

УДК 550.34.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ 1737 ГОДА

© 2011 В.Н. Чебров, А.А. Раевская

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: chebr@emsd.ru, raevs@emsd.ru*

В статье проведен анализ имеющихся в исторических источниках макросейсмических описаний сильнейших землетрясений Камчатского региона, произошедших в 1737 г. Результаты анализа сопоставляются с данными параметрических строк в «Новом каталоге сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г.» и сборнике «Сейсмическое районирование СССР, 1968 г.». Уточняется количество произошедших в 1737 г. землетрясений, даются оценки их местоположения и магнитуд.

Основные выводы работы: в 1737 г. произошло только два землетрясения, которые можно отнести к разряду сильнейших: первое 1737.10.17 и второе 1737.11.04, надежность оценок их параметров, полученных экспертным путем, низкая.

Ключевые слова: землетрясение, очаг, макросейсмический эффект, изосейсты, магнитуда, балл, эпицентр.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время период инструментальных наблюдений за землетрясениями составляет немногим более ста лет, поэтому трудно переоценить значение знания исторической сейсмичности для понимания закономерностей сейсмического процесса. Достоверность параметров каждого известного по историческим сведениям землетрясения в регионах со слабой или сильной сейсмической активностью имеет существенное значение для корректных оценок реальной сейсмической опасности, что важно при планировании развития территорий. Для высокоактивных регионов, к которым относится Камчатка, определяющее значение имеют сильнейшие землетрясения с магнитудой 7.5 и более.

Первые сведения о землетрясениях на Камчатке датируются концом VII-го и началом VIII-го веков и связаны в основном со второй Камчатской экспедицией (1733-1743 гг.). В ней приняла участие Петербургская Академия наук, которая отправила на восток четырех профессоров, включая Иоганна Гмелина, а также адъютанта Георга Стеллера и шесть студентов, в том числе Степан Петрович Крашенинникова. В 1736 г. С.П. Крашенинников был отправлен из Якутска через Охотск на Камчат-

ку для описания этого полуострова, что и выполнил в течение нескольких лет. Вернувшись в 1743 г. в Санкт-Петербург, он составил описание Камчатки, изданное перед самой его смертью в 1755 г. Именно С.П. Крашенинникову мы обязаны первыми сведениями о катастрофических землетрясениях и цунами на Камчатке (Крашенинников, 1949). В систематизированном виде макросейсмические описания сильных землетрясений Камчатки по всем известным источникам за период с 1737 по 1899 гг. опубликованы в (Годзиковская, 2009). Местное немногочисленное население не являлось носителями таких сведений; все необычные явления оно связывало с деятельностью вулканов. К пунктам на территории Камчатки, из которых в начале XVIII века можно было ожидать сведения о проявлениях землетрясений, относятся поселки Верхне-Камчатск (основан в 1697 г.), Нижне-Камчатск и Большерецк (основаны в 1700 г.), город Петропавловск (основан в 1740 г.), острова Шумшу и Парамушир и другие места постоянного обитания местного населения или посещаемые казаками. Преобладающая часть землетрясений на Камчатке и Курилах происходит под дном океана, поэтому заведомо нет сведений о проявлениях большинства землетрясений в их эпицентральных зонах. Это вызывает дополнительные труд-

ности при интерпретации и без того неполных макросейсмических материалов.

Землетрясения 1737 г. по интенсивности проявлений на территории Камчатки относятся к разряду максимально возможных в этом регионе событий, и по ним имеются относительно полные макросейсмические данные. В табл. 1 приведены параметры землетрясений 1737 г., принятые в каталоге (Новый..., 1977) и каталоге, составленном при проведении работ по общему сейсмическому районированию территории СССР в 1968 г. (Горячев и др., 1968). Далее в тексте, таблицах и рисунках эти источники обозначены как НК и СР68 соответственно. На рис. 1 показано положение эпицентров землетрясений 1737 г. по НК на фоне эпицентров землетрясений 1962-2006 гг., полученных по данным инструментальных наблюдений, и очагов сильнейших землетрясений 1952-2005 гг. по (Гусев, 2006). Населенные пункты и другие географические объекты, упоминаемые в данной статье, представлены отдельно на рис. 2.

«Описание земли Камчатки» С.П. Крашенинникова (1949) и его рапорты И. Гмелину рассматриваются как основной первоисточник сведений о макросейсмических проявлениях камчатских землетрясений в 1737 г.

Эти данные детально анализировались при подготовке карты общего сейсмического районирования СР68 (Горячев и др., 1968; Федотов и др., 1968) и при составлении НК.

Методические подходы к оценке параметров землетрясений по макросейсмическим данным при подготовке НК изложены в (Шебалин, 2003) и состоят в следующем:

- анализе исходных материалов (макросейсмических описаний) по первоисточникам с целью проверки и уточнения даты и времени землетрясения;

- проверке или оценке интенсивности сотрясений (балльности) в каждом наблюденном пункте;

- построению, если возможно, карт изосейст или схем «пункты-баллы»;

- оценке магнитуды и координат очага землетрясения на основе уравнения макросейсмического поля, полученного по имеющимся достоверным инструментальным и макросейсмическим наблюдениям.

- анализе полученных параметров на фоне известного пространственно-временного распределения сейсмичности региона и современных представлений об очагах сильных землетрясений.

По мнению (Шебалин, 2003, с. 151-152), «оценки количественных параметров очагов исторических землетрясений по крайне нена-

дежным и неустойчивым макросейсмическим данным задача, строго говоря, некорректная». Вместе с тем там же Н.В. Шебалин утверждал, что для «любого землетрясения, с любым, сколь угодно скудным набором исходных макросейсмических данных, можно предложить оценку непротиворечивого и внутренне согласованного набора основных параметров очага землетрясения». При этом «главным является не оценка того или иного параметра сама по себе, гораздо более важным является оценка размеров возможной допускаемой при этом ошибки».

Землетрясения 1737 г. (по СР68 и НК всего 6 записей, без учета пересечений) представляют собой случай наличия неполных макросейсмических данных. Только для землетрясения 1737.10.17 имеются сведения из четырех пунктов; для остальных – из одного. Только два землетрясения – 1737.10.17 и 1737.12.17 – присутствуют в СР68 и в НК (табл. 1). В каталоге СР68 – 5 землетрясений, для которых имеются оценки их координат и интенсивности сотрясений в пунктах, имеющих макросейсмические описания, но нет оценок магнитуды. В НК – 3 землетрясения, для которых имеются оценки всех основных параметров землетрясений, включая возможную (расчетную) интенсивность сотрясений в эпицентре, с оценкой их точности. Наиболее высокие оценки магнитуды по макросейсмическим данным в НК даны землетрясениям 1737.10.17 и 1737.11.04.

В настоящей работе на основе систематизации и анализа исходных макросейсмических сведений с учетом современных знаний о землетрясениях и их пространственно-временного распределения на Камчатке по данным инструментальных наблюдений дается оценка достоверности параметрических строк в каталогах НК и СР68. Даты землетрясений приведены в формате гггг.мм.дд; все даты по старому стилю даны в круглых скобках.

