

КАТАЛОГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАМЧАТКИ И КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ: ПЕРЕСМОТР СОБЫТИЙ 1971–1988 ГГ.

Левина В.И., Иванова Е.И., Митюшкина С.В., Лепская Т.С.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, valeria@emsd.ru

Введение

Настоящая работа посвящена такой немаловажной проблеме, как приведение исходных материалов исследований, а именно каталогов землетрясений, исходных данных и результатов поиска гипоцентров, к единым форматам представления.

Каталог Камчатки и Командорских островов ведет свою историю с 1962 г., когда на Камчатке начались детальные сейсмологические исследования сетью региональных сейсмических станций. За это время менялась сеть сейсмических станций, методика обработки, оценки энергетических параметров землетрясений, форматы выходных данных, границы региона, в которых проводилось определение гипоцентров землетрясений.

В начале своей истории обработка проводилась вручную, поиск гипоцентров осуществлялся при помощи палеток изохрон с использованием годографа И. П. Кузина [4]. Начиная с 1978 г. перешли на машинное определение параметров гипоцентров при помощи программы, написанной А. А. Гусевым [3]. Эта программа используется и в настоящее время при составлении окончательного каталога. Исходные данные хранились на бумажных носителях, и только основные параметры землетрясений заносились в машину.

С появлением современных вычислительных технологий появилась возможность увеличения объемов хранения информации. Был создан Банк региональных сейсмологических данных КФ ГС РАН [2], куда заносится вся информация о землетрясениях, как исходная, так и полученная в результате поиска гипоцентров. Начиная с 1989 г., информация о землетрясениях стала храниться в современных форматах.

Данные за предыдущие годы необходимо было перевести в машинный вид, пересчитать и занести в Банк. Весь имеющийся материал был разделен на две группы – машинный каталог (снятие исходных данных вручную с сейсмограмм, поиск гипоцентра на машине) и ручной каталог (снятие исходных данных вручную с сейсмограмм, поиск гипоцентра при помощи палеток). В настоящее время эта работа проделана для событий 1971–1988 гг. К ручному периоду обработки относятся события, произошедшие в 1971–1977 гг., машинному – 1978–1988 гг. Всего было пересчитано 27515 событий.

Грубые ошибки каталога

Во время пересчета землетрясений было обнаружено достаточно большое количество грубых ошибок, связанных в основном с невнимательностью операторов, таких как:

- неправильное снятие координат с планшета;
- ошибки при занесении данных в каталог;
- ошибки при определении времени по графику Вадати;
- ошибки при определении классов по номограмме;
- другое.

События, содержащие в себе грубые ошибки, внесены в специальную таблицу, пример которой показан в таблице 1. Общее количество таких ошибок составило 2.3% от всего объема пересчитанных событий (353 землетрясения в ручном каталоге и 269 в машинном). К сожалению, из-за ограничений на объем статьи всю таблицу поместить не представляется возможным.

Анализ отклонений в определении параметров землетрясений.

Для каталога, очищенного от грубых ошибок проведен анализ расхождений параметров землетрясений старого и нового каталога. На рис. 1 показаны гистограммы отклонений времени в очаге (T_0) и глубины h для двух массивов данных – ручного 1971–1977 гг., 10387 событий, (слева) и машинного 1978–1988 гг., 16407 событий, (справа). На рис. 2 показаны сглаженные гистограммы смещений эпицентров, преобразованные в серию "доверительных областей" для тех же массивов. Изолинии изображенной функции оконтуривают области горизонтальных смещений, содержащие соответствующий процент землетрясений из каталога. На всех рисунках приведены отклонения в определениях параметров землетрясений нового каталога от старого.

