

УДК 550.34

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДВУХ ОЩУТИМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 24 АПРЕЛЯ 2018 Г. И 13 СЕНТЯБРЯ 2018 Г.

Клянчин А. И.

*ГАУ РК «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: astrogeolog@mail.ru*

Изложена методика обработки и результаты макросейсмического обследования землетрясений 24 апреля 2018 г. и 13 сентября 2018 г., произошедших в прибрежной зоне Краснодарского края и вблизи Южного берега Крыма. По результатам этого обследования рассчитаны интенсивности сотрясений и приведены схемы их пространственного распределения.

Ключевые слова: землетрясение, макросейсмический эффект, интенсивность, магнитуда, уравнение макросейсмического поля.

ВВЕДЕНИЕ

24 апреля в 20 ч 47 мин 39.9 с (по Гринвичу) землетрясение с магнитудой $MSH=3.9$ произошло в районе Анапы (район №5), координаты гипоцентра землетрясения: $\varphi=44.86^\circ$, $\lambda=37.56^\circ$, $h=33$ км (по данным обработки в Крыму – KRYM). Землетрясение ощущалось во многих населенных пунктах Черноморского побережья Северного Кавказа.

13 сентября в 5 ч 45 мин 23.0 с (по Гринвичу) землетрясение с магнитудой $MSH=3.5$ произошло недалеко от Южного берега Крыма (район №2), координаты гипоцентра землетрясения: $\varphi=44.42^\circ$, $\lambda=34.41^\circ$, $h=29$ км (KRYM). Подземные толчки ощущались во многих населенных пунктах на Южном берегу Крыма.

Основные параметры обследованных землетрясений по данным различных агентств предоставлены в таблице 1.

Сбор макросейсмических данных об ощущимом землетрясении 24.04.2019 г. был выполнен автором с 25 апреля по 5 мая 2018 года с помощью социальной сети «ВКонтакте». Опрос проводился по городу Новороссийск.

В итоге была получена информация от 258 участников опроса в 15 населенных пунктах с учетом сообщений из сайта, на котором было 14 респондентов: <https://www.emsc-csem.org/> (Табл. 2).

В районах Анапы и Новороссийска из них всего 122 ощущавших (47.3%), 136 не ощущавших участников опроса (52.7%). В г. Новороссийск ощущали 62 респондента и не ощущали 104, а в г. Анапа, соответственно, 18 и 23.

Без учета сообщений из сайта ЕССЦ <https://www.emsc-csem.org/> в районе Новороссийска 44.7% ощущавших и 55.3% не ощущавших; в районе Анапы 54.1% и 45.9%.

Таблица 1.
Основные параметры обследованных ощутимых землетрясений по данным различных агентств

№ п/п	Дата	Время в очаге			Координаты эпицентров землетрясений		Магнитуда	<i>h</i> , км	Агентство
		<i>ч</i>	<i>мин</i>	<i>с</i>	φ°N	λ°E			
1	24.04.2018	20	47	39.9	44.91	37.46	<i>mb</i> =4.1	33	ФИЦ ЕГС РАН
2	24.04.2018	20	47	39.8	44.91	37.45	<i>mb</i> =4.3	10	GFZ
3	24.04.2018	20	47	42.0	44.86	37.56	<i>MSH</i> =3.9	33	KRYM
4	24.04.2018	20	47	42.17	44.82	37.50	<i>mb</i> =3.6, <i>ML</i> =3.8	38.1	IDC
5	24.04.2018	20	47	41.7	44.91	37.57	<i>mb</i> =4.5	80	CSEM
6	24.04.2018	20	47	37.42	44.99	37.56	<i>mb</i> =4.2	10.0f	NEIC
7	13.09.2018	05	45	21.4	44.44	34.39	<i>mb</i> =3.8	17	ФИЦ ЕГС РАН
8	13.09.2018	05	45	23.0	44.42	34.41	<i>MSH</i> =3.5	29	KRYM

Сбор макросейсмических данных об ощутимом землетрясении **13.09.2018 г.** выполнен с помощью социальной сети «ВКонтакте» по Интернету и на маршруте по районам Алушты и Ялты с 13 по 19 сентября.

В результате удалось собрать всего 109 свидетельств в 10 населенных пунктах Южного берега Крыма от пгт. Симеиз на западе до п. Солнечногорский на востоке (табл. 3). Больше всего сведений было собрано по городам Ялта и Алушта.

