$  до  $K=10$ ; 14 – сейсмическая станция.

На границе Чеченской Республики и Грузии 22 октября 2018 г. в 12<sup>h</sup>39<sup>m</sup> произошло землетрясение с  $K_p=10.8$ , с последовавшим через полтора часа афтершоком с  $K_p=9.0$ . Для основного толчка был построен механизм очага, который характеризует сдвиг с незначительной взбросовой компонентой (рис. 5).

В западной части **Большого Кавказа** наблюдалось проявление слабой сейсмичности с  $K_p < 8.0$ . Можно отметить серию из 36 слабых событий с  $K_p=5.3-6.8$ , зарегистрированных между Анапой и Новороссийском в июле–августе 2019 года. Заметным было землетрясение в Республике Адыгея, которое произошло 18 декабря 2019 г. в 13<sup>h</sup>24<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$  и для которого построен механизм очага (рис. 7). Из 81 землетрясения, произошедшего между Анапой и Новороссийском, 29 относятся к зоне **Чёрного моря и Западно-Кубанского передового прогиба**. Среди них были сильные, с  $K_p=9.2-10.5$ , и ощутимые землетрясения, тогда как 52 землетрясения из зоны БК имели  $K_p=5.3-7.9$ . Для наиболее значительного землетрясения, произошедшего 24 апреля 2018 г. в 20<sup>h</sup>47<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$  и ощущавшегося до 5 баллов, проведено исследование макросейсмических данных, спектральных и очаговых параметров [28].

**II – Западно-Кубанский передовой прогиб.** Здесь зарегистрировано 28 землетрясений с  $K_p=5.2-10.5$  (рис. 4, рис. 6). Самыми заметными в 2018 г. были два землетрясения (дуплет), произошедшие с разницей в один час, 24 ноября 2018 г. в 22<sup>h</sup>55<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$  и 25 ноября 2018 г. в 00<sup>h</sup>05<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$ , и сопровождавшиеся четырьмя афтершоками с  $K_p=7.3-7.8$ . Эпицентры этих землетрясений располагались вблизи ст. Северской, в 28 км от г. Краснодара. Первое из них ощущалось в ст. Северской интенсивностью 3–4 балла, в Краснодаре – 3 балла. Второе также ощущалось в ст. Северской, ст. Азовской, пос. Ильский интенсивностью 3–4 балла. В тектоническом плане землетрясения произошли на южном склоне Западно-Кубанского прогиба (рис. 7). Построены механизмы очагов данных землетрясений, согласно которым тип движения в очагах – сброс (рис. 7). В 2019 г. интересным было землетрясение с  $K_p=8.0$ , произошедшее 9 мая 2019 г. в 22<sup>h</sup>42<sup>m</sup> в Темрюкском заливе Азовского моря на глубине  $h=61$  км, в 20 км от г. Темрюка. Для него построен механизм очага.



**Рис. 7.** Механизмы очагов землетрясений западной и центральной зон Северного Кавказа на фоне схемы неотектоники Северо-Западного Кавказа и прилегающих территорий [22]

1 – Западно-Кубанский предгорный прогиб; 2 – локальные платформенные прогибы; 3 – области умеренных поднятий; 4 – Керченско-Таманская зона интенсивной складчатости Западно-Кубанского прогиба и продолжение Туапсинского прогиба на суше (Сочи-Адлерская и Сухумская депрессии); 5 – орогенное сооружение Большого Кавказа; 6 – шовно-депресссионные структуры в пределах Кавказа; 7 – оси антиклинальных складок в неоген-четвертичных отложениях; 8 – локальные платформенные валы; 9 – Скифская плита; 10 – флексурно-разрывные зоны; 11 – сбросы, штрихи направлены в сторону опущенного крыла; 12 – взбросы и надвиги, штрихи направлены в сторону поднятого крыла; 13 – разломы с неясной кинематикой: а – генеральные, б – локальные.

**III – Терско-Каспийский (ТК) передовой прогиб.** В 2018–2019 гг. в этой зоне произошло самое большое число землетрясений ( $N=2745$ ), однако по выделившейся энергии она заняла лишь третье место после Большого Кавказа и Каспийского моря, так как 96 % землетрясений имели энергетические классы  $K_p < 8.5$ . Значительная их часть реализовалась на границе с Дагестанским клином, другая часть локализована в пределах диагональных Бенойско-Эльдаровской и Даттых-Ахловской шовных зон, пересекающих центральную часть прогиба с северо-запада на юго-восток [20]. Восемь землетрясений с  $K_p=8.9–11.7$  были ощутимыми. Для 18 землетрясений с  $K_p=9.7–11.7$  построены механизмы очагов (рис. 2).

Два самых сильных землетрясения с  $K_p=11.7$  зарегистрированы в октябре 2018 года. Одно произошло 14 октября в  $13^{\text{h}}51^{\text{m}}$  с  $h=83$  км в Чеченской Республике недалеко от с. Мескеты, ему предшествовали три землетрясения с  $h=70–81$  км и с  $K_p=7.1–10.8$ , для двух самых сильных построены механизмы очагов. Второе, произошедшее в Ингушетии 17 октября в  $15^{\text{h}}55^{\text{m}}$ , получило название Яндарского. В населенных пунктах республики оно вызвало максимальную интенсивность сотрясений 5 баллов [16]. Яндарскому предшествовал рой из нескольких (10) землетрясений с  $K_p=5.7–10.6$ , после главного толчка зарегистрировано пять афтершоков с  $K_p=6.7–9.1$ . Для основного толчка и двух самых сильных событий роя с  $K_p=10.3$  и  $10.6$  построены механизмы очагов.

Еще одно ощутимое в 2018 г. землетрясение, получившее название Заманкульское [16], произошло 12 апреля в  $07^{\text{h}}24^{\text{m}}$  с  $K_p=8.9$  в Северной Осетии, вблизи границы с Кабардино-Балкарией. Максимальная интенсивность сотрясений в населенных пунктах Северной Осетии составила 3–4 балла. У землетрясения зарегистрирован форшок с  $K_p=7.1$  и 18 июня 2017 г. в этом очаге реализовался рой из девяти событий с  $K_p=5.0–6.3$  [16].

На территории Осетии вблизи пос. Красный Ход реализовался рой из 16 землетрясений с  $K_p=4.8–8.3$ , они произошли 26 апреля 2018 г. в течение 10 часов.