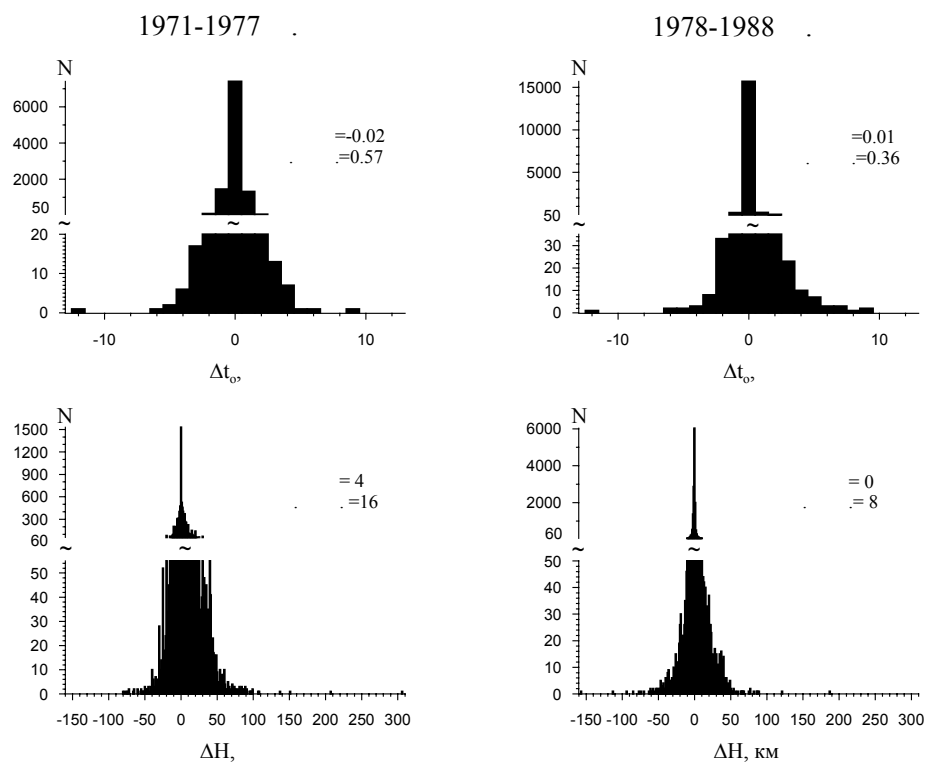


Рис. 1 Гистограммы отклонений параметров землетрясений нового каталога от старого. Слева показаны результаты сравнения ручного каталога, справа – машинного

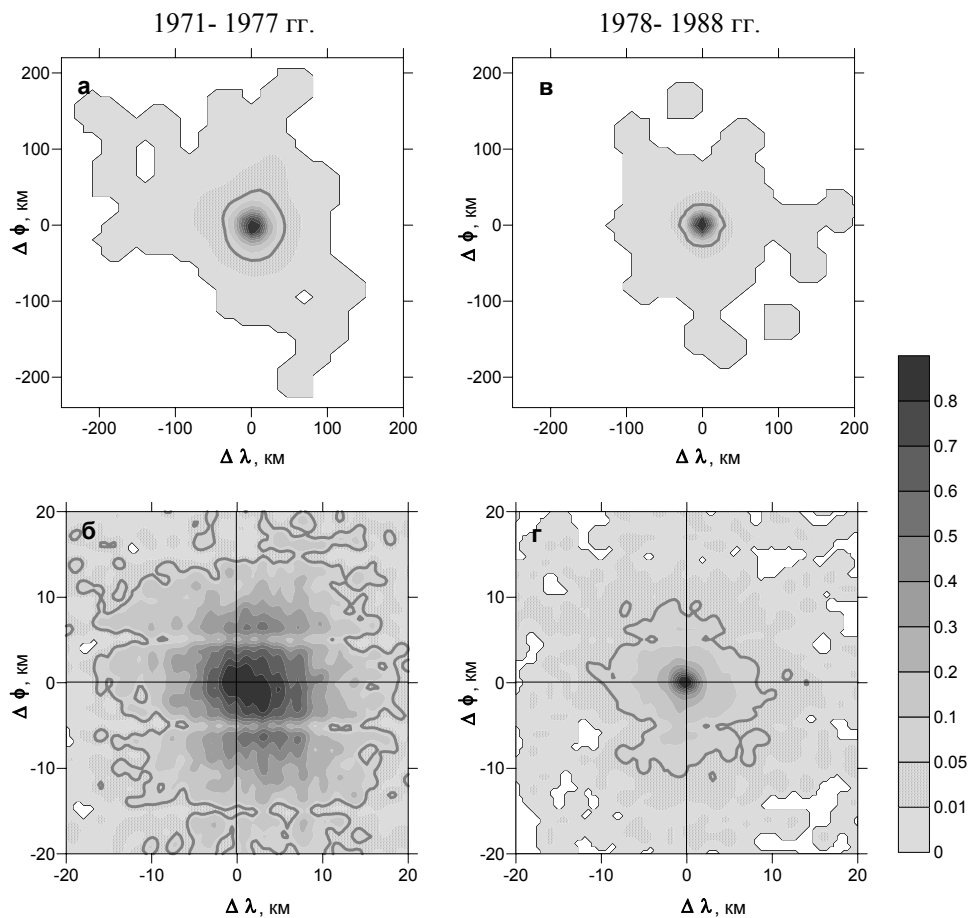


Рис.2 "Доверительные области" смещений эпицентров в старом и новом каталогах.

Изолинии изображенной функции оконтуривают области горизонтальных смещений, содержащие соответствующий процент землетрясений из каталога. Сплошной линией обозначена 95% доверительная область.

Вверху показаны области всех значений отклонений. Внизу – область отклонений не более ± 20 км

Как видно из рис. 1 и 2 основная масса событий дает вполне приличное согласование по параметрам землетрясений.

Для ручного каталога сходимость в определении параметров гипоцентра несколько хуже, чем в машинном каталоге, что связано с дискретностью используемых палеток изохрон и ручным определением времени в очаге по графику Вадати. Для гистограммы отклонений по глубине в ручном каталоге (рис. 1б) наблюдается систематический сдвиг в сторону заглубления машинных определений. По-видимому, это издержки ручной методики определения глубины. Для гистограмм смещений эпицентров также наблюдается систематический сдвиг примерно на 2 км к востоку.

