

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/294763723>

Local and near earthquakes in greater Sochi area, Russian Black–Sea coast

Article · January 1999

CITATIONS

0

READS

20

1 author:



V. Yu. Burmin

Russian Academy of Sciences

83 PUBLICATIONS 197 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



seismic information, earthquake, seismicity, data processing [View project](#)



earthquakes, focal mechanisms, nodal planes, block structure [View project](#)

УДК 550.34

© 1998 г. БУРМИН В.Ю.

МЕСТНЫЕ И БЛИЗКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ БОЛЬШОГО СОЧИ

Приведены результаты сейсмологических наблюдений слабых землетрясений в районе Большого Сочи с ноября 1995 г. по февраль 1996 г. с помощью сети автономных сейсмических станций. Дано сравнение графиков повторяемости землетрясений с магнитудами от $-1,0$ до $1,0$ и от $2,5$ до $5,5$. Графики повторяемости для обоих магнитудных интервалов фактически совпадают.

LOCAL AND NEAR EARTHQUAKES OF THE GREATER SOCHI, by Burmin V.Yu. Seismological observations are reported in the greater Sichi area using a network of self-contained seismic stations to record low magnitude seismicity during the period November 1995 to February 1996. The magnitude-frequency relations for two magnitude ranges, $-1,0$ to $1,0$ and $2,5$ to $5,5$, are compared. The two relations have turned out to be practically identical.

(Received July 21, 1997)

United Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, 123810, Russia

Максимальная сейсмичность Кавказа наблюдается в районах южной Грузии и Армении, где пояс восьмibalльных землетрясений тянется от Тбилиси через Ахалкалакское вулканическое нагорье на юго-восток вдоль всей южной части Армении, а также в Шемахинском районе, где на ограниченном пространстве наблюдаются землетрясения силой до 9 баллов.

Область Северо-Западного Кавказа в сейсмическом отношении представлялась более спокойной. В прошлом здесь не знали разрушительных землетрясений и были известны лишь единичные толчки силой до 7 баллов. В последнее время наблюдается увеличение сейсмической активности района Северо-Западного Кавказа, в связи с чем встала необходимость инструментального его изучения. Зона южного склона Северо-Западного Кавказа известна в прошлом частыми землетрясениями. Однако инструментальные исследования здесь не проводились и представления о сейсмогеографии зоны складывались лишь на основании материалов микросейсмических обследований.

С октября 1995 г. по февраль 1996 г. отрядом сейсмологических наблюдений Института сейсмологии Объединенного института физики Земли РАН проводились работы по регистрации местных землетрясений в районе Большого Сочи. Работы проведены за счет спецфинансирования РАН на проведение экспедиционных исследований.

Выбор района проведения работ определялся рядом факторов. Во-первых, после распада СССР Северный Кавказ является единственным районом на территории европейской части России с высокой сейсмической активностью. Во-вторых, Черноморское побережье менее всего изучено в сейсмическом отношении по сравнению с другими районами Северного Кавказа. На всем побережье имеется всего две постоянно действующие сейсмические станции – в городах Сочи и Анапа. Район Большого Сочи выбран из всего побережья в силу относительно высокой плотности населения, особенно в летний период, следовательно, является районом повышенного сейсмического риска.

Экспедиционные работы отряда сейсмологических наблюдений преследовали две основные цели. Первая – определение условий регистрации сейсмического сигнала в различных точках изучаемого района. Вторая – регистрация близких и местных землетрясений. И в том, и в другом случае регистрацию сейсмических сигналов вели с помощью аналоговых автономных сейсмических станций, разработанных в ОИФЗ РАН.

Геологическое строение, тектоника и сейсмичность района Большого Сочи достаточно подробно изложены в работах [1–31]. В.А. Растворова отмечает, что геологическое строение исследуемого района сложно. Его территория примыкает к естественной границе двух резко различных тектонических зон. Северная зона входит в флишевую зону южного склона Большого Кавказа, а южная – составляет западную часть зон абхазских фаций Рионской плиты. Основное различие зон заключается в разной степени их подвижности в течение мезозоя. Флишевая зона отличалась значительно большим масштабом прогибания, складчатость в ее пределах была интенсивна и осложнилась образованием многочисленных разломов типа надвигов. В краевой зоне Рионской плиты прогибания менее интенсивны, складчатые формы отличаются простотой; немногочисленные разломы относятся к типу простых сбросов. Новейшие поднятия, которыми создан современный рельеф, начались в конце олигоцена. С этого времени началось сводовое воздымание Большого Кавказа. Этому процессу сопутствовало погружение Черноморской впадины, начало прогибания которой относится к мезозою.

Сводовое воздымание Большого Кавказа, продолжающееся до настоящего времени, прерывалось двумя эпохами тектонического покоя, в течение которых происходило выравнивание горного рельефа, созданного в эпохи усиленной тектонической активности. Следствием такого режима тектонических движений стало ярусное строение рельефа Большого Кавказа. Зона южного склона, достигающая в пределах исследованного района ширины 45–50 км, имеет ступенчатое строение рельефа. Выделяется высокогорная ступень с высотами от 2300 до 3200 м. Южный край ее представляет резкий уступ высотой до 500–600 м, ограничивающий возвышенности Ачишко и Аибги. К югу от них располагается зона среднегорного рельефа с высотами от 1000 до 1800 м. Хорошо выраженным уступом, проходящим по южному склону антиклинальных хребтов Ахцу – Дзыхра, указанная зона отграничена от зоны низкогорного рельефа с высотами 100–600 м, развитого в области Адлерско-Сочиной и Гудаутской депрессий.

