

УДК 550.34.034

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ И СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИЧЕРНОМОРЬЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Маловичко А. А.¹, Габсатарова И. П.²

SEISMIC DANGER AND SEISMIC MONITORING OF BLACK SEA COAST OF THE RUSSIAN
FEDERATION

Malovichko A. A., Gabsatarova I. P.

The results of the analysis of the information on seismic danger of territory of Black Sea Coast of the Russian Federation are presented and possibilities of seismic monitoring network in this region are generalized.

Keywords: earthquake, seismic hazard, Black Sea coast of the Russian Federation, seismic monitoring.

Проблема обеспечения сейсмической безопасности Причерноморья Российской Федерации в последнее время становится все более острой в связи с широким строительством в этом районе народно-хозяйственных объектов. Согласно оценкам действующей карты «Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97)», этот район относится к зонам восьми и девятибалльных сейсмических воздействий [1].

За последние 16 лет на Северном Кавказе произошло несколько землетрясений с интенсивностью в эпицентре 6 и более баллов по шкале MSK-64 [2]. Они вызвали макросейсмический эффект в населенных пунктах от 3–4 до 7–8 баллов. На севере территории, в зоне Маньчских прогибов и на Бердянской косе Азовского моря ощутимость превысила оценочные по ОСР-97 значения балльности на 1–1,5 балла (рис. 1).

Оценка сейсмической опасности, проведенная на базе кластерного анализа комплекса геолого-геофизических и сейсмологических данных [4], показывает высокую степень дифференцированности сейсмических проявлений как на Северном Кавказе в целом, так и в районе Причерноморья (рис. 2).

Анализ пространственного распределения очагов землетрясений на территории

Черноморского побережья Северного Кавказа позволяет выделить три основные сейсмогенные зоны, проявление сейсмической активности в каждой из которых может вызвать заметные сотрясения грунта в населенных пунктах этого района (рис. 3).

Сейсмогенная зона I приурочена к району городов Анапа – Новороссийск – Геленджик. По макросейсмическим данным землетрясения в этой зоне, имевшие интенсивность 6–7 баллов и $M \approx 5$, известны с 1830 г. Отличительной особенностью сеймотектонических процессов в этой зоне является сравнительно глубокое залегание очагов землетрясений – 20–50 км. Землетрясение 12 июля 1966 г. с магнитудой $M=5,5$ ощущалось на территории Причерноморья с силой 3–4 балла.

По оценке сейсмической опасности этой зоны [5] выделяется прибрежный участок, потенциально возможный для возникновения землетрясения с магнитудой $M_{max}=7,0$. В случае возникновения такого землетрясения, например, в зоне Большого Курорта Сочи интенсивность сотрясений может достигнуть 7 баллов на севере и 5–6 баллов на юге. Довольно сильное ($M=5$) Нижнекубанское-II землетрясение зафиксировано в этой зоне 9 ноября 2002 г. Его эпицентр располагается в пределах очаговой области 7-балльного ис-

¹Маловичко Алексей Александрович, член-корр. РАН, директор Геофизической службы РАН; e-mail: amal@gsras.ru.

²Габсатарова Ирина Петровна, канд. физ.-мат. наук, заведующий лабораторией исследования региональной сейсмичности Геофизической службы РАН; e-mail: ira@gsras.ru.