Но, в то же время, наблюдаются значительные расхождения для отдельных событий. Отклонения могут достигать до 300 км по глубине, 200 км по эпицентру и до 10 секунд в определении T_0 . Столь значительные расхождения наблюдаются, как правило, для событий, расположенных на краях нашего полигона, либо для землетрясений с небольшим количеством данных и плохой точностью определения.

На рис. 3 и 4 показаны положения эпицентров событий, для которых расхождения в определении широты и долготы составляют более 70 км для ручного каталога и более 50 км для машинного.

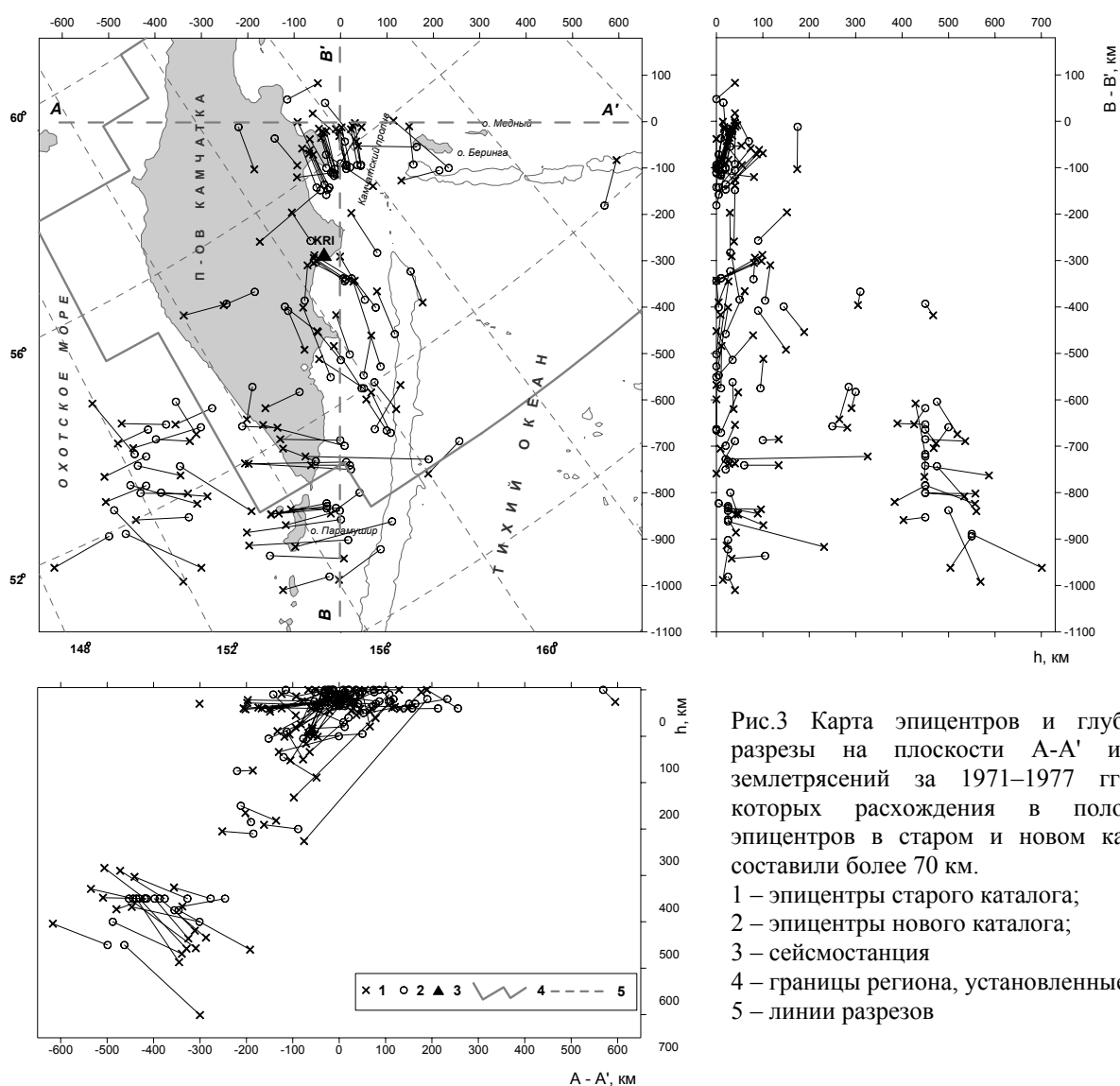


Рис.3 Карта эпицентров и глубинные разрезы на плоскости А-А' и В-В' землетрясений за 1971–1977 гг., для которых расхождения в положении эпицентров в старом и новом каталоге составили более 70 км.

