

1975

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ УСТЬ-КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

А. А. Гусев, В. М. Зобин

Институт вулканологии ДВНЦ АН СССР

Сильное землетрясение 15 декабря 1971 г., очаг которого был расположен в Камчатском проливе, южнее п-ова Камчатский Мыс, вызвало сотрясение силой до 7 баллов в ближайшем населенном пункте — пос. Усть-Камчатске. Особый интерес к этому землетрясению связан с тем, что оно первое в XX веке землетрясение подобной магнитуды в указанном районе, а также с тем, что его примерное положение как очередного сильного землетрясения на Камчатке было указано заранее С. А. Федотовым на основе метода долгосрочного сейсмического прогноза (Федотов, 1968). Усть-Камчатское землетрясение продолжает серию сильных землетрясений Камчатки, начавшуюся Озерновским землетрясением 22 ноября 1969 г. ($M = 7,7$), очаг которого расположен примерно в 100 км к северу от описываемого. Эта серия включает также глубокое землетрясение 29 января 1971 г. в Охотском море, у южной оконечности Камчатки ($M = 6,8$; $H = 550$ км), и Петропавловск-Камчатское землетрясение 24 (25) ноября 1971 г. ($M = 7,2$; $H = 100$ км), описанное в другой статье сборника.

Последствия Усть-Камчатского землетрясения наблюдали авторы А. А. Гусев (в Усть-Камчатске) и В. М. Зобин (в долине р. Камчатки) через одну-две недели после землетрясения. В пос. Никольское сведения собраны И. Т. Васильевым и Г. А. Соболевым, по остальным пунктам использованы разнообразные источники. Некоторые данные представлены нам сотрудником ИФЗ АН СССР И. В. Ананьиным. Общее руководство изучением последствий землетрясения осуществлял С. А. Федотов.

Изложению макросейсмических данных мы предпошли краткую сводку результатов изучения землетрясения по инструментальным данным (Гусев, Зобин, Кондратенко и др., 1975). Инструментальный эпицентр расположен на подводном продолжении к Ю—ЮВ от Камчатского Мыса, в точке с координатами $55,85^{\circ}$ с. ш.; $163,35^{\circ}$ в. д., глубина фокуса — 20—30 км, время в очаге — 08 час. 29 мин. 55,0 сек. (даные местной сети). Магнитуды: по поверхностным волнам — 7,7 (ЕССН) и 7,8 (БГС США), по объемным волнам — $m_{pv} = 7,3$ (ЕССН) и $m_b = 6,1$ (БГС США), энергетический класс — $K^{F68}_{S1,2} = 14,7$. Область очага изображена на рис. 8, оценена по афтершокам первых суток, записан-

ным далекими станциями (записи местной сети почти не читаемы). Ориентация области — СЗ—ЮВ, длина — около 100 км. Данные о знаках вступлений Р волн не позволяют дать достаточно определенного заключения о механизме очага. Одна из двух возможных плоскостей подвижки близвертикальна и ориентирована СВ — ЮЗ, т. е. поперек оси овала афтершоков. Вторая плоскость однозначно не определяется, ясно лишь, что она близгоризонтальна. Обращает внимание известная аналогия с механизмом очага Аляскинского землетрясения 1964 г. (Stauder, Bollinger, 1966). Слабое цунами зарегистрировано магнитографом в Усть-Камчатске, высота волны — около полуметра.

После первого дня афтершоки распространялись во все стороны, заняв лишенную четкой ориентации область, размером примерно 120×120 км. Эта область, в частности, включает юг п-ова Камчатский Мыс и пос. Усть-Камчатск. Но Усть-Камчатск явно не входил в плейсто-сейсмическую область землетрясения, поэтому считать всю афтершоковую зону областью очага кажется нам неправильным. В общем можно сказать, что механизм очага Усть-Камчатского землетрясения, расположенного непосредственно в «замке» Алеутской и Курило-Камчатской сейсмических зон, был необычно сложен по сравнению с другими изученными землетрясениями Курило-Камчатской зоны (например Итурупское 1958 г. и Озерновское 1969 г.).

Макросейсмические данные

Ближайший к очагу крупный населенный пункт Усть-Камчатск состоит из нескольких поселков, расположенных на расстоянии до 20 км друг от друга, поэтому мы даем описание раздельно.

Крутоберегово. 7 баллов. Ощущалось движение земли перед землетрясением. Гула не было. Продолжительность сотрясений — около 40 сек. Трещины в штукатурке в домах из деревянного бруса и засыпных. Здания из монолитного железобетона без повреждений. Статистические данные о повреждениях сведены в табл. 1.

