

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА в 2015 г.

В.А. Свидлова, М.Н. Бондарь

Институт сейсмологии и геодинамики ФГАОУВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, episcrimea@mail.ru

Аннотация. Обзор сейсмичности региона проведен по данным семи стационарных цифровых станций. Построены карты энергетической представительности землетрясений K_{min} и эпицентров, приведены графики распределения числа землетрясений и энергетических параметров по районам региона и месяцам. 2015 г. характеризуется слабой сейсмической активностью. Всего в 2015 г. в регионе локализовано 58 землетрясений, что в 2 раза меньше, чем в 2014 году. Также уменьшилась суммарная выделенная сейсмическая энергия. Возросшая сейсмическая активность наблюдалась в Азово-Кубанском районе, где зарегистрировано землетрясение с максимальным энергетическим классом $K_{II}=10.8$. Второе региональное землетрясение энергетического класса $K_{II}=10.8$ произошло в Керченско-Анапском районе и ощущалось в Анапе с интенсивностью $I=2$ балла.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмичность, представительность, гипоцентр, энергия, энергетический класс, магнитуда.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.03

Для цитирования: Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крымско-Черноморского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 43–49. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.03

Введение. В 2015 г. сейсмический мониторинг Крымско-Черноморского региона выполнялся Институтом сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета (ИСиГ КФУ) им. В.И. Вернадского. Вид и размеры региона сохранены в рамках границ, принятых в 1983 г. [1, с. 3–7] (рис. 1), и включают в себя территорию Республики Крым, значительную часть Чёрного моря и прилегающие территории. Регион условно разделен на девять районов [2], которые существенно отличаются по сеймотектоническим условиям, уровню сейсмической активности и порогу чувствительности сети: 1 – Севастопольский, 2 – Ялтинский, 3 – Алуштинский, 4 – Судакско-Феодосийский, 5 – Керченско-Анапский, 6 – Степной Крым, 7 – Азово-Кубанский, 8 – Северо-Западный, 9 – Черноморская впадина. Границы районов показаны на рис. 2.

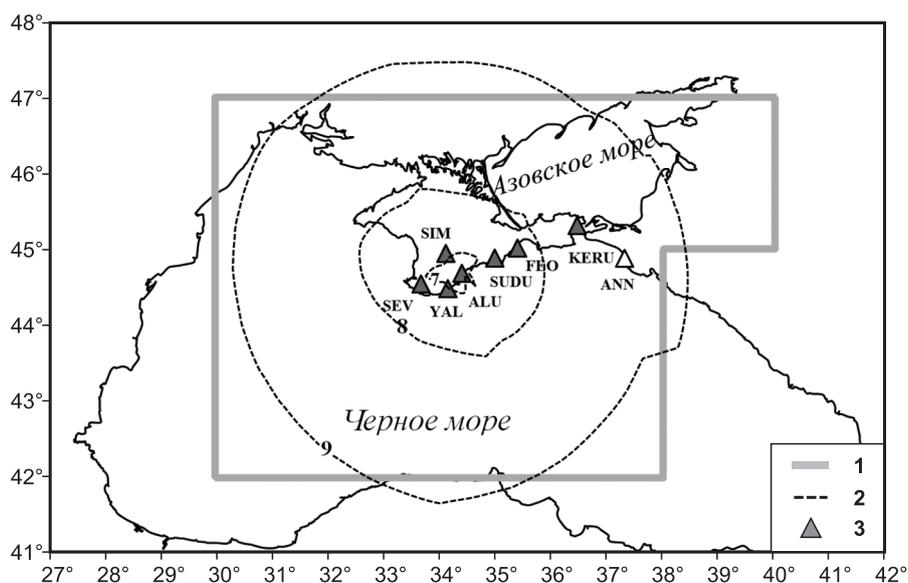


Рис. 1. Карта энергетической представительности K_{min} землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2015 г.

1 – контур территории региона в рамках принятых границ регионализации [1, с. 3–7]; 2 – изолиния K_{min} ; 3 – сейсмическая станция.