Ряд морфологических особенностей позволяет считать резкие уступы, разграничивающие эти ступени, зонами новейших, а местами и современных разломов. Подобной же зоной разломов, вероятно, является и уступ, проходящий вдоль материкового склона Черного моря. Высота его достигает 400–500 м. По данным А.Д. Архангельского и Н.М. Страхова, к нему приурочена зона, лишенная современных отложений.

Район, прилегающий к Красной Поляне, по-видимому наиболее активный в сейсмическом отношении, расположен на границе приподнятого с севера Главного Кавказского хребта и сланцевой депрессии южного склона, где находится поселок Красная Поляна.

Бассейн р. Мзымты, до впадения в нее р. Ачипсе, находится в зоне продольных долин южного склона. Комплекс геологических образований р. Мзымта начинается отложениями нижней юры, которые залегают на различных образованиях древнего субстрата. Наиболее древние отложения бассейна представлены гранитогнейсами, гнейсами и ортосланцами докембрия. Северо-западнее у слияния рек выявлено сочленение сланцевой свиты нижней юры северного и южного склонов Главного Кавказского хребта.

По геологическим данным, в районе Красной Поляны мощность осадочного покрова 2–3 км. Но уже в районе Адлера (на расстоянии 35 км по прямой) она увеличивается, достигая 7–8 км.

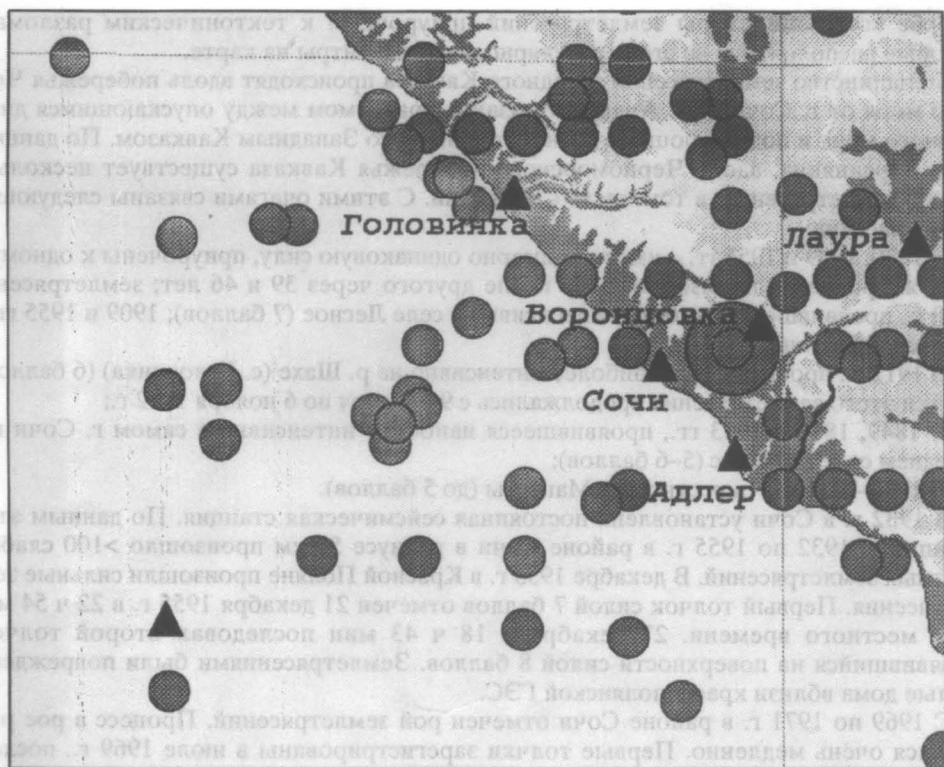


Рис. 1. Карта Большого Сочи: 1 – эпицентры землетрясений до 1991 г., 2 – положение АСС

В структурном отношении бассейн р. Мзымты представлен параллельными складками, серией параллельных надвигов южного склона Главного Кавказского хребта.

Кроме тектонических нарушений, соответствующих складчатым структурам, в бассейне р. Мзымты имеются поперечные прогибы и поднятия, с которыми связаны крупные поперечные тектонические нарушения, соединяющиеся с продольными надвигами. Такой тектонический узел отмечается у сочленения сланцевых толщ северного и южного склонов Главного Кавказского хребта, западнее слияния рек Ачипсе и Мзымты. Поперечный прогиб на севере, по-видимому, ограничивается надвигом южного склона, а на юге продолжается до Адлерской депрессии, имеющей явно тектоническое происхождение.

Описанный тектонический узел сочленения надвига и поперечного разлома, ограничивающего зону поднятия, имеет сейсмогенетический характер и находится к северо-востоку от Красной Поляны.

