

УДК 550.348.

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА в 2020 году

В.А. Свидлова¹, М.Н. Бондарь^{1,2}

¹Институт сейсмологии и геодинамики

Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

²ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», г. Симферополь, epicrimea@mail.ru

Аннотация. Обзор сейсмичности Крымско-Черноморского региона за 2020 г. проведен по результатам сейсмического мониторинга девятью региональными цифровыми станциями. Приведена уточненная карта энергетической представительности $K_{\min}$ землетрясений с увеличенной площадью в пределах изолиний $K_{\min}=7-8$. Всего в 2020 г. сетью станций Крыма зарегистрировано 88 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_{\Pi}=4.4-11.3$, большая часть (56.8 %) которых с $K_{\Pi}\leq 7$. Рассматриваемый период характеризуется умеренной сейсмической активностью в регионе, которая по уровню ниже среднего долговременного значения. Суммарная выделенная сейсмическая энергия $\Sigma E=247.8735\cdot 10^9$ Дж меньше в ~6 раз среднегодового значения энергии за предыдущий 10-летний период. Наибольшая активизация сейсмических процессов наблюдалась в Керченско-Анапском и Северо-Западном районах. Для двух землетрясений из этих районов получены решения механизма очагов. В Керченско-Анапском районе региона отмечены два ощутимых толчка на побережье Кавказа: 15 марта в 05^h36^m с $K_{\Pi}=11.3$, $M_L=3.9$, $I_{\max}=2-3$ балла в г. Анапе и с. Супсех, и 12 декабря в 14^h54^m с $K=10.1$, $M_{L\text{wsg}}=3.4$, $I_{\max}=4-5$ баллов в с. Сукко, с. Супсех, г. Анапе, ст. Анапская. Отмечена необычная сейсмичность района Степной Крым.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмичность, представительность, гипоцентр, энергетический класс, магнитуда, интенсивность, механизм очага.

Для цитирования: Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крымско-Черноморского региона в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.03> EDN: CWXQWP

Введение. В 2020 г. сейсмический мониторинг Крымско-Черноморского региона выполнялся Институтом сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета (ИСиГ КФУ) им. В.И. Вернадского совместно с ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства» (ГАУ «КРЦ»). Сводная обработка материалов наблюдения проводилась в ИСиГ КФУ. Границы региона соответствуют принятым в 1983 г. [1] (рис. 1). Для детального анализа сейсмичности регион условно разделен на девять районов [2], которые различаются по сеймотектоническим условиям, уровню сейсмической активности и представительности регистрации землетрясений: 1 – Севастопольский, 2 – Ялтинский, 3 – Алуштинский, 4 – Судакско- Феодосийский, 5 – Керченско-Анапский, 6 – Степной Крым, 7 – Азово-Кубанский, 8 – Северо-Западный, 9 – Черноморская впадина (см. рис. 2).

Сеть сейсмических станций. Сейсмические наблюдения в регионе осуществлялись на шести стационарных станциях Крыма: «Симферополь» (SIM), «Севастополь» (SEV), «Ялта» (YAL), «Алушта» (ALU), «Феодосия» (FEO), «Судак» (SUDU) и трех станциях с дистанционной связью: «Тарханкут» (TARU), «Донузлав» (DNZ2), «Керчь» (KERU), принадлежащих ГАУ «КРЦ». Их расположение показано на рис. 1. Общие сведения о станциях и параметрах цифровой регистрирующей аппаратуры сейсмических станций региона представлены в [3].

По материалам сводных бюллетеней за 2018–2020 гг. построена уточненная карта энергетической представительности $K_{\min}$ на территории региона (рис. 1). Уровень надежной регистрации, обеспечиваемый вышеописанной сетью, изменяется от $K_{\min}=6$ до $K_{\min}=9$, как следует из рисунка. Регистрация без пропусков землетрясений с $K_{\Pi}=9.0$ (по региональной классификации [4]) возможна по-прежнему практически для всего региона. В расчеты изолинии $K_{\min}=8$ за 2020 г. вошли данные станции «Керчь», поэтому конфигурация изолинии изменилась, и, в отличие от предыдущих лет [5], она покрывает уже весь Керченский п-ов и Таманский п-ов. Незначительно увеличилась площадь и в пределах изолинии $K_{\min}=7$ в северо-восточном направлении. Регистрация без пропусков слабых землетрясений с $K_{\min}=6$ обеспечена на небольшом участке вблизи станций «Севастополь», «Ялта», «Симферополь», «Судак».