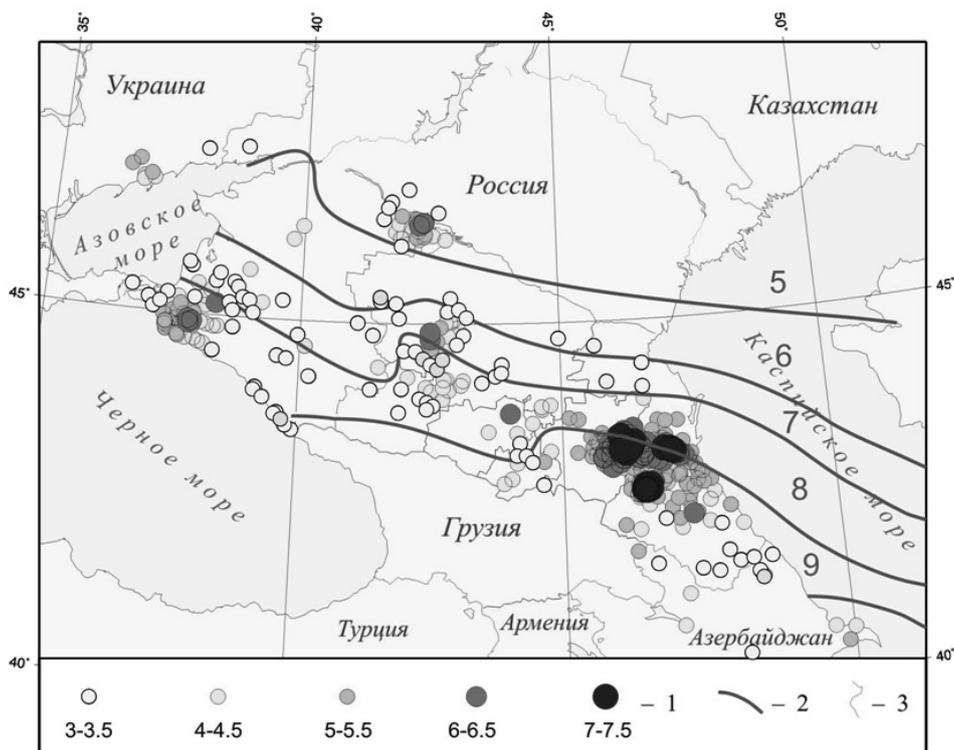


Рис. 1. Карта максимальной интенсивности сотрясений в населенных пунктах Северного Кавказа от землетрясений за 1992–2008 г. [3]: 1 — интенсивность сотрясений по шкале MSK-64; 2 — линии контуров зон разной балльности по ОСР-97 А; 3 — государственная граница

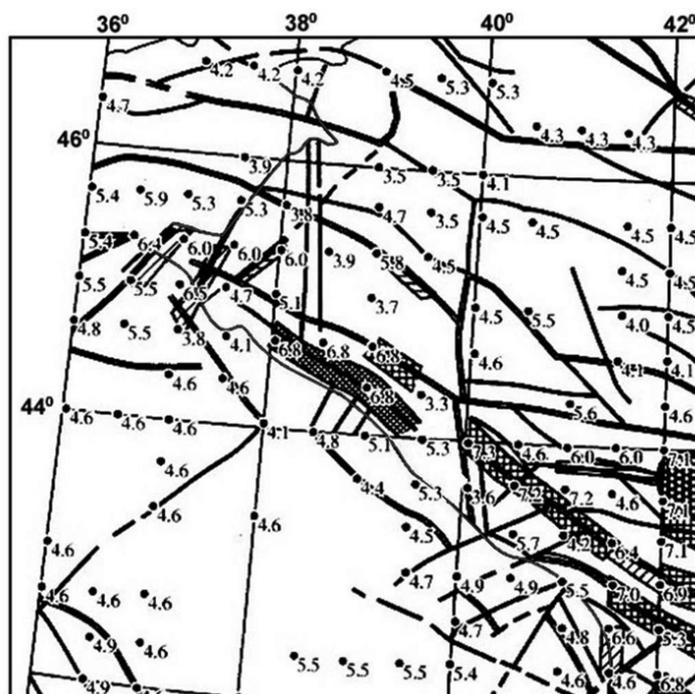


Рис. 2. Карта M_{max} для Северо-Западного Кавказа и Предкавказья. Жирные точки — северо-западные углы элементарных ячеек, для которых цифрами указана прогнозируемая магнитуда землетрясений