АНАЛИЗ ПЕРВИЧНЫХ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Землетрясение 1737.09.25 (СР68). Запись 1737.09.25 (СР68) основана на описании извержения вулкана Ключевской: «В горе слышен был гром, треск и будто сильными мехами раздувания, от которого все ближние места дрожали» (Крашенинников, 1949, с. 210). Нет прямых указаний на поселок Ключи, указанном в СР68 как пункт, в котором ощущалось это землетрясение. Под «ближними местами», по нашему мнению, можно понимать окрестности вулкана, где в полной мере могли ощущаться

Таблица 1. Землетрясения 1737 г. по каталогам НК и СР68.

Дата по н.ст.	Время ч.м./ошибка (+-)	Ширина эпицентра ° с.ш./ошибка (+-)	Долгота эпицентра ° в.д./ошибка (+-)	Глубина очага км/ошибка (диапазон)	Магнитуда ¹ /ошибка (+-)	Интенсивность в эпицентре, баллы MSK-64 ² /ошибка (+-)	Примечания, область проявления землетрясения, интенсивность в баллах MSK-64	Источники
1737.09.25							Вулканическое, Ключи 6 баллов	СР68
1737.10.14		55.2	162				Нижне-Камчатск 8 баллов	СР68
1737.10.17	03 00	52	160.5				Камчатка и Курильские острова 10 баллов	СР68
1737.10.25		51	151.5				Мыс Лопатка и западный берег Камчатки 6-7 баллов	СР68
1737.12.17		50	157				Южная часть Камчатки, Парамушир 7-8 баллов; цунами	СР68
1737.10.17	15 30/ 1 час	51.1/ 1.0	158.0/ 1.0	40/ (20-80)	8.3/0.7	10/1	В 4-х пунктах (берег Авачинской губы, Лопатка, побережье южной Камчатки, Шумшу) 9 баллов, протяженность очага не менее 300 км; цунами (25-50м); афтершок 25.10.1737 г.; сильные афтершоки до весны 1738 г.	НК
1737.11.04	08 00/1 час	55.5/2.0	163.0/2.0	20 / (10-40)	7.9/0.7	10/1	Нижне-Камчатск 8-9 баллов; афтершоки до марта 1738 г.	НК
1737.12.17	/1 сут.	50.0/2.0	157.0/2.0	50/(25-100)	7.5/1.0	9/1	Южная часть Камчатки, Парамушир 7-8 баллов; цунами, возможно, относится к 17.10.1737 ³	НК

¹ В НК принято значение магнитуды, равное M_{LH} ² Интенсивность в эпицентре, полученная расчетным путем, малоинформативна³ Федотов С.А., Годзиковская А.А., Кириллов Ф.А. Предварительный отчет о сейсмическом районировании участка строительства Кроноцкой ГЭС на Камчатке. Т. 1, 2. Фонды ИФЗ РАН, ИВ РАН, КФ ГС РАН. М., 1968. 326 с.

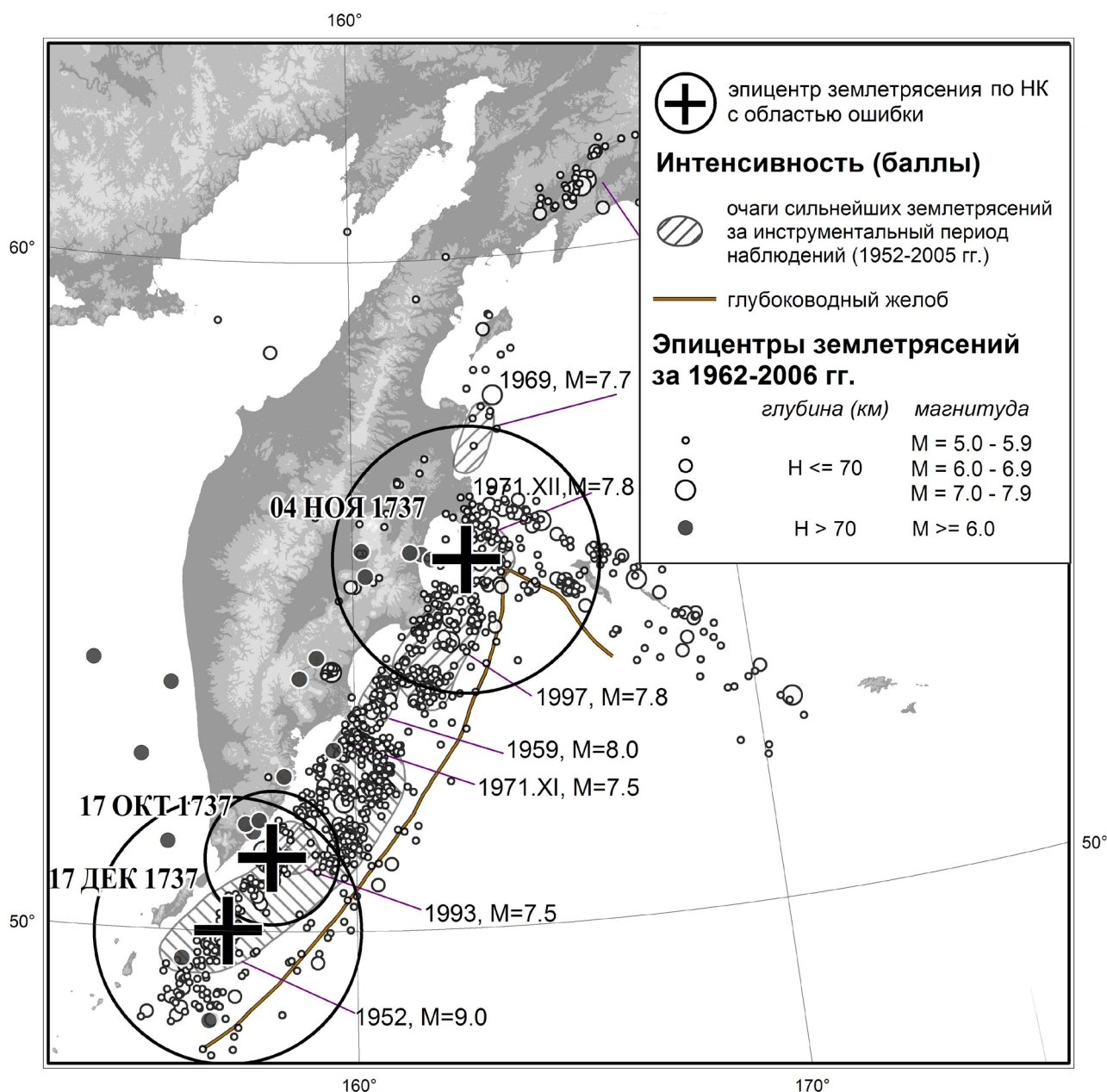


Рис. 1. Положение эпицентров землетрясений 1737 г. по данным НК на фоне инструментальной сейсмичности 1962-2006 гг. и очагов сильнейших землетрясений 1952-2005 гг. по (Гусев, 2006).