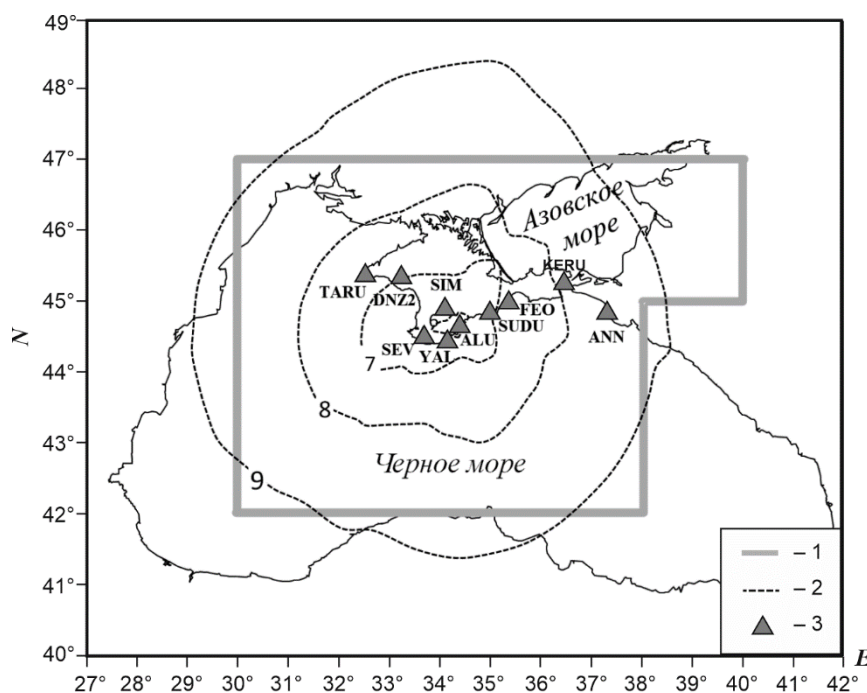


Рис. 1. Карта энергетической представительности $K_{\min}$ регистрации землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2020 г.

1 – контур территории региона в рамках принятых границ регионализации [1]; 2 – изолиния $K_{\min}$; 3 – сейсмическая станция.

Методика сводной обработки землетрясений региона не изменилась и подробно описана в [6, 7]. С 2018 г. расчеты основных кинематических параметров выполняются в программе GPO последней версии, содержащей уточненный годограф волн землетрясений Крымско-Черноморского региона [8]. Как и прежде, при расчетах гипоцентров использованы, помимо данных крымских станций, сведения из бюллетеней станции «Анапа» (Северный Кавказ). Дополнительные данные о временах вступления объемных волн привлекались также из электронного оперативного каталога EMSC [9].

Классификация землетрясений по энергетическому уровню выполнена в энергетических классах K_{Π} [4], а также в магнитудах: локальных магнитудах ML_{WSG} , по коду M_s [10] и моментных магнитудах M_w [11]. Локальная магнитуда оценивалась по амплитудному максимуму на горизонтальных компонентах цифровой записи, используя внедренную осредненную калибровочную функцию в программе обработки WSG [12].

Каталог землетрясений. В региональный каталог за 2020 г. [13] включены основные параметры 88 землетрясений. Для всех землетрясений определены энергетические классы K_{Π} , для четырех – M_s , для 27 – ML_{WSG} и для 11 получены динамические параметры очагов и моментные магнитуды M_w [11]. Диапазон энергетических классов составил $K_{\Pi}=4.4-11.3$, диапазон магнитуд – $M_s=3.1-4.0$, $M_w=1.9-4.03$, $ML_{WSG}=1.9-3.9$.

Два ощутимых события наблюдались в Керченско-Анапском районе региона с максимальной интенсивностью $I_{\max}=4-5$ баллов по шкале MSK-64 [14].

Для двух самых сильных землетрясений с $K_{\Pi}=10.4$ и 11.3 определены фокальные механизмы, параметры которых приведены в [11, 15], а диаграммы механизмов очагов показаны на рис. 2.

Сейсмичность региона. Общее число лоцированных в 2020 г. землетрясений ($N_{\Sigma}=88$) превышает среднегодовое значение $N_{\text{ср}}=81$ за десятилетний период наблюдений (табл. 1). При этом суммарный объем выделившейся сейсмической энергии в 2020 г. составляет $\Sigma E=247.8695 \cdot 10^9$ Дж, то есть примерно в 6 раз меньше среднегодового значения за предыдущие 10 лет ($\Sigma E_{\text{ср}}=1551 \cdot 10^9$ Дж).