Сеть сейсмических станций и карта K_{\min} . В 2015 г. мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе осуществлялся семью стационарными цифровыми сейсмическими станциями Крыма: «Симферополь» (SIM), «Севастополь» (SEV), «Ялта» (YAL), «Алушта» (ALU), «Феодосия» (FEO), «Судак» (SUDU), «Керчь» (KERU). В феврале закрыт работавший ранее в полевых условиях пункт наблюдений «Тарханкут» из-за финансовых трудностей обеспечения выездных ремонтных работ. Общие сведения о станциях сети и параметрах цифровой регистрирующей аппаратуры представлены в Приложении [3] к настоящему ежегоднику.

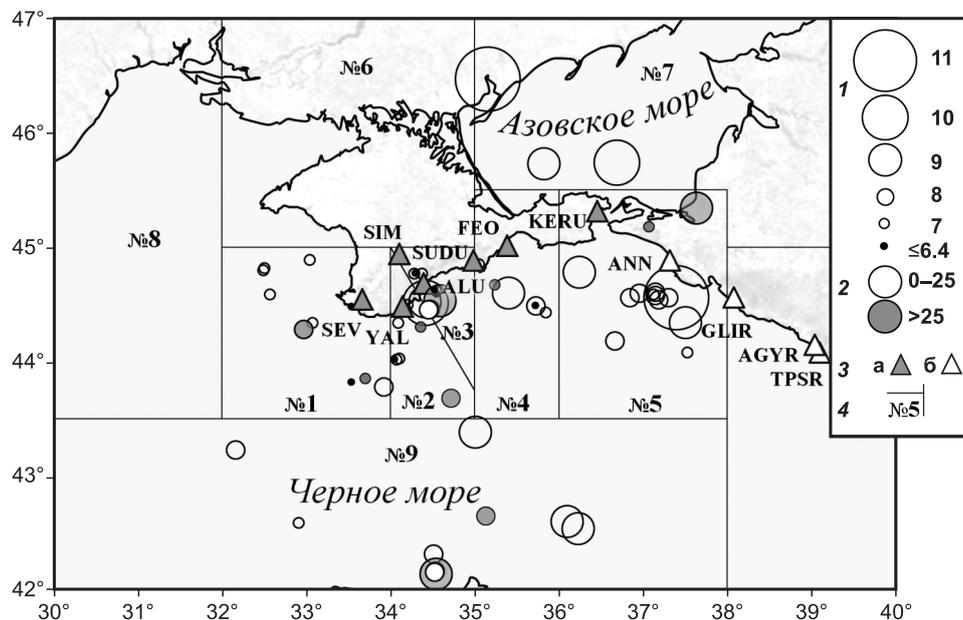


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2015 г.

1 – энергетический класс K_{Π} ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция сети: а) Крымской; б) Северной Кавказа; 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.

Из карты энергетической представительности землетрясений K_{\min} на территории региона в 2015 г. (рис. 1) следует, что уровень представительной регистрации, обеспечиваемой вышеописанной сетью, варьирует на территории региона от $K_{\min}=7$ до $K_{\min}=9$. Можно отметить, что представительная регистрация землетрясений с $K_{\Pi}=9.0$ (по региональной классификации [4]) по-прежнему обеспечена практически для всей территории Крымско-Черноморского региона, а на уровне $K_{\Pi}=8.0$ – для большей части основных сейсмоопасных зон: Севастопольской, Ялтинской, Алуштинской, Судакской. Конфигурация областей в пределах изолиний $K_{\min}=8$, $K_{\min}=7$ изменилась, площадь их незначительно уменьшилась. Изолиния $K_{\min}=6$ не определилась, так как отсутствовали слабые землетрясения с эпицентрами на суше вблизи станций «Ялта» и «Алушта».

К сожалению, в пределы изолинии $K_{\min}=8$ не вошла территория Керченского полуострова, что объясняется небольшим числом землетрясений, зарегистрированных станциями «Керчь» и «Феодосия».