ударные волны от вулканических взрывов или вулканическое дрожание, амплитуды которого на расстояниях до 20-30 км могут достигать 0.01 мм. Нет прямых указаний на ощущения, возникающие именно при землетрясениях, но их нельзя исключить. Из опыта инструментальных наблюдений на активных вулканах Камчатки известно, что извержения вулканов могут предваряться и сопровождаться землетрясениями в земной коре с максимальными магнитудами до 7.0. Например, извержению вулкана Карымский в 1996 г. предшествовало землетрясение в его окрестностях с $M_S = 7.0$ (Левина и др., 2002).

Выводы. Запись в СР68, основанная лишь на описании извержения вулкана Ключевской,

не достоверна для каталога исторических землетрясений. В первоисточнике (Крашенинников, 1949, с. 210) нет прямых указаний на землетрясение. Для оценки интенсивности сотрясений, равной 6 баллам именно в п. Ключи, приведенной в СР68, данных недостаточно.

Землетрясения 1737.10.14 (СР68), 1737.11.04 (НК). Запись 1737.10.14 (СР68) основана на Шестом рапорте С.П. Крашенинникова И. Гмелину и Г. Миллеру от (29 августа 1738 г.). Полный текст рапорта приведен в (Крашенинников, 1949, с. 568). «(Апреля 10 дня) чрез прибывшего сюда из Нижнего острога команды господина подполковника Мерлина прапорщика господина Черепанова уведомился я, что имеющаяся верстах в 80 от



Рис. 2. Населенные пункты и другие географические объекты, упоминаемые в статье.

Нижнего Камчатского острога огнем дышущая гора сентября (25 дня 1737 году) сверху и до подножья огнем обнималась, а потом, немного спустя, поднялась из нее густая туча и пошла в море. А (октября 3 дня) часах в 7 пополудни началось в Нижнем остроге трясение земли, которое было волнистое и три вала прошли невдолге один после другого так сильно, что едва хоромы не попадали, а печи в избах и балаганы падали и колокола звонили. Оное трясение с перемежкой продолжалось до весны сего 1738 года, только легче». В (Крашенинников, 1949, с. 210) есть близкое описание, датированное (23 октября): «После того в (23 числе октября), пополудни в седьмом часу, было в Нижнем Камчатском остроге такое сильное земли трясение, что многие камчатские жилища попадали, печи в казачьих избах рассыпались, у церкви колокола звонили, и самую тамошнюю новую церковь, что построена из толстого лиственничного лесу, так расшатало, что бревна из дверных колод и из пазов совсем вон вышли, а продолжалось оно с

перемежкой до самой весны 1738 году, однако гораздо легче прежнего. Наводнения около тамошних мест не примечено».

В СР68 делается вывод о том, что описания идентичны, и делается запись только о землетрясении 1737.10.14 (1737.10.03). В НК на основании вывода СР68 и собственного анализа делается запись только о землетрясении 1737.11.04 (1737.10.23). То есть авторы СР68 и НК считают, что сильное землетрясение в Нижне-Камчатске было одно. Действительно, для этого есть основания:

- 1) время дня совпадает: «...в 7 пополудни...» и «...пополудни в седьмом часу...»;
- 2) основные содержательные признаки описания проявлений землетрясения от 1737.10.14 совпадают с признаками описания от 1737.11.04;
- 3) маловероятно, что автор (Крашенинников, 1949) пропустил землетрясение (3 октября). Судя по тексту 6-го рапорта, «господин Черепанов» говорит только об одном сильном событии, которое продолжалось до весны 1738 г.

И в «Описании земли Камчатки» эта фраза повторяется, т.е. в обоих случаях дается описание одного сильного события с последующими афтершоками. Трудно предположить, что прапорщик Черепанов не знал о землетрясении (23 октября), которое проявилось с не меньшей интенсивностью;

4) возможно, в шестом рапорте Гмелину, где кратко изложены многие события и содержится лишь часть полной информации, допущена ошибка: упущена цифра 2 в дате;

5) в (Крашенинников, 1949, с. 210) о сильном землетрясении в Нижне-Камчатске говорится в продолжение описания извержения вулкана Ключевской, которое продолжалось с (25 сентября) около недели. «После того (23 числа октября), пополудни в седьмом часу, было в Нижнем Камчатском остроге такое сильное земли трясение, что ...».

Описание от (1737.10.23) в (Крашенинников, 1949, с. 210) содержит новые сведения о проявлении землетрясения («...и самую тамошнюю новую церковь, что построена из толстого листовеннишного лесу, так расшатало, что бревна из дверных колод и из пазов совсем вон вышли...»). Это позволяет более уверенно судить об интенсивности сотрясений в Нижне-Камчатске. Если ошибки в дате нет, описание землетрясения (3 октября) в (Крашенинников, 1949) упущено.

Выводы. По нашему мнению, можно считать достоверным факт одного сильного землетрясения по старому стилю в октябре 1737 г., вызвавшего высокую интенсивность сотрясений в Нижне-Камчатке. Анализ, проведенный авторами СР68 и НК, привел именно к этому выводу. В СР68 есть запись о землетрясении (3 октября), но нет записи о землетрясении (23 октября), а в НК наоборот. В соответствии с первоисточником (Крашенинников, 1949, с. 210), более достоверна дата землетрясения в НК – 1737.11.04 (1737.10.23).

Землетрясения 1737.10.17, 1737.12.17. Запись в НК и СР68 по землетрясению 1737.10.17 основана на выдержке из пятого рапорта С.П. Крашенинникова Гмелину и Миллеру от (14 ноября 1737 г.) (Крашенинников, 1949, с. 558). «...Через пришедших из Курил с островов и с Лопатки, также и с Авачи, людей известился я, что там великое трясение земли было, которое во всех помянутых местах началось в одно время. На первом Курильском острову, Сумшчу называемом, трясение земли было следующим образом. Октября 6 дня в 3 часу пополудни сперва земля так жестоко тряслась, что от него многие балаганы попадали, и людям стоять невозможно было и продолжалось с четверть часа. Оное трясение при-

ходило волнами с SSO, и по прошествии валов земля чрез долгое время дрожала, а потом как перестало трясение, то воды вдруг с моря, с великим шумом сажени на три прибыло, которая тотчас опять в море далеко ушла. Потом вторично земля всколебалась, воды прибыло против прежнего, но при отлитии столь далеко она збежала, что моря видеть невозможно было. В то время усмотрены в проливе на дне морском между первым и вторым Курильским островом каменные горы, которые до того никогда не виданы, хотя трясение и наводнение случалось и прежде. С четверть часа после того спустя последовали валы ужасного и несравненного трясения, а при том взлилось воды на берег в вышину сажень на 30, которая по-прежнему ни мало не стояв збежала в море, и вскоре стала в берегах своих колебаясь чрез долгое время, иногда берега понимая, иногда убегая в море. Пред каждым трясением слышен был под землею страшный шум и стенание».

Запись в НК и СР68 по землетрясению 1737.12.17 основана на дневнике путешествия И. Гмелина по Сибири, переведенном на русский язык (Мушкетов, Орлов, 1893, с. 161). В этом дневнике цитируется полученное И. Гмелиным в Красноярске в августе 1740 г. письмо от знакомого из Иркутска. В письме приводится копия донесения «командира» Охотска Г.Г. Скорнякова–Писарева от (28 ноября 1738 г.). В нем описывается «ужасное землетрясение, случившееся 6 числа зимнего месяца в Курильской земле».