Таблица 1. Распределение числа землетрясений N_{Σ} , максимальных энергетических классов $K_{\max}$ и суммарной выделенной сейсмической энергии ΣE по годам за период 2010–2020 гг.

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Среднее	2020
$K_{\max}$	10	11	12	10	11	11	13	11	11	10	11	11
N_{Σ}	91	92	53	64	119	58	59	89	100	85	81	88
$\Sigma E, 10^9$ Дж	33	144	1288	53	191	149	13104	131	364	49	1551	248

Временной анализ приведенных характеристик сейсмичности региона показывает, что несмотря на пятикратное увеличение суммарной сейсмической энергии относительно энергии в 2019 г., в 2020 г., как и в предыдущие три года, наблюдался невысокий уровень выделенной сейсмической энергии ΣE по сравнению со среднегодовым значением за предыдущие десять лет. Самое сильное землетрясение года произошло 15 марта в 05^h 36^m с $K_{\Pi}=11.3$, $ML_{wsg}=3.9$. На рис. 2 отражено пространственное распределение эпицентров всех местных землетрясений с энергетическими классами $K_{\Pi}=4.4-11.3$ в 2020 году.

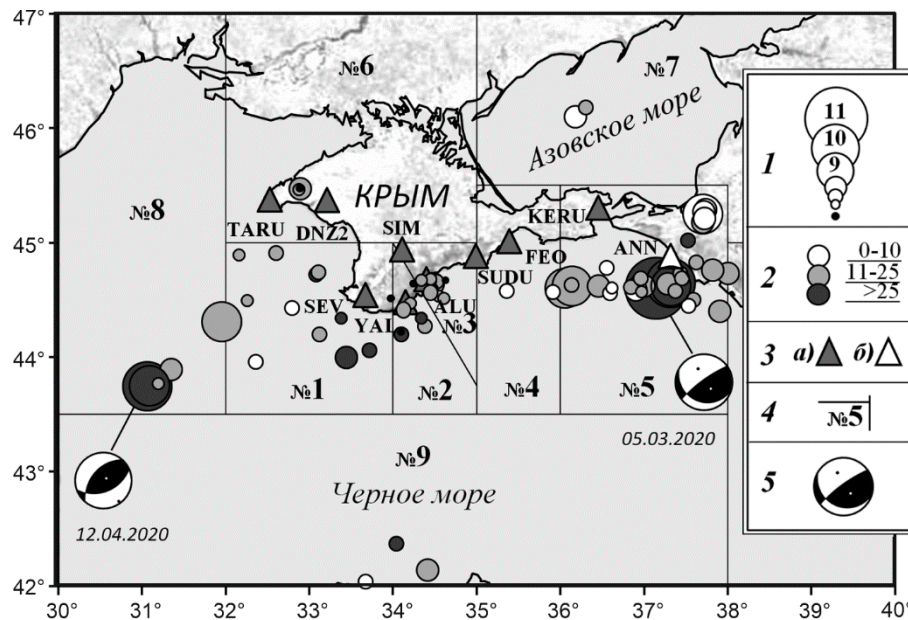


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2020 г.

1 – энергетический класс K_{Π} ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – сейсмическая станция: а) Крым; б) Северный Кавказ; 4 – граница района: № 1 – Севастопольский; № 2 – Ялтинский; № 3 – Алуштинский; № 4 – Судакско-Феодосийский; № 5 – Керченско-Анапский; № 6 – Степной Крым; № 7 – Азово-Кубанский; № 8 – Северо-Западный; № 9 – Черноморская впадина; 5 – диаграмма механизма очага по работе [11] (в проекции для нижней полусферы).

Основная масса эпицентров относится к акватории Черного моря. Эпицентры очагов зарегистрированных землетрясений находятся на расстояниях от $\Delta_{\min}=5$ км до $\Delta_{\max}=464$ км от сейсмических станций Крыма. Глубина залегания очагов – в пределах $h=5-45$ км. Примечательно, что в отличие от предыдущих лет, сейсмическая деятельность наблюдалась в каждом из девяти районов региона.

Максимальная плотность эпицентров отмечена в Керченско-Анапском районе, который выделяется и повышенным энергетическим уровнем землетрясений относительно других районов. Большая плотность эпицентров прослеживается и в Алуштинском (№ 3) районе.

В табл. 2 отражено распределение числа N_{Σ} зарегистрированных землетрясений Крымско-Черноморского региона и суммарной энергии ΣE по районам в 2020 году.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений N по энергетическим классам K_{Π} и суммарной сейсмической энергии ΣE по районам в 2020 г.