- 1 – эпицентры старого каталога;
- 2 – эпицентры нового каталога;
- 3 – сейсмостанция
- 4 – границы региона, установленные в [1];
- 5 – линии разрезов

Видно, что основная масса событий, для которых наблюдаются значительные расхождения находится на краях полигона, т. е. в районе Командорских островов, юга и севера Камчатки, в Охотском море. Для этих событий определения всегда были довольно неустойчивы в связи с односторонним расположением сети станций и их значительным удалением от эпицентров. Средние ошибки определения координат и глубины для таких землетрясений составляют 24 и 30

км соответственно, в то время как для событий, отклонения которых не выходят за пределы 3σ (рис. 1,2), средние ошибки составляют 9 и 14 км.

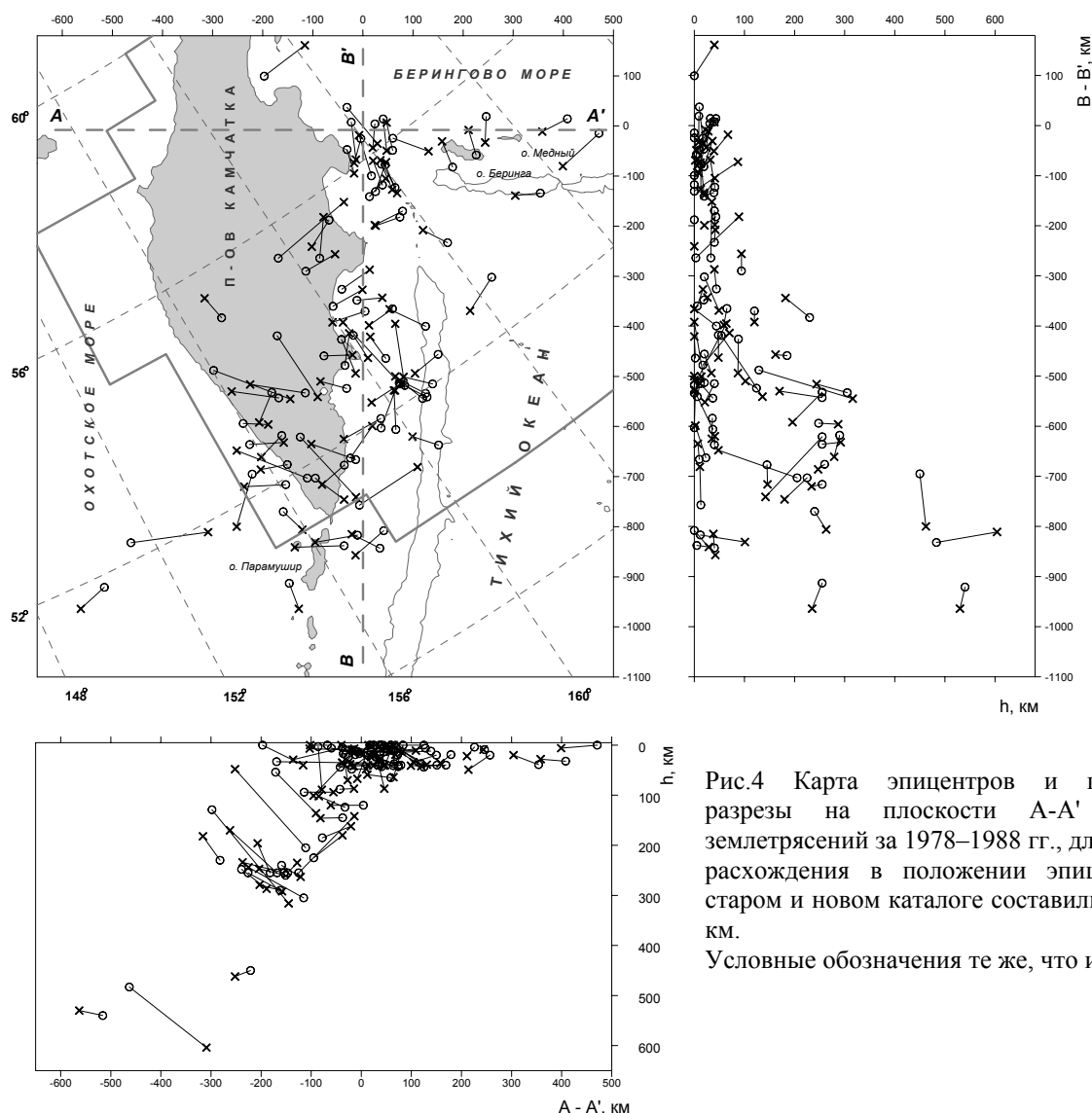


Рис.4 Карта эпицентров и глубинные разрезы на плоскости А-А' и В-В' землетрясений за 1978–1988 гг., для которых расхождения в положении эпицентров в старом и новом каталоге составили более 50 км. Условные обозначения те же, что и на рис.3

Наблюдаются также довольно большие отклонения в определении параметров землетрясений и для событий, находящихся внутри полигона, между 51° и 56° СШ. Эти отклонения часто связаны с неправильным выбором решения при ручной обработке, субъективностью оператора. При анализе машинного каталога было обнаружено, что в прежние времена недостаточное внимание уделялось большим значениям невязок (до 10 с) при поиске решения. И вместо того, чтобы пересмотреть времена вступления, событие заносилось в каталог. При пересчете станционные данные, содержащие большие невязки времен вступления, из расчетов исключались, что, естественно, могло привести к большим расхождениям в результатах.