Таблица 1

Статистические данные о повреждениях

| Объект | Число | Повреждения | | |
|---|-------|-------------|--------|-------------|
| | | сильные | слабые | отсутствуют |
| Печи кирпичные на цементном растворе разного качества | 28 | 5 | 13 | 10 |
| Штукатурка внутри домов | 24 | 3 | 16 | 5 |
| Кирпичные дымовые трубы | 22 | 2 | 13 | 7 |

В ручьях и озерах резко упал уровень воды, по непроверенным сообщениям, до 1 м. Смерзшийся снег в лесу просел и разился на куски, образовав ступени до 20 см. Замечено сильное искрение проводов наружной электролинии по всему поселку. Получена запись сильных движений горизонтальными каналами УАР, которая анализируется в другой статье настоящего сборника.

1-й завод (Дембьевская коса). 7 баллов. В старых рубленых деревянных одно- и двухэтажных домах — трещины в обычной штукатурке и осыпание плохой штукатурки. В одном случае частичное разрушение печей (рис. 1). В отдельных домах падение труб (рис. 2). Большой разброс степени повреждений. В мелкоблочных зданиях — кое-где трещины в стенах и перекрытиях, в штукатурке, раскрыты антисейсмические швы. В бетоноблочном здании жестяно-баночной фабрики поврежден трубопровод, падали светильники, образовались тонкие трещины в



Рис. 1. Развалившаяся топка печи на втором этаже старого рубленого дома. Здание после землетрясения стало непригодным для жилья (Усть-Камчатск).

вод — менее 1 м. Основная застройка — двухэтажные дома из бруса со штукатуркой. Печные трубы в этих домах обвязаны стальным уголком. Повсеместно — небольшие трещины в штукатурке и в смыкании дымоходов и печей со стенами или потолком. Стальные и монолитные железобетонные здания не повреждены. В бетоноблочных зданиях с усиливанием — во многих случаях трещины в стенах сквозные волосяные и иногда шириной до 1 мм (рис. 4), трещины в штукатурке, иногда ее осыпание вокруг дверных проемов, во внутренних стенах, трещины в несущих стенах, нередко вдоль железобетонных поясов усиления, раскрытие антисейсмических швов. В двух домах — падение обычных кирпичных труб. В одном случае во время землетрясения раскачивалась труба в направлении С—Ю, в одном — разворот трубы на 15° по часовой стрелке. Один из штабелей большого лесного склада (в 50 м от берега) развалился, многие перекошены. У причальной стенки лесного склада и на пирсе склада снабжения — трещины в грунте шириной до 10 см и длиной не менее 30 м (рис. 5). На взлетно-посадочной полосе аэропорта — всучивание и трещины грунта. Отмечены подземные повреждения водопровода, силовых кабелей, трещины в фундаментах дизель-агрегатов. В отдельных зданиях повреждена электропроводка, разорваны и деформированы трубы водопровода и отопления. Повреждены вводы в отопительные котлы и их обмуровка. Оборваны воздушные линии элект-

стенах, раскрылись антисейсмические швы. В одном из четырехэтажных отсеков здания на втором этаже выкрошились нижние части несущих железобетонных колонн (рис. 3), с потерей до 80% несущей способности (по оценке местных инженеров). Лед на Нерпичье озере трескался и двигался. На конце косы — трещины в грунте.

Усть-Камчатск (деревня). 6—7 баллов. Грунт — супесь, глубина грунтовых вод — 1—2 м. Застройка — рубленые дома. Тонкие трещины в печах и штукатурке во многих домах, в одном случае частичное разрушение печи. В школе упали шкафы. Лед на р. Камчатке треснул и на участке длиной около 1 км вынесен в залив. В трех километрах выше дебаркадера, в береговом откосе — сетка трещин в грунте шириной до 2 см, трещины в грунте переходят в трещины льда.

Варгановка, Новый поселок, поселок Лесозавода, аэропорт. 7 баллов. Грунт — илистые пески, глубина грунтовых



Рис. 2. Падение большинства труб, двухэтажный деревянный дом (Усть-Камчатск).