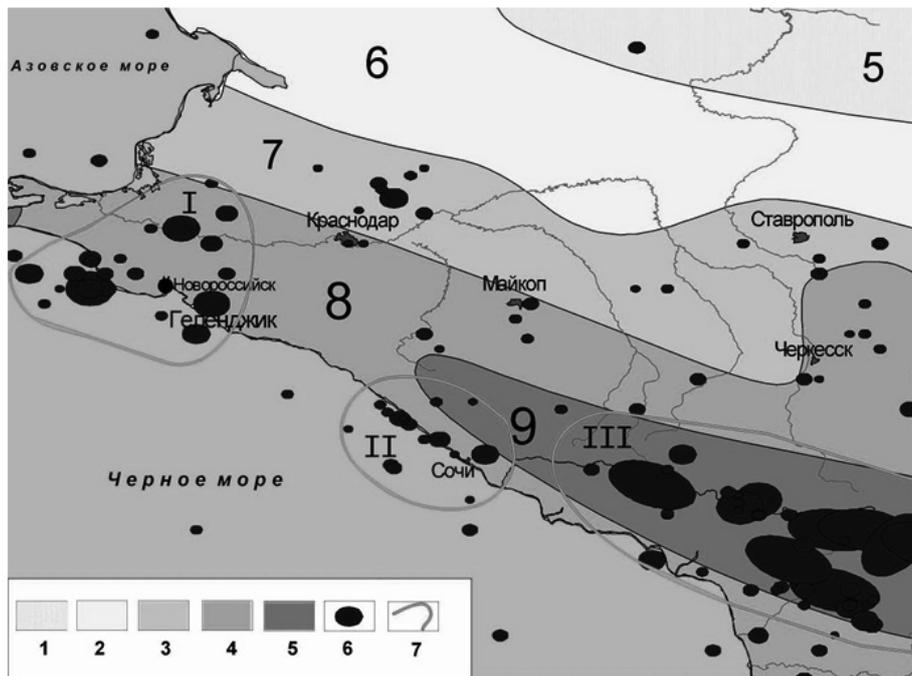


Рис. 3. Сейсмичность Северо-западного Кавказа на фоне карты ОСР97-С. Условные обозначения: 1 – 5-ти балльная, 2 – 6-ти балльная, 3 – 7-ми балльная, 4 – 8-ми балльная, 5 – 9-ти балльная зоны интенсивности сотрясений, 6 – эпицентры сильнейших землетрясений в регионе по данным «Специализированного каталога землетрясений» под ред. Кондорской Н. В. и Уломова В. И., 1997, 7 – сейсмоактивные зоны западной части Северного Кавказа – I – Анапско-Новороссийско-Геледджикская, II – Сочинская, III – Тебердинско-Гегечкорско-Чхалтинская зона

торического землетрясения 9 октября 1879 г. с магнитудой $M=5,7$, которое ощущалось на всей территории Нижнекубанской области, вплоть до Крыма. Землетрясение 9 ноября 2002 г. также ощущалось на обширной территории Краснодарского края силой от 5–6 баллов до 2 баллов (рис. 4). В дальнейшем ощутимыми были $23^h 17^m$ с $M=4,7$ (в Анапе 4 балла, Новороссийске, Анапе – 2 балла). Одно из последних ощутимых землетрясений зарегистрировано 29 ноября 2011 г. в $2^h 17^m$ по Гринвичу, эпицентр располагался в прибрежной части Черного моря между Анапой и Новороссийском. Землетрясение вызвало макросейсмический эффект в Анапе, п. Су-Псех, Сукко – 3,5–4 балла (дрожали диваны, у шкафов открывались дверцы, падали мелкие предметы, дребезжали стекла, беспокоились животные). В Новороссийске – 2–3 балла по шкале MSK-64.

Сейсмогенная зона II приурочена к району курорта Большое Сочи и его окрестностям, вплоть до Красной Поляны. Особенностью очагов землетрясений в этой зоне является их неглубокое залегание. След-

ствие этого здесь неоднократно фиксировались сильные 7- и даже 8-балльные землетрясения. Это Сочинский рой землетрясений 1870 г. с $M=5,3$ для основного толчка, Красно-Полянские землетрясения 1955 г. с $M=4,4$ для основного толчка, Сочинский рой 1970 г., а также менее сильные, но 7-балльные землетрясения: Сочинское 1889 г. и Лазаревское 1959 г. Выделяются две подзоны: более активная Сочинско-Адлерская и менее сейсмичная – Туапсинская. В районе Туапсе наиболее сильное землетрясение с силой 7 баллов отмечено в 1936 г. ($M=4,3$) – Туапсинский рой. Современные проявления сейсмичности не вызывали макросейсмического эффекта более 5 баллов.

В период инструментальных наблюдений наиболее значительные проявления интенсивности сотрясений земной поверхности наблюдались 7 ноября 1970 г., когда произошел Сочинский рой землетрясений, максимальное из которых имело магнитуду $M=5,1$ и интенсивность в эпицентре $I_0=7-8$ баллов, а в самом городе Сочи ощущалось силой 4–5 баллов. После этого землетрясения вплоть до