На рис. 3 выделяется группа событий из Камчатского пролива, для которых наблюдается систематический сдвиг к северу в положении эпицентров. Предварительный анализ показал, что данное смещение наблюдается в основном для событий, у которых в станционных данных отсутствовала станция «Кроноки» (KRI). По-видимому, при машинном определении положения эпицентров в этом районе отсутствие станции KRI играет существенную роль. Этот вопрос требует в дальнейшем более тщательного изучения.

Для событий, у которых расхождения по глубине составляют 50 и более километров, также построены карты эпицентров (рис. 5,6).

Здесь наблюдается картина, аналогичная рис. 3,4. Основная масса событий сосредоточена на краях полигона, четко видна тенденция к заглублению очагов машинного каталога. Для ручного каталога также выделяется группа землетрясений в районе Камчатского мыса.

Количество событий с расхождениями по глубине 50 и более километров для массива землетрясений машинного каталога невелико – всего 18 (рис.6). Для массива из 16407 землетрясений это составляет чуть больше 1%.

Причины наблюдаемых расхождений те же, что были упомянуты ранее: субъективный подход обработчика при выборе решения или неустойчивость решения при малом количестве исходных данных. Как правило, события с большими расхождениями по глубине имеют и значительные различия и в определении положения эпицентра.

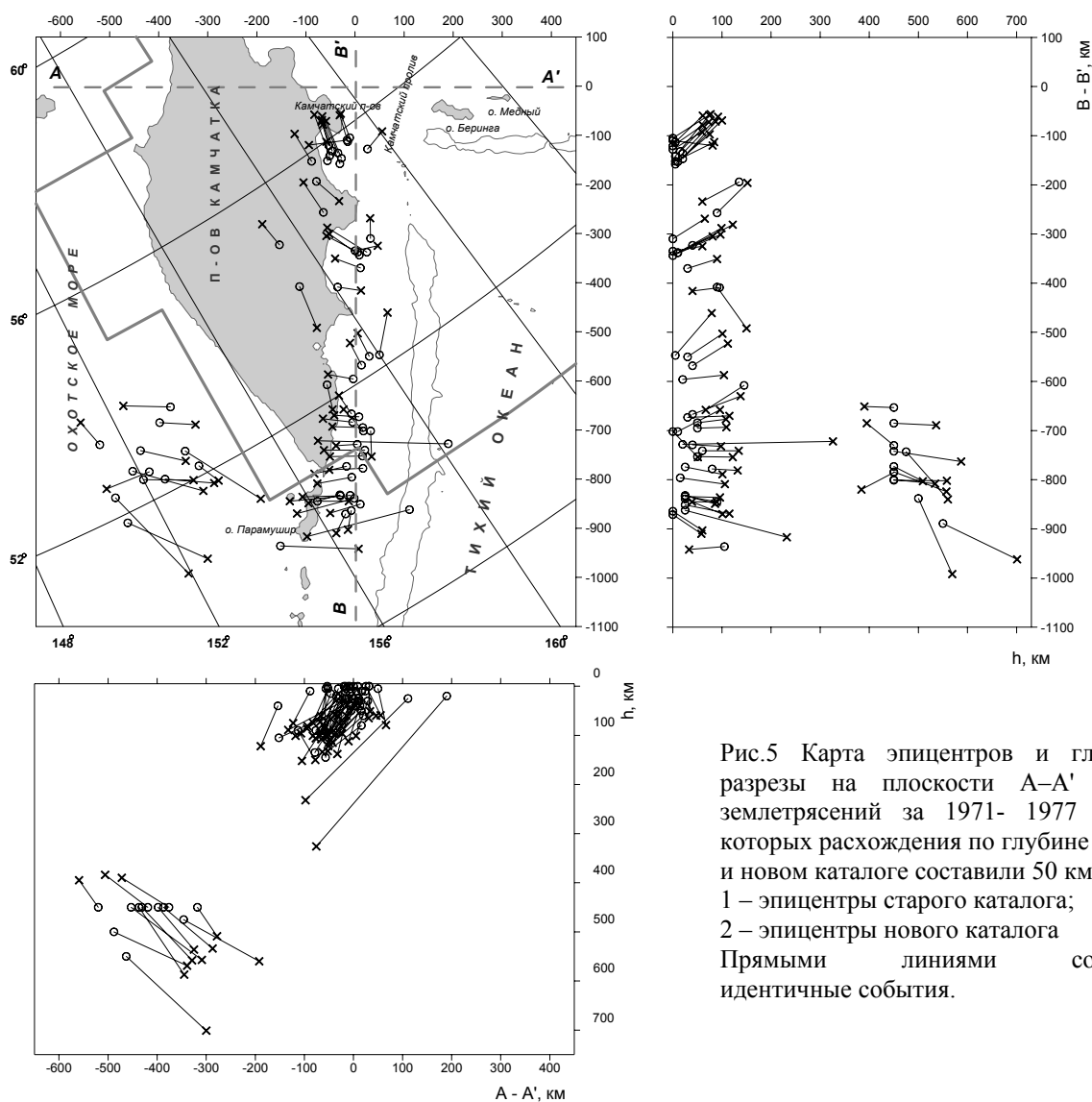


Рис.5 Карта эпицентров и глубинные разрезы на плоскости А–А' и В–В' землетрясений за 1971- 1977 гг., для которых расхождения по глубине в старом и новом каталоге составили 50 км и более.
1 – эпицентры старого каталога;
2 – эпицентры нового каталога
Прямыми линиями соединены идентичные события.

Закключение.

Региональный каталог Камчатки и Командорских островов составляет основу многих научных исследований в области наук о Земле. От качества каталога и его однородности во многом зависит качество научных построений и выводов. Современные возможности получения первичного материала и его обработки позволяют сделать полный каталог и сопутствующие ему бюллетени и вспомогательные файлы. В последние годы проводилась работа по приведению старых данных к современному формату. Было пересчитано 27515 землетрясений за 1971–1989 гг. Обнаружено 622 события с грубыми ошибками, связанными с невнимательностью оператора.

По результатам анализа каталога, освобожденного от грубых ошибок, обнаружено, что старый и новый каталоги в основном хорошо согласуются между собой. В то же время выявлены события, параметры которых имеют значительные расхождения, связанные как с субъективизмом оператора, так и методикой обработки. Большие расхождения, как правило, наблюдаются у событий, которые либо имеют недостаточно данных, либо расположены на краях полигона. Оценки точностей для этих событий обычно имеют большие значения, и при анализе

сейсмичности необходимо учитывать этот факт, поскольку положения гипоцентров этих событий недостоверны.

Полученные материалы позволяют выполнять многочисленные работы по изучению сейсмичности региона, поиску и анализу предвестников землетрясений, физике очага землетрясений, моделей скоростной структуры коры и верхней мантии Восточной Камчатки, уточнению геометрии и особенностей строения зоны субдукции, построению моделей объемных распределений скоростей продольных и поперечных волн в литосфере Камчатки с использованием методов сейсмической томографии.