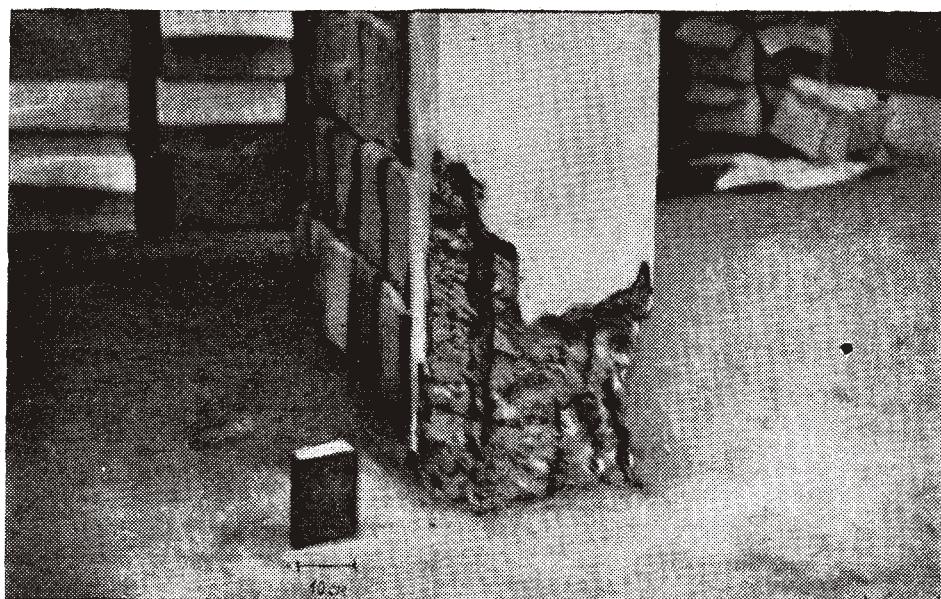


Рис. 3. Выкрашивание железобетонной колонны. Здание жестянобаночной фабрики (1-й завод, Усть-Камчатск).

ропередачи и радиосети, обрывались и падали люминесцентные светильники, выпадали блоки из стоек на АТС.

Берег р. Камчатки. Вверх по течению от Усть-Камчатска, вдоль обоих берегов, — торошение льда. В 20 км от Усть-Камчатска, в устье правой протоки Пекалки, между Пекалкой и Камчаткой, на протяжении более 200 м грунт разбит густой сетью трещин шириной до 1,3 м (рис. 6). Глубина трещин не ясна, на глубине 0,4 м — грунтовые воды. Грунт болотистый и песчаный, водонасыщенный, промерзший. Края трещин прямые, стени плоские. Ве-

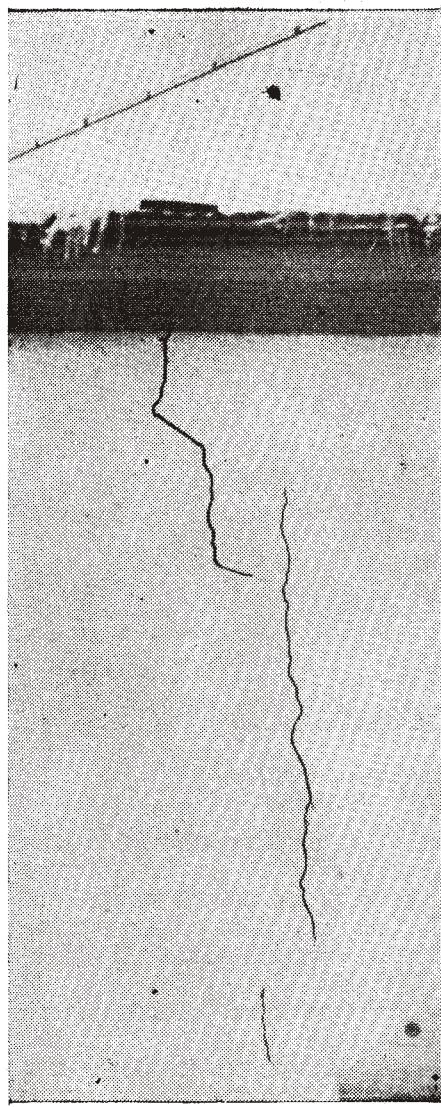


Рис. 4. Трещины в стене зрительного зала Дома культуры моряков, ширина 1—3 мм (Варгановка, Усть-Камчатск). Толщина трещин при печати преувеличена.

(А. И. Чебурик). «Во время землетрясения с проводов (наружной проводки) на землю пробегали искры и слышался треск, не похожий на треск при коротком замыкании» (Л. П. Никифорова). Искрение проводов отмечалось и другими жителями как в д. Усть-Камчатске, так и в Крутоберегово, причем после землетрясения проводка была не нарушена. В диспетчерской аэропорта никаких наводок на радиоаппаратуру не наблюдалось. На наш взгляд, описанные явления скорее всего связаны с электризацией трением сухого снега и, возможно, мерзлого грунта (по трещинам).

Никольское. 6—7 баллов. Землетрясение продолжалось около минуты. Замечено всеми. Люди в испуге выходили из домов, выбегали в панике. Все качалось, скрипело, сдвигалось с места. В зданиях деревянных и шлакоблочных наблюдались тонкие и большие трещины в

роятная причина столь больших трещин в том, что мерзлый грунт двигался по полужидкому основанию под боковым давлением речного льда (ширина реки около 800 м, толщина льда — 40 см). Описываемый участок ограничен небольшими торосами не только со стороны р. Камчатки, но и со стороны узкой (25 м) протоки Пекалки (рис. 7). При такой ширине лед сам по себе едва ли мог быть взломан. Интенсивность землетрясения 8 баллов согласуется (с поправкой в 1,5 балла за грунты) с интенсивностью в Усть-Камчатске.

По сообщениям жителей, трещины в грунте на правом берегу Камчатки наблюдались также в районе аэропорта д. Николаевки.