Северо-западный район Кавказа, входящий в Краснодарский край России, по сравнению с другими его районами в сейсмическом отношении менее активен. Известные землетрясения прошлого не превышали 8 баллов. Из литературных данных, собранных более чем за 120 лет, имеются сведения о восьми семибалльных землетрясениях, 48 шести-, пятибалльных и 180 четырех-, трехбалльных. Достаточно полное представление о распределении эпицентров землетрясений района Большого Сочи дает рисунок 1, на котором нанесено ~140 событий. Большинство событий взяты из каталогов региональной сети Грузинской ССР и обрываются на 1991 г. Кроме этого, точность координат, с которой приведены эпицентры событий, составляет ~0,1 град, что явно не достаточно для детального анализа сейсмичности. Последнее обстоятельство отображено на карте Большого Сочи (рис. 1), где эпицентры располагаются вдоль широты с шагом ~10 км, что явно не соответствует действительности.

Скорее всего эпицентры землетрясений приурочены к тектоническим разломам, которые расположены не столь регулярно, как эпицентры на карте.

Большинство землетрясений западного Кавказа происходят вдоль побережья Черного моря от г. Сочи до г. Анапы и связаны с разломом между опускающимся дном Черного моря и поднимающимся относительно него Западным Кавказом. По данным Л.А. Варданянца, вдоль Черноморского побережья Кавказа существует несколько очагов землетрясений, в том числе Сочинский. С этими очагами связаны следующие землетрясения:

1) 1870, 1909 и 1955 гг. – имели примерно одинаковую силу, приурочены к одному и тому же району и произошли одно после другого через 39 и 46 лет; землетрясение 1870 г., проявившееся наиболее интенсивно в селе Лесное (7 баллов); 1909 и 1955 гг. – в Красной Поляне;

2) 1912 г., проявившееся наиболее интенсивно на р. Шахе (с. Головинка) (6 баллов); толчки этого землетрясения продолжались с 9 октября по 6 ноября 1912 г.;

3) 1849, 1889 и 1913 гг., проявившееся наиболее интенсивно в самом г. Сочи и в соседнем селе Дагомыс (5–6 баллов);

4) 1930–1931 г. в окрестностях Мацесты (до 5 баллов).

В 1932 г. в Сочи установлена постоянная сейсмическая станция. По данным этой станции, с 1932 по 1955 г. в районе Сочи в радиусе 50 км произошло >100 слабых местных землетрясений. В декабре 1955 г. в Красной Поляне произошли сильные землетрясения. Первый толчок силой 7 баллов отмечен 21 декабря 1955 г. в 22 ч 54 мин 52 с местного времени. 27 декабря в 18 ч 43 мин последовал второй толчок, проявившийся на поверхности силой 8 баллов. Землетрясениями были повреждены жилые дома вблизи краснополянской ГЭС.

С 1969 по 1971 г. в районе Сочи отмечен рой землетрясений. Процесс в рое развивался очень медленно. Первые толчки зарегистрированы в июле 1969 г., последние – в марте 1971 г. Основной толчок силой 7,5 балла произошел 4 декабря 1970 г. в море вблизи Лоо.

В конце апреля 1993 г. сейсмическая станция Сочи отметила увеличение числа близких землетрясений. 2 мая 1993 г. в Сочи ощущалось землетрясение силой 3,5 балла.

Помимо землетрясений из местных и краснопольских очагов в районе г. Сочи ощущались землетрясения с силой 4–5 баллов из черноморских очагов и силой 3–4 балла при землетрясениях, происходящих на территории Закавказья.

Особенность землетрясений, происходящих в районе Большого Сочи, – небольшое число повторных толчков. Это позволяет предполагать, что напряжения, нарастающие в земной коре в районе Большого Сочи, разрешаются сильными землетрясениями достаточно быстро во всем объеме. Примером может служить землетрясение силой 4 балла, которое произошло в Красной Поляне 12 сентября 1956 г. в 2 ч 28 мин и повторными толчками не сопровождалось.

Инструментальные наблюдения. Полевые сейсмологические наблюдения в районе Большого Сочи проводились с помощью автономных сейсмических станций (АСС), разработанных в ОИФЗ РАН, которые состоят из блока сейсмических датчиков (сейсмографов) и регистратора, записывающего сейсмический сигнал в аналоговом виде на магнитную ленту. Автономность работы станции 25,5 сут.

Блок сейсмических датчиков, выполненный на базе сейсмографов СМ-3, представляет собой симметричную относительно вертикальной оси ортогональную систему, которая дистанционно устанавливается в вертикальной плоскости. Последнее позволяет устанавливать датчики в труднодоступных местах с невыровненной поверхностью.

Воспроизводящая аппаратура состояла из станций перезаписи и платы 12-разрядного 16-канального аналого-цифрового преобразователя, подключаемой к шине ПВЭМ типа АТ.

Для регистрации местных землетрясений сначала было установлено пять сейсми-

ческих станций. Выбор мест установки сейсмических станций в общем случае определяется в основном четырьмя факторами. Первый и наиболее важный фактор – условие оптимальности конфигурации системы наблюдений. Второй, не менее важный фактор – минимальный уровень микросейсм в точке регистрации; третий – сохранность сейсмических станций; четвертый – наличие подъездных путей; пятый, в данном случае необязательный, – наличие электросети.

В рассматриваемом случае выбор пунктов регистрации определился в основном наличием проезжих дорог и возможностью сохранности станций, поэтому условия регистрации в смысле конфигурации сети и уровня микросейсм оказались не самыми благоприятными. Местоположение АСС показано на рис. 1.