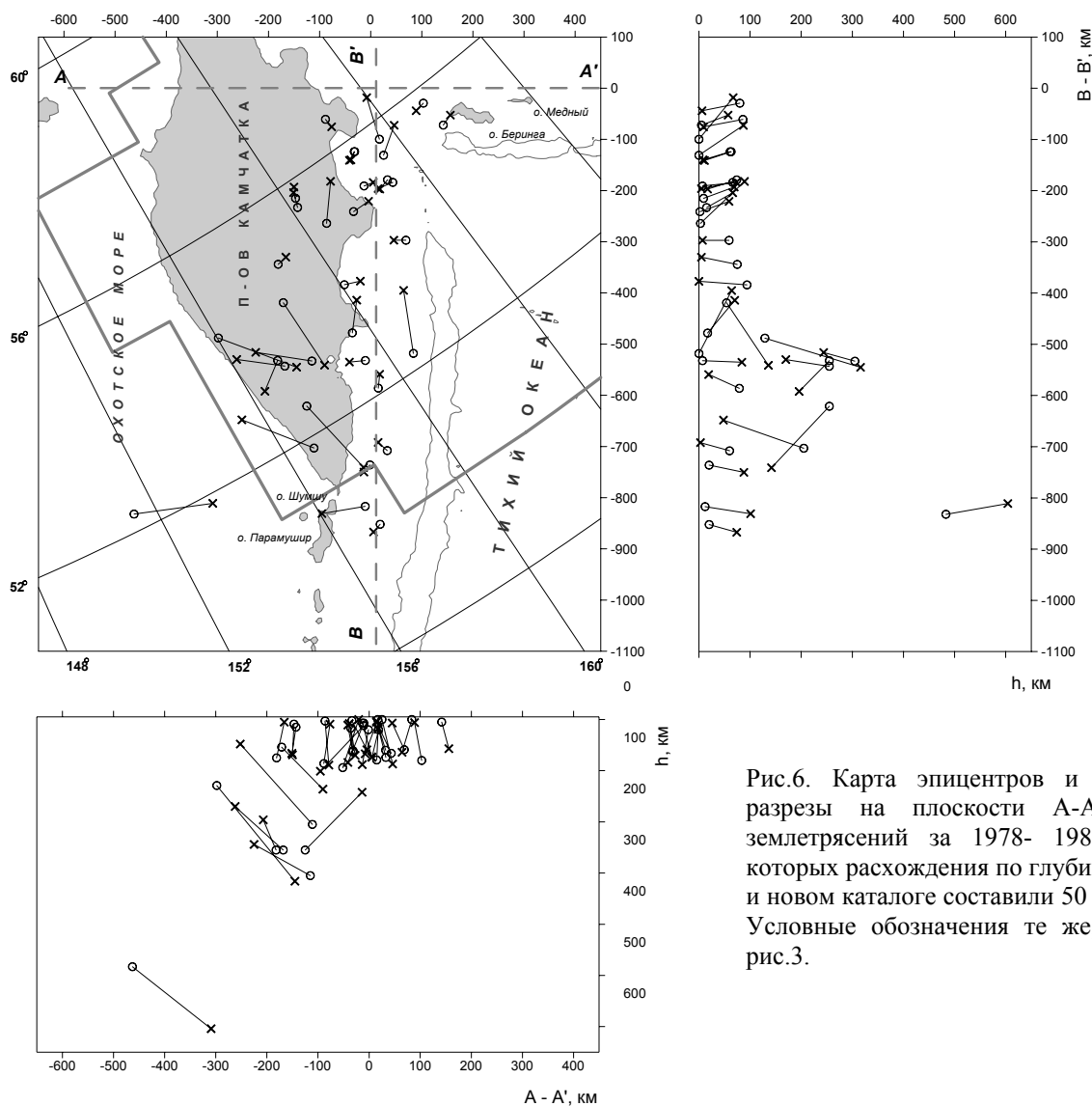


Рис.6. Карта эпицентров и глубинные разрезы на плоскости А-А' и В-В' землетрясений за 1978- 1988 гг., для которых расхождения по глубине в старом и новом каталоге составили 50 км и более. Условные обозначения те же, что и на рис.3.

Список литературы

1. Землетрясения в СССР в 1985 году. М.: Наука, 1988, с. 345
2. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Дроздин Д.В., Козырева Н.П., Левина В.И., Сергеев В.А., Сеньюков С.Л., Ящук В.В. Сбор, обработка и хранение сейсмологической информации. Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский. Камчатский печатный двор Книжное издательство. 2004. С. 43-61
3. Гусев А.А. Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. 1979, № 1, С. 74-81
4. Кузин И. П. Фокальная зона и строение верхней мантии в районе Восточной Камчатки// М., Наука, 1974, 145 с.

Таблица 1 Примеры землетрясений, в параметрах которых в старом каталоге обнаружены грубые ошибки