Район		Число землетрясений N											ΣE , 10^9 Дж
		Энергетический класс K_{Π}											
№	Наименование	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Севастопольский	–	2	3	7	1	–	–	–	–	–	13	0.283844
2	Ялтинский	–	2	2	3	–	–	–	–	–	–	7	0.017362
3	Алуштинский	1	11	5	2	1	–	–	–	–	–	20	0.183863
4	Судакско-Феодосийский	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	2	0.251785
5	Керченско-Анапский	–	–	2	12	12	–	1	1	–	–	32	219.0191
6	Степной Крым	–	2	1	–	1	–	–	–	–	–	4	0.080081

№	Район Наименование	Число землетрясений N											ΣE , 10^9 Дж
		Энергетический класс K_{Π}										ΣN	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
7	Азово-Кубанский	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	2	0.215375
8	Северо-Западный	–	–	1	–	1	2	1	–	–	–	5	27.97355
9	Черноморская впадина	–	–	–	2	1	–	–	–	–	–	3	0.071239
	Всего	1	17	14	29	18	6	2	1	–	–	88	247.8695

Как следует из табл. 2, максимум выделенной энергии ΣE относится к Керченско-Анапскому району № 5.

В центральной, наиболее опасной, части региона (районы №№ 1–4) наблюдалась низкая сейсмическая активность на уровне $K_{\Pi} \leq 8$. В очагах землетрясений этих районов высвободилось лишь ~0.2 % годовой сейсмической энергии.

В каждом отдельном районе региона сейсмичность проявилась по-разному. На рис. 3 приведены графики временного хода высвобождения сейсмической энергии ΣE в течение последних 11 лет по всем активным в 2020 г. районам.

Прямая линия на графиках соответствует средней величине сейсмической энергии каждого района за этот период.

Графики наглядно иллюстрируют, что только в одном районе, **Северо-Западном** (№ 8), наблюдалось превышение среднегодового параметра по количеству выделенной сейсмической энергии. Сейсмическая активность основных районов: **Севастопольского, Ялтинского, Алуштинского, Судакско-Феодосийского** (№№ 1–4) была ниже среднего уровня. Также оставались спокойными **Азово-Кубанский** район (№ 7) и **Черноморская впадина** (район № 9). Энергетический класс землетрясений в этих шести районах – $K_{\Pi} \leq 8,3$. Аномально вялая сейсмичность отмечена в **Ялтинском** районе (№ 2). Всего в этом районе зарегистрировано семь слабых землетрясений с $K_{\Pi} = 4.4–6.8$.

Подтвердилась выявленная ранее закономерность противофазного характера выделения энергии в районе № 5 относительно района № 9 (см. рис. 3). Различные объяснения связанности энергетических вариаций сейсмичности в двух районах представлены в [16].