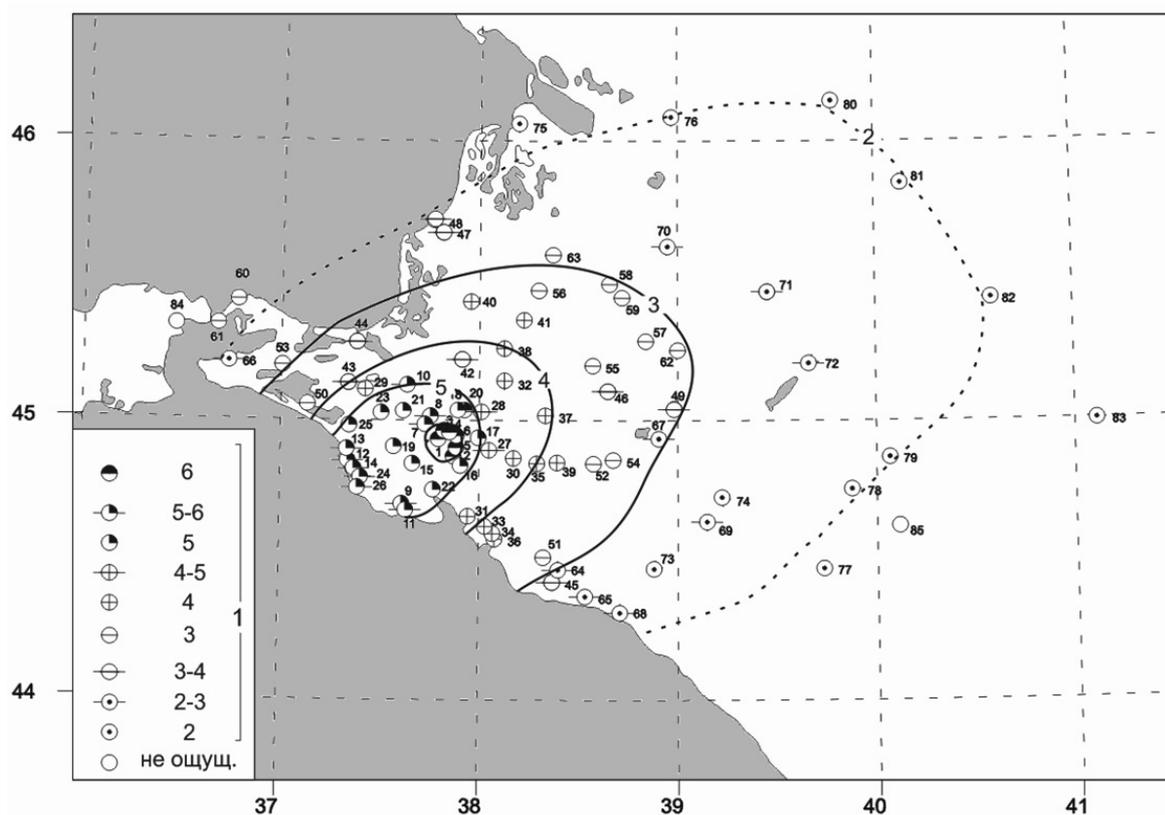


Рис. 4. Карта изосейст Нижнекубанского-II землетрясения 9 ноября 2002 г.

настоящего времени рои относительно слабых по магнитуде землетрясений, но ощутимых, повторяются с периодом 3–4 года, интенсивность сотрясений в Сочи и Туапсе достигает от 5 до 2–3 баллов. Последние, протяженные по времени рои слабых землетрясений произошли в феврале, апреле, октябре 2000 г., из них наиболее сильное землетрясение, зарегистрированное 29 февраля 2000 г. с магнитудой $M=3,3$, ощущалось в Сочи силой 4–5 баллов, Адлере — 3–4 балла, Лазаревском — 3–4 балла и Дагомысе — 2–3 балла. В октябре 2000 г. рой сместился в сторону Дагомыса, где максимально ощущался 4–5 баллов. Одно из последних проявлений сейсмической активности подобной силы в этом районе относится к землетрясению, произошедшему в горах вблизи Хадыженска (Пшехское 15 ноября 2004 г.) с $M=4,6$ и ощущавшемуся на обширной территории Краснодарского края, в том числе в Сочи силой 3–4 балла.