	Новый каталог							Старый каталог							Δφ°, км	Δλ°, км	Δh, км	Δ K _S	Примечание
Дата	Время в очаге			Координаты			K _S	Время в очаге			Координаты			K _S					
ггггммдд	ч	м	сек	φ°	λ°	h,км		час	мин	сек	φ°	λ°	h,км						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	20
19710604	21	21	7.9	54.07	159.99	122	7.8	21	21	7.5	54.9	160.95	125	7.8	-92	-63	-3	0	Неверно сняты координаты с планшета.
19710826	7	18	10.5	53.92	152.04	451	11.2	7	18	21.5	53.88	153.72	425	11.1	4	-110	26	0.1	Ошибка в определении То по графику Вадати
19720325	13	47	1.1	51.44	157.28	149	10.2	13	47	1	50.91	158.45	40	10.2	59	-76	109	0	Ошибка в прокрутке.
19720527	2	18	57	50	154.63	160	10.2	2	18	57.5	49.34	156.95	25	10.4	73	-151	135	-0.2	Ошибка в прокрутке.
19720702	20	50	49.3	55.42	163.82	40	8.8	20	51	49.3	55.4	163.18	0	8.9	2	42	40	-0.1	Ошибка в определении минуты.
19721106	0	37	46	52.1	159.1	44	8.2		0	37	48	53.7	158.8	5	-184	18	39	0.7	Неверно прокручено, мало данных
19721126	14	52	33.3	52.06	158.93	40	11.7	14	51	33.4	52.13	158.89	35	11.8	-8	3	5	-0.1	После исправления ошибки в разметке времени на сейсмограмме РЕТ минута изменилась с 51 на 52.
19721218	20	48	19.7	49.58	159.46	1	9.8	20	48	24.5	52	159.45	0	9.8	-269	1	1	0	Ошибка в набивке.
19721227	6	37	52.1	52.89	159.71	39	8.1	6	37	32.5	52.95	159.67	40	8.1	-7	3	-1	0	Ошибка в определении То по графику Вадати
19730106	15	5	37.8	48.94	155.94	40	12.3	15	5	38.8	49.09	158.18	0	11.7	-17	-146	40	0.6	Ошибка на 2 градуса при снятии с планшета
19730524	1	15	21	54.8	162.2	15	8		1	15	22	56.2	163	40	-157	-54	-25	0	Неверно снято с планшета
19730923	2	18	58.4	54.44	162.02	25	11	2	19	59.5	54.45	162	30	10.8	-1	1	-5	0.2	Ошибка в определении минуты.
19740921	16	23	47.1	55.75	159.51	122	9.1	16	23	48.3	55.3	159.75	0	9.1	50	-16	122	0	Неверно взята глубина при прокрутке.
19740923	21	48	21.6	55.74	159.13	101	9.6	21	48	21.8	55.35	159.5	0	9.5	43	-24	101	0.1	Неверно записана глубина в карточку.
19750108	0	48	47.7	50.25	159.52	21	9.8	0	48	48.5	50.22	157.55	40	10	3	129	-19	-0.2	Ошибка обработчика в определении долготы на 2 градуса.
19750209	0	39	32.4	53.98	159.43	0	8.3	0	39	32.3	52.12	159.68	0	8.4	206	-16	0	-0.1	Ошибка на 2 градуса при снятии с планшета.
19751224	6	19	3.4	53.32	160.24	52	8.6	6	19	4	55.4	160.2	30	8.8	-231	3	22	-0.2	Ошибка в набивке.