Методика сводной обработки землетрясений региона подробно описана в [5, 6, 7]. При обработке землетрясений из районов, приграничных с Северным Кавказом, помимо станций Крымской сети используются данные станций ФИЦ ЕГС РАН, входящих в сеть Северного Кавказа [8]: бюллетени станции «Анапа», для некоторых событий – волновые формы, полученные сейсмическими станциями «Геленджик», «Лазаревское», «Туапсе», «Сочи», «Красная Поляна», «Гузерибль». Также привлекались времена вступлений первичных волн, взятых из электронного оперативного каталога EMSC [9], на станциях Северной Турции, Румынии. Первичная интерпретация полученных цифровых сейсмических записей по-прежнему на всех сейсмических станциях выполнялось по программному комплексу WSG [10].

Оценка динамических параметров сейсмических волн землетрясений дана по материалам регистрации каждой цифровой станции.

Каталог землетрясений. Классификация землетрясений в каталоге выполнена по энергетическим классам K_{II} [4] для всех землетрясений, а также по магнитудам: для шести землетрясений – по коду M_c [11], для десяти – по локальным магнитудам ML_{WSG} [10] и для 16 – по моментным магнитудам M_w [12]. Моментные магнитуды M_w приведены из работы [13]. Диапазон энергетических классов равен $K_{II}=5.2-10.8$, диапазон магнитуд – $M_c=2.3-3.1$, $M_w=2.2-3.8$, $ML_{WSG}=2.5-3.8$ соответственно. Максимальное ($K_{II}=10.8$, $ML_{WSG}=3.8$, $M_w=3.8$) землетрясение, оно же единственное ощутимое, произошло 16 августа в 22^h38^m в Керченско-Анапском районе на глубине $h=7$ км. Этот толчок вызвал сотрясения в Анапе с интенсивностью $I=2$ балла по шкале MSK-64 [14]. Механизм его очага и макросейсмические сведения о нем приведены в [15, 16].

Всего в региональный каталог землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2015 г. [17] включены основные параметры 58 землетрясений. Для 16 событий региона получены спектральные и динамические параметры их очагов [13].

Сейсмичность региона. Карта эпицентров землетрясений в 2015 г. показана на рис. 2.

Особенностью пространственного расположения землетрясений является наличие эпицентров двух наиболее сильных землетрясений года с $K_{II}=10.8$ в Керченско-Анапском (№ 5) и Азово-Кубанском (№ 7) районах.

В целом в 2015 г. наблюдалась слабая сейсмическая активность. Общее число зарегистрированных землетрясений, $N_{\Sigma}=58$, уменьшилось против $N_{\Sigma}=119$ в 2014 г. и опустилось ниже среднего уровня $N_{cp}=69$ за десятилетний период наблюдений (2004–2013 гг.) [18]. Суммарная сейсмическая энергия, высвободившаяся в очагах землетрясений региона в 2015 г., осталась на низком уровне. Годовая сейсмическая энергия $\Sigma E=1.49 \cdot 10^{11}$ Дж, что в 5.6 раза меньше среднего значения ($\Sigma E_{cp}=8.4 \cdot 10^{11}$ Дж) за тот же десятилетний период.

Основная масса эпицентров землетрясений относится к акватории Чёрного моря (рис. 2). Эпицентры находятся на расстояниях от $\Delta_{min}=6$ км до $\Delta_{max}=327$ км от сейсмических станций Крыма. Глубина залегания очагов землетрясений всех районов находится в пределах $h=4-35$ км.

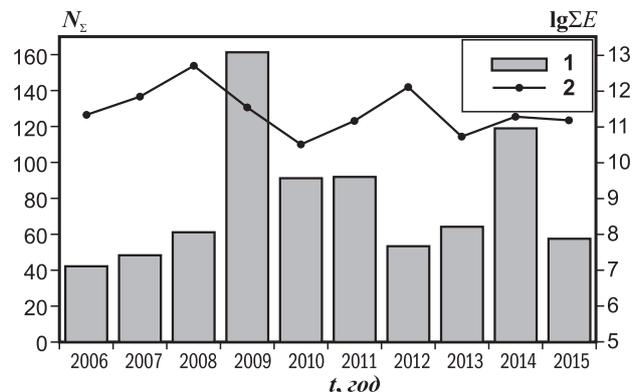


Рис. 3. График распределения числа землетрясений N_{Σ} (1) и логарифма суммарной сейсмической энергии $lg \Sigma E$ (2) по годам

Максимальная плотность эпицентров прослеживается в Алуштинском районе (№ 3) и южнее Анапы, в Керченско-Анапском районе (№ 5). Отсутствуют эпицентры в Степном (№ 6) и Северо-Западном районах (№ 8).