Макросейсмические данные двух ощутимых землетрясений представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.
Макросейсмические данные Анапского землетрясения 24.04.2018 г.

№ п/п	Населенный пункт	Координаты		Количество респондентов
		φ°N	λ°E	
1	2	3	4	5
1	г. Новороссийск	44.72	37.77	166
2	п. Мысхако	44.66	37.76	7
3	п. Цемдолина	44.76	37.72	4
4	с. Борисовка	44.76	37.70	6
5	п. Верхнебаканский	44.84	37.66	4
6	ст. Раевская	44.83	37.56	4
7	ст. Натухаевская	44.91	37.57	1
8	х. Камчатка	44.71	37.63	1
9	х. Убых	44.49	37.38	4
10	п. Гайдук	44.78	37.70	3

**МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДВУХ ОЩУТИМЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 24 АПРЕЛЯ 2018 Г. И 13 СЕНТЯБРЯ 2018 Г.**

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5
11	г. Анапа	44.89	37.32	43
12	ст. Анапская	44.90	37.38	5
13	п. Супсех	44.86	37.36	7
14	п. Варваровка	44.84	37.38	2
15	г. Крымск	44.93	37.99	1
	Итого			258

Примечание. В таблице приняты сокращения: г. – город, ст. – станица, х. – хутор, п. – поселок, с. – село.

Таблица 3.

Макросейсмические данные Ялтинского землетрясения 13.09.2018 г.

№ п/п	Населенный пункт	Координаты		Количество ощущавших	Количество не ощущавших	Итого
		φ°N	λ°E			
1	г. Ялта	44.5	34.17	13	3	16
2	пгт. Гурзуф	44.55	34.29	8	14	22
3	пгт. Никита	44.51	34.24	1	0	1
4	пгт. Массандра	44.52	34.19	1	0	1
5	пгт. Ливадия	44.47	34.15	1	1	2
6	пгт. Алушка	44.42	34.05	1	6	7
7	пгт. Симеиз	44.41	34.01	1	6	7
8	г. Алушта	44.68	34.41	13	32	45
9	пгт. Партенит	44.58	34.34	1	6	7
10	п. Солнечногорский	44.75	34.54	1	0	1
	Итого			41	68	109

Примечание. В таблице приняты сокращения: г.– город, пгт. – поселок городского типа, п. – поселок, с. – село.

В итоге в районе Большой Ялты 26 респондентов (46.4%) ощущали и 30 (53.6%) не ощущали. В районе городского округа Алушта, соответственно, 15 (28.3%) и 38 (71.7%).

1. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ЕЕ РЕЗУЛЬТАТ

Обработка макросейсмических данных проводилась в соответствии со шкалой MMSK-92 [1], которая в описательной части не отличается от шкалы MSK-64 [2] и MMSK-84 [3].

Используя две формулы из работы [1], по *нескольким объектам* r (1) и *ошибкам оценки* σ_r (2), были вычислены степени реакции ощущавших и не ощущавших людей:

$$r = \sum n_i r_i / \sum n_i, \quad (1)$$

$$\sigma_r = \pm [(\sum n_i r_i^2 - r^2 \sum n_i / \sum n_i \sum (n_i - 1))^{0.5}], \quad (2)$$

где n_i – количество людей (респондентов), r_i – степень реакции людей, r – средняя степень реакции людей.

При отсутствии сведений о людях, которые не ощущали толчки, использовалась формула из работы [1], по *единичному объекту* r (3):

$$r = r_i - 0.5, \quad (3)$$

где r_i – степень реакции людей, r – средняя степень реакции людей по единичному сообщению.

По каждому этажу зданий отдельно были вычислены степени осужимости с учетом отсутствия реакции людей и установлены интенсивности, не учитывая типы зданий, так как количество различных типов незначительно. После этого вычислялись средние значения. По результатам обработки составлена таблица 4.

Таблица 4.