19760115	18	50	20.2	53.29	159.51	173	8	18	50	20.5	51.92	159.6	20	8.1	152	-6	153	-0.1	Ошибка в набивке широты
19770715	15	4	43.4	53.12	160.09	47	7.5	15	4	43.4	53.12	160.1	147	7.6	0	-1	-100	-0.1	Ошибка в набивке глубины.
19770727	2	28	58	54.75	162.81	40	9.3	2	28	57.8	54.76	160.82	40	9.7	-1	130	0	-0.4	Ошибка в набивке долготы.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	20
19780307	17	32	53.7	54.58	162.03	25	7.7	17	32	53.7	54.57	168.05	27	7.7	1	-393	-2	0	Ошибка в набивке долготы
19780417	4	44	56.3	55.22	160.12	0	9.3	4	45	56.3	55.21	160.29	2	9.5	1	-11	-2	-0.2	Ошибка обработчика при записи минут.
19790707	2	38	44.5	52.29	157.87	146	8.2	2	38	44.5	52.3	157.88	147	9.3	-1	-1	-1	-1.1	Ошибка в набивке класса..
19790819	3	43	46.7	53.18	158.09	186	9.5	3	43	46.7	53.16	157.94	183	8.1	2	10	3	1.4	Ошибка в расчетах класса на с/ст KRI.
19781006	9	38	36	53.2	160.7	46	8.3		9	38	36	55.2	160.7	47	-222	0	-1	-0.8	Ошибка в набивке широты.
19791005	21	57	9.4	54.21	161.23	20	9	21	54	9.3	54.2	161.24	22	9.1	1	-1	-2	-0.1	Ошибка в набивке минут.
19791109	13	45	48.2	55.64	164.13	60	13.6	13	45	48.4	55.66	164.12	52	12.8	-2	1	8	0.8	Ошибка в набивке класса.
19800123	5	29	8.8	52.2	160.7	17	8.7	5	29	24	53.3	160	7	8.7	-119	46	10	0	Ошибка в набивке данных по станции TOP
19800517	5	19	59.9	53.07	162.56	68	10.5	5	20	0	55.06	162.51	40	10.6	-221	3	28	-0.1	Ошибка в набивке широты.
19810327	4	55	24.3	53.7	160.68	31	8.5	4	55	24.3	55.66	160.74	18	8.5	-218	-4	13	0	Ошибка обработчика.
19810710	15	21	7	54.1	160.53	95	10	15	21	7	54.06	160.86	26	10.2	4	-22	69	-0.2	Была ошибочно введена не та станция (GNL вместо KZL).
19821231	1	21	15.4	53.27	158.66	155	8.9	1	21	15.4	53.77	158.04	12	9.2	-56	40	143	-0.3	Ошибочно занесено не то решение.
19830128	12	49	10.7	54.46	162.87	0	8.7	12	49	10.7	54.47	162.9	0	10.7	-1	-2	0	-2	Неправильно посчитан класс вручную.
19870714	18	26	23.6	51.17	158.33	42	8.3	12	26	23.7	51.17	158.34	42	8.6	0	-1	0	-0.3	Ошибка оператора в набивке часов.
19871115	20	8	11.7	55.71	162.21	20	8	20	8	10.5	56.57	162.35	77	7.8	-95	-9	-57	0.2	Ошибка в набивке станционных данных.
19871115	20	8	11.7	55.71	162.21	20	8	20	8	10.5	56.57	162.35	77	7.8	-95	-9	-57	0.2	Ошибка в набивке станционных данных.
19881201	20	12	18.5	55.92	161.11	128	7.8	20	12	17.4	56.02	162.66	20	7.8	-11	-101	108	0	Ошибка в набивке станционных данных.