На рис. 3 графически отражена динамика изменения основных параметров сейсмичности региона: общего числа землетрясений за год N_{Σ} и их суммарной энергии $lg \Sigma E$ за последние десять лет (включая 2015 г.).

Рассмотрим особенности распределения в 2015 г. числа N_{Σ} зарегистрированных землетрясений и суммарной энергии ΣE по районам, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Распределение числа N_{Σ} землетрясений по энергетическим классам K_{II} и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам в 2015 г.

№	Район	K_{II}								N_{Σ}	ΣE , 10^9 Дж
		4	5	6	7	8	9	10	11		
1	Севастопольский	–	–	2	6	2	–	–	–	10	0.0466
2	Ялтинский	–	–	1	5	1	–	–	–	7	0.0669
3	Алуштинский	–	2	–	3	1	2	1	–	9	5.2262
4	Судакско-Феодосийский	–	–	1	3	1	1	–	–	6	2.0904
5	Керченско-Анапский	–	–	–	3	7	3	–	1	14	66.7276
6	Степной Крым	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Азово-Кубанский	–	–	–	–	–	1	1	1	3	71.5402
8	Северо-Западный	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	Черноморская впадина	–	–	–	1	4	4	–	–	9	3.2247
	Всего в 2015 г.	–	2	4	21	16	11	2	2	58	149.3425
	Всего в 2014 г. [18]	2	24	27	33	18	11	3	1	119	191.342

Как следует из табл. 1, общая сейсмическая энергия, выделившаяся на территории Крымско-Черноморского региона в 2015 г., существенно уменьшилась по сравнению с ее значением в 2014 г., что обусловлено понижением максимального класса землетрясений в регионе с $K_{П}=11.2$ [18] до $K_{П}=10.8$ и спадом общего числа землетрясений.

Рис. 4 иллюстрирует, что в мае и в августе землетрясения происходили более часто, чем в другое время года, и реже всего в октябре. Два самых сильных толчка с $K_{П}=10.8$ отмечены в июне и в августе.

Одно из этих землетрясений, произошедшее 13 июня в 11^h54^m на северном побережье Азовского моря, является особенным по расположению эпицентра и энергии событием региона. Координаты его гипоцентра: $\varphi=46.47^{\circ}N$, $\lambda=35.16^{\circ}E$, $h=11$ км. Среднее значение станционных определений локальной магнитуды $ML_{WSG}=3.7$; моментная магнитуда $Mw=3.6$. Это землетрясение зарегистрировали 69 станций мира до расстояния $\Delta=32.02^{\circ}$ (станция МК31 Казахстан).

На рис. 5 представлены гистограмма и график, отражающие распределение числа зарегистрированных землетрясений и их энергии по районам. Как следует из рис. 5, максимальное число землетрясений относится к Керченско-Анапскому району, а максимум выделенной энергии – к Азово-Кубанскому.

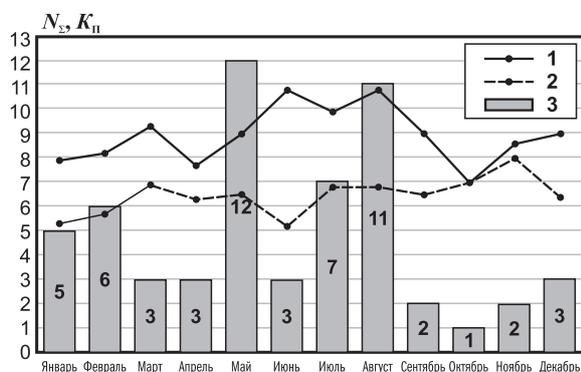


Рис. 4. Распределение числа землетрясений Крыма в 2015 г. по месяцам

1 – максимальный энергетический класс; 2 – минимальный энергетический класс; 3 – число землетрясений.