«Многие из береговых утесов обрушились и разлетелись на малые части. В море также чувствовались толчки и наблюдались многообразные свечения, простиравшиеся далеко во все стороны. Балаганы язычников опрокинулись. Вода в море была ужасна и взливалась вверх на 30 сажень выше обычного своего состояния; море выбрасывало на берег камни весом 100 фунтов и более; нахлынувшая вода смыла уже поверженные балаганы туземцев, а также разнесла вдребезги и умчала прочь байдары».

По мнению (Соловьев, Ферчев, 1961, с. 27-28):

1) «В каталоге Мушкетова и Орлова описание Скорнякова ошибочно отнесено к самостоятельному цунами (6 декабря 1737 г.), а не к цунами (6 октября 1737 г.). Это объясняется тем, что Мушкетов и Орлов пользовались не подлинным текстом Гмелина, а его переводом на французский язык, в котором «зимний месяц» был произвольно заменен на «декабрь»».

2) «Предположение о двух катастрофических цунами в 1737 г. – (6 октября) и (6 декабря) – не имеет серьезных оснований. Действи-

тельно, общее описание и дата землетрясений и цунами у Крашенинникова и Скорнякова тождественны. Кроме того, если бы (6 декабря) действительно повторилось цунами, равное по силе цунами (6 октября), то это, как справедливо отмечал Перрей (Перрей, 1849), не могло бы пройти незамеченным для Крашенинникова, прославившегося исключительной наблюдательностью и добросовестностью, тем более что в январе 1738 г. исследователь посетил район Авачи. Аналогично и в донесении Скорнякова должны были бы быть указания на цунами на Курильских островах».

С.А. Федотов с соавторами (Федотов и др., 1968³) приводят цитату из (Мушкетов, Орлов, 1893, с. 162):

1) «...ввиду продолжавшихся сотрясений до весны 1738 г. и неопределенности описаний Крашенинникова и аббата Прево, ничто не мешает приписать настоящему факту самостоятельное значение;

2) к декабрю же 1738 года описанное явление отнести невозможно, потому что самое известие о нем заимствовано из донесения Скорнякова-Писарева, отправленного из Охотска в конце ноября 1738 года».

Выводы. По нашему мнению, осенью 1737 г. на юге Камчатки было одно сильнейшее землетрясение. Описания землетрясений 1737.10.17 и 1737.12.17 почти дословно повторяются и, как указано в НК в графе «примечания», относятся к землетрясению 1737.17.10. Основным аргументом, что осенью 1737 г. на юге Камчатки было одно сильнейшее землетрясение, вызвавшее катастрофическое цунами, является отсутствие сведений о втором цунами у Крашенинникова.

Землетрясение 1737.10.25. Запись в СР68 по землетрясению 1737.10.25 основана на работе (Крашенинников, 1949, с. 207). «В то время мы плыли из Охотска к Большерецкому устью, и вышед на берег (октября 14-го дня) довольно могли чувствовать трясение, которое случилось временем столь велико, что на ногах стоять было не без трудности, а продолжалось оно до самой весны 1738 года, однако больше на островах, на Курильской лопатке и по берегу Восточного моря, нежели в местах отдаленных от моря».

Выводы. Наиболее вероятно, что это землетрясение относится к многочисленным афтершокам сильнейшего землетрясения 1737.10.17.

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1737 г. В НК И СР68

Рассматриваются землетрясения 1737.11.04 и 1737.10.17, по которым имеются наиболее полные макросейсмические сведения.

Оценка интенсивности сотрясений (балльности) по шкале MSK-64 (Медведев, 1968), вызванных землетрясениями 1737.11.04 и 1737.10.17, в пунктах, на которые имеются макросейсмические сведения, проводилась в ходе проведения работ по общему сейсмическому районированию территории СССР в 60-х годах XX века (СР68) (Горячев и др., 1968; Федотов и др., 1968) и подготовке настоящей статьи. Технология оценки интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 на примере землетрясения 1737.11.04 приведена в табл. 2. В табл. 3 по данным СР68 приведены значения интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 для землетрясения 1737.10.17 в четырех наблюдаемых пунктах. Очевидно, что по имеющимся на землетрясения 1737.11.04 и 1737.10.17 макросейсмическим данным построить изосейсты невозможно, хотя такая попытка для землетрясения 1737.10.17 была сделана Федотовым и др. (1968), где проведена незамкнутая 9-ти балльная изосейста. Соответственно, получить оценки положения макросейсмического эпицентра и магнитуды по этим данным нельзя (Годзиковская, 2009).

На основании расчета по уравнению макросейсмического поля (зависимость балл (I) – магнитуда (M_{LH}) – расстояние (r)) $I = 1.5M_{LH} - 2.63lgr - 0.0087r + 2.5$ (Федотов, Шумилина, 1971), которое использовалось авторами НК, на рис. 3, 4 на фоне инструментальной сейсмичности 1900-2005 гг. и очагов сильнейших землетрясений 1952-2005 гг. показаны пространственные области возможного положения эпицентров землетрясений с магнитудами $M_{LH} = 7, 8, 9$, которые могли вызвать в пунктах заданную интенсивность сотрясений. Пункты ощущений и интенсивность землетрясений 1737.10.17 и 1737.11.04 на рис. 3 и 4 соответственно взяты из табл. 2, 3.

Рассмотрим возможные положения гипоцентра и значения магнитуды землетрясений 1737 г. на фоне распределения известных по инструментальным данным землетрясений 1900-2005 гг. и очагов сильнейших землетрясений 1952-2005 гг. (рис. 3, 4). Анализ проведем с учетом современных представлений о пространственно-временных закономерностях распределения сейсмичности на Камчатке и о максимальных магнитудах в зонах ВОЗ по ОСР97 (Комплект..., 1999), а также данных сейсмогеологических исследований.

1. Землетрясение 1737.10.17

На землетрясение 1737.10.17 имеются относительно подробные макросейсмические сведения из четырех пунктов (Авачинская губа, Курильская Лопатка (м. Лопатка), о-ва Шумшу и Парамушир, п. Большерецк) и данные по

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ 1737 ГОДА

Таблица 2. Технология оценки интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 на примере землетрясения 1737.11.04 (по данным НК) или 1737.10.14 (по данным СР68).