Наиболее обширная и сейсмоопасная зона — **Тебердинско-Гегечкорско-Чхалтинская (III)**. Территориально она расположена за пределами Российской Фе-

дерации. Однако, поскольку она вплотную примыкает к нашей южной границе, то крупнейшие землетрясения, произошедшие в ее пределах в течение последних 105 лет — Тебердинское (1902 г., $M=6,4$, $I_0=7-8$ баллов) и Чхалтинское (1963 г., $M=6,2$, $I_0=9$ баллов) — вызвали 3–4-балльные сотрясения в пределах Сочинской агломерации. Зона имеет ярко выраженное «кавказское» простираение и объединяет ряд подзон, ответственных за формирование на карте ОСР 97-С (1% вероятность превышения расчетной интенсивности в течение 50 лет (период повторения сотрясений — 5000 лет) обширной зоны 9-балльной интенсивности сотрясений. Это наиболее опасная зона, в которой потенциально возможны землетрясения с магнитудой до 7–7,5, макросейсмический эффект от которых в Сочи может составить до 7 баллов.

1. Сейсмический мониторинг в Причерноморье

Первые сейсмические станции в районе Причерноморья РФ были открыты после сильных землетрясений:

– «Сочи» (1929 г.) после разрушительного Ялтинского землетрясения 1927 г.;

– «Анапа» (1968 г.) после 6–7-балльного Анапского землетрясения 1966 г.

Особое значение имеет открытие **сейсмической станции «Сочи»**. Первое расположение сейсмической станции относится к территории курортного парка «Ривьера». Однако вскоре быстрый рост города и близость автотрассы Новороссийск–Батуми стали создавать большие промышленные помехи. Поэтому в конце 50-х годов прошлого века была выбрана новая площадка под сейсмостанцию — гора Бытха. В августе 1963 г. сейсмическая станция была переведена на новое место в специально построенное здание по типовому проекту, разработанному для южных районов Российской Федерации, с выносным павильоном под высокочувствительные приборы, здесь станция находится и в настоящее время.

В новом здании на г. Бытха с 1963 г. была установлена высокочувствительная аппаратура, автоматы контроля и управления записью и размещено самое современное по тому времени оборудование на изолированных постаментках.

С 1955 по 1965 гг. сейсмическая станция «Сочи» входит в Крымско-Северо-Кавказскую сеть ИФЗ АН СССР, а с 1965 г. ей были переданы функции Центральной сейсмологической станции Северного Кавказа. Здесь производится каталог землетрясений Северного Кавказа. В 2001 г. произведена замена аналогового оборудования на цифровую регистрацию (станция SDAS производства Геотех (Обнинск)) установлен широкополосный сейсмометр СМЗ-ОС. Технические характеристики сейсмометра СМЗ-ОС: динамический диапазон — не менее 130 дБ; частотный диапазон (по уровню 3 дБ) — 0,02–10 Гц; коэффициент преобразования: 3000–3500 в·с/м. В декабре 1955 г. в районе пос. Красная Поляна Краснодарского края произошло сильное землетрясение, которое ощущалось вдоль Черноморского побережья Кавказа от Лазаревского до курорта Гагра и на Северном Кавказе до селений Курджиново и Гузерриплъ. В эпицентральной зоне было повреждено много жилых домов и Краснополянская ГЭС [6]. По предложению председателя Совета по сейсмологии Академии наук СССР Е. Ф. Саваренского в январе–феврале 1956 г. для изучения последствий Краснополянского землетрясения была направлена экспедиция, которая обследо-

вала близлежащие населенные пункты. По ее данным была построена карта изосейст. Кроме того, во второй половине 1956 г. Институт физики Земли организовал другую экспедицию для инструментального изучения сейсмического режима района Красной Поляны и Сочи. Экспедиция вела круглосуточную регистрацию землетрясений с помощью сети временных сейсмических станций, установленных в следующих пунктах: Красная Поляна, Адлер, Сочи и Калиновое Озеро (рис. 8), затем еще в Солох-Ауле, Пластунке, Гора Сосновка. Кроме стационарной станции «Сочи», организованы «Сочи-I», «Сочи-II», «Сочи-III», «Сочи-IV».

За период сентябрь–декабрь 1956 г. было зарегистрировано 40 землетрясений, а по август 1957 г. — 120 землетрясений в плейсто-сейстовой зоне Краснополянского землетрясения. Эпицентры их располагались неравномерно, с наибольшей концентрацией западнее Красной Поляны. С мая 1956 г. в Красной Поляне начинает работать сейсмическая станция ИФЗ АН СССР и работает в течение нескольких лет. В дальнейшем наблюдения в Красной Поляне возобновятся ГС РАН только в 2009 г.