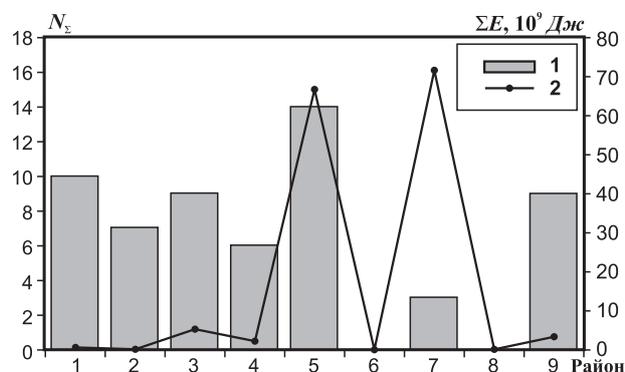


Рис. 5. Распределение по районам числа N_{Σ} (1) землетрясений и суммарной выделенной сейсмической энергии ΣE (2)

Второй год подряд [18] необычная сейсмическая активность наблюдалась в **Азово-Кубанском районе (№ 7)**. Здесь реализованы три представительных землетрясения с $K_{П}=8.7$, $K_{П}=9.9$, $K_{П}=10.8$ на глубинах $h=11-18$ км. В очагах этих толчков высвободилось максимальное относительно других районов количество сейсмической энергии, составляющее 47.9 % (табл. 1). Гипоцентр описанного выше землетрясения с $K_{П}=10.8$ рассчитан по волновым картинам всех семи станций Крыма и четырех станций Северного Кавказа.

В **Керченско-Анапском районе (№ 5)** Крымская сеть зарегистрировала 14 землетрясений с $K_{П}=7.0-10.8$, только четыре из которых представительны – $K_{min}=9$, так как изменилась граница площади в пределах изолинии $K_{min}=8$. Эпицентры землетрясений расположены в акватории Чёрного моря и на Таманском п-ове, на расстояниях $\Delta=34-94$ км от г. Анапы. Глубина варьирует в пределах от $h=7$ до $h=35$ км. Самый сильный толчок энергетического класса $K_{П}=10.8$ ощущался в Анапе с интенсивностью $I=2$ балла 16 августа в 22^h38^m [16]. В очагах землетрясений района высвободилось 44.7 % от общей сейсмической энергии (табл. 1).

Своеобразна сейсмичность **Алуштинского района (№ 3)**, где произошло девять землетрясений с $K_{П}=5.2-9.5$, семь из которых представительны. Интересен дуплет толчков с интервалом восемь минут, произошедших 29 августа с $K_{П}=9.5$ и $K_{П}=9.0$ непосредственно на границе с Ялтинским районом. Отсутствуют обычно наблюдаемые поверхностные землетрясения вблизи станции, глубина всех событий $h=16-22$ км.

В **Судацко-Феодосийском районе (№ 4)** отмечено повышение максимального энергетического класса зарегистрированных землетрясений до $K_{П}=9.3$. Одно слабое событие произошло на суше вблизи станции «Судак». Очаги остальных пяти землетрясений удалены в море и имеют глубины $h=11-27$ км.

В Севастопольском районе (№ 1) зарегистрировано десять землетрясений с $K_{II}=5.6-8.3$, а в Ялтинском районе (№ 2) – семь с $K_{II}=5.7-7.6$, и только три из них – представительного уровня $K_{min}=8$.

В Черноморской впадине (район № 9) зарегистрировано девять землетрясений с $K_{II}=7.6-9.0$ и глубинами $h=7-30$ км, четыре из них – ниже представительного уровня ($K_{min}=9$).

В слабоактивном районе Степной Крым (№ 6) и Северо-Западном районе (№ 8) наблюдалось полное сейсмическое затишье.

В заключение отметим, что в целом сейсмическая активность в регионе в 2015 г. была низкой. Необычное проявление сейсмичности наблюдалось в северо-восточной части региона, на территории Азово-Кубанского района. Здесь в очагах землетрясений высвободилось наибольшее относительно других районов количество сейсмической энергии.