Результаты обработки макросейсмических данных двух ощутимых землетрясений 2018 года

Населенный пункт	Расстояние от эпицентра, км*	Тип чувствительности людей	Средняя степень реакций по всем данным	Погрешность степени по реакции людей	Интенсивность по реакции людей	Погрешность интенсивности	Интенсивность по реакции предметов	Средняя интенсивность
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Анапское землетрясение 24 апреля 2018 года								
ст. Раевская	3	Чувствительный	1.25	0.5	4	0.25	5	4-5
ст. Натухаевская	5	Чувствительный	1.5	0.25	4	0.1	–	4
х. Убых	8	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.1	4	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9

**МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДВУХ ОЩУТИМЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 24 АПРЕЛЯ 2018 Г. И 13 СЕНТЯБРЯ 2018 Г.**

Продолжение таблицы 4.

п. Верхнебаканский	8	Чувствительный	1.5	0.25	4	0.25	4-5	4-5
п. Гайдук	14	Чувствительный	1.67	0.33	4	0.25	5	4-5
с. Борисовка	16	Общий	0.67	0.42	4	0.25	4	4
п. Цемдолина	18	Чувствительный	1.5	0	4	0.1	4	4
х. Камчатка	18	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.25	–	4
г. Новороссийск	23	Общий	0.82	0.14	4	0.2	4	4
		Нормальный	0.67	0.72	4	0.25	–	
п. Мысхако	28	Чувствительный	1.25	0.45	4	0.25	4	4
ст. Анапская	15	Общий	1.5	0.25	4	0.25	–	4-5
		Нормальный	1.5	0.25	5	0.5	–	
п. Варваровка	15	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.25	4	4
п. Супсех	16	Общий	2.86	1.5	5	0.5	5	5
		Общий по единичному объекту	2.25	0.5	5	0.5	–	
г. Анапа	19	Общий	1.32	0.29	4	0.25	5	4-5
		Общий по единичному объекту	1.75	0.25	5	0.25	5	
г. Крымск	34	Нормальный	0.5	0.25	4	0.5	–	3-4
Ялтинское землетрясение 13 сентября 2018 года								
пгт. Гурзуф	17	Общий	0.50	0.16	3	0.01	4	3-4
		Чувствительный (условно)	1.13	0.3	4	0.3	–	
		Нормальный	0.13	0.25	4	0.25	–	
пгт. Никита	17	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.5	–	4 (?)
г. Ялта	21	Общий	1.58	0.25	4	0.25	4	3-4
		Чувствительный (условно)	1.43	0.25	4	0.25	–	
пгт. Массандра	21	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.5	3-4	4 (?)
пгт. Ливадия	22	Чувствительный (условно)	0.5	0.25	3	0.25	–	3 (?)
пгт. Алушка	29	Нормальный	0.14	0.1	4	0.9	–	3-4
пгт. Симеиз	33	Общий	0.43	0.25	3	0.5	–	3
пгт. Партенит	18	Общий	0.29	0.29	3	0.3	3	3
		Нормальный (условно)	0.29	0.29	4	0.3	–	4
г. Алушта	28	Общий	0.41	0	3	0	3-4	3-4
		Чувствительный	1.00	0.37	4	0.37	–	
		Нормальный	0.13	0.91	4	0.91	–	
п. Солнечногорский	38	Чувствительный	0.5	0.25	3	0.25	3-4 (?)	3 (?)

Примечание. *– Расстояние от населенного пункта до инструментального эпицентра, (?) – неопределенные оценки интенсивностей по одиночному сообщению.

В графе «Тип чувствительности людей» (табл. 4) в отдельных случаях типы людей: «чувствительный» и «нормальный» указываются «(условно)», так как среди ощутивших людей чувствительного типа имеются не ощущавшие нормального типа и наоборот. Интенсивность по реакции предметов определена с использованием типичных признаков, указанных в таблицах шкалы MSK-64 и MMSK-92 [1, 2].

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВУХ ОЩУТИМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Анапское землетрясение ощущалось в районах Анапы и Новороссийска (4–5 балла), а также до 3-4 балла и менее по Крымску. Расстояние от г. Анапа до г. Крымск составляет 52 км и от г. Анапа до п. Мысхако – 43 км с максимальной интенсивностью в Супсехе – 5 баллов (Рис. 1).



Рис 1. Схема распределения интенсивности сотрясений от Анапского землетрясения 24.04.2018 г. 1 – эпицентры по данным: а) GFZ, б) ФИЦ ЕГС РАН, в) KRYM, г) NEIC, д) EMSC, е) IDC; 2 – предполагаемый макросейсмический эпицентр землетрясения; 3 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MMSK-92.