Сейсмическая станция «Анапа» находится в юго-западной части Краснодарского края на берегу Черного моря на стыке равнинного Таманского полуострова с обширными лиманами, солеными озерами, грязевыми вулканами и полуострова Абрау с предгорьями Кавказа. Сейсмическая история этого района начинается с 63 г. до н.э., когда сильнейшим землетрясением был полностью разрушен город Пантикапей (на его месте вырос город Керчь) в 90 км к северо-западу от Анапы. Землетрясение ощущалось на всем Таманском п-ове и Нижней Кубани. За последние 200 лет в этой области произошло восемь 6–7- и 6-балльных землетрясений (землетрясения 1830, 1834, 1879, 1905, 1909, 1966, 1969, 2002 гг.).

12 июля 1966 г. произошло 6–7-балльное землетрясение, которое еще раз показало на необходимость организации сейсмического мониторинга в районе Нижней Кубани и Таманского п-ова. Станция была открыта в мае 1968 г. и была задумана вначале как региональная. Первоначально на станции был установлен сейсмометр СКМ-3 с увеличением 25 000. Но уже в ноябре 1969 г. она комплектуется набором приборов — сейсмометр СКД с увеличением 1 000, в 1973 г. — прибором сильных движений — комплектом СМТР

с двумя составляющими NS и EW и увеличением 5 и становится еще одной опорной станцией территории Причерноморья России.

С 1992 г. станция перешла на круглосуточный режим работы с подачей срочных донесений в информационно-обрабатывающий центр в Обнинске. За все время работы идет постоянный обмен обработанными данными и бюллетенями с отделом сейсмологии Геофизического Института НАН Украины в Симферополе.

В 2002 г. произведена замена аналогового оборудования на цифровую регистрацию (станция SDAS производства Геотех + (Обнинск)). Станция имеет выход в Интернет. Установлены компьютеры сбора и обработки данных. Началась регистрация с возможным доступом к данным из удаленных центров обработки. Станция участвует в службе срочных донесений.

Такой состав сети в Причерноморье остается вплоть до конца 2002 г., когда на базе Краснодарского государственного университета устанавливается цифровое оборудование и начинает работать станция «Краснодар». Однако записи этой станции сильно зашумлены и не позволяют регистрировать слабые землетрясения с $M \leq 2,5$. В целом до 2002 г. в Причерноморье сеть обеспечивала регистрацию без пропусков землетрясений с $M \geq 3$.

Современный сейсмический мониторинг на Северном Кавказе производится региональной сетью Геофизической службы РАН в непрерывном режиме наблюдений (рис. 5). Последние пять лет (2006–2011 гг.) ГС РАН производит интенсивное развитие сети на всем Северном Кавказе. Особенно это заметно в его западном секторе. Непосредственно в Причерноморье открыты сейсмические станции «Аибга», «Возрождение», «Красная Поляна», «Лазаревское», «Туапсе». В ближайшем окружении в этот же период появляются станции «Архыз», «Домбай», «Еремизино-Борисовская», «Лабинск», «Невинномыск». В настоящее время сейсмическая сеть ГС РАН в Причерноморье состоит из 13 современных станций и позволяет регистрировать землетрясения с $M = 1,5$.

Примером современной возможности сети может служить регистрация слабых землетрясений в междуречье Дагомыса и Агуры в марте–июле 2011 г. в районе сейсмоактивных Монастырского и Краснополянского глубинных разломов, современная активность которых отмечается и по геолого-

тектоническим данным [7,8]. Наиболее сильное в этой области землетрясение ($M = 3,1$) было ощутимым до 3 баллов в Сочи и было зарегистрировано 14 станциями на расстояниях от 18 до 290 км. За основным толчком последовали более слабые афтершоки с M от 1 до 2,3. Землетрясения с $M \sim 2$ регистрировались 4–5 станциями на расстояниях до 200 км. Наиболее удаленной станцией, регистрирующей эти события была высокочувствительная сейсмическая станция «Нейтрино», открытая в 2008 г.