Электрические явления отмечались двух типов.

1. Свечение неба над горизонтом. Эти наблюдения чрезвычайно ненадежны и противоречат друг другу. Подсветка облаков от искрящейся проводки может объяснить их.

2. В двух независимых случаях (в Крутоберегово и д. Усть-Камчатске) наблюдались явления другого типа. Приводим описания с небольшими сокращениями: «Во время землетрясения, в течение примерно 1 минуты, на улице наблюдалось голубое свечение, похожее по характеру на свет неоновой лампы, вокруг железного обруча, прибитого к столбу для тренировки в баскетбол. По поверхности трактора, стоящего на снегу, бегали молнии. Погода морозная, безветренная. Сестра уронила расческу — не смогла поднять из-за искр. Слышался тихий треск»



Рис. 5. Трешины в грунте у причала ЛПП
(Варгановка, Уст-Камчатск).

штукатурке и обвалы кусков штукатурки. В отдельных шлакоблочных домах — тонкие сквозные трещины в стенах, падение части дымовых труб, трещины в печах. Повреждена подземная часть водопровода. Здания раскачивались в направлении С—Ю. Снаружи был слышен сильный треск от раскачивающихся домов. Земля «ходила волнами». Имеется запись сильных движений каналом С5С-ИСО-2.

Мыс Африка. 6 баллов. Трешины в штукатурке одноэтажного шлакоблочного дома.

Ключи. 6 баллов. Землетрясение ощущалось всеми на улице и в помещениях. Испуг. Многие выбегали на улицу. В одноэтажных деревянных домах звенела посуда, качались лампочки, плескалась вода в ведрах. В некоторых двухэтажных деревянных домах на вторых этажах появились трещины в штукатурке, сдвигались с места холодильники, кровати. Отдельные предметы падали с полок. В трехэтажных кирпичных и шлакоблочных домах — трещины в штукатурке, сдвигались с места предметы, падала посуда. На р. Камчатке был слышен треск льда.

Козыревск. 6 баллов. Дома, деревья сильно раскачивались, качка ощущалась, как на корабле. Многие люди выбегали из домов. У некоторых ощущались тошнота, головокружение. Сильно раскачивались лампочки, шевелились предметы мебели, из ведер выплескивалась вода. Наблюдалось беспокойство животных. В домах появились трещины в штукатурке. На р. Камчатке (против поселка) и на озере взломался лед толщиной около 35 см. Некоторые жители поселка наблюдали шевеление снега, издававшего слабый звук, похожий на шипение.

Красный Яр. 5—6 баллов. Деревянные одноэтажные дома. Ощущали все. Дрожание домов, как от проходившего мимо трактора. Раскачивались лампочки, из ведер выплескивалась вода. Трешины в штукатурке печей. Испуг.

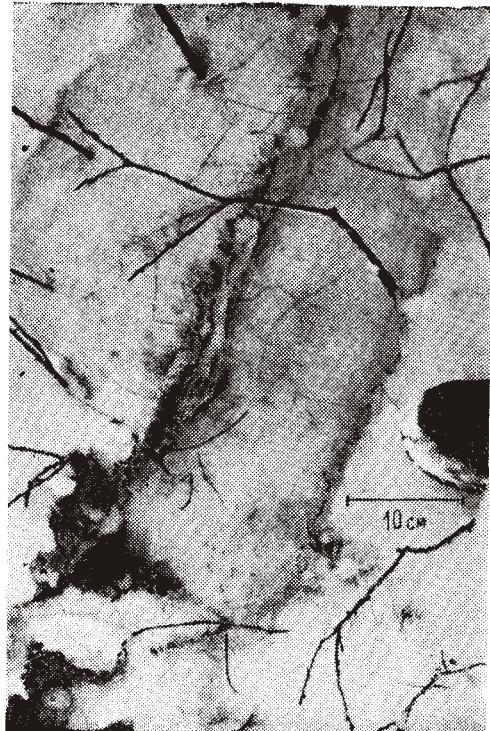
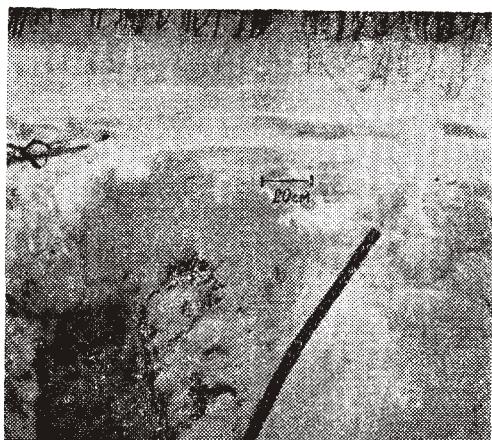


Рис. 6. Трещины в грунте в устье протоки Пекалки, в 20 км от Усть-Камчатска вверх по течению р. Камчатки.