Сейсмостанция Сочи находилась в Хостинском районе г. Сочи. Участок расположен на водораздельном гребне г. Бытха и сложен верхнепалеогеновыми осадочными породами в виде переслаивающихся песчаников и аргиллитов. Коренные породы перекрыты щебенисто-глинистым четвертичным элювиально-делювиальным чехлом мощностью до 1 м (фактически сейсмостанция стоит на коренных горных породах). Подземные воды представлены верховодкой и носят сезонный характер.

Сейсмостанция Головинка располагалась в пос. Головинка. Абсолютная отметка поверхности земли ~15 м над уровнем моря. Участок расположен на левом берегу р. Шахе в пределах первой надпойменной аккумулятивной террасы в 1,5 км от устья реки. Терраса сложена верхнечетвертичными песчано-гравийно-галечниковыми отложениями с валунами (15–20%). В составе преобладают породы осадочного, эффузивного и метаморфического происхождения. Мощность террасы предположительно 5–7 м. Коренные породы представлены нижнепалеогеновым терригенным флишем: переслаивание аргиллитов, песчаников, алевролитов. Грунтовые воды на глубине 2–2,5 м от поверхности земли, питание в основном за счет подрусловых вод р. Шахе.

Сейсмостанция Воронцовка находилась на территории туристского приюта. Абсолютная отметка поверхности земли ~400 м над уровнем моря. Участок расположен на пологом правобережном склоне р. Кудепста, в ее верховье, в непосредственной близости от Воронцовской системы пещер, развитой в верхнемеловых отложениях. Участок сложен терригенным нижнепалеогеновым субфлишем: переслаивание песчаников, алевролитов, аргиллитов, мергелей. Коренные породы перекрыты четвертичными делювиально-пролювиальным чехлом щебенисто-глинистого состава, а непосредственно на площадке – насыпными грунтами. Общая мощность четвертичных отложений ~4–5 м. Подземные воды имеют спорадическое распространение с глубиной залегания 2–3 м и более. Питание в основном за счет карстовых вод.

Сейсмостанция Лаура находилась на кордоне Лаура Кавказского государственного биосферного заповедника в 3 км от устья р. Ачипсе вверх по ее течению (бассейн р. Мзымта). Абсолютная отметка поверхности земли ~580 м над уровнем моря. Участок расположен на правом берегу р. Ачипсе в пределах ее первой надпойменной аккумулятивной террасы. Терраса сложена верхнечетвертичными песчано-гравийно-галечниковыми отложениями с валунами (до 30%) различных по составу пород с преобладанием метаморфических. Мощность террасы предположительно 3–4 м. Коренные породы представлены вулканогенно-осадочной толщей юрского возраста. Грунтовые воды на глубине 1,5–2,5 м, питание за счет атмосферных осадков и текучих вод р. Ачипсе.

Сейсмостанция Адлер находилась в Адлерском районе г. Сочи на территории совхоза Южные Культуры в междуречье Мзымты и Псоу. Абсолютная отметка поверхности земли ~5 м. Участок расположен в пределах приморской аккумулятивной равнины четвертичного возраста, сложенной дельтовыми отложениями р. Палеомзымты в виде песчано-гравийно-галечниковых и глинистых грунтов, местами заторфованных. Мощность четвертичной толщи до 50 м. Грунтовые воды распространены на глубине 2–4 м. Питание осуществляется за счет текучих вод р. Мзымты и подземных вод, поступающих с приморских холмов.