В 2019 г. максимальный макросейсмический эффект до 6 баллов в населенных пунктах Дагестана вызвало землетрясение 24 мая в  $22^{\text{h}}34^{\text{m}}$  с  $K_p=11.5$  с эпицентром вблизи г. Буйнакса, в связи с чем оно получило название «Буйнакское-II» [13]. Механизм очага представлен взбросом (рис. 5), простирающие нодальных плоскостей типично для коровых землетрясений в этой зоне. После главного толчка зарегистрированы 182 афтершока с  $K_p=1.1–9.1$ . Самый сильный из них, 6 июня в  $09^{\text{h}}40^{\text{m}}$ , ощущался с максимальной интенсивностью сотрясений 3 балла.

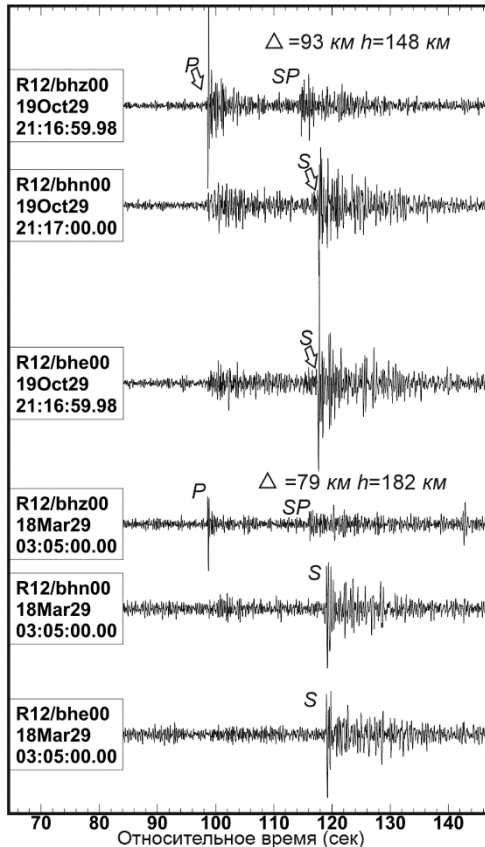
Заметное землетрясение, приуроченное к Грозненской синклинали впадине ТК, произошло 10 июля 2019 г. в  $19^{\text{h}}26^{\text{m}}$  с  $h=11$  км,  $K_p=9.1$ . Оно ощущалось в Ойсахре интенсивностью 2 балла и сопровождалось двумя афтершоками с  $K_p=8.7$  и  $8.8$ .

В десяти километрах западнее Владикавказа 15 февраля 2019 г. в течение трех часов были зарегистрированы два близких по силе ощутимых землетрясения (дуплет) и небольшая серия повторных толчков с  $K_p=4.7–7.4$ . Первое землетрясение произошло в  $13^{\text{h}}37^{\text{m}}$  с  $K_p=9.1$ , второе – в  $16^{\text{h}}05^{\text{m}}$  с  $K_p=9.4$ . Оба ощущались во Владикавказе, Гизели, Верхней Санибе интенсивностью 2 балла. Последний из повторных толчков зарегистрирован 24 февраля в  $03^{\text{h}}59^{\text{m}}$  с  $K_p=4.7$ .

Серия слабых коровых землетрясений с  $K_p=4.7–8.5$  реализовалась компактно по площади вблизи Буртуная с 1 января 2018 г. по 30 декабря 2019 года. 11 событий 25–26 февраля 2019 г. образовали рой. Параллельно во времени и примерно в 40 км к северо-западу на территории ЧР в эпицентральной области сильного Курчалойского землетрясения 11.10.2008 г. с  $M=5.6$  в ТК зафиксирована серия землетрясений с  $K_p=8.5–10.0$  (между селами Майртуп и Бачи-Юрт). Для двух землетрясений 20 июня 2019 г. в  $07^{\text{h}}58^{\text{m}}$  с  $h=7$  км,  $K_p=9.7$  и 22 августа 2019 г. в  $08^{\text{h}}34^{\text{m}}$  с  $h=12$  км,  $K_p=10.0$  построены механизмы очагов (рис. 5). Тип движения в очагах – взброс, основное движение связывается, как и в случае Курчалойского землетрясения, с широтным Пшекиш-Тырныауз-Сунженским разломом [29].

Высокий уровень сейсмичности сохраняется в этой зоне с 1970 г. по настоящее время в окрестностях Чиркейского водохранилища, которое расположено в 30 км к северо-западу от сейсмофокальной зоны Дагестанского землетрясения 14.05.1970 года. Сейсмический режим данного региона имеет выраженный циклический характер и объясняется геодинамической реакцией вмещающей среды на сезонные колебания уровня воды в водохранилище [30]. В 2018–2019 гг. порядка 400 событий с  $K_p=1.8–7.9$  было лоцировано в районе Чиркейской ГЭС. Кроме слабых, в этом районе были зарегистрированы шесть землетрясений с  $K_p=8.6–11.2$ , для трех самых сильных из них были построены механизмы очагов. Так, 13 апреля 2018 г. в  $00^{\text{h}}27^{\text{m}}$  произошло землетрясение с  $K_p=11.2$ , движение в очаге представлено взбросо-сдвигом, так же, как и 17 мая 2019 г. в  $21^{\text{h}}47^{\text{m}}$  с  $K_p=10.4$  (рис. 5). 7 сентября 2019 г. в  $17^{\text{h}}28^{\text{m}}$  было зарегистрировано ощутимое землетрясение с  $K_p=10.1$  и максимальной интенсивностью сотрясений в Буйнакске, Махачкале 2–3 балла. Механизм очага этого землетрясения представлен сбросом со сдвиговой компонентой.

Продолжалась регистрация землетрясений с очагами в промежуточной зоне перехода от земной коры к верхней мантии ( $200 \text{ км} \geq h \geq 70 \text{ км}$ ). За два года реализовалось 67 землетрясений с  $h \geq 70 \text{ км}$ , среди них четыре самых «заглубленных» очага: 29 марта 2018 г. в  $03^{\text{h}}06^{\text{m}}$  с  $K_p=8.5$ ,  $h=182 \text{ км}$ , 19 июня 2019 г. в  $22^{\text{h}}36^{\text{m}}$  с  $K_p=8.4$ ,  $h=146 \text{ км}$ , 17 сентября 2019 г. в  $07^{\text{h}}41^{\text{m}}$  с  $K_p=8.9$ ,  $h=140 \text{ км}$  и 29 октября 2019 г. в  $21^{\text{h}}18^{\text{m}}$  с  $K_p=8.7$ ,  $h=148 \text{ км}$ . Их эпицентры находились почти в одном месте в пределах Притеречной антиклинальной зоны. Волновая картина этих заглубленных очагов имела специфические особенности: четкий узкий импульс в  $P$ -волне, слабая coda  $P$ -волны, почти не различимая на горизонтальных компонентах, такое же четкое вступление  $S$ -волны на вертикальных компонентах, слабая выраженность  $S$ -волны на вертикальной компоненте и цуг волн на горизонтальных компонентах записи примерно за 2.8–2.9 секунды до вступления  $S$ -волны, который, возможно представляет некую обменную фазу  $SP$ , характерную, как было показано в [6], для записей заглубленных очагов (рис. 8).