Л и т е р а т у р а

1. Кондорская Н.В. Землетрясения в СССР в 1983 году. – М.: Наука, 1986. – 325 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. Сейсмические станции Крыма в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
4. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, Т. 2. – М.: ИФЗ АН СССР, 1974. – С. 113–125.
5. Кульчицкий В.Е. Программа расчета координат гипоцентров землетрясений (ГИПО-08) // Сейсмологический бюллетень Украины за 2008 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2010. – С. 28–33.
6. Пустовитенко Б.Г., Лущик 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.
7. Кульчицкий В.Е., Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А. Об искажении координат гипоцентров местных землетрясений при некорректном использовании экспериментальных данных о кинематических параметрах сейсмических волн // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 477–494.
8. Мехрюшев Д.Ю., Янков А.Ю., Погода Э.В., Даниялов М.Г., Габсатарова И.П., Пойгина С.Г. Сейсмические станции ГС РАН в хронологии их открытия в аналоговом и/или цифровом варианте, работающие на территории Северного Кавказа в 2009 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – Приложение на CD-ROM.
9. European-Mediterranean Seismological Center, 2021. [Сайт]. – URL: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
10. 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.
11. Пустовитенко Б.Г., Раутиан Т.Г., Свидлова В.А. Определение магнитуд и энергетических классов землетрясений по наблюдениям в Крымском регионе // Сейсмологический бюллетень 11. Западная территориальная зона ЕССН СССР (Крым – Карпаты за 1978–1979). – Киев: Наукова думка, 1983. – С. 126–138.
12. Hanks Т.С., Kanamori Н. А Moment Magnitude Scale // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 1979. – V. 84, N 135. – P. 2348–2350.
13. Пустовитенко Б.Г., Эреджепов Э.Э. Очаговые параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 226–236. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.23
14. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
15. Пустовитенко Б.Г. Каталог механизмов очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>

16. Козиненко Н.М. (отв. сост.), Артёмова Е.В. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Крымско-Черноморского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
17. Козиненко Н.М., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. (отв. сост.). Каталог землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
18. Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Крымско-Черноморский регион // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 38–48.

SEISMICITY of the CRIMEAN-BLACK SEA REGION in 2015

V.A. Svidlova, M.N. Bondar

*Institute of Seismology and Geodynamics, Crimean Federal University V.I. Vernadsky,
Simferopol, seimosilver1@mail.ru*

Abstract. In 2015, 58 earthquakes were registered in Crimea in the range of energy classes $K_{II}=5.2-10.8$. The bulk of the epicenters refers to the Black Sea. The maximum density of epicenters can be traced in Alushta (№ 3) area and in the Kerch-Anapa area (№ 5). Spectral and dynamic parameters of their foci were obtained for 16 events in the region; and for 1 of them a focal mechanism solution was obtained. Seismic processes in the Crimean-Black Sea region were monitored by seven stationary digital seismic stations. In February, the «Tarkhankut» observation point was closed. Representative registration of earthquakes with $K_{II}=9.0$ is still provided for main part of the Crimean-Black Sea region. A peculiarity of spatial distribution of earthquakes is the occurrence of two strongest earthquakes in the year under consideration with $K_{II}=10.8$ in the Kerch-Anapa (№ 5) and Azovo-Kuban (№ 7) areas. The maximum ($K_{II}=10.8$, $ML_{WSG}=3.8$, $M_w=3.8$) earthquake occurred on August 16 at 22^h38^m in the Kerch-Anapa region at the depth of $h=7$ km. This shock caused tremors in Anapa with the intensity of $I=2$ according the MSK-64 scale. 2015 is characterized by weak seismic activity. The total number of registered earthquakes, $\Sigma N=58$, decreased against $\Sigma N=119$ in 2014 and is below than the average $N_{av}=69$ for the ten-year observation period (2004–2013). The annual seismic energy is $\Sigma E=1.49 \cdot 10^{11} J$, that is 5.6 times less than the average value $\Sigma E_{av}=8.4 \cdot 10^{11} J$ for the ten-year period. This suggests that we can expect increased seismicity in the region in subsequent years.