Сейсмическая станция «Нейтрино» расположена вблизи Эльбрусского вулканического центра. Для ее размещения использована существующая инфраструктура Баксанской нейтринной обсерватории (БНО) Института ядерных исследований РАН. Территориально обсерватория находится в Баксанском ущелье (пос. Нейтрино)

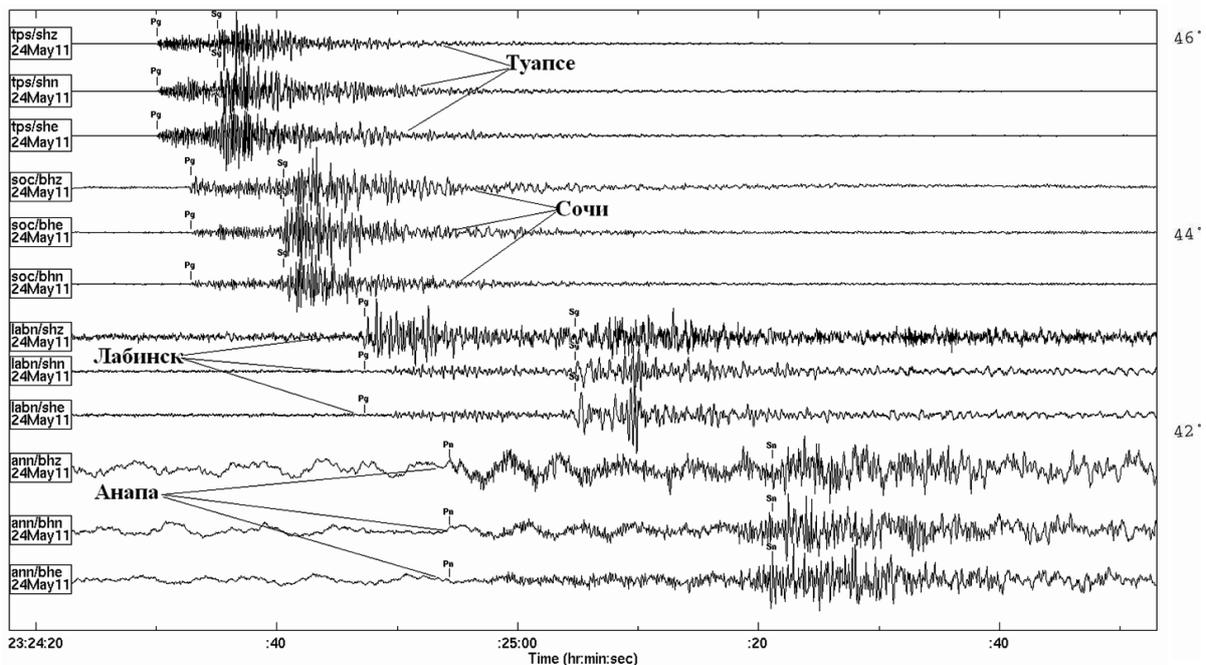
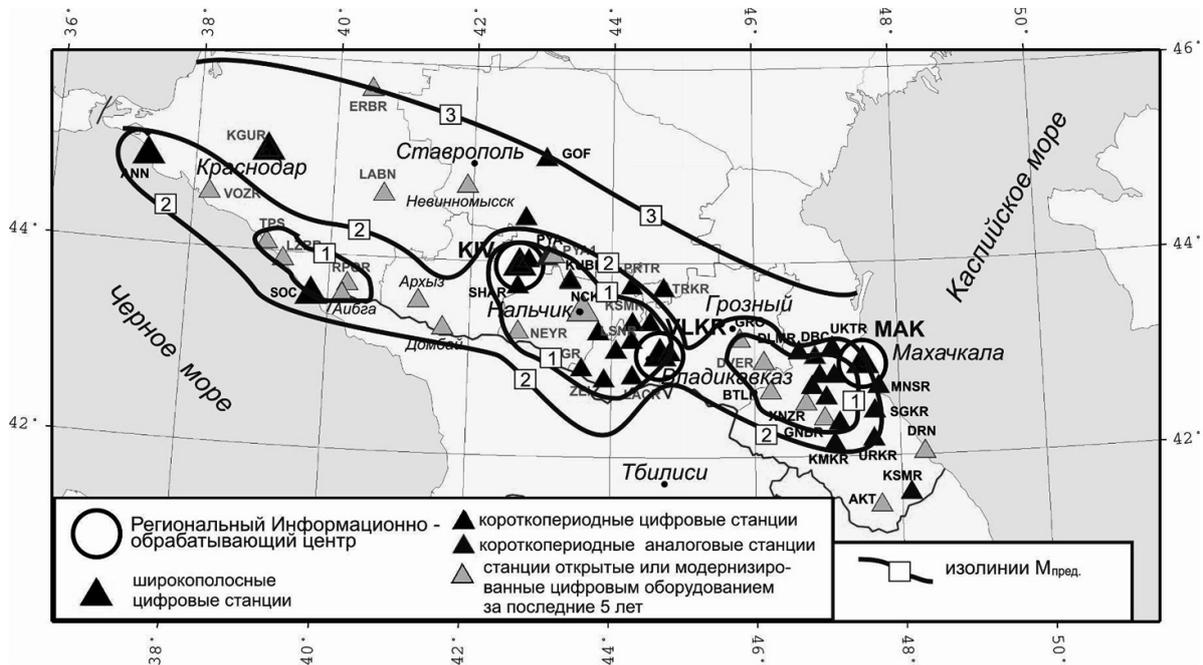
Установлена цифровая сейсмическая станция «UGRA» производства НПП «Геотех+» (г. Обнинск) являющаяся научным оборудованием и предназначенная для проведения сейсмических наблюдений в стационарных условиях [9].