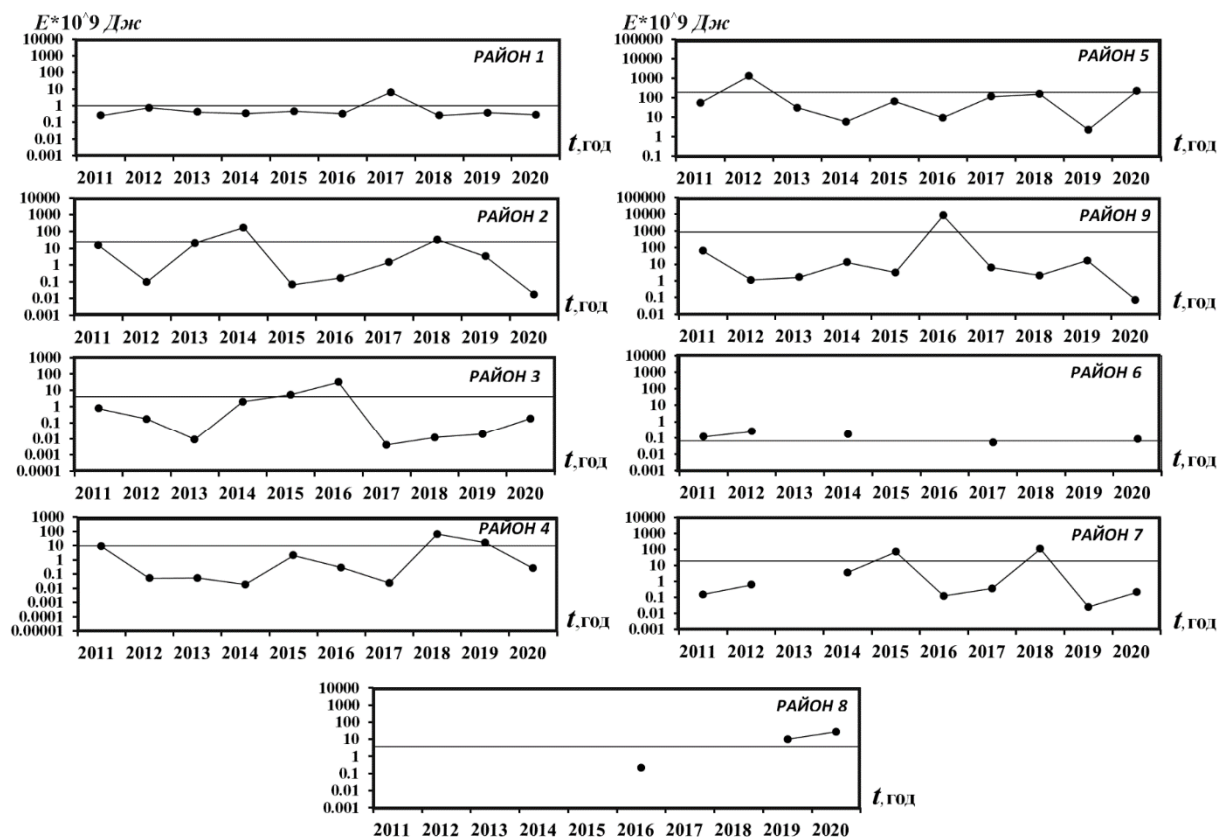


Рис. 3. Изменение суммарной сейсмической энергии ΣE в течение 11 лет в отдельных районах региона

В Керченско-Анапском (№ 5) районе, который был наиболее активным в 2020 г., зарегистрировано 32 землетрясения с $K_{II}=6.3-11.3$. В очагах этих землетрясений выделилось максимальное количество годовой сейсмической энергии, 88.4 %. При двух землетрясениях наблюдался макросейсмический эффект [17, 18].

Самое сильное ($K_{II}=11.3$, $ML_{wsg}=3.9$) землетрясение произошло 15 марта в 05^h 36^m с очагом в море на глубине $h=42$ км. Механизм очага – взброс по плоскости юго-западного простиранья или пологий надвиг – юго-восточного [11, 15]. Этот толчок ощущался в населенных пунктах Кавказского побережья Черного моря: в г. Анапе ($\Delta=36$ км), с. Супсех ($\Delta=33$ км), с интенсивностью сотрясений $I=2-3$ балла по шкале MSK-64 [14] в г. Новороссийске ($\Delta=52$ км) – 2 балла.

Второе ощутимое землетрясение меньшего класса, $K_{II}=10.1$, и с меньшей глубиной $h=25$ км наблюдалось 12 декабря в 14^h 54^m. Его эпицентр расположен северо-восточнее относительно главного толчка года, ближе к берегу. Интенсивность сотрясений в с. Сукко ($\Delta=18$ км), с. Супсех ($\Delta=23$ км), г. Анапе ($\Delta=27$ км), ст. Анапская ($\Delta=28$ км) – 4–5 баллов; в г. Новороссийске ($\Delta=37$ км) – 2–3 балла по шкале MSK-64.

В малоактивном районе **Степной Крым** (№ 6), вслед за двухлетним полным сейсмическим затишьем, отмечено четыре землетрясения с $K_{II}=4.7-7.9$ и одинаковыми координатами эпицентров, расположенных на суше: $\varphi=44.46-44.47^\circ N$, $\lambda=32.88-32.89$ Е. Эти события вызывают особый интерес, так как координаты эпицентров этих толчков практически совпадают с месторасположением Глебовского подземного хранилища газа (ГПХ, $\varphi=44.49$ N, $\lambda=32.998$ Е). За последние 20 лет землетрясения с такими координатами были зарегистрированы Крымской сетью в 2008 и 2014 гг. Геологические и сеймотектонические условия этого района описаны в [19].

Относительно других районов, **Северо-Западный** (№ 8) отличался сравнительно высокой сейсмической активностью, которая началась в декабре 2019 г. после двухлетнего полного затишья. В очагах пяти землетрясений 2020 г. с $K_{II}=6.3-10.4$ высвободилось 11.3 % годовой сейсмической энергии. Наиболее значительное землетрясение с $K_{II}=10.4$ ($M=3.6$) произошло 12 апреля в 02^h 31^m. Этот толчок сопровождался двумя афтершоками с $K_{II}=7.8$ и $K_{II}=6.3$. Оценка глубины событий этой группы очагов ненадежная ($h=19-42$ км), так как ближайшая к эпицентрам станция «Тарханкут» расположена на расстояниях $\Delta \geq 190$ км. Механизм очага главного толчка классифицируется как взброс с близдиагональным простираньем [11, 15].