**Рис. 8.** Волновая картина двух землетрясений: 29 октября 2019 г. в  $21^{\text{h}}18^{\text{m}}$  с  $K_p=8.7$ ,  $h=148 \text{ км}$  и 29 марта 2018 г. в  $03^{\text{h}}06^{\text{m}}$  с  $K_p=8.5$ ,  $h=182 \text{ км}$ . Записи отфильтрованы в полосе 0.5–6.5 Гц и находятся в одном амплитудном масштабе. Экспериментальная станция R12

**IV – Дагестанский клин.** Продолжался активный сейсмический процесс в зоне влияния Владикавказского (Черногорского) разлома, где находился эпицентр Мехельтинского землетрясения, произошедшего 13 мая 2016 года. Здесь в 2018 г. было зарегистрировано около 220 слабых событий с  $K_p=3.3$ –8.3, а в 2019 г., с 17 января по 23 февраля, реализовался Гагатлинский рой, состоящий из более 120 коровых событий, в котором, наряду со слабыми, были восемь землетрясений с  $K_p=8.8$ –10.2. Предположительно Гагатлинский рой был связан с активизацией Андийского разлома [31]. Получены параметры механизмов очагов пяти наиболее сильных землетрясений роя (рис. 5), у которых установлен подобный тип движения в очаге, представленный сдвигом (по нодальной плоскости  $NP1$  – левосторонний, по плоскости  $NP2$  – правосторонний) со сбросовой компонентой. Движение возникло под преобладающим действием сил растяжения ( $PL=0$ –9°) северо-западной ориентации ( $AZM=297$ –316°). Четыре из этих землетрясений ощущались в населенных пунктах Дагестана интенсивностью 2–3 балла, все они произошли 20 января 2019 г.: в  $10^{\text{h}}10^{\text{m}}$  с  $K_p=10.2$ , в  $10^{\text{h}}12^{\text{m}}$  с  $K_p=8.9$ , в  $11^{\text{h}}30^{\text{m}}$  с  $K_p=9.8$  и в  $14^{\text{h}}22^{\text{m}}$  с  $K_p=9.6$ .

**V – моноклираль Предкавказья.** В этой переходной зоне от складчатых структур БК к платформенным структурам регистрировалась в основном слабая сейсмичность с  $K_p \leq 8.0$ . Значительная часть слабых землетрясений лоцирована вдоль Армавири-Невинномысского диагонального разлома. Часть из них представляли роевые последовательности: Прикубанский рой из 13 землетрясений с 9 января по 18 января 2019 г. с  $K_p=3.7$ –8.0 в 6–7 км к северо-западу от ст. Суворовской. Однако одно землетрясение под Пятигорском, 17 мая 2019 г. в  $01^{\text{h}}19^{\text{m}}$ , выделялось по своей энергии –  $K_p=10.8$ . Оно ощущалось в ближайших городах с максимальной интенсивностью  $I_0=5$ –6 баллов. Явный

афтершоковый процесс не наблюдался, но в зоне очага данного землетрясения в 2018–2019 гг. лоцировано порядка 70 слабых землетрясений с  $K_p=2.5$ –8.6. Эпицентр локализован в пределах Эльбрусско-Минераловодской зоны сбросо-сдвиговых нарушений [32], однако механизм очага 17 мая 2019 г. в  $01^{\text{h}}19^{\text{m}}$ , построенный по знакам первого движения в  $P$ -волне, представлен сдвиго-взбросом по плоскости  $NP1$  восток–юго-восточного простирания, или левосторонним сдвигом с незначительной компонентой взброса по плоскости юго-западного простирания [Прил. 3].

**VI – Ставропольский свод.** На территории этого структурного элемента реализовались 19 землетрясений с  $K_p=5.7$ –8.6. Эти землетрясения можно отнести к Армавири-Невинномысской зоне глубинных нарушений сдвигового типа.

В VII – Кумо-Манычском прогибе, как и в 2016–2017 гг., проявления сейсмичности в 2018–2019 гг. не наблюдались.

VIII – структуры Скифской платформы. Основная часть из 116 зарегистрированных здесь землетрясений имели  $K_p=2.5-7.9$ , половина из них вытянута в цепочку вдоль продолжения Армавино-Невинномысского глубинного разлома от Невинномысска к Нальчику. Глубины очагов  $h \leq 40$  км.

Два землетрясения с глубинами  $h=70$  км и  $h=82$  км были зарегистрированы в приграничной области с зоной Терско-Каспийского прогиба.

В западной части Северного Кавказа, вблизи Приморско-Ахтарска Краснодарского края, 20 февраля 2018 г. в 07<sup>h</sup>00<sup>m</sup> с разницей в 10 сек были зарегистрированы два толчка (дуплет землетрясений) с  $K_p=10.9$  и  $K_p=11.0$ ,  $h=15-17$  км. Первое из них ощущалось в Приморско-Ахтарске интенсивностью 3–4 балла. Построен механизм очага этого толчка, его параметры и диаграмма представлены в [Прил. 3] и на рис. 7 соответственно. Тип движения – взброс с компонентой сдвига по вертикальной плоскости NP1 восток–юго-восточного простирания, или сдвиг по пологой плоскости NP2 север–северо-восточного простирания. Простирание нодальной плоскости NP1 совпадает с простиранием северной границы Индоло-Кубанского прогиба.

На северной границе региона в Ростовской области 15 апреля 2018 г. в 14<sup>h</sup>41<sup>m</sup> с  $K_p=9.7$  было зарегистрировано одно из редких землетрясений в этом платформенном районе. Оно ощущалось в н.пос. Вороново, Северный, Средний Егорлык, Лопанка, Целина – 3 балла. Механизм очага представлен взбросом с незначительными сдвиговыми компонентами (рис. 6, [Прил. 3]).

В Ставропольском крае самое сильное землетрясение произошло в 2019 г. 24 марта в 20<sup>h</sup>37<sup>m</sup> с  $K_p=9.9$  и  $h=32$  км. Тип движения в очаге – сброс или горизонтальный сдвиг.