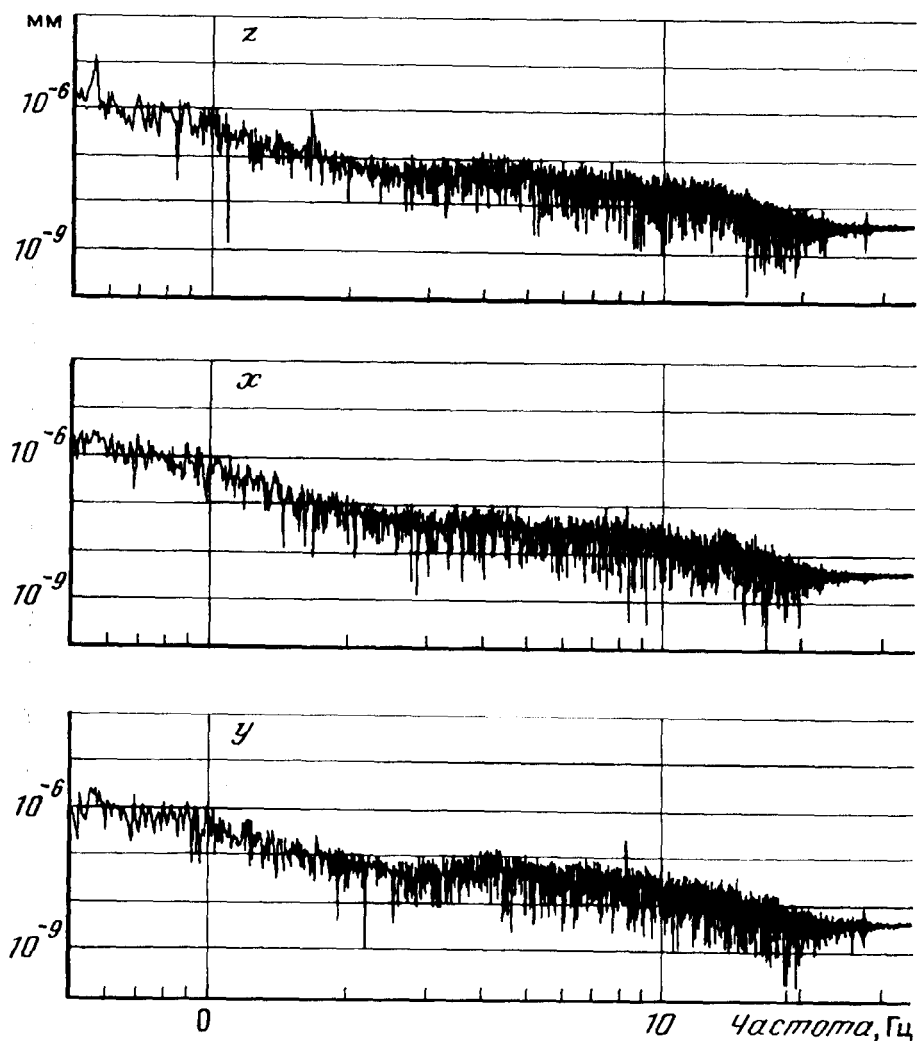


Рис. 2. Амплитудный спектр шумов на станции Лаура

По разным причинам станции работали не одинаковые интервалы времени. Станция Лаура проработала в общей сложности 80 сут., Воронцовка – 11, Головинка – 70, Сочи – 80 и Адлер – 40 сут.

Результаты исследования

Уровень микросейсм (сейсмических шумов) в пунктах регистрации землетрясений в пределах Большого Сочи. Для оценки уровня сейсмических шумов в пунктах регистрации рассчитаны их амплитудные спектры. На рис. 2 приведены спектры шумов на станции Лаура в ночное время (наиболее благоприятное в шумовом отношении) в диапазоне 1–20 Гц. Спектры по трем компонентам приведены в одинаковом масштабе, в логарифмических осях. Для удобства оценки условий регистрации в пунктах наблюдений по оси ординат отложены миллиметры.

Наиболее благоприятный в смысле условий регистрации землетрясений – пункт Лаура. Максимум микросейсм приходится на низкие частоты и с увеличением частоты интенсивность достаточно резко падает с величины 10^{-6} мм при 0,5 Гц до 10^{-7} мм при

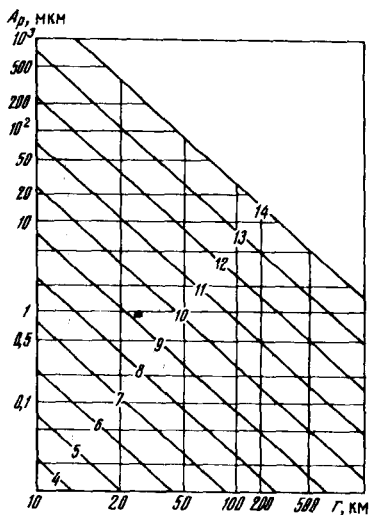


Рис. 3. Амплитудная номограмма P -волн для Кавказа [9]

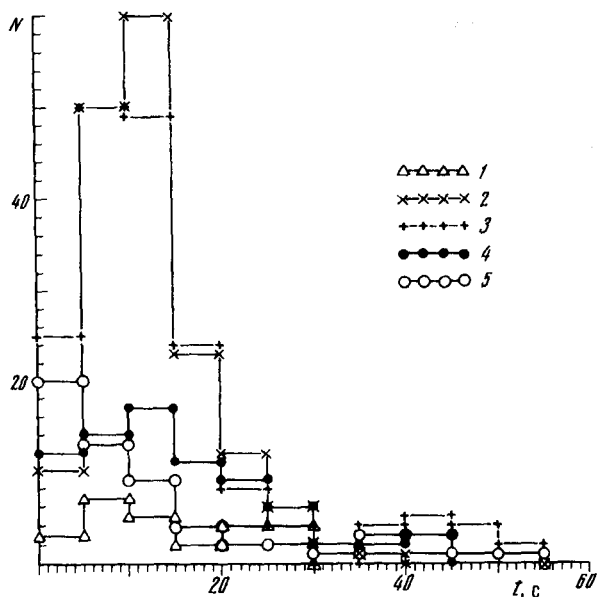


Рис. 4. Гистограммы распределения числа землетрясений от разности времен пробега S - и P -волн на АСС: 1 – Адлер; 2 – Головинка; 3 – Лаура; 4 – Сочи; 5 – Воронцовка

2 Гц. Далее интенсивность сейсмического шума падает с частотой, но уже не так сильно до уровня $3 \cdot 10^{-8}$ мм при 12 Гц. Затем уровень микросейсм спадает до $7 \cdot 10^{-9}$ мм при 20 Гц. Второй по условиям регистрации – пункт Воронцовка. Здесь уровень шума мало отличается от предыдущего, за исключением диапазона частот от 1 до 2 Гц, где интенсивность шума несколько выше. Спектры микросейсм, зарегистрированных на станции Головинка, начиная от 2 Гц почти на порядок выше, чем на предыдущих пунктах. Более высокий уровень сейсмического шума в диапазоне частот с 1 Гц на станции Сочи. Еще выше, причем значительно, уровень шумов в Адлере, где, по-видимому, существенным образом сказывается близость моря и грунтовые условия регистрации.