Далее приведены рисунки, отражающие особенности сейсмичности всего региона в целом. На рис. 4 показано число землетрясений N и логарифм высвободившейся сейсмической энергии ΣE в каждом районе региона за 2020 г., а на рис. 5 – распределение числа землетрясений N по глубинам. Рис. 4 иллюстрирует, что абсолютный максимум как числа землетрясений, так и количества высвободившейся в их очагах сейсмической энергии в течение года, приходится на Керченско-Анапский (№ 5) район.

Глубина очагов меняется в интервале от $h=5$ км до $h=45$ км. 60.2 % всех землетрясений имеют среднюю глубину от $h=11$ км до $h=25$ км, а 15.9 % – $h>25$ км (рис. 5). К зоне перехода кора-мантия, $h>35$ км, можно отнести 4.5 % числа толчков, что согласуется с выводами о глубинах залегания очагов в регионе по результатам многолетних наблюдений [7].

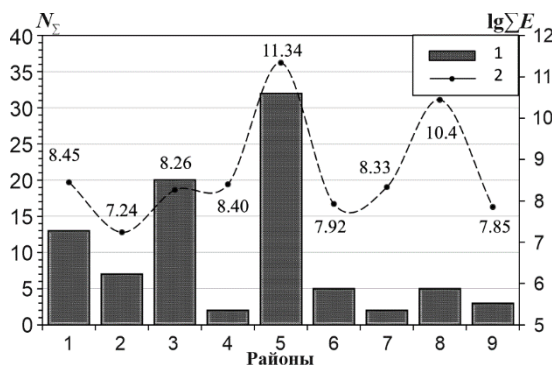


Рис. 4. Распределение числа землетрясений N_Σ (1) и суммарной выделенной энергии ΣE (2) по районам

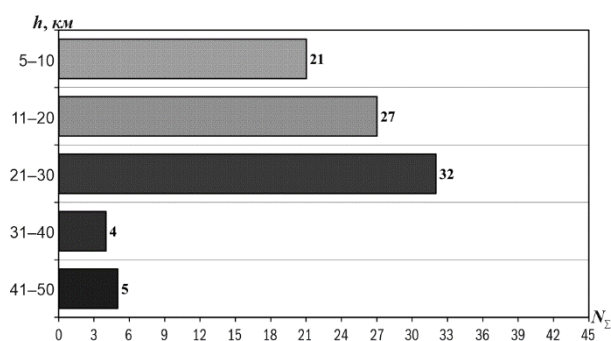


Рис. 5. Распределение по глубинам числа землетрясений N за 2020 г.

Заключение. В 2020 г. наблюдалось умеренное проявление сейсмической активности региона с незначительным усилением относительно ситуации в предыдущем году. Региональный каталог за 2020 г. содержит сведения о 88 сейсмических событиях, для которых определены координаты гипоцентров.

Восстановление регистрации на станции «Керчь» повысило чувствительность сети в северо-восточном направлении: увеличилась площадь представительных землетрясений на уровне $K_{\min}=7-8$ в пределах региона. Изолиния $K_{\min}=8$, в отличие от предыдущих лет, покрывает уже весь Керченский п-ов и Таманский п-ов.

Максимальное количество годовой сейсмической энергии (88.4 %) выделилось в очагах землетрясений Керченско-Анапского района (№ 5). Из них два толчка с $K_{II}=11.3$ и $K_{II}=10.1$ вызвали сотрясения в населенных пунктах Кавказского побережья Черного моря. Максимальная наблюдаемая интенсивность сотрясений в населенных пунктах – $I_{\max} \sim 4-5$ баллов.