Майский. 5—6 баллов. Ощущали все. Отдельные люди выбегали из домов. У некоторых наблюдалась тошнота. В бочке плескалась вода. Скрипели полы и стены, сдвинулись книги на полке. В некоторых домах потрескалась штукатурка.

Рыбазвод. 5 баллов. Сильное колебание лампочек.

Крапивная. 5 баллов. Испуг, тошнота, колебание лампочек, падение ветхой штукатурки.

Атласово. 5 баллов. Ощущали все. Открывались и закрывались двери. В некоторых домах тонкие трещины в штукатурке. Отдельные люди испытывали головокружение.

Долиновка. 4 балла. Землетрясение ощущалось всеми, в домах качались лампочки.

Кроноки. 4 балла. Замечено всеми. Плавные колебания лампочек,

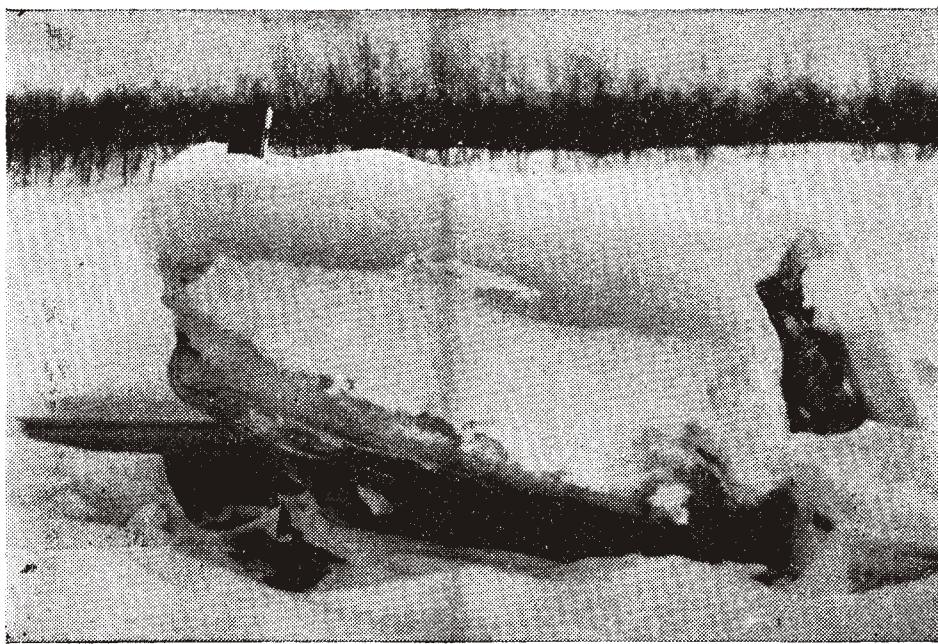


Рис. 7. Торосы на протоке Пекалке. Высота около 80 см.

Петропавловск-Камчатский. 3—4 балла. Ощущалась качка в течение 1—2 мин.

Кроноцкое озеро. 3—4 балла. Ощущалась качка в течение 1—2 мин.

Мильково. 3—4 балла. Землетрясение ощущало большинство жителей, в домах раскачивались лампочки.

Начики. 3 балла. Плавные колебания ощущали лишь некоторые жители. Качались лампочки.

Тигиль. 3 балла. Землетрясение длилось около 2 мин. Ощущали многие. Колебались висячие предметы.

Ивашка. 3 балла. В течение 1—2 мин. ощущалось два толчка. Качались лампочки.

Эссо, Паужетка, Анавгай, 47-й км, Ича, Лаучан, Оссора. Землетрясение не ощущалось.

Данные об интенсивности землетрясения сведены в табл. 2 вместе с эпицентральными расстояниями в двух вариантах: Δ_1 — от инструментального эпицентра и Δ_2 — от ближайшей точки очага. В сомнительных случаях даны предельные значения через тире. В скобках даны гипоцентральные расстояния, если они отличаются от Δ_1 и больше чем на 2 км.

Интерпретация и обсуждение

Данные, приведенные в табл. 2, послужили основой для построения карты изосейст (рис. 8), которые проведены весьма условно. Это связано не только с тем, что большая часть зоны сотрясений лежит в море,

Рис. 8. Карта изосейст землетрясения 15. XII 1971 г. ($M = 7,7$): 1 — эпицентральная область и инструментальный эпицентр; 2 — наименование населенных пунктов с указанием интенсивности сотрясений в баллах; 3 — границы зон с различной интенсивностью сотрясений: а — увереные границы, б — предполагаемые границы; 4 — область аномально низкой интенсивности; 5 — выход оси фокальной зоны на поверхность; 6 — ось глубоководного желоба; 7 — изохроны пробега волн цунами.