Дата	Пункты	Координаты пунктов		Описания землетрясений в пунктах Курсивом выделены признаки, позволяющие оценить интенсивность сотрясений	Признаки сейсмической интенсивности в соответствии со шкалой MSK-64 (Медведев, 1968)	Итоговая балльность в пунктах по совокупности признаков интенсивности
		° с.ш.	° в.д.			
1737.11.04	п. Нижне-Камчатск	56.22	162.00	<p>Выдержка из Шестого рапорта С.П. Крашенинникова Гмелину и Миллеру от (29 августа 1738 г.) (Крашенинников, 1949): «...едва хоромы не попадали, а печи в избах и балаганы падали и колокола звонили».</p> <p>(Крашенинников, 1949): «...многие камчатские жилища попадали, печи в казачьих избах рассыпались, у церкви колокола звонили, и самую тамошнюю новую церковь, что построена из толстого листовеннишного лесу, так расшатало, что бревна из дверных коллод и из пазов совсем вон вышли».</p>	<p>Звон малых колоколов – 6 баллов. Звон больших колоколов – 7 баллов. Здания типа А (если камчатские жилища (балаганы, юрты) условно отнести к сельским постройкам) – повреждения 5 степени; во многих зданиях этого типа – 9 баллов, в большинстве зданий этого типа – 10 баллов. Отдельное здание типа В (церковь, деревянное здание хорошей постройки) получило повреждения 4 степени – 9 баллов. Разрушены печи – непосредственно такой признак в MSK-64 отсутствует. Если классифицировать печи как здания из кирпичасырца или глинобитные дома, получим тип А, повреждения 5 степени. Во многих зданиях этого типа – 9 баллов, в большинстве зданий этого типа – 10 баллов.</p>	9-10 (?) баллов Принимаем 9 баллов.

Таблица 3. Значения интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 (Медведев, 1968) в наблюдаемых пунктах для землетрясения 1737.10.17 (по данным СР68).

Пункт	Широта, ° с.ш.	Долгота, ° в.д.	Интенсивность сотрясений, балл по MSK-64
Авачинская губа (на рис. 2 пункт «берег Авачинской губы»)	53.07	158.56	9
м. Лопатка	50.87	156.65	9
о. Шумшу	50.72	156.38	9
Большерецкий острог	52.82	156.25	?, недостаточно данных

цунами, которые позволяют утверждать, что положение очага землетрясения находится в сейсмофокальной зоне в южной части Камчатки и Северных Курил. По масштабам проявлений его магнитуда относится к максимальным, $M_{НК} = 8.3+0.7$. Это не противоречит распределению инструментальной сейсмичности 1900-2005 гг. и очагов сильнейших землетрясений 1952-2005 гг. (рис. 3), а также современным представлениям о предельных магнитудах

в зонах ВОЗ по ОСР97 (Комплект..., 1999). Положение эпицентра землетрясения 1737.10.17 по СР68 и НК на рис. 3 показано на фоне инструментальной сейсмичности 1900-2005 гг., $M_{НК} = 8.3+0.7$, $I_0 = 10$ (НК). По оценкам (Федотов и др., 1968), данным на основании описания, сделанного С.П. Крашенинниковым, сила этого землетрясения на Шумшу, Парамушире и в Авачинской губе составила примерно 9 баллов.

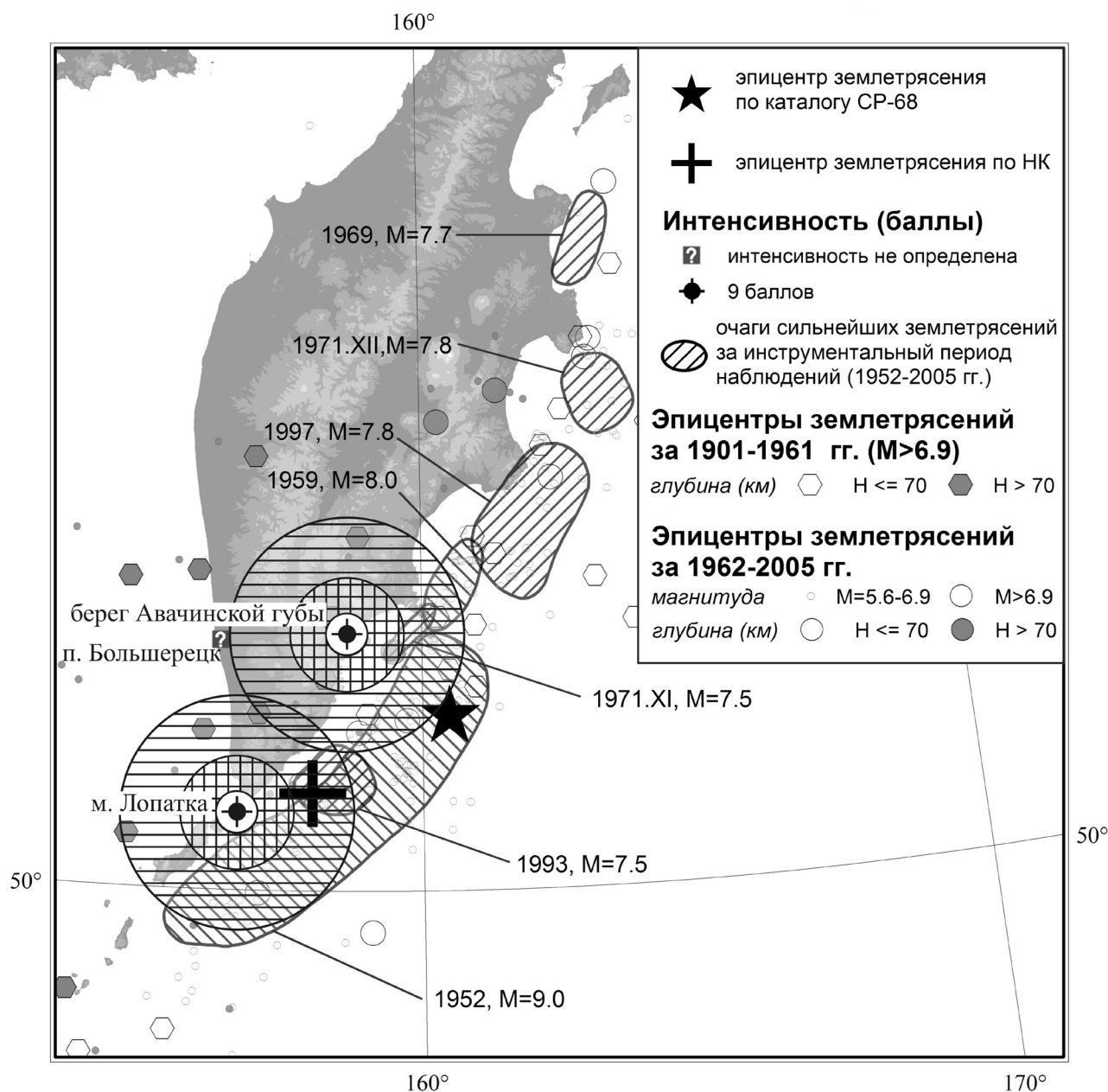


Рис. 3. Пространственные области возможного положения эпицентра землетрясения 1737.10.17 относительно берега Авачинской губы и мыса Лопатка с магнитудами 7 (белый кружок), 8 (круг с двойной штриховкой), 9 (круг с горизонтальной штриховкой), которые могли вызвать сотрясения интенсивностью 9 баллов в указанных пунктах.

Одинаково высокая интенсивность сотрясений в пунктах, которые удалены друг от друга более чем на 200 км, свидетельствует о больших размерах очага землетрясения и о его большой магнитуде, $M > 8.0$. По НК протяженность очага не менее 300 км. Согласно (Гусев, Мельникова, 1990) очаг протяженностью 300 км соответствует землетрясению с $M_w > 8.6$, 500 км – $M_w = 9.1$.