Л и т е р а т у р а

1. Землетрясения в СССР в 1985 году / Отв. ред. Н.В. Кондорская. – М.: Наука, 1988. – 349 с.
2. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.
3. Калинюк И.В., Бойко В.А. (отв. сост.). Сейсмические станции Крыма в 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>
4. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. – 1974. – Т. 2. – С. 113–125.
5. 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/10.35540/1818-6254.2023.03> EDN: MPZWQA
6. Кульчицкий В.Е. Программа расчета координат гипоцентров землетрясений (ГИРО-08) // Сейсмологический бюллетень Украины за 2008 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2010. – С. 28–33.
7. Пустовитенко Б.Г., Лушик А.В., Боборыкина А.В., Кульчицкий В.Е., Можжерина А.В., Насонкин В.А., Панков Ф.Н., Поречнова Е.Н., Пустовитенко А.А., Тихоненков Э.П., Швырло Н.И. Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2014. – 264 с.
8. Кульчицкий В.Е. Новые годографы сейсмических волн Крымско-Черноморского региона // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Серия «География. Геология». – 2018. – Т. 4 (70), № 4. – С. 164–173.
9. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
10. Пустовитенко Б.Г., Раутиан Т.Г., Свидлова В.А. Определение магнитуд и энергетических классов землетрясений по наблюдениям в Крымском регионе // Сейсмологический бюллетень 11. Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым – Карпаты за 1978–1979) – Киев: Наукова думка, 1983. – С. 126–138.
11. Пустовитенко Б.Г., Эреджепов Э.Э., Бондарь М.Н. Очаговые параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 231–241. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.21> EDN: KOLHOO
12. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург». – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
13. Козиненко Н.М., Свидлова В.А., Сыччина З.Н. (отв. сост.), Бекмамбетова Л.Ю. Каталог землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>
14. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
15. Пустовитенко Б.Г. (отв. сост.), Бондарь М.Н. Каталог механизмов очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>

16. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Пустовитенко А.А., Михайлова Р.С. Крым // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 64–73.
17. Козиненко Н.М., Свидлова В.А. (отв. сост.). Макросейсмический эффект землетрясений в населенных пунктах Крымско-Черноморского региона в 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>
18. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2020. (2024) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2020
19. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Сухорученко С.К., Клянчин А.И. Организация и первые результаты сейсмических наблюдений в северо-западной части территории Крыма // Ученые записки Крымского Федерального Университета им. В.И. Вернадского. Серия «География. Геология». – 2020. Т. 6 (72), № 4. – С. 141–165.

SEISMICITY of the CRIMEAN-BLACK SEA REGION in 2020

V.A. Svidlova¹, M.N. Bondar^{1,2}

¹*Institute of Seismology and Geodynamics of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, Russia, epicrimea@mail.ru*

²*SAU "Crimean Republican Center for Seismic and Landslide Hazard Assessment, Technical Inspection of Construction Facilities", Simferopol, Russia.*

Abstract. In 2020, the monitoring of the seismic situation in the Crimean-Black Sea region was carried out by a network of nine digital seismic stations located on the Crimean Peninsula. The catalog includes information on 88 events with energy classes $K_{\Pi}=4.4\text{--}11.3$. An updated map of the energy representativeness $K_{\min}$ of earthquakes with an increased area within the isolines $K_{\min}=7\text{--}8$ is presented. The restored observations at the Kerch station increased the sensitivity of the network in the eastern part of the region. The existing network of stations provides without gaps the registration of earthquakes with a magnitude of $M\geq 4.0$, and for the main seismic zones: Sevastopol, Yalta, Alushta, Sudak, Kerch Peninsula – with a magnitude of $M\geq 3.0$. On the basis of the information obtained, a catalog of earthquakes with the main kinematic and dynamic parameters was compiled, an analysis was carried out and the features of seismicity of individual regions of the region were indicated. A detailed description of the seismic situation in various districts of the region is given. The period under consideration is characterized by moderate seismic activity in the region, which is below the long-term average. The greatest activation of seismic processes was observed in 2020 in the Kerch-Anapa and Northwestern areas. In the Kerch-Anapa area, two tangible earthquakes with a maximum observed intensity of $I=4\text{--}5$ occurred in five settlements on the coast of the Caucasus. An earthquake of the maximum energy class $K_{\Pi}=11.3$, moment magnitude $M_w=4.03$ was realized on March 15, at 05^h36^m. The released seismic energy in the Northwestern area in 2020 significantly exceeded the 10-year average. Solutions of focal mechanisms were obtained for the 2 strongest earthquakes.

Keywords: earthquake, seismicity, representativeness, hypocenter, energy class, magnitude, intensity, focal mechanism.