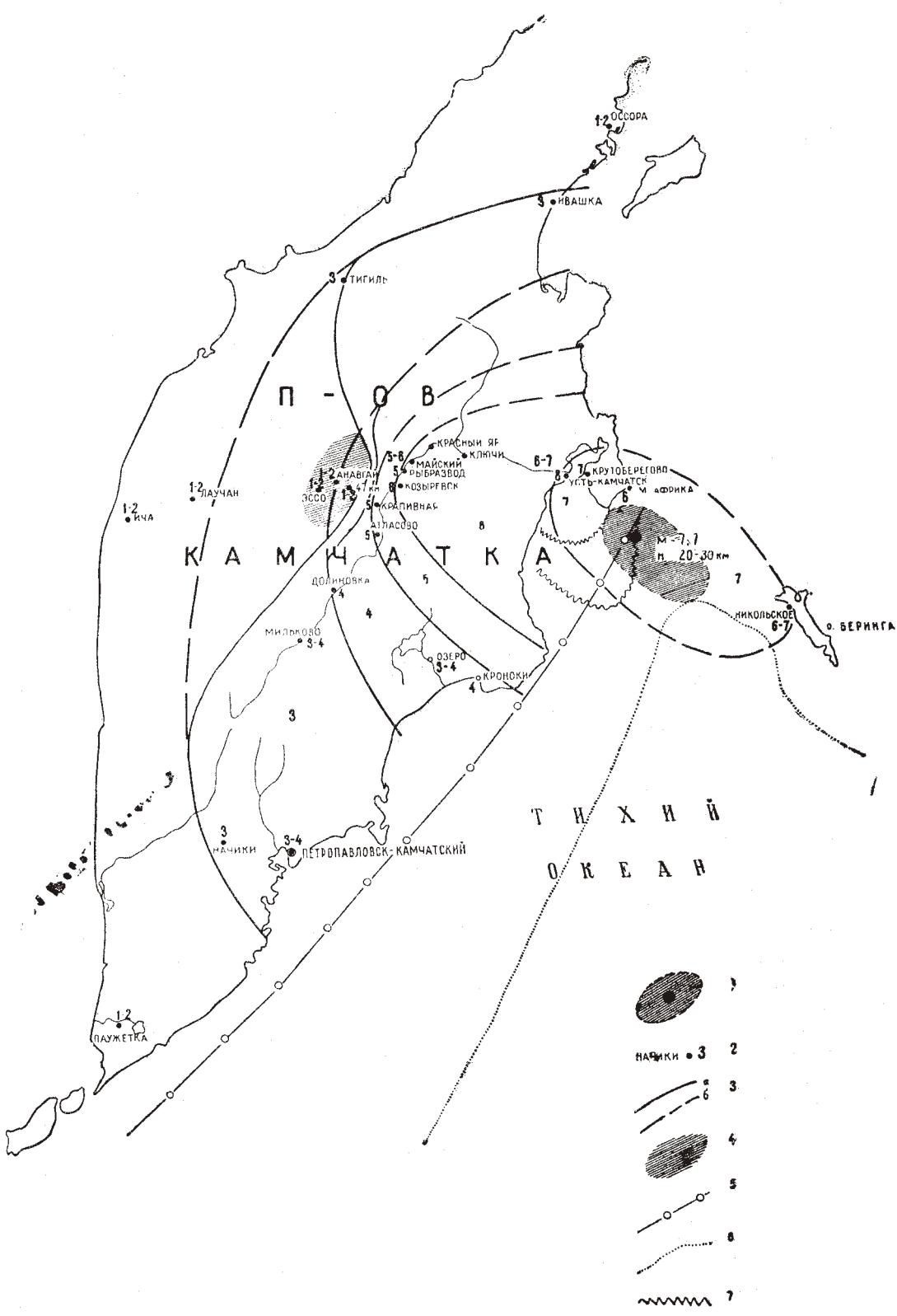


Таблица 2

Интенсивность Усть-Камчатского землетрясения в различных пунктах

| Пункт | Условн. обозн. на рис. 9 | I, балл | Δ_1 , км | Δ_2 , км |
|----------------------------|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Мыс Африка | Афр | 6 | 38 (45) | 0—10 |
| Крутоберегово | К-Б | 7 | 58 (63) | 15—35 |
| 1 завод и Варгаповка | У-К | 7 | 70 (74) | 30—40 |
| Усть-Камчатск (деревня) | УКД | 6—7 | 72 (76) | 30—40 |
| Никольское | Нкл | 6—7 | 175 | 110 |
| Ключи | Клч | 6 | 160 | 140 |
| Красный Яр | К. Я. | 5—6 | 190 | 160 |
| Майский | Мск | 5—6 | 200 | 175 |
| Кроноки | Крн | 4 | 200 | 195 |
| Рыбзавод | Рбр | 5 | 210 | 180 |
| Козыревск | Кэр | 6 | 215 | 190 |
| Атласово | Атл | 5 | 230 | 200 |
| Кроноцкое озеро | К. озр. | 3—4 | 230 | 220 |
| Крапивная | Крп | 5 | 235 | 215 |
| 47-й км | 47 | не ощ. | 265 | 230 |
| Анавгай | Анв | не ощ. | 270 | 235 |
| Долиновка | Длн | 4 | 280 | 255 |
| Эссо | Эссо | не ощ. | 290 | 255 |
| Ивашка | Ивш | 3 | 305 | 270 |
| Мильково | Млк | 3—4 | 325 | 305 |
| Тигиль | Тгл | 3 | 350 | 30 |
| Оссора | Осс | не ощ. | 375 | 340 |
| Лаучан | Лич | не ощ. | 410 | 370 |
| Петропавловск-Камчатский | П-К | 3—4 | 435 | 435 |
| Начики | Нчк | 3 | 475 | 470 |
| Ича | Ича | не ощ. | 460 | 425 |
| Паужетка | Пжт | не ощ. | 650 | 650 |