Сотрясения 9 баллов по уравнению макросейсмического поля (Федотов, Шумилина, 1971) могут быть вызваны землетрясением: $M_{LH} = 8.0$ – до 75 км; $M_{LH} > 8.5$ – до 150 км.

В соответствии с современными представлениями об эмпирической $I - M - r$ – корреляции для условий Камчатки с учетом протяженности очага землетрясения (Гусев, Шумилина, 1999) в каждом пункте, имеющем макросейсмические описания, сотрясения с интенсивностью 9 баллов могут быть вызваны очагом землетрясения $M_w = 8.0-9.0$, удаленным от пункта наблюдений на дистанцию 50-100 км.

Сведения о масштабах проявлений цунами, вызванном землетрясением 1737.10.17 на Камчатке, на Курильских островах (Крашенинников, 1949; Соловьев, Ферчев, 1961) подтверждаются результатами палеосейсмо-

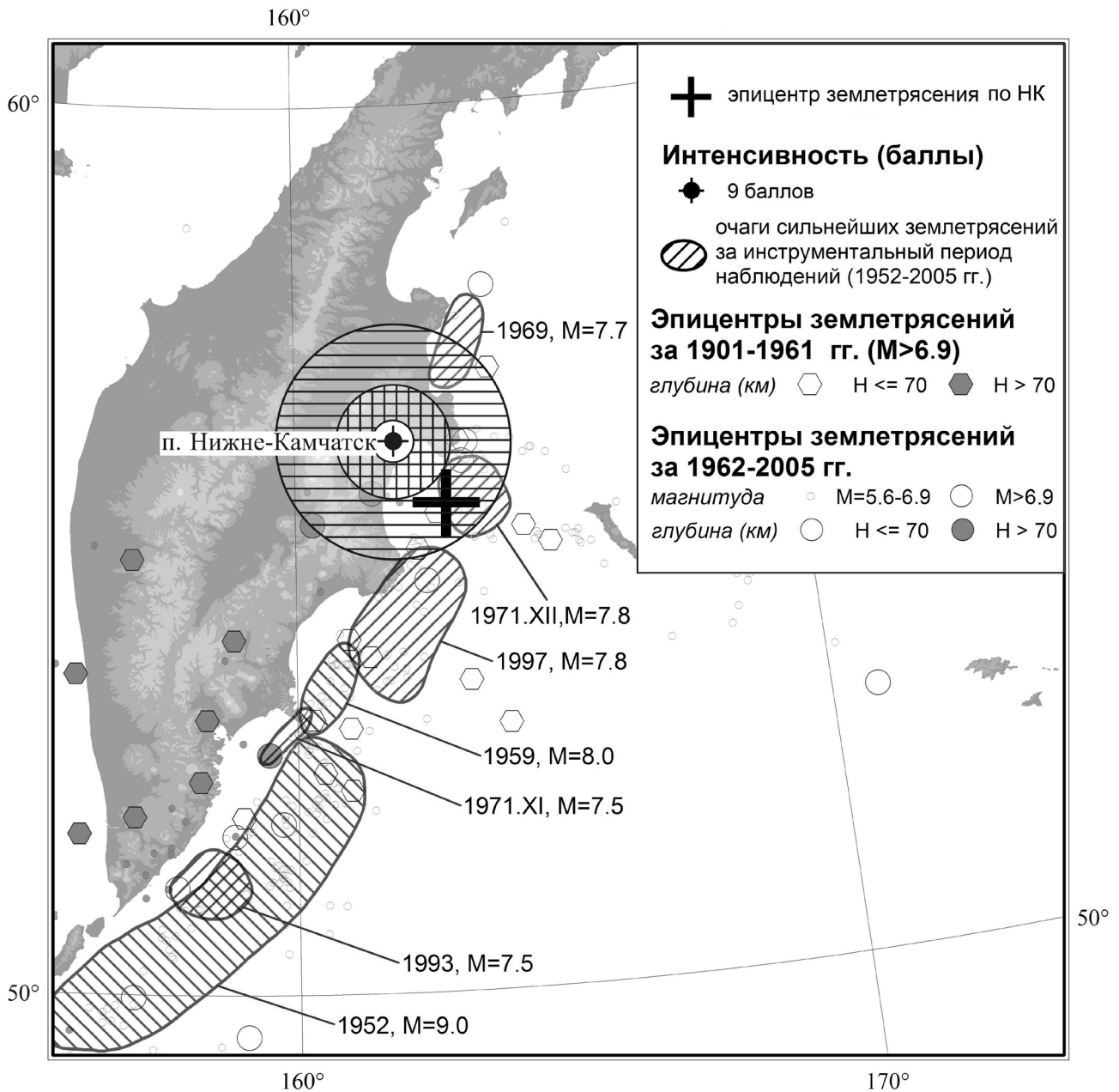


Рис. 4. Пространственные области возможного положения эпицентра землетрясения 1737.11.04 относительно п. Нижне-Камчатска с магнитудами 7 (белый кружок), 8 (круг с двойной штриховкой), 9 (круг с горизонтальной штриховкой), которые могли вызвать в п. Нижне-Камчатске сотрясения интенсивностью 9 баллов.

гических работ. Масштаб цунами по данным (Кравчуновская и др., 2008) соответствует $M_t = 9.2$ (Abe, 1979).

Пункты (Шумшу, м. Лопатка, Авачинская губа), которые есть в описаниях, и для которых дана примерно одинаковая оценка интенсивности сотрясений, расположены практически на прямой линии вдоль восточного побережья Камчатки и Северных Курил. Очевидно, что только по этим макросейсмическим данным построить изосейсты невозможно, а значит нельзя получить оценки положения макросейсмического эпицентра и магнитуды.

Сопоставимый эффект воздействия волн цунами вызвало землетрясение 1952.11.04, $M_{НК} = 8.5$. В табл. 4 приведены данные по высотам волн цунами в одних и тех же пунктах побережий Камчатки и Курил в 1737 и 1952 гг. (Кравчуновская и др., 2008). Вместе с тем, макросейсмический эффект землетрясения 1952.11.04 существенно меньше – на восточном побережье Камчатки, в поселках Северо-Курильск и Байково интенсивность сотрясений не превышала 7 баллов, в г. Петропавловске-Камчатском – 6-7 баллов (Горячев и др., 1968; Федотов и др., 1968). Известно, что большие волны цунами воз-

Таблица 4. Минимальные максимальные высоты заплеска цунами в одних и тех же пунктах побережий Камчатки и Курил в 1737 г. и 1952 г. (в метрах) по данным (Кравчуновская др., 2008).