For citation: Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. (2024). [Seismicity of the Crimean-Black Sea region in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 44–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.03> EDN: CWXQWP

References

1. Kondorskaya, N.V. (1988). *Zemletriaseniia v SSSR v 1985 godu* [Earthquakes in the USSR in 1985]. Moscow, Nauka Publ., 349 p. (In Russ.).
2. Pustovitenko, B.G., Kul'chitskii, V.E., & Goriachun, A.V. (1989). *Zemletriaseniia Krymsko-Chernomorskogo regiona* [Earthquakes in the Crimean-Black Sea region]. Kiev, Ukraine: Naukova Dumka Publ., 192 p. (In Russ.).
3. Kaliniuk, I.V., & Boiko, V.A. (2024). [Seismic stations of Crimea in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html> (In Russ.).
4. Pustovitenko, B.G., & Kul'chitskii, V.E. (1974). [On the energy assessment of earthquakes in the Crimean-Black Sea region]. In *Magnituda i energeticheskaia klassifikatsiia zemletriasenii*, T. 2. [Magnitude and energy classification of earthquakes, Vol. 2.] (pp. 113–125). Moscow, Russia: IFZ AN SSSR Publ. (In Russ.).
5. Pustovitenko, B.G., Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. (2023). [Seismicity of the 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/10.35540/1818-6254.2023.03> EDN: MPZWQA

6. Kul'chitskii, V.E. (2010). [Program for calculating the coordinates of earthquake hypocenters (GIPO-08)]. In *Seismologicheskii byulleten' Ukrainy za 2008 god* [Seismological Bulletin of Ukraine for 2008] (pp. 28–33). Sevastopol, Ukraine: NPC «EKOSI-Gidrofizika» Publ. (In Russ.).
7. Pustovitenko, B.G., Lushchik, A.V., Boborykina, A.V., Kul'chitskii, V.E., Mozhzherina, A.V., Nasonkin, V.A., Pankov, F.N., Porechnova, E.N., Pustovitenko, A.A., Tikhonenkov, E.P., & Shvyrlo, N.I. (2014). *Monitoring seismicheskikh protsessov v Krymsko-Chernomorskom regione* [Monitoring of seismic processes in the Crimean-Black Sea region]. Sevastopol, Russia: NPC «EKOSI-Gidrofizika» Publ., 264 p. (In Russ.).
8. Kul'chickij, V.E. (2018). [New hodographs of seismic waves in the Crimean-Black Sea region]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografiia. Geologiya* [Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology], 4(70), 4, 164–173. (In Russ.).
9. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
10. Pustovitenko, B.G., Rautian, T.G., & Svidlova, V.A. (1983). [Determination of the magnitudes and energy classes of earthquakes from observations in the Crimean region]. In *Seismologicheskii byulleten' 11. Zapadnoi territorial'noi zony ESSN SSSR (Krym–Karpaty za 1978–1979)* [Seismological Bulletin of the Western Territorial Zone of the ESSN USSR (Crimea–Carpathians for 1978–1979)] (pp. 126–138). Kiev, Ukraine: Naukova Dumka Publ. (In Russ.).
11. Pustovitenko, B.G., Eredzhepov, E.E., & Bondar', M.N. (2024). [Focal parameters of earthquakes in the Crimean-Black Sea region in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 231–241. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.21> EDN: KOLHOO
12. Krasilov, S.A., Kolomiets, M.V., & Akimov, A.P. (2006). [Organization of digital seismic data processing using the WSG google software package]. In *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh. Materialy Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly, posviashchennoi 100-letiiu ot-krytiia seismicheskikh stantsii «Pulkovo» i «Ekaterinburg»* [Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Materials of the International seismological school dedicated to the 100th anniversary of the opening of the «Pulkovo» and «Yekaterinburg» seismic stations] (pp. 77–83). Obninsk, Russia: GS RAN Publ. (In Russ.).
13. Kozinenko, N.M., Svidlova, V.A., Sykchina, Z.N., & Bekmambetova, L.Yu. (2024). [Catalog of earthquakes in the Crimean-Black Sea region in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html> (In Russ.).
14. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
15. Pustovitenko, B.G., & Bondar', M.N. (2024). [Catalog of earthquake focal mechanisms in the Crimean-Black Sea region for 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html> (In Russ.).
16. Pustovitenko, A.N., Svidlova, V.A., Pustovitenko, A.A., & Mikhailova, R.S. (2007). [Crimea]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2001 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2001] (pp. 64–73). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
17. Kozinenko, N.M., & Svidlova, V.A. (2024). [Macroseismic effect of earthquakes in the settlements of the Crimean-Black Sea region in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html> (In Russ.).
18. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2020. (2024). Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2020
19. Pustovitenko, B.G., Kul'chickij, V.E., Suhoruchenko, S.K., & Klyanchin, A.I. (2020). [Organization and first results of seismic observations in the northwestern part of the territory of Crimea]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografiia. Geologiya* [Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology], 6(72), 4, 141–165. (In Russ.).