XIII – Куринский прогиб и Нижнеараксинский прогиб. Из 187 землетрясений, зарегистрированных в этой зоне, 26 произошли в рамках зоны ответственности. Механизмы очагов двух сильных землетрясений, произошедших на территории Грузии 25 марта 2018 г. в 10<sup>h</sup>45<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$  и 7 апреля 2019 г. в 08<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $K_p=11.0$ , подобны – взброс со сдвиговой компонентой [Прил. 3].

XV – Донецко-Каспийская погребенная складчатая область. В Приютненском районе республики Калмыкия, в одном очаге в пределах Донецко-Каспийской складчатой зоны [2], в пределах Сальско-Манычской гряды, были зарегистрированы два землетрясения: 16 сентября 2018 г. в 10<sup>h</sup>36<sup>m</sup> с  $K_p=9.1$  и 9 июня 2019 г. в 21<sup>h</sup>49<sup>m</sup> с  $K_p=8.3$ .

В акватории Чёрного моря (XVI), включая его юго-восточную часть, зарегистрировано 151 землетрясение с  $K_p=4.7-10.5$ . Они сгруппировались в трех зонах: Анапской ( $N_1=72$ ), Сочинско-Туапсинской ( $N_2=63$ ) и юго-восточной, в шельфовой части на территории Абхазии ( $N_3=16$ ).

В Анапской зоне в основном регистрировалась слабая сейсмичность с  $K_p \leq 8.0$ . Наиболее заметными были два ощутимых землетрясения. Первое – 20 января 2018 г. с основным толчком в 16<sup>h</sup>28<sup>m</sup> и  $K_p=9.6$ ,  $h=35$  км, ощущалось в Анапе и Новороссийске с интенсивностью 3–4 балла. Второе – 31 января 2018 г. в 04<sup>h</sup>28<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$ ,  $h=19$  км, ощущалось в Анапе, ст. Анапской, Су-Псехе – 3–4 балла; в Новороссийске 2–3 балла. Заметным также было землетрясение 15 июля 2019 г. в 06<sup>h</sup>00<sup>m</sup> с  $K_p=9.2$ ,  $h=38$  км. Для него построен механизм очага – взброс с компонентами сдвига по плоскости юго-западного или близмеридионального простирания (рис. 7).

Самым сильным стало землетрясение 24 апреля 2018 г. с основным толчком в 20<sup>h</sup>47<sup>m</sup> и  $K_p=10.5$ ,  $h=35$  км, ощущавшимся в Су-Псехе с интенсивностью 5 баллов, Анапе – 4–5 баллов, Новороссийске – 4 балла, Крымске – 3–4 балла. Построены механизмы очагов землетрясений 31 января и 24 апреля 2018 года. Более детальное описание дано в статье настоящего журнала [28].

В Сочинско-Туапсинской зоне отмечались слабые землетрясения в интервале  $K_p=4.9-9.4$ . Относительно сильными были два ощутимых землетрясения, произошедшие в 2018 г.: 26 января в 06<sup>h</sup>09<sup>m</sup> с  $K_p=9.3$ , ощущавшееся в Джубге интенсивностью 3 балла, и 26 апреля в 08<sup>h</sup>56<sup>m</sup> с  $K_p=9.4$ , вызвавшее в пос. Лазаревском сотрясения интенсивностью 2 балла.

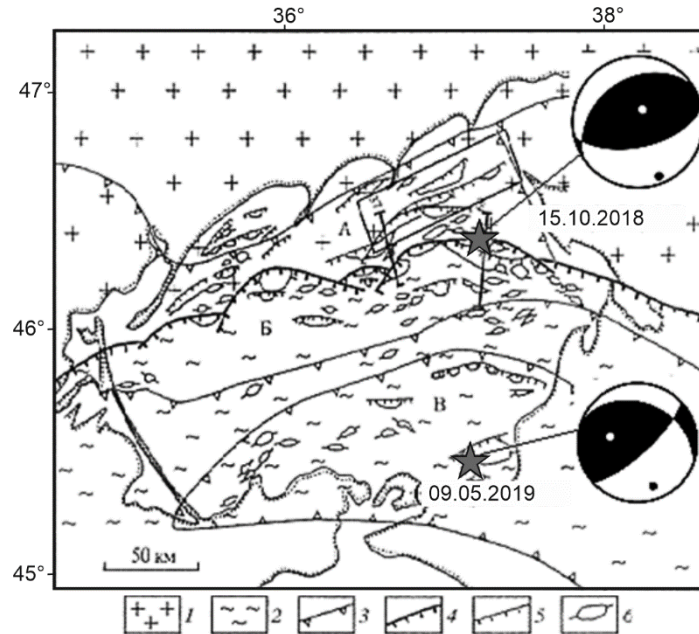
В 20 км к юго-западу от Сочи с 19 по 23 мая 2019 г. реализовался Сочинско-Черноморский рой из шести слабых событий с  $K_p=5.7-7.4$ . Подобное явление отмечалось в этой зоне в марте–апреле 2016 г. [1].

В шельфовой части на территории Абхазии 13 землетрясений с  $K_p=6.9-9.9$  произошли в эпицентральной зоне Восточно-Черноморского землетрясения 23.12.2012 г. с  $K_p=14.1$ ,  $M_{Wper}=6.0$ ,  $M_{WGCMT}=5.8$ ,  $I_0^p=7-8$  [33].

В Азовском море (XVII) зарегистрировано два землетрясения с основным толчком 15 октября 2018 г. в 10<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $K_p=11.0$  и афтершоком через 10 мин, которые приурочены к субширотному Азовскому валу, являющемуся главной структурой, определяющей тектонический облик этого региона. Он представляет собой линейно вытянутое поднятие, погребенное под осевой частью впадины моря, и, в виде пологой дуги, выгнутой в север–северо-западном направлении,



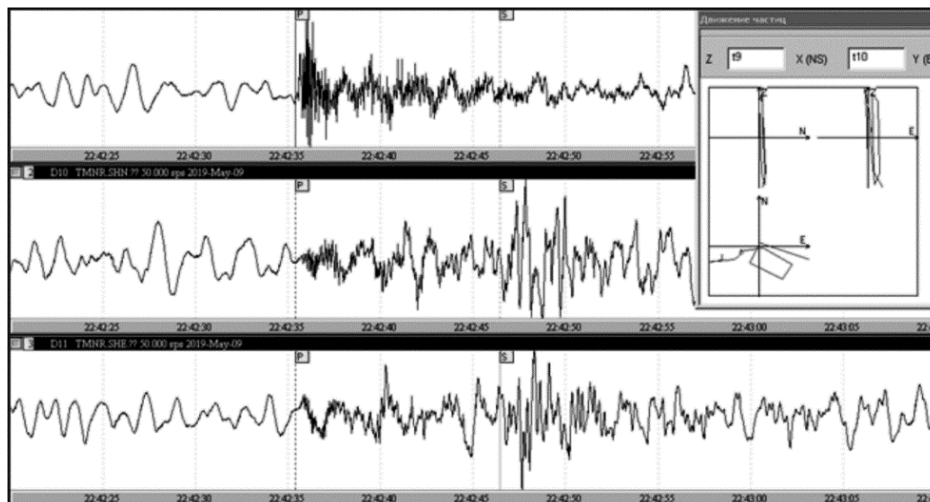
протягивается от западного до восточного побережья. Северное его крыло представлено Главным Азовским надвигом, разделяющим структуры Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты [34] (рис. 9). Полученный по знакам первого движения в *P*-волне механизм очага землетрясения 15 октября 2018 г. отражает эту тектоническую позицию: одна из нодальных плоскостей, более крутая, имеет подобное Азовскому валу субширотное простирание и падение на юг, тип движения по этой плоскости – взброс.