но и с явными уклонениями от обычной эллиптической схемы. Наиболее велики эти уклонения для мыса Африка и долины р. Быстрой (Эссо, Анавгай, 47-й км). На мысе Африка грунты хорошие, но даже коррекция в 1 балл дает 7 баллов, что необычно мало для края очаговой зоны землетрясения с $M = 7,7$. Подобная же аномалия наблюдалась для Озерновского землетрясения 1969 г. (Федотов, Гусев, Зобин и др., 1972), но тогда мы не могли быть в ней уверены. Повторное проявление аномалии позволяет считать ее реальной.

Второй участок аномально низкой интенсивности в районе Эссо также независимо выделяется по данным о другом землетрясении, именно — Петропавловск-Камчатском (Гусев, Шумилина, см. наст. сб.). В связи с этим, в отличие от аналогичной карты, приведенной в предварительном отчете об Усть-Камчатском землетрясении (Гусев, Зобин, Кондратенко и др., 1975), нами приводятся два варианта изосейст. Первый отражает особенности состояния вещества земной коры в районе долины р. Быстрой (Эссо, Анавгай, 47-й км). Это привело к яркому уклонению от обычной эллиптической схемы. Второй дает классическую эллиптическую схему, которая получается в том случае, если пренебречь аномальными данными. Он проведен прерывистыми линиями.

Зависимость I от Δ_1 приводится на рис. 9. Общий характер спада балльности с расстоянием согласуется со стандартной камчатской кривой для $M=7,7$ (Федотов, Шумилина, 1971), но в ближней зоне интенсивность несколько ниже ожидаемой.

Следует отметить заметное различие (констатируют и очевидцы) между характером ощущений и сотрясений от Озерновского и Усть-