Подземные толчки от Ялтинского землетрясения ощущались во многих населенных пунктах Большой Ялты и городского округа Алушта (3–4 балла). Расстояние от пгт. Симеиз до п. Солнечногорский составляет 57 км. Максимальная интенсивность в Массандре и Никите составила 4 балла (Рис. 2).

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДВУХ ОЩУТИМЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 24 АПРЕЛЯ 2018 Г. И 13 СЕНТЯБРЯ 2018 Г.

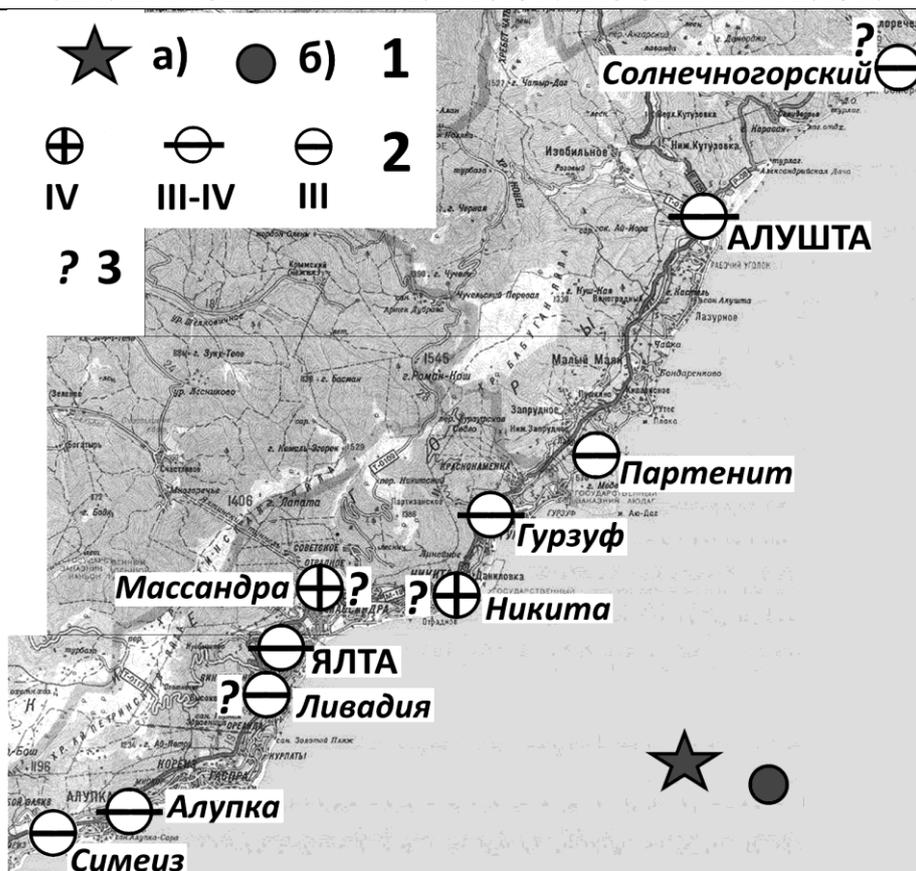


Рис. 2. Схема распределения интенсивности сотрясений от Ялтинского землетрясения 13 сентября 2018 г.: 1 – эпицентры по данным: а) ФИЦ ЕГС РАН, б) КРЫМ; 2 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MMSK-92; 3 – неопределенные оценки интенсивностей по одиночному сообщению.

3. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА АНАПСКОГО И ЯЛТИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2018 ГОДА

Анапское землетрясение 24.04.2018 года.

Г. Новороссийск. Дрожали шкафы, кровати и холодильники, висячие предметы и столы качались, звенела посуда; очевидцы заявили, что наблюдалась вибрация здания и треск ветхих домов.

Ст. Раевская. Сильная ощутимость, дрожание домов, сотрясение мебели. Сильный гул.

П. Мысхако. Наблюдалось дрожание дома, мебель дребезжала, висячие предметы качались.

П. Верхнебаканский и с. Тоннельное. Некоторые спящие проснулись, почувствовав толчки, всякие предметы зазвенели, тяжелая мебель отчетливо дрожала.

С. Борисовка. Мебель шаталась, чувствовали дрожание пола.

П. Цемдолина. Тяжелая мебель затряслась, дома дрожали. Перед землетрясением наблюдалось беспокойство домашних животных.