Keywords: earthquake, seismicity, representativeness, hypocenter, energy, energy class, magnitude.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.03

For citation: Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. (2021). [Seismicity of the Crimean-Black sea region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 43–49. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.03

References

1. Kondorskaya, N.V. (1988). *Zemletriaseniia v SSSR v 1985 godu* [Earthquakes in the USSR in 1985]. Moscow, Russia: Nauka Publ, 325 p. (In Russ.).
2. Pustovitenko, B.G., Kul'chickij, V.E., & Goryachun, A.V. (1989). *Zemletriaseniia Krymsko-Chernomorskogo regiona* [Earthquakes of the Crimean Black Sea region]. Kiev, Ukraine: Naukova Dumka Publ., 192 p. (In Russ.).
3. Kalinyuk, I.V.(2021). [Crimea seismic stations in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
4. Pustovitenko, B.G., & Kul'chickij, V.E. (1974). [On the energy assessment of the earthquakes of the Crimean Black Sea region]. In *Magnituda i energeticheskaiia klassifikatsiia zemletriasenii, T. 2* [Magnitude and energy classification of earthquakes, Pt. 2] (pp. 113–125). Moscow, Russia: IEP AS USSR Publ. (In Russ.).
5. Kul'chickij, V.E. (2010). [Program for calculating the coordinates of earthquake hypocenters (GIPO-08)]. In *Seismologicheskii biulleten' Ukrainy za 2008 god* [Ukraine seismological bulletin for 2008] (pp. 28–33). Sevastopol, Ukraine: NPC «ECOSY-Hydrophysisca» Publ. (In Russ.).
6. Pustovitenko, B.G., Lushchik, A.V., Boborykina, A.V., Kul'chickij, V.E., Mozhzherina, A.V., Nasonkin, V.A., Pankov, F.N., Porechnova, E.N., Pustovitenko, A.A., Tihonenkov, E.P., & Shvyrlu, V.G. (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.).

7. Kul'chickij, V.E., Pustovitenko, B.G., & Svidlova, V.A. (2017). [On the distortion of the coordinates of the hypocenters of local earthquakes with incorrect use of experimental data on the kinematic parameters of seismic waves]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 20(2011), 477–494. (In Russ.).
8. Mekhryushev, D.Yu., Yankov, A.Yu., Pogoda, E.V., Daniyalov, M.G., Gabsatarova, I.P., & Poygina, S.G. (2015). [Seismic stations of the GS RAS in the chronology of their discovery in analog and/or digital versions, operating in the North Caucasus in 2009]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2009 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2009]. Appendix on CD. (In Russ.).
9. European Mediterranean Seismological Centre. (2021). Retrieved from <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php>
10. Krasilov, S.A., Kolomic, M.V., & Akimov, A.P. (2006). [Organization of the processing of digital seismic data using the WSG software package. Modern methods for processing and interpreting seismological data]. In *Materialy I Mezhdunarodnoy seysmologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seysmologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the I International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 77–83). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
11. Pustovitenko, B.G., Rautian, T.G., & Svidlova, V.A. (1983). [Determination of magnitudes and energy classes of earthquakes from observations in the Crimean region]. In *Seysmologicheskij byulleten' 11. Zapadnoj territorial'noj zony ESSN SSSR (Krym – Karpaty za 1978–1979)* [Seismological Bulletin 11. Western Territorial Zone of the ESSN of the USSR (Crimea - Carpathians 1978–1979)] (pp. 126–138). Kiev, Ukraine: Naukova Dumka Publ. (In Russ.).
12. Hanks, T.C., & Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 84(B5), 2348–2350.
13. Pustovitenko, B.G., & Eredzhepov, E.E. (2021). [Focal parameters of earthquakes in the Crimean Black Sea region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 226–236. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.23
14. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
15. Pustovitenko, B.G. (2021). [Catalog of Earthquake Focal Mechanisms of the Crimean Black Sea Region for 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
16. Kozinenko, N.M., & Artemova, E.V. (2021). [The macroseismic effect of tangible earthquakes in the settlements of the Crimean-Black Sea region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
17. Kozinenko, N.M., Svidlova, V.A., & Sykchina, Z.N. (2021). [Catalog of Crimea earthquakes in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
18. Pustovitenko, B.G., Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. (2020). [Crimean Black sea region]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 38–48 (In Russ.).