Чтобы оценить энергетическую представительность регистрируемых сетью АСС местных землетрясений, воспользуемся амплитудной номограммой, приведенной в работе [9] для землетрясений Кавказа. В соответствии с номограммой (рис. 3), амплитуде колебаний почвы 10^{-5} мм на удалении 20 км соответствует землетрясение пятого класса. Учитывая условия регистрации, т.е. максимальный уровень шумов на станциях, и то, что максимальное расстояние между двумя соседними станциями в сети не превосходит 24 км, заключаем, что сеть должна регистрировать без пропусков землетрясения, произошедшие внутри системы, интенсивностью не ниже пятого класса. Все станции сети одновременно должны регистрировать землетрясения в самое благоприятное (ночное) время не ниже 8–9 классов, что соответствует 2,2–2,8 в магнитудах. В дневное время энергетический класс землетрясения, которое будет регистрироваться всеми станциями сети, может быть значительно выше.

Сейсмичность Большого Сочи с октября 1995 г. по февраль 1996 г. За весь период наблюдений зарегистрировано ~305 землетрясений. На рис. 4 представлены гистограммы распределения числа землетрясений, зарегистрированных каждой станцией, от разности времен пробега поперечных (S) и продольных (P) сейсмических волн, распространяющихся от землетрясений. Время $t_S - t_P$ характеризует расстояние от гипоцентра землетрясения до сейсмической станции, зарегистрировавшей его. Чтобы оценить это расстояние, необходимо разность времен пробега S - и P -волн, или, как

говорят, время t_{S-P} фиктивной волны умножить на скорость V_{S-P} распространения фиктивной ($S-P$)-волны. Для близких землетрясений $V_{S-P} \sim 8$ км/с. Понятно, что число землетрясений, зарегистрированных сейсмической станцией, при прочих равных условиях будет зависеть от длительности и условий регистрации.

Максимальное число землетрясений зарегистрировано на станции Лаура (Красная Поляна). Всего станция зарегистрировала 113 землетрясений. Это обусловлено, по-видимому, тремя факторами. Во-первых, в этой точке были наилучшие условия регистрации; во-вторых, – достаточно длительный период непрерывной регистрации; в-третьих, для данного района характерна повышенная сейсмическая активность по отношению к другим районам Большого Сочи. Из рис. 4 видно, что наибольшее число землетрясений, зарегистрированных этой станцией, имеет t_{S-P} от 5 до 15 с, что соответствует расстояниям $\sim 25-120$ км.

Сейсмической станцией Воронцовка зарегистрированы 45 землетрясений. Это достаточно много, если учесть, что станция проработала в общей сложности всего 11 сут. Наибольшее число землетрясений зарегистрированных этой станцией (рис. 4), имеет t_{S-P} от 0 до 5,0 с, что соответствует расстояниям от 0 до $\sim 30,0$ км. Это означает, что в непосредственной близости от Воронцовских пещер существует достаточно активная сейсмическая зона, а сами пещеры небезопасны в сейсмическом отношении.

Станцией Головинка за 57 сут. работы зарегистрировано 109 землетрясений. Максимальное число землетрясений попадает в интервал $t_{S-P} = 5 \dots 15$ с (рис. 4). Это означает, что станция регистрировала преимущественно слабые местные землетрясения. Не исключено, что эпицентры части землетрясений находились в море.

Сейсмическая станция Сочи, несмотря на достаточно длительную работу (70 сут.), зарегистрировала всего 52 события. Это объясняется прежде всего высоким уровнем микросейсм, т.е. недостаточно хорошими условиями регистрации. Тем не менее АСС регистрировала землетрясения в достаточно широком диапазоне эпицентральных расстояний. Наибольшее количество зарегистрированных землетрясений имеет t_{S-P} от 10 до 15 с (рис. 4).

АСС Адлер за 43 сут. работы зарегистрировала всего 19 землетрясений. Такое незначительное количество зарегистрированных событий объясняется высоким уровнем микросейсм в точке регистрации. Максимум событий приходится на интервал времен $t_{S-P} = 10 \dots 15$ с (рис. 4).

Условия регистрации в районе Ореховского водопада гораздо лучше, чем в других пунктах. Здесь увеличение сейсмической станции может быть $\geq 100\,000$, что значительно больше, чем на существующей ныне станции единой сети наблюдений Сочи, которая в настоящее время имеет увеличение всего 10 000.

График повторяемости землетрясений в районе Большого Сочи. Закон повторяемости землетрясений Гутенберга–Рихтера в прямолинейной форме для энергетических классов записывается в виде [22]

$$\lg N_j = \lg A - \gamma \Delta K_j, \quad j = r, r+1, \dots, r+n,$$

где N_j – среднее число землетрясений, сейсмическая энергия которых лежит в интервале $\{10^{K_0+\Delta K(j-1/2)}, 10^{K_0+\Delta K(j+1/2)}\}$ Дж; при этом среднее число N_j нормировано на единственный интервал времени (1 год) и на площадь $S = 1000$ км²; ΔK – шаг изменения энергетического класса K_0 землетрясения; A, γ – параметры закона повторяемости ($\gamma > 0$); K_0 – заданный центральный энергетический класс, от которого ведется отчет. Положим $K_0 = 5$ и $\Delta K = 1$.