П. Гайдук. Наблюдалось дребезжание стекла, «вибрация дома, как от движения танка».

Х. Убых. Было такое колебание, как будто на улице едет многотонная машина, гул шёл со стороны Анапы.

Х. Камчатка. Ощущали, как будто поезд тронулся и остановился.

Ст. Натухаевская. Заявили, что «хорошо тряслась земля».

В районе Новороссийска большинство жителей ощущали подземный толчок отчетливо, перед землетрясением беспокоились домашние животные.

Г. Анапа. Некоторые ощущали сильно и испугались, тяжелая мебель и всякие предметы раскачивались, стулья и столы сдвинулись во время колебания; у одного очевидца на восьмом этаже нового монолитного здания в ванной и спальне обнаружили трещины.

П. Супсех. Некоторые испугались, затряслась мебель, всякие предметы раскачивались. Один житель сообщил, что у него были звон, дребезжание, сдвиг лёгкого стола ~ на 7 см, скрип деревянного перекрытия мансарды, открывание дверей шкафа. Было ли повреждение в здании?: «просела отмостка вокруг дома на 1—5 см, новый дом даёт усадку».

П. Варваровка. «Встряхнуло» тяжелую мебель.

Ст. Анапская. Некоторые испугались, проснулись, тяжелая мебель раскачивалась.

В районе Анапы большинство жителей ощущало отчетливо, перед землетрясением сильно беспокоились животные, слышался подземный гул, толчок продолжался от 3 до 7 секунд.

Ялтинское землетрясение 13.09.2018 года.

Г. Ялта. Наблюдались короткие и резкие удары, дребезжание всяких предметов и мебели; один житель сильно испугался, наблюдалось раскачивание мебели, «холодильник сильно потрясло, даже кровать и диван качнулись. Перед землетрясением кот утром дверь царапал, сильно мяукал».

Пгт. Гурзуф. Наблюдалось покачивание тяжелой мебели. Житель сообщил, что он слабо ощущал толчки, но кошка сильно беспокоилась. Чувствовался короткий удар.

Пгт. Никита. Наблюдалось отчетливое горизонтальное покачивание.

Пгт. Массандра. Наблюдалось покачивание, был звон посуды в шкафу.

Пгт. Ливадия. Сообщили, что кошки беспокоились: вели себя суетливо, бегали и мяукали именно все утро.

Пгт. Алупка. Один житель заявил, что наблюдалось волнообразное покачивание.

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДВУХ ОЩУТИМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 24 АПРЕЛЯ 2018 Г. И 13 СЕНТЯБРЯ 2018 Г.

Пгт. Симеиз. Девушка сообщила, что «она отчетливо ощущала, испугалась, был слышен сильный гул».

Г. Алушта. Ощущались два коротких удара. Некоторые люди испугались. Женщина из одного киоска сообщила, что люди говорили об ощущении землетрясения. Кровати «вздрогнули». У некоторых жителей наблюдалось головокружение.

Пгт. Партенит. Один житель заявил, что наблюдалось «дребезжание» дома.

П. Солнечногорский. Наблюдался короткий и резкий удар. Был скрип на крыше в момент толчка, сам толчок длился не больше одной секунды. Один человек ощущал слабо.

Согласно свидетельству очевидцев, подземные толчки продолжались от нескольких до 10 секунд. Гул не был слышен, другие необычные явления не наблюдались.

Большинство жителей в районе Ялты и Алушты указали направление сейсмического колебания со стороны моря.

ВЫВОДЫ

Первый опыт опроса в социальной сети «ВКонтакте» показал большую эффективность по сравнению с телефонными опросами.

К сожалению, в сведениях не хватает респондентов с первого и пятого-шестого этажей, поэтому были вычислены средние значения интенсивности по каждому пункту.

Малое количество данных не позволяет составить карты изосейст, определить макросейсмические координаты эпицентров землетрясений и глубины их очагов.

Подводя итоги анализа макросейсмического проявления Анапского землетрясения 24 апреля 2018 года в прибрежной зоне Краснодарского края, следует отметить, что эпицентр землетрясения, вероятно, находился ближе к Супсеку, где были отмечены: дрожание предметов, сдвиг легкой мебели, открывание дверей шкафа, испуг людей, сильное беспокойство животных, сильный гул.