**Рис. 9.** Положение эпицентров землетрясений 15 октября 2018 г. и 9 мая 2019 г. и диаграммы их механизмов очагов на фоне тектонической карты дна Азовского моря [34, 35]

1– ВЕП; 2– Скифская платформа; 3 – границы основных тектонических элементов (А – Северо-Азовский прогиб; Б – Азовский вал; В – Индоло-Кубанский прогиб); 4 – Главный Азовский надвиг; 5 – второстепенные надвиги; 6 – антиклиналы.

В 2019 г. интересным было землетрясение 9 мая 2019 г. в 22<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $h=61$  км,  $K_p=8.0$ , произошедшее в Темрюкском заливе Азовского моря, в 20 км от г. Темрюка. Обращает на себя внимание полученная глубина гипоцентра, находящаяся ниже границы Мохоровичича в этом районе. Волновая картина на станции Таманский ( $\Delta=45$  км) (рис. 10) содержит характерные черты записи землетрясения с очагом ниже Мохо на близких расстояниях: высокочастотная плоско-поляризованная *P*-волна и практическое отсутствие записи *S*-волны на вертикальной компоненте.



**Рис. 10.** Трехкомпонентная запись (нефильтрованная) на пункте наблюдения «Таманский» землетрясения 9 мая 2019 г. в рабочем окне «Волновые формы» программы WSG [36]. В правом верхнем углу показана диаграмма движения частиц в *P*-волне

В *Каспийском море (XVIII)* в рамках региона регистрировалась слабая сейсмичность, энергетические классы землетрясений не превышали  $K_p=9.2$ , и лишь одно землетрясение, произошедшее 7 июня 2019 г. в  $05^{\text{h}}27^{\text{m}}$ , имело  $K_p=12.5$  и ощущалось в Махачкале с интенсивностью 3–4 балла. Был построен механизм очага, тип движения – сброс с существенной компонентой сдвига.

**Заключение.** Наиболее сильные землетрясения в период 2018–2019 гг. произошли в тектонических зонах, границы которых согласованы с тектонической картой Кавказа [2]: Большом Кавказе (особенно в его восточной части), Дагестанском клине и Терско-Каспийском передовом прогибе. Как и в 2017 г., за рассматриваемый период вновь отмечено проявление сейсмичности в центральной части Азовского моря, приуроченное к субширотному Азовскому валу, являющемуся главной структурой, определяющей тектонический облик этого региона.

В 2018–2019 гг. также регистрировались роевые последовательности. Особенно следует отметить Гагатлинский рой, приуроченный к Андийскому разлому [31]. Однако протяженных по времени роев и афтершоковых процессов не зарегистрировано. Отдельные рои предвещали возникновение относительно сильного землетрясения, но чаще происходили самостоятельно в раздробленных зонах.

В западной части Северного Кавказа, вблизи г. Приморско-Ахтарска Краснодарского края, 20 февраля 2018 г. в  $07^{\text{h}}00^{\text{m}}$  с разницей в 10 сек были зарегистрированы два толчка (дууплет землетрясений) с  $K_p=10.9$  и  $K_p=11.0$ ,  $h=15\text{--}17$  км. Первое из них ощущалось в Приморско-Ахтарске интенсивностью 3–4 балла. Построен механизм очага первого толчка, получен тип движения – взброс с компонентой сдвига по плоскости, совпадающей с простираем северной границы Индоло-Кубанского прогиба.

На севере региона, в Ростовской области, 15 апреля 2018 г. в  $14^{\text{h}}41^{\text{m}}$  было зарегистрировано одно из редких землетрясений с  $K_p=9.7$  в этом платформенном районе. Оно ощущалось в населенных пунктах Вороново, Северный, Средний Егорлык, Лопанка, Целина – 3 балла. Механизм очага представлен взбросом с незначительными сдвиговыми компонентами.

В целом уровень сейсмичности в 2018–2019 гг. по известной шкале «СОУС-09» [19, 20] был признан «фоновым средним» за более чем пятидесятилетний период инструментальных наблюдений.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках госзадания № 075-01271-23) 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».

В подготовке электронных приложений к данной статье принимали участие: З.А. Адилов, Е.В. Артемова, Л.И. Александрова, З.А. Асекова, О.А. Асманов, С.С. Багаева, Н.В. Будеева, И.П. Габсатарова, А.М. Гамидова, К.В. Гричуха, М.Г. Даниялов, И.Ю. Дмитриева, А.С. Зверева, Л.Е. Иванова, И.Ю. Калугина, Е.А. Карпович, Л.Н. Королецки, В.В. Косая, Н.М. Лещук, Н.А. Лукаш, Л.С. Малянова, Д.Ю. Мехрюшев, З.А. Мусалаева, И.Н. Павличенко, Э.А. Петросян, Э.В. Погода, С.Г. Пойгина, Н.Л. Пономарева, Е.Ю. Сагателова, Е.А. Селиванова, Г.В. Цирихова, А.Ю. Янков.

**Электронное приложение** App03c\_North\_Caucasus\_2018–2019 (<http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>): 1 – Сейсмические станции ФИЦ ЕГС РАН, работавшие на территории Северного Кавказа в 2018 и 2019 гг.; 2 – Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2018–2019 гг.; 3 – Каталог механизмов очагов землетрясений Северного Кавказа за 2018–2019 гг.; 4 – Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Северного Кавказа в 2018–2019 гг.; 5 – Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Северного Кавказа за 2018–2019 гг.

## Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 74–86. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.06>. EDN: QPXOME
2. Хаин В.Е. Кавказ. Тектоническая карта. – М: 1:5 500 000 // Большая Советская Энциклопедия. – 1973. – Т. 11. – С. 112–114.
3. Peterson J. Observation and modeling of seismic background noise // U.S. Geological Survey. Open-File Report. – 1993. – V. 93. – 95 p.
4. Bormann P., Wielandt E. Seismic signals and noise // New manual of seismological observatory practice 2 (NMSOP2). – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 2013. – P. 1–62.

5. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов З.М., Асманов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2015 г. // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 69–83. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24>
6. Габсатарова И.П. Исследование пространственно-временных особенностей сейсмичности на Северном Кавказе. Дис. на соиск. уч. степ. канд. ф.-м. наук. – М.: ИФЗ РАН, 2011. – 178 с.
7. Lee W.H.K. and Lahr J.C. HYP071 (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.
8. Краснопевцева Г.В. Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. – М.: Наука, 1984. – 109 с.
9. Гобаренко В.С., Муровская А.В., Егорова Т.П., Шеремет Е.Е. Современные коллизионные процессы на северной окраине Черного моря // *Геотектоника*. – 2016. – № 4. – С. 68–87.
10. Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крымско-Черноморского региона в 2018–2019 гг. // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 48–55/ DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.03> EDN: MPZWQA
11. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
12. Ландер А.В. Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // *Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.2003–31.12.2003)* / Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2004. – 350 с.
13. Асманов О.А., Магомедов Х.Д., Адилов З.А. Ощутимые землетрясения Дагестана в 2018–2019 гг. // *Землетрясение Северной Евразии*. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 303–311. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.27> EDN: CSNUVE
14. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Сейсмичность Азербайджана и прилегающих территорий в 2018–2019 гг. // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.04> EDN: ZBPILM
15. Дмитриева И.Ю., Саяпина А.А., Горожанцев С.В., Багаева С.С. О макросейсмических проявлениях Яндарского землетрясения 17 октября 2018 г. // *Геология и геофизика Юга России*. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 151–160.
16. Дмитриева И.Ю., Саяпина А.А., Багаева С.С., Горожанцев С.В. Ощутимые землетрясения Северного Кавказа в 2018 году: Заманкульское 12 апреля 2018 г. с  $K_p=8.9$ ,  $I_0=4$  балла и Яндарское 17 октября 2018 г. с  $K_p=11.7$ ,  $I_0=5-6$  баллов // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 283–292. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.25> EDN: HIZYMI
17. Левкович Р.А., Асманов О.А., Крамынин П.И., Мусалаева З.А., Гамидова А.М. Буйнакское землетрясение 9 января 1975 г. // *Сейсмический бюллетень Кавказа 1975 г.* – Тбилиси: «Мецниереба», 1977. – С. 171–192.
18. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // *Вулканология и сейсмология*. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
19. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воропаев П.В. Оценка уровня сейсмичности регионов России // *Землетрясения России в 2018 году*. – 2020. – С. 82–88.
20. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г. Оценка уровня сейсмичности регионов России // *Землетрясения России в 2019 году*. – 2021. – С. 83–89.
21. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
22. 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.
23. Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э., Исмаилова С.С., Гаравелиев Э.С. Загатальское-III землетрясение 7 мая 2012 г. в  $04^{\text{h}}40^{\text{m}}$  с  $M_L \text{ Azp}=5.6$ ,  $M_W=5.6$ ,  $I_0=7$  и Загатальское-IV в  $14^{\text{h}}15^{\text{m}}$  с  $M_L \text{ Azp}=5.7$ ,  $M_W=5.3$ ,  $I_0=7$  (Азербайджан) // *Землетрясения Северной Евразии*. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 332–344.
24. Арефьев С.С., Плетнев К.Г., Татевосян Р.Э., Борисов Б.А., Аптекман Ж.Я., Васильев В.Ю., Делицын Л.Л., Романов А.А., Ошер Б.В., Парини И.Е., Афимьина Т.В., Шилова Н.Е., Шумилина Л.С., Джавахишвили З., Систернас А., Эсслер А., Ривера Л., Дорбат Л., Кинг Д., Фуэнсалида А., Оуэн Т., Мас-Кормак Д., Бейкер К., Лангер Ч., Майер-Роза Д., Смит П. Рачинское землетрясение 1991 г.: результаты полевых сейсмологических наблюдений // *Физика Земли*. – 1993. – № 3. – С. 12–23.
25. Багаева С.С., Саяпина А.А., Дмитриева И.Ю., Горожанцев С.В., Гричуха К.В. О распределении гипоцентров землетрясений в очаговых зонах центральной части Северного Кавказа в 2018 году по данным СОФ ФИЦ ЕГС РАН // *Вестник Пермского университета. Геология*. – 2019. – Т. 18. – № 3. – С. 231–236.

26. Рогожин Е.А. Очерки региональной сейсмотектоники / Отв. ред. А.О. Глико. – М.: ИФЗ РАН, 2012. – 340 с.
27. Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г., Катов Д.М., Пурига А.И. Эльбрусская кальдера (Северный Кавказ). – М.: ДАН, 1998. – Т. 363, № 4. – С. 515–517.
28. Клянчин А.С., Зверева А.С., Габсатарова И.П. Землетрясение 24 апреля 2018 г. с  $M_w=3.9$  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
29. Габсатарова И.П. Инструментальные параметры очага Курчалойского землетрясения 11 октября 2008г. с  $K_R=14.5$ ,  $M_w=5.8$ ,  $I_0=7-8$  (Чеченская Республика) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 433–447.
30. Левкович Р.А., Дейнега Г.И., Каспаров С.А., Идармачев Ш.Г., Казарьянц Г.С., Дейнега А.Г., Омаров Г.Н. Геодинамический эффект создания крупных водохранилищ в сейсмоактивных областях. – М.: Наука, 1982. – 74 с.
31. Габсатарова И.П., Пономарева Н.Л., Королецки Л.Н., Ахмедова М.М. Гагатлинский рой слабых землетрясений – проявление активности Андийского разлома // Российский сейсмологический журнал. – 2019. – Т. 1, № 1. – С. 46–56. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2019.1.04>
32. Милановский Е.Е., Расцветаев Л.М., Кухмазов С.У., Бирман А.С., Курдин Н.Н., Симако В.Г., Тверитинова Т.Ю. Новейшая геодинамика Эльбруско-Минераловодской области Северного Кавказа // Геодинамика Кавказа. – М.: Наука, 1989. – С. 99–105.
33. Габсатарова И.П., Карпович Е.А., Королецки Л.Н., Войтова А.С., Каменская О.П. Восточно-Черноморское землетрясение 23 декабря 2012 г. с  $K_R=14.1$ ,  $M_{w,reg}=6.0$ ,  $M_{w,GSMT}=5.8$ ,  $I_0^P=7-8$  (Чёрное море, Абхазия) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 433–443.
34. Хаин В.Е., Попков В.И., Воскресенский И.А., Короновский Н.В., Левин Л.Э., Мирзоев Д.А., Пирбудагов В.М., Сенин Б.В., Юдин В.В. Тектоника южного обрамления Восточно-Европейской платформы (Объяснительная записка к тектонической карте Черноморско-Каспийского региона. Масштаб 1:2 500 000) / Под ред. Хаина В.Е. и Попкова В.И. – Краснодар: Кубан. Гос. Ун-т, 2009. – 213 с.
35. Исмагилов Д.Ф., Попков В.И., Терехов А.А., Шайнуров Р.В. Аллохтонные структуры Азовского моря. – М.: ДАН СССР, 1991. – Т. 313, № 4. – С. 792–795.
36. Акимов А.П., Красилов С.А. Программный комплекс WSG «Система обработки сейсмических данных» / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020664678 от 16.11.2020 г.