Район обследования	1952 г.	1737 г.
Мыс Васильева, юг о. Парамушир	5-7	7
Бух. Утесная, север о. Парамушир	8	9
Северо-Курильск, север о. Парамушир	12-14	12-14
Бух. Солнечная, о. Шумшу	10	10
Бух. Три Сестры, Южная Камчатка	6-7(15)	15
Бух. Ушатная, Южная Камчатка	15	>17
Бух. Утюжная, Южная Камчатка	>17-21	>17-21
Бух. Вестник, Южная Камчатка	16-17	17-20
Бух. Ходутка, Южная Камчатка	6-11	12-16
Бух. Асача, Южная Камчатка	>6-7	>6-7
Бух. Мутная, Южная Камчатка	7-10	10-12
Бух. Жировая, Южная Камчатка	7-8	7-8
Халактырский пляж (район Петропавловска-Камчатского)	7-8	7-8
Устье р. Жупанова (побережье Кроноцкого залива)	5	5

никают, если очаг землетрясения находится под акваторией с глубиной воды в несколько километров. Для больших цунами более характерны умеренные сотрясения на берегу. Так было при землетрясениях 1923.02.03 и 1952.11.04 (Соловьев, Ферчев, 1961). Возможные причины большего макросейсмического эффекта землетрясения 1737.10.17: (1) масштаб (величина) землетрясения 1737.10.17 существенно больше землетрясения 1952.11.04, как, например, землетрясение 1960 г. в Чили, $M_w > 9.5$; (2) очаг землетрясения 1737.10.17 был расположен ближе к берегам Камчатки. Вместе с тем также известно, что средний макросейсмический эффект в пункте по эмпирическим данным, при заданной магнитуде землетрясения и гипоцентрального расстоянии от пункта до его очага, имеет стандартное уклонение 0.5-1.0 балл (Гусев, Шумилина, 1995).

Выводы. Суммируя вышесказанное, можно, по нашему мнению, утверждать следующее:

1737.10.17 произошло сильнейшее землетрясение, а следом его афтершоки с достаточно значительными магнитудами. Положение очага землетрясения в пространстве уверенно идентифицируется в сейсмофокальной зоне в южной части Камчатки и Северных Курил.

По имеющимся макросейсмическим данным гипоцентр землетрясения (макросейсмический гипоцентр) определить нельзя. Координаты гипоцентра землетрясения, назначенные в НК и СР68 экспертным путем, с высокой вероятностью принадлежат пространственной

области очага. Ошибки координат гипоцентра, принятые в НК, занижены.

Достоверные оценки величины волн цунами и протяженности очага позволяют утверждать, что магнитуда землетрясения 1737.10.17 близка к $M_w = 9.0$, надежность приемлемая. По (Гусев, Шумилина, 2004) магнитуда $M_w = 9.2$, надежность приемлемая.

2. Землетрясение 1737.11.04

Оценки интенсивности сотрясений $I = 9$ баллов в Нижне-Камчатске достоверны. Грунтовые условия по геологическим данным в районе Нижне-Камчатска средние. По макросейсмическим описаниям, относящимся к одному пункту, нельзя определить направление на эпицентр и эпицентрального расстояние. Как следствие, нельзя определить эпицентр, интенсивность в нем и магнитуду. Параметрическая строка в НК получена путем экспертной оценки.

Положение эпицентра землетрясения 1737.11.04 по НК показано на фоне инструментальной сейсмичности 1900-2005 гг. на рис. 4. Эпицентрального расстояние до Нижне-Камчатска 90 км; $M = 7.8$; $I_0 = 10$ (НК); $I_{II} = 9$ баллов (Федотов и др., 1968). Сотрясения 9 баллов по уравнению макросейсмического поля (Федотов, Шумилина, 1971) могут быть вызваны землетрясением: $M_{LH} = 6.0$ на дистанции до 10 км; $M_{LH} = 7.0 - 15-30$ км; $M_{LH} = 8.0 - 30-100$ км; $M_{LH} = 9.0 - 70-150$ км. В соответствии с имеющимися представлениями об эмпирической $I - M - r$ корреляции

для условий Камчатки (Гусев, Шумилина, 1999) (с учетом протяженности очага) сотрясения $I_n=9$ баллов в Нижне-Камчатске при эпицентральной дистанции 90 км и учете грунтовых условий в пункте наблюдений могли быть вызваны землетрясением с моментной магнитудой $M_w = 8-9$.

Судя по длительности заметного (непрерывного) для наблюдателей афтершокового процесса более 4-5 месяцев – «а продолжалось оно с перемежкой до самой весны 1738 году» (Крашенинников, 1949) – магнитуда этого землетрясения составила не менее 7.5-8.0 по оценке (Федотов и др., 1998). После землетрясения с $M_{LN} = 8.0$ и более в течение первых трех дней обычно происходит 50% афтершоков с $M_{LN} \geq 6.0$; в течение первых 10 дней – 65%; в течение первого месяца – 70%. Так, афтершоки землетрясения 1952.11.04 с магнитудой $M_{НК} = 8.5$ (НК) заметно ощущались в г. Петропавловске-Камчатском и его окрестностях до весны 1952 г., афтершоки землетрясения 1971.12.15 с $M_{НК} = 7.8$ заметно ощущались в Усть-Камчатске и на о. Беринга до лета 1971 г. Вместе с тем, как отмечается в (Гусев, Шумилина, 2004), это не всегда верно. Так, афтершоковые серии землетрясений 1923.02.03 и 1971.11.24 с сопоставимыми магнитудами были заметно короче.

Наиболее вероятное положение очага землетрясения, не противоречащее распределению инструментальной сейсмичности в районе Камчатского залива-Камчатского пролива и ОСР-97, – в сейсмофокальной зоне Камчатки.

Землетрясение не вызвало цунами (или цунами не замечено, т.к. Нижне-Камчатск находился приблизительно в 30 километрах от побережья), хотя положение очага землетрясения с $M > 7.5$ (по п. 2) с большой вероятностью могло быть в цунамигенной зоне (примером служит землетрясение в Камчатском заливе 1923 г., $M_{НК} = 7.3$). По данным палеосейсмологических работ (Кравчуновская и др., 2008) в районе п. Усть-Камчатск были найдены отложения цунами с высотой заплеска около 8 м, которое по возрасту может быть отнесено к XVIII веку. Вопрос каким землетрясением (1737.11.04 или 1792.22.08) вызвано это цунами остается открытым.

Выводы. По землетрясению 1737.11.04 можно лишь утверждать, что оно наиболее вероятно произошло в Камчатском заливе. При этом возможно, что его очаг мог выходить в Камчатский пролив и/или в Кроноцкий залив, но для таких утверждений имеющихся данных недостаточно. Сведений для построения изосейст недостаточно, а значит нельзя дать оценку координат макросейсмического гипоцентра. Ко-

ординаты гипоцентра землетрясения 1737.11.04 авторами НК и СР68 назначены экспертным путем на основе имеющихся инструментальных данных о пространственном распределении сейсмичности на Камчатке, надежность низкая. Оценки интенсивности сотрясений в п. Нижне-Камчатск достоверны. Оценки магнитуды $M_{LN} = 7.9$ по НК и $M_w = 7.8$ (Гусев, Шумилина, 2004) правдоподобны, надежность низкая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В 1737 г. в соответствии с проведенным анализом имеющихся исторических описаний на Камчатке произошло только два землетрясения, которые можно отнести к разряду сильнейших. Первое – 1737.10.17, $M_w = 9.0$, на юге Камчатки. Второе – 1737.11.04, $M_w = 7.8$, на севере Камчатки (Гусев, Шумилина, 2004). В сейсмической истории Камчатки такие пары (дуплеты) сильных землетрясений не являются исключительным явлением, а известны также и по достоверным инструментальным данным в 1923 г. (юг – 1923.02.03, $M_w = 8.5$; север – 1923.02.24, $M_w = 7.5$), в 1971 г. (юг – 1971.11.24, $M_w = 7.5$; север – 1971.12.15, $M_w = 7.8$). Значения магнитуды M_w даны по работе (Гусев, Шумилина, 2004). Механизм возникновения таких пар (дуплетов) представляет особый интерес и требует специального исследования.