Поскольку регистрация землетрясений сетью АСС была непродолжительной, то, чтобы нормировать число землетрясений каждого класса на один год, достаточно число дней в году разделить на количество дней реальной работы станции.

Чтобы нормировать число землетрясений каждого класса на единицу площади, необходимо, исходя из реального увеличения прибора, определить радиус R_p регист-

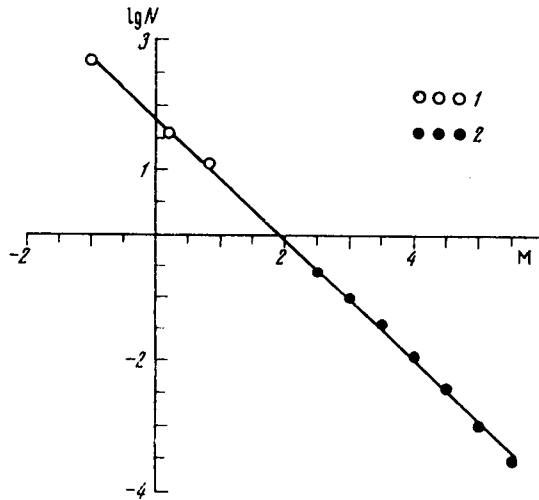


Рис. 5. График повторяемости землетрясений в районе Большого Сочи: 1 – точки, полученные по наблюдениям сети АСС; 2 – точки наблюдений из работы [16]

рации землетрясения данного класса и разделить 1000 км на πR_p^2 , т.е. площадь соответствующего круга.

На рис. 5 представлен график повторяемости, построенный по нормированным данным, полученным сетью АСС, и данным из работы [16]. Приведены аппроксимации точек прямой вида $\lg N = 1,82 - 0,95 M$. Чтобы перейти от классов K к магнитудам M , использована формула $M = 0,63 K - 2,83$ из работы [16]. Минимальные представительные магнитуды для сети АСС соответствуют -1 . Следует отметить, что наклон графика повторяемости в работе [16] для землетрясений в радиусе 75 км оценивается как $0,92 \pm 0,25$, что очень близко к наклону кривой, полученной по совокупности данных работы [16] и данных сети АСС.

Выводы. Из обзора сейсмичности Северо-Западного Кавказа следует, что этот регион сейсмоопасный и необходимость непрерывных сейсмологических наблюдений совершенно очевидна. Проведение за все годы инструментальных наблюдений только трех краткосрочных сейсмологических экспедиций в районе г. Сочи явно недостаточно для изучения закономерностей возникновения землетрясений и детального сейсмического районирования этого района. Использование регионального кавказского каталога землетрясений для района Большого Сочи для детального анализа сейсмичности не может дать удовлетворительные результаты из-за низкой точности координат, с которой приведены эпицентры событий ($0,1$ град).

Проведенные с октября 1995 г. по февраль 1996 г. сейсмологическим отрядом ОИФЗ РАН наблюдения в районе Большого Сочи свидетельствуют о высокой сейсмичности этого района. Хотя эта сейсмичность на период наблюдений выражена в слабых землетрясениях ($K \leq 6$), число их достаточно велико (305 событий за 105 сут. непрерывных наблюдений) и большая часть их приходится на район Большого Сочи. Из сейсмологической практики хорошо известно, что в таких местах не исключены и достаточно сильные землетрясения с разрушительными последствиями. Примерами могут служить землетрясения Краснополянское 1955 г. и Нефтегорское 1995 г.

Чтобы быть готовым к такого рода событиям, необходимо проводить непрерывные сейсмологические наблюдения с помощью локальной сети сейсмических станций. Наиболее подходящей для такого рода наблюдений, по-видимому, является телеметрическая сейсмологическая сеть, позволяющая оперативно, в режиме реального времени вести обработку регистрируемых этой сетью событий. Такая локальная

сеть позволит локализовать возможные места возникновения сильных землетрясений и изучить возможные сейсмические предвестники этих землетрясений с целью их прогноза.

Помимо разрушающего эффекта сильных землетрясений необходимо учитывать и эффект сотрясаемости сооружений вследствие длительного воздействия колебаний от удаленных достаточно сильных и близких слабых землетрясений, которые вызывают разрушения сооружений и могут становиться причиной и оползневых явлений. Локальная сеть позволит провести количественную оценку сейсмического воздействия колебаний от удаленных и близких землетрясений и внести соответствующие коррективы в карту сейсмического районирования города.