Дамл

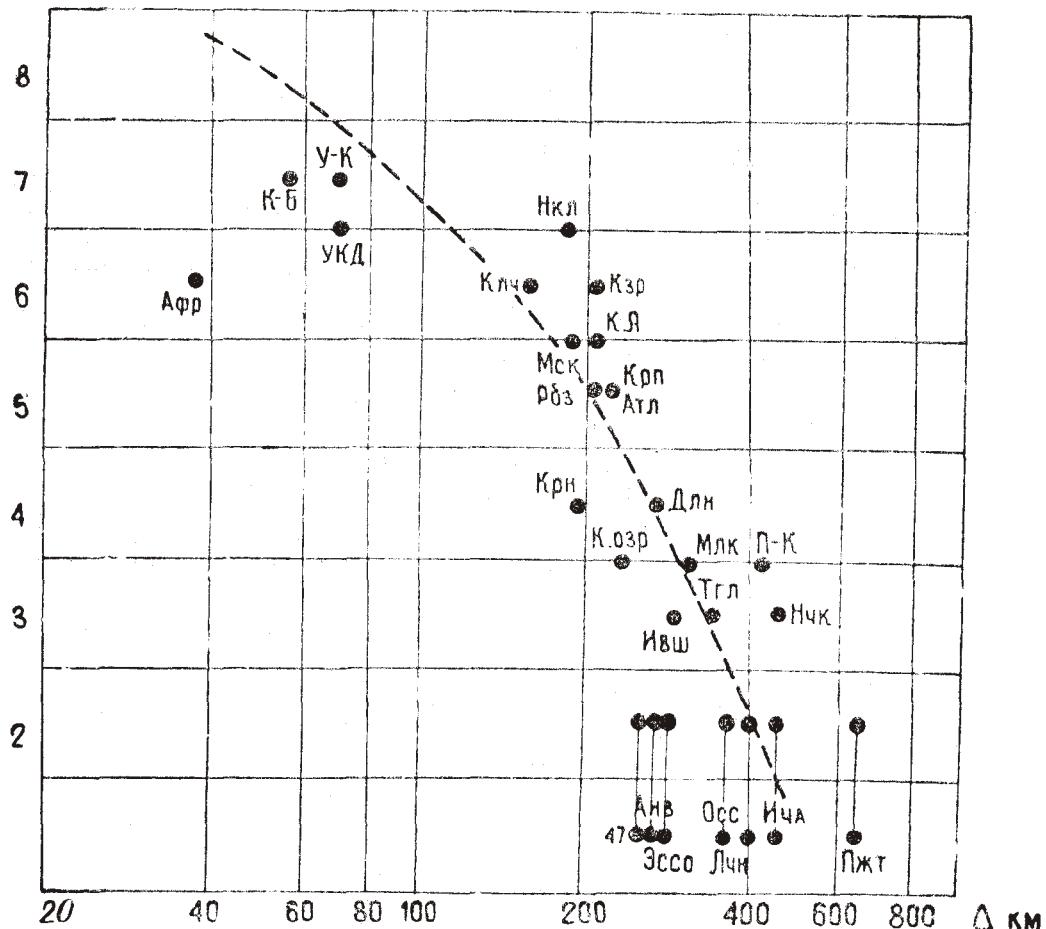


Рис. 9. График спадания балльности с расстоянием для землетрясения 15. XII 1971 г. ($M=7,7$). Эпицентрическое расстояние отсчитывалось от инструментального эпицентра. Пунктиром показана стандартная камчатская кривая (Федотов, Шумилина, 1971).

Камчатского землетрясений. Размеры очага, радиус ощущимости, магнитуда и интенсивность (для Усть-Камчатска и долины р. Камчатки) близки. Озерновское землетрясение было, однако, более низкочастотным, чаще отмечались случаи тошноты или головокружения, колебания были более плавными («качало, а не трясло»). В соответствии с этим выводом находится и малая высота цунами.

Серьезные выводы относительно сейсмостойкости на основе собранных по Усть-Камчатску данных сделаны быть не могут, поскольку интенсивность землетрясения была ниже расчетной для застройки Усть-Камчатска. Заметим все же, что практика застройки поселка двухэтажными домами из бруса оказалась удачной. Хорошо вели себя и монолитные железобетонные сооружения, в то время как здания из бетонных блоков (мелких и крупных) с усиливением повреждались заметнее. Закономерно, что единственным серьезно поврежденным сооружением (кроме ветхих строений) является здание ЖБФ, построенное хозяйственным способом, без утвержденного проекта и продуманных антисейсмических мероприятий. Из отдельных деталей следует отметить хороший эффект обвязки печных труб стальным уголком и кладки печей на цементном растворе — такие печи и трубы практически не повреждались.

Выводы

Усть-Камчатское землетрясение 15 декабря 1971 г. (магнитуда — 7,7, глубина — 20—30 км) вызвало сотрясения силой до 7 баллов в ближайшем населенном пункте — пос. Усть-Камчатск — и сопровождалось не менее чем семибалльными сотрясениями в зоне очага. Оно ощущалось на расстояниях до 450 км и вызвало слабое цунами. Проявления землетрясения не противоречат существующим схемам сейсморайонирования и цунамиопасности. Интенсивность в ближней зоне несколько ниже, чем можно было ожидать на основании стандартной зависимости (Федотов, Шумилина, 1971) для землетрясения такой магнитуды. Здания и сооружения Усть-Камчатска перенесли землетрясение хорошо. Записи сильных движений для интенсивностей 7 и 6—7 баллов получены в двух ближайших к эпицентру пунктах¹.

ЛИТЕРАТУРА

Гусев А. А., Зобин В. М., Кондратенко А. М., Шумилина Л. С. Усть-Камчатское землетрясение 15 декабря 1971 года. — В сб.: Землетрясения в СССР в 1971 году. М., «Наука», 1975.

Федотов С. А. О сейсмическом цикле, возможности сейсмического районирования в долгосрочном сейсмическом прогнозе. — В сб.: Сейсмическое районирование СССР. М., «Наука», 1968.

Федотов С. А., Гусев А. А., Зобин В. М., Кондратенко А. М., Чепкунас К. Е. Озерновское землетрясение и цунами 22 ноября 1969 года. — В сб.: Землетрясения в СССР в 1969 году. М., «Наука», 1972.

Федотов С. А., Шумилина Л. С. Сейсмическая сотрясаемость Камчатки. — «Изв. АН СССР. Физ. Земли», № 9. 1971.

Stauder W., Bollinger G. A. The focal mechanism of Alaska earthquake of March 28, 1964 and its aftershock sequence. J. Geophys. Res., 71, No. 22, 1966.

¹ Авторы благодарят за большую помощь органы Советской власти, Камчатское УГМС, а также всех лиц, оказавших нам содействие при обследовании последствий землетрясения и сборе сведений о нем. Авторы также искренне благодарны Л. С. Шумилиной за помощь в подборе и подготовке графики и О. П. Руленко за помощь в обследований и фотографий.