Автор сердечно благодарен Князевой В.С., которая работала в Институте сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского в г. Симферополь, за ценные консультации по обработке макросейсмических данных, моим коллегам Пустовитенко Б.Г. и Кульчицкому В.Е. за обсуждение результатов и ценные замечания.

Список литературы

1. Шебалин Н. В., Аптикаев Ф. Ф. Развитие шкал типа MSK // Вычислительная сейсмология. 2003. вып. 34. М.: ГЕОС, 2003. С. 210–253.
2. Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. М.: Наука, 1975. 280 с.
3. Ершов И. А., Шебалин Н. В. Проблема конструкции шкалы интенсивности землетрясений с позиций сейсмологов // Прогноз сейсмических воздействий. Вопросы инженерной сейсмологии. 1984. вып. 25. М.: Наука, 1984. С. 78–95.

MACROSEISMIC MANIFESTATIONS OF TWO SENSIBLE EARTHQUAKES ON APRIL 24 AND SEPTEMBER 13, 2018

Klianchin A. I.

*GAU RK «Crimean expert council for seismic hazard assessment and earthquake forecast»,
Simferopol, Republic Republic of Crimea, Russia
E-mail: astrogeolog@mail.ru*

On April 24, 2018 at 20^h 47^m 39.9^s (GMT) occurred an earthquake with magnitude $MSH=3.9$ near Anapa in the territory of Krasnodarsky region, coordinates of the earthquake hypocenter: $\varphi=44.86^\circ$, $\lambda=37.56^\circ$, $h=33$ km (according to the Crimean network of seismic stations). The earthquake was felt in many settlements of the Black Sea coast of the Caucasus.

The collection of macroseismic data about sensible earthquake was carried out in the regions of Anapa and Novorossiysk and social network «VKontakte» from April 25 to May 5.

On September 13, 2018 at 5^h 45^m 23.0^s (GMT) near the southern coast of Crimean occurred an earthquake with magnitude $MSH=3.5$, coordinates of the earthquake hypocenter: $\varphi=44.42^\circ$, $\lambda=34.41^\circ$, $h=29$ km (according to the Crimean network of seismic stations). Tremors were felt in many settlements of the Black Sea coast on the Southern coast of Crimea.

The collection of macroseismic data about sensible earthquake is executed in areas of Big Yalta and city district Alushta on September from 13 until 19 and in social network «VKontakte». As a result, 258 information was obtained in 14 settlements of the Black Sea coast of the Caucasus and 109 information was collected in 10 settlements of the southern coast of Crimea.

Processing of macroseismic data was carried out in accordance with the MMSK-92 scale. Macroseismic data was processed using formulas created by N. Shebalin. The degree of reaction of people, was determined separately for each floors excluding building types and the intensities was established, since the number of different types is few. The intensity of the reaction of objects was determined using typical characteristics indicated in the tables of the MSK-64 and MMSK-92 scales.

The earthquake was felt in the regions of Anapa and Novorossiysk (4–5 *points*), as well as up to 3 *points* or less in Krymsk. The distance from Anapa to Krymsk is 52 km and from Anapa to Myskhako is 43 km with a maximum intensity of 5 points in Supsekh.

Tremors were felt in the areas of Big Yalta and city district Alushta (3–4 *points*). The distance from the urban-type settlement Simeiz to village Solnechnogorskiy is 57 km away. The maximum intensity in Massandra and Nikita was 4 *points*.

Keywords: earthquake, macroseismic effect, intensity, magnitude, macroseismic field equation.

References

1. Shebalin N.V., Aptikaev F. F. Razvitie shkal tipa MSK (Development of MSK Type Scales). Vychislitel'naya seismologiya, 2003, Vyp. 34., Moscow, GEOS, 2003, pp. 210–253 (in Russian).
2. Seismicheskaya shkala i metody izmereniya seysmicheskoy intensivnosti (Seismic Scale and Seismic Intensity Measurement Methods), M., Nauka, 1975, 280 p.
3. Ershov I. A., Shebalin N. V. Problema konstrukcii shkaly intensivnosti zemletryaseniy s pozitsiy seysmologov. Prognoz seysmicheskikh vozdeystviy (The Problem of the Construction of the Scale of the Earthquake Intensity from Position of Seismologists. Forecast of Seismic Influence). Voprosy inzhenernoy seysmologii, 1984, Vyp. 25. M., Nauka, 1984, pp. 78–95.