Выражаю признательность В.И. Уломову, по инициативе которого проведены сейсмологические наблюдения в районе Большого Сочи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананьин И.В.* Каталог землетрясений Северного Кавказа // Вопросы сейсмического районирования территории Северного Кавказа. М.: Фонды ИФЗ АН СССР, 1963. 30 с.
2. *Ананьин И.В.* Сейсмичность Северного Кавказа. М.: Наука, 1977. 148 с.
3. Атлас землетрясений СССР. Результаты наблюдений сети сейсмических станций СССР 1911–1957 гг. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
4. *Бюс Е.И.* Сейсмические условия Закавказья. Ч. 2. Тбилиси: Изд-во АН ГрузССР, 1952. 176 с.
5. *Вирданияц Л.А.* Сеймотектоника Кавказа // Тр. Сейсмол. ин-та 1935. № 64. 90 с.
6. *Введенская П.А., Растворова В.А.* Новейшая структура и сейсмичность Большого Кавказа // Верхняя мантия. 1974. № 13. С. 6–19.
7. *Горшков Г.П.* Региональная сеймотектоника территории юга СССР. Алышский пояс. М.: Наука, 1984. 272 с.
8. *Джабуи Ш.А., Кац А.З., Сафарян А.П. и др.* Краснополянское землетрясение 21–27 декабря 1955 г. и его последствия // Бюл. Совета по сейсмологии. 1958. № 5. С. 3–34.
9. *Джибладзе Э.А., Дарахвелидзе Л.К., Табуцадзе Ц.А.* Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. II. М., 1974. С. 125–132.
10. *Диденко Н.В.* Благоустройство Воронцовской пещеры Сочинского государственного природного национального парка // Отчет об инженерно-геологических изысканиях. Сочи: Фонды Сочинского отдела Географического общества РАН, 1989.
11. *Добрыченко А.В., Зарайский М.П., Вандышева П.В., Шебелин Н.В.* Сочинский рой землетрясений 1969–1971 гг. // Землетрясения в СССР в 1971 г. М.: Наука, 1975. С. 36–45.
12. Каталог землетрясений на территории СССР. Кавказ и Средняя Азия // Тр. Сейсмол. ин-та. 1941. Вып. 3. № 95. 72 с.
13. *Кац А.З.* Некоторые результаты сейсмометрических исследований в зоне Краснополянских землетрясений в связи с сейсмическим микрорайонированием // Бюл. Совета по сейсмологии. 1958. № 5. С. 35–54.
14. *Кац А.З.* Сейсмическое микрорайонирование зоны Сочи–Хоста // Тр. ИФЗ АН СССР. 1960. № 10. С. 27–31.
15. *Кац А.З., Рустанович Д.Н.* Сейсмичность района Сочи–Красная Поляна // Землетрясения в СССР. М.: Наука, 1961. С. 235–239.
16. *Лутиков А.И., Чебасова Е.В.* Сейсмический режим южной части Северо-Западного Кавказа // Материалы по сейсмическому районированию Северо-Западного Кавказа. М.: Наука, 1991. С. 81–98.
17. *Милаповский Е.Е.* Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 484 с.
18. *Мушкетов И.В., Орлов А.П.* Каталог землетрясений Российской империи // Зап. Российск. геогр. о-ва. 1893. Т. 26. 582 с.
19. *Несмеянов С.А.* Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа (опережающие исследования для инженерных изысканий). М.: Недра, 1992. 254 с.
20. *Никонов А.А.* Землетрясения Большого Сочи (Что мы знаем и что нужно допускать) // Тез. докл. науч.-практ. семинара «Сейсмическая безопасность Северного Кавказа». Сочи, 1995. С. 7.

21. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Кондорской Н.В., Шебалина Н.В. М.: Наука, 1977. 535 с.
22. Писаренко В.Ф. О законе повторяемости землетрясений // Дискретные свойства геофизической среды. М.: Наука, 1989. С. 47–69.
23. Полтаицев С.И. О задачах сейсмостойкого строительства, с учетом новой карты общего сейсмического районирования Северного Кавказа // Тез. докл. науч.-практ. семинара «Сейсмическая безопасность Северного Кавказа». Сочи, 1995. С. 3–4.
24. Растворова В.А. Роль разрывной тектоники в формировании рельефа Краснополянского района Б. Кавказа // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1961. С. 32–37.
25. Растворова В.А., Рустанович Д.Н. Сейсмичность и новейшая тектоника зоны Краснополянских землетрясений // Бюл. Совета по сейсмологии. 1960. № 8. С. 110–115.
26. Робинсон В.Н. Очерк геологического строения района Красной Поляны на Кавказе // Изв. ВГРО. 1932. Т. 51. Вып. 73. С. 1079–1091.
27. Рустанович Д.Н. Эпицентральная зона Краснополянских землетрясений // Тр. ИФЗ АН СССР. 1960. № 10. С. 90–98.
28. Рустанович Д.Н. Предварительные результаты инструментального изучения сейсмичности зоны Краснополянских землетрясений // Бюл. Совета по сейсмологии. 1958. № 5. С. 55–62.
29. Сейсмологический бюллетень Кавказа 1974–1986. Тбилиси: Мецниереба, 1976–1990.
30. Страхов В.Н., Крестников В.Н., Никонов А.А. и др. Временная схема сейсмического районирования Северного Кавказа. Общее и детальное сейсмическое районирование // Тез. докл. науч.-практ. семинара «Сейсмическая безопасность Северного Кавказа». Сочи, 1995. С. 5–6.
31. Шарданов А.Н. Тектоническая карта Краснодарского края // Вопросы тектоники нефтегазоносных областей. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 149–156.

Объединенный институт физики Земли РАН,
Москва

Поступила в редакцию
21.07.1997