Независимого землетрясения 1737.12.17 не было. По мнению авторов статьи оно должно быть исключено из каталога.

2. Землетрясения 1737.10.17 и 1952.11.04 по масштабам проявлений цунами являются между собой близкими аналогами. Вместе с тем, макросейсмический эффект воздействия на территорию Камчатки землетрясения 1952.11.04 существенно меньше. Возможные причины большего макросейсмического эффекта землетрясения 1737.10.17 в его существенно большем масштабе, как, например, землетрясение 1960 г. в Чили, $M_w > 9.5$, или более близкого к берегам Камчатки положения его очага.

3. Имеющиеся сведения по землетрясению 1737.10.17 позволяют уверенно судить о положении его очаговой области в районе Юга Камчатки – Северных Курил. По землетрясению 1737.11.04 можно лишь утверждать, что оно наиболее вероятно произошло в Камчатском заливе. В том и другом случае сведений для построения изосейст недостаточно, а значит нельзя дать оценку координат макросейсмического эпицентра. Координаты землетрясений 1737.10.17 (макросейсмический эпицентр, глубина и очаговая область по аналогии с

1952.11.04) и 1737.11.04 (на основе имеющихся инструментальных данных о пространственном распределении сейсмичности на Камчатке), назначенные авторами НК и СР68 экспертным путем, имеют ограниченную и низкую надежность соответственно.

4. Магнитудные оценки землетрясений 1737.10.17 и 1737.11.04 с ошибкой до 0.7 по НК при назначенных авторами координатах эпицентров соответствуют произведенному макросейсмическому эффекту. Достоверные оценки величины волн цунами, их сравнение с цунами 1952.11.04, и минимальной протяженности очага землетрясения позволяют утверждать, что магнитуда землетрясения 1737.10.17 $M_w = 9.0$, надежность приемлемая. Достоверность сведений о продолжительности афтершоковой серии землетрясения 1737.11.04 до весны 1738 г. не вызывает сомнений. Это служит косвенным доказательством его высокой магнитуды $M_w = 7.5-8.0$.

Список литературы

- Годзиковская А.А.* Каталог макросейсмических описаний землетрясений Камчатки за доинструментальный период наблюдений (XVII-XVX вв.). Обнинск, ГС РАН, 2009. 128 с.
- Горячев А.В., Кириллов Ф.А., Кондорская Н.В. и др.* Сейсмическое районирование Камчатки и Курильских островов // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. 476 с.
- Гусев А.А.* Сильные землетрясения Камчатки: расположение очагов в инструментальный период // Вулканология и сейсмология. 2006. № 3. С. 39-42.
- Гусев А.А., Мельникова В.Н.* Связи между магнитудами - среднемировые и для Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1990. № 6. С. 55-63.
- Гусев А.А., Шумилина Л.С.* Некоторые вопросы методики общего сейсмического районирования // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 2-3. М.: ОИФЗ РАН, 1995. С. 289-299.
- Гусев А.А., Шумилина Л.С.* Моделирование связи балл-магнитуда-расстояние на основе представления о некогерентном протяженном очаге // Вулканология и сейсмология. 1999. № 4-5. С. 29-40.
- Гусев А.А., Шумилина Л.С.* Повторяемость сильных землетрясений Камчатки в шкале моментных магнитуд // Физика Земли. 2004. № 3. С. 34-42.
- Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000 / Главные редакторы акад. Страхов В.Н., проф. Уломов В.И. ОИФЗ РАН. М., 1999. 4 листа.
- Крашенинников С.П.* Описание земли Камчатки. М.-Л.: Главсевморпуть, 1949. 840 с.
- Кравчуновская Е.А., Пинегина Т.К., Нишимура Ю. и др.* Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: III Сахалин. молодежн. научн. школа, Южно-Сахалинск, 3-6 июня 2008 г.: сб. материалов / Отв. ред. О.Н. Лихачева. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2009. С. 178-179.
- Левина В.И., Иванова Е.И., Гордеев Е.И. и др.* Карымское землетрясение 1 января 1996 г. $M_s = 7.0$ (Камчатка). // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. М.: ГС РАН, 2002. С. 129-137.
- Медведев С.В.* Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. 476 с.
- Мушкетов И.В., Орлов А.П.* Каталог землетрясений Российской империи. СПб, 1893. 582 с.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977. 536 с.
- Перрей А.* О землетрясениях на севере Европы и Азии. Сочинение Алексиса Перрея. Перевод студента педагогического института Вышнеградского. Свод магнитных и метеорологических наблюдений, изданный по высочайшему повелению главным управлением корпуса горных инженеров под руководством А. Купфера, директора главной физической обсерватории. За 1846 год. СПб., 1849. С. 204-235.
- Соловьев С.Л., Ферчев М.Д.* Сводка данных о цунами в СССР // Бюллетень Совета по сейсмологии. 1961. № 9. С. 23-55.
- Федотов С.А., Потапова О.В., Чернышева Г.В., Шумилина Л.С.* Последовательность опасных афтершоков ($M \geq 6$) при сильнейших ($M > 7.7$) Курило-Камчатской дуги и сходных структур // Вулканология и сейсмология. 1998. № 6. С. 54-61.
- Федотов С.А., Шумилина Л.С.* Сейсмическая сотрясаемость Камчатки // Известия АН СССР. Физика Земли. 1971. № 9. С. 3-15.
- Шебалин Н.В.* Количественная макросеймика // Вычислительная сейсмология. М.: ГЕОС, 2003. Вып. 34. С. 57-200.
- Abe K.* Size of Great Earthquakes of 1837-1974 Inferred from Tsunami Data // JGR. 1979. V. 84. B4. P. 1561-1568.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ 1737 ГОДА
THE 1737 KAMCHATKA EARTHQUAKES

V.N. Chebrov, A.A. Raevskaya

Kamchatka Branch, Geophysical Survey, RAS

The article provides analysis of macroseismic descriptions from historical records of the strongest earthquakes in Kamchatka region in 1737. Results of the analysis were compared with data from parametric lines in «The New Catalogue of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975» and «Seismic zoning in the USSR, 1968».

The article contains updates on number of earthquakes in 1737 and provides estimations of their locations and magnitudes.

Only two strongest events occurred in 1737: the first is dated 1737.10.17 and the second – 1737.11.04.

Keywords: earthquake, earthquake area, macroseismic data, isoseismals, magnitude, felt, epicenter.