Сейсмические станции «Туапсе», «Лазаревское» и «Аибга» пока находятся в режиме опытной эксплуатации, но и сейчас они вносят большой вклад в процесс определения параметров Причерноморских землетрясений. В качестве примера приведем записи землетрясения, произошедшего в Черном море, вблизи Лазаревское, 24 мая 2011 г. в $23^h 24^m$ с $M = 2,6$ (рис. 6).

В районах интенсивного строительства актуальны вопросы распознавания природы регистрируемых сейсмических событий, т.е. «очистка каталогов землетрясений» от взрывов. В ГС РАН она производится по анализу спектральных особенностей записей сейсмических событий, однако каждый район требует уточнения дискриминантов распознавания. Такая работа проводится в настоящее время по записям станций в районе Причерноморья.

Заключение

Сеть сейсмических станций ГС РАН в Причерноморье интенсивно развивается, чувствительность ее в наиболее сейсмичных зонах достигает $M = 1,5$. Для оперативности получения параметров сейсмических событий в этом районе практически все станции оснащены средствами связи, что поз-



воляет получать цифровые записи в режиме близком к реальному в Центральном информационно-обрабатывающем центре в Обнинске, где получают параметры землетрясений с $M \geq 3$. Однако требуется оперативность обработки и для более слабых событий, параметры которых также необходимы для задач прогноза. Поэтому в ближайшее время будут организованы два локальных центра обработки на базе сейсмических станций «Анапа» и «Сочи». В «Анапе» его работа уже начата и находится в отладочном режиме. В «Сочи» организация центра требует строительства дополнительного здания, что предполагается провести к 2013 г.

Литература

1. Уломов В. И., Шумилина Л. С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации — ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000 // Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоактивных районах. М.: ИФЗ РАН, 1999. 57 с.
2. Медведев С. В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с.
3. Михайлова Р. С., Пойгина С. Г. Сейсмическая сотрясаемость Северного Кавказа по результатам наблюдений в 1992–2008 гг. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2010. С. 112–119.
4. Шолпо В. Н., Рейснер Г. И., Рогожин Е. А. Идеи академика Гамбурцева в сейсмотектонике // Физика Земли. 2004. № 5. С. 68–79.
5. Рогожин Е. А. Современная геодинамика и потенциальные очаги землетрясений Кавказского региона // Современные математические и геологические модели природной среды. М.: ОИФЗ РАН, 2002. С. 244–254.
6. Растворова В. А., Рустанович Д. Н. Сейсмичность и новейшая тектоника зоны Краснополянских землетрясений // Бюллетень Совета по Сейсмологии. М.: Изд-во АН СССР. 1960. № 8. С. 110–115.
7. Рогожин Е. А., Овсяченко А. Н. Сейсмотектонические и палеосейсмогеологические исследования на Северном Кавказ // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2010. С. 170–173.
8. Рогожин Е. А., Овсяченко А. Н., Шварев С. В., Мараханов А. В., Новиков С. С. Особенности сейсмотектоники Сочи-Краснополянского района // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2010. С. 174–181.
9. Маловичко А. А., Мехрюшев Д. Ю., Горюжанцев С. В., Шевченко А. В. Новая сейсмическая станция на территории Кабардино-Балкарии // Сейсмические приборы. 2011. Т. 47. № 1. С. 68–74.
10. Рустанович Д. Н. Предварительные результаты Инструментального изучения сейсмичности зоны Краснополянских землетрясений // Бюллетень Совета по Сейсмологии. 1958. № 5. С. 55–62.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмическая опасность, Причерноморье, сейсмический мониторинг.