### SEISMICITY of the NORTHERN CAUCASUS in 2018–2019

I.P. Gabsatarova<sup>1</sup>, L.N. Koroletski<sup>1</sup>, L.E. Ivanova<sup>1</sup>, A.A. Sayapina<sup>2</sup>,

S.S. Bagaeva<sup>2</sup>, Z.M. Adilov<sup>3</sup>, O.A. Asmanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, ira@gsras.ru

<sup>2</sup>North Ossetian Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia, a\_sayapina@gsras.ru

<sup>3</sup>Dagestan branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia, adilov79@mail.ru

**Abstract.** Seismic monitoring of the territory of the North Caucasus in 2018–2019 was carried out by a seismic network of 66 stations. All stations were digitally equipped. The seismic network provided representative registration of earthquakes with  $K_R \geq 7.0$  in most of the territory, in its central (including the Greater Sochi region) and eastern parts – with  $K_R \geq 6.0$ , and in some local zones – with  $K_R \geq 5.5$ . In general, 6874 earthquakes have been recorded in the region and its environs. 59 earthquakes were felt in the Caucasus settlements, 26 of them occurred in the North Caucasus region. The maximum shaking intensity  $I_{max}=6$  by the MSK-64 scale was noted from the Zagatala earthquake of June 5, 2018 with  $K_R=14.1$  occurred in the territory of the Azerbaijan and from Buynak-II earthquake of May 24, 2019 with  $K_R=11.5$  in Dagestan near the Chirkey reservoir. On the territory of Ossetia and Ingushetia (Tersko-Caspian forward trough) two earthquakes, Zamankul and Yandar, were felt with intensity up to  $I=5$ . A doublet EQ felt up to  $I=3-4$  was recorded on November 24, 2018 ( $K_R=10.3$ ) and November 25, 2018 ( $K_R=10.5$ ) in the West Kuban marginal trough. In accordance with the seismicity level scale "S0US-09", seismicity of the North Caucasus in 2018–2019 is set as a "background average" for the observation period from 1962 to 2019.

**Keywords:** seismic station, perceptible earthquake, focal mechanism, Terek-Caspian Trough, Greater Caucasus, seismicity level scale, "background average".

**For citation:** Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova L.E., Sayapina A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2023). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 73–91. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.06> EDN: ZOYJVU

## References

1. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova, L.E., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2022). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 74–86. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.06> EDN: QPXOME
2. Khain, V.E. (1973) [Caucasus. Tectonic map. – M: 1:5 500 000]. In *Bol'shaia Sovetskaia Entsiklopediia*. T. 11 [Great Soviet Encyclopedia, V. 11] (pp. 112–114). Moscow, Russia: Soviet Encyclopedia Publ. (In Russ.).
3. Peterson, J. (1933). Observation and modeling of seismic background noise. *U.S. Geological Survey. Open-File Report*, 93, 1–95.
4. Bormann, P., & Wielandt, E. (2013). Seismic signals and noise. In *New manual of seismological observatory practice 2 (NMSOP2)* (pp. 1–62). Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ.
5. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2021). [Seismicity of the Northern Caucasus]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 68–81. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24>
6. Gabsatarova, I.P. (2011). *Issledovanie prostranstvenno-vremennykh osobennostei seismichnosti na Severnom Kavkaze. Dis. Kand. fiz.-mat. nauk* [Investigation of spatial-temporal features of seismicity in the Northern Caucasus. Cand. Phys.-math. Sci. diss.]. Moscow, Russia: IFZ RAS Publ., 178 p. (In Russ.).
7. 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.
8. Krasnopevtseva, G.V. (1984). *Glubinnoe stroenie Kavkazskogo seismoaktivnogo regiona* [The deep structure of the Caucasus seismically active region]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 109 p. (In Russ.).
9. Gobarenko, V.S., Murovskaya, A.V., Yegorova, T.P., & Sheremet, E.E. (2016). Collision processes at the northern margin of the Black Sea. *Geotectonics*, 50(4), 407–424.
10. Pustovitenko, B.G., Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. [Seismicity of Crimean-Black Sea region in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 48–55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.03> EDN: MPZWQA
11. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
12. Lander, A.V. (2004). [The complex of programs for determining the mechanisms of earthquake foci and their graphic representation]. In *Otchet KOMSP GS RAN "Kompleksnye seismologicheskie i geofizicheskie issledovaniia Kamchatki i Komandorskikh ostrovov (01.01.2003–31.12.2003)"* [Report of KomSP GS RAS "Complex seismological and geophysical studies of Kamchatka and the Komandor islands (01.01.2003–31.12.2003)"]. Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: Funds KF GS RAS Publ. (In Russ.).
13. Asmanov, O.A., Magomedov, Kh.Dzh., & Adilov, Z.A. (2023). [Dagestan earthquakes felt in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 303–311. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.27> EDN: CSNUVE
14. Etirmishli, G.D., Abdullaeva, R.R., Ismailova, S.S., & Kazimova, S.E. (2023). [Seismicity of Azerbaijan and adjacent territories in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 56–66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.04> EDN: ZBPILM
15. Dmitrieva, I.Yu., Sayapina, A.A., Gorozhantsev, S.V., & Bagaeva, S.S. (2019). [On macroseismic manifestations of the Yandar earthquake on October 17, 2018]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii* [Geology and Geophysics of the South of Russia], 9(3), 151–160. (In Russ.).
16. Dmitrieva, I.Yu., Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., & Gorozhantsev, S.V. (2023). [Zamankulskoe earthquake on April 12, 2018 with  $K_R=8.9$  ( $M_s=2.7$ ),  $I_0=4$  and Yandarskoe earthquake on October 17, 2018 with  $K_R=11.7$  ( $M_s=4.3$ ),  $I_0=5$ ]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 283–292. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.25> EDN: HIZYMI
17. Levkovich, R.A., Asmanov, O.A., Kramynin, P.I., Musalaeva, Z.A., & Gamidova, A.M. (1977). [The Buinaksk earthquake on January 9, 1975]. In *Seismicheskii byulleten' Kavkaza 1975 g.* [Seismic Bulletin of the Caucasus 1975] (pp. 171–192). Tbilisi, Georgia: Mecniereba Publ. (In Russ.).
18. Saltykov, V.A. (2011). A statistical estimate of seismicity level: The method and results of application to Kamchatka. *Journal of Volcanology and Seismology*, 5(2), 123–128.
19. Saltykov, V.A., Kravchenko, N.M., Poygina, S.G., & Voropaev, P.V. (2018). [Evaluation of the level of seismic activity of the Russian regions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2016 godu* [Earthquakes in Russia, 2016] (pp. 74–80). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
20. Saltykov, V.A., Kravchenko, N.M., Poygina, S.G., & Voropaev, P.V. (2019). [Evaluation of the level of seismic activity of the Russian regions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2017 godu* [Earthquakes in Russia, 2017] (pp. 74–80). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).



21. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaia shkala seismicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
22. Rogozhin, 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: IPE RAS Publ., 256 p. (In Russ.).
23. Yetirmishli, G.D., Kazymova, S.E., Ismailova, S.S., & Garaveliyev, E.S. (2018). [Zagatala-III earthquake on May 7, 2012 at 04<sup>h</sup>40<sup>m</sup> with  $ML_{Azr}=5.6$ ,  $M_w=5.6$ ,  $I_0=7$  and Zagatala-IV earthquake at 14<sup>h</sup>15<sup>m</sup> with  $ML_{Azr}=5.7$ ,  $M_w=5.3$ ,  $I_0=7$  (Azerbaijan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 332–344. (In Russ.).
24. Aref'ev, S.S., Pletnev, K.G., Tatevossian, R.E., Aptekman, Zh.Ya., Vasil'ev, V.Yu., Delitsyn, L.L., Romanov, A.A., Osher, B.V., Parini, I.E., Afim'ina, T.V., Shilova, N.E., Shumilina, L.S., Dzhavakhishvili, Z., Cisternas, A., Haessler, H., Rivera, L., Dorbath, L., King, J., Fuenzalida, H., Owen, T., McCormack, D., Baker, K., Langer, Ch., Maier-Rosa, D., & Smith, P. (1993). The 1991 Racha earthquake: results of field seismological observations. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 3, 12–23. (In Russ.).
25. Bagayeva, S.S., Sayapina, A.A., Dmitriyeva, I.Yu., Gorozhantsev, S.V., & Grichukha, K.V. (2019). [On the distribution of earthquake hypocenters in the source zones of the central part of the North Caucasus in 2018 according to the SOF GS RAS]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya* [Bulletin of the Perm University. Geology], 18(3), 231–236. (In Russ.).
26. Rogozhin, E.A. (2012). *Ocherki regional'noy seismotektoniki* [Essays on regional seismotectonics]. Moscow, Russia: IPE RAS Publ., 340 p. (In Russ.).
27. Bogatikov, O.A., Melekestsev, I.V., Gurbanov, A.G., Katov, D.M., & Puriga, A.I. (1998). The Elbrus caldera in the northern Caucasus. *Doklady Earth Sciences*, 363(4), 515–517.
28. Klyanchin, A.I., Zvereva, A.S., & Gabsatarova, I.P. (2023). [Earthquake on April 24, 2018 in the Anapско-Novorossiysk zone with  $M_w=3.9$ ,  $I_0=5$ ]. *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
29. Gabsatarova, I.P. (2014). [Instrumental parameters of Kurchaloj earthquake October 11, 2008 with  $K_p=14.5$ ,  $M_w=5.8$ ,  $I_0=7-8$  (Chechen Republic)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2008 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2008] (pp. 433–447). Obninsk, Russia: FOP Publ. (In Russ.).
30. Levkovich, R.A., Deynega, G.I., Kasparov, S.A., Idarmachev, Sh.G., Kazar'yanc, G.S., Deynega, A.G., & Omarov, G.N. (1982) *Geodinamicheskiy effekt sozdaniya krupnykh vodokhranilishch v seismoaktivnykh oblastyakh* [Geodynamic effect of creating large reservoirs in seismically active areas]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 74 p.
31. Gabsatarova, I.P., Ponomareva, N.L., Koroletski, L.N., & Akhmedova, M.M. (2019). [The Gagatli swarm of weak earthquakes – seismo activity manifestation of the Andean fault]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 1(1), 46–56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2019.1.04>
32. Milanovsky, E.E., Rastsvetaev, L.M., Kukhmazov, S.U., Birman, A.S., Kurdin, N.N., Simako, V.G., & Tveritinova, T.Yu. (1989). [The latest geodynamics of the Elbrus-Mineralovodsk region of the North Caucasus]. In *Geodinamika Kavkaza* [Geodynamics of the Caucasus] (pp. 99–105). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
33. Gabsatarova, I.P., Karpovich, E.A., Koroletski, L.N., Voytova, A.S., & Kamenskaya, O.P. (2018). [East Black Sea earthquake on December 23, 2012 with  $K_R=14.1$ ,  $M_{w,reg}=6.0$ ,  $M_{WGCMT}=5.8$ ,  $I_0=6-7$  (Black Sea, Abkhazia)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 433–443. (In Russ.).
34. Khain, V.E., Popkov, V.I., Voskresenskiy, I.A., Koronovskiy, N.V., Levin, L.E., Mirzoev, D.A., Pribudagov, V.M., Senin, B.V., & Yudin, V.V. (2009). *Tektonika yuzhnogo obramleniya Vostochno-Evropejskoj platformy (Ob'yasnitel'naya zapiska k tektonicheskoy karte Chernomorsko-Kaspijskogo regiona. Masshtab 1:2 500 000)* [Tectonics of the southern frame of the East European Platform (Explanatory note to the tectonic map of the Black Sea-Caspian region. Scale 1:2 500 000)]. Krasnodar, Russia: Kuban. State. Univ. Publ., 213 p. (In Russ.).
35. Ismagilov, D.F., Popkov, V.I., Terekhov, A.A., & Shainurov, R.V. (1991). Allochthonous structures of the Sea of Azov. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 313(4), 792–795. (In Russ.).
36. Akimov, A.P., & Krasilov, S.A. (2020). [WSG software package "Seismic data processing system"]. Certificate of state registration of a computer program № 2020664678. (In Russ.).