

НЕФТЕГОРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 27 (28) мая 1995 года ($M_w=7.1$)

Л.С. Оскорбин, А.А. Поплавский, М.И. Стрельцов, А.А. Шолохова, Н.А. Давыдова,

Л.Ф. Койкова, А.А. Садчикова, Л.И. Хритова

В ночь с 27 на 28 мая 1995 г. по сахалинскому времени на северо-востоке Сахалина, в 20-30 км южнее п. Нефтегорск, произошло разрушительное землетрясение, магнитуда которого по поверхностным волнам по разным центрам обработки наблюдений равна: $MLH=7.0/2$ [1], $MS=7.7/15$ [2], $Ms=7.4/67$ [3] и, наконец, по нашим данным $MLH=7.2$. Значение моментной магнитуды составило $M_w=7.1$ (HRVD) [3]. За прошедшие 100 лет на северо-востоке Сахалина землетрясение такой величины произошло впервые. Оно вызвало сотрясения на территории Северного, Среднего и частично Южного Сахалина, а также на востоке центральной части Хабаровского края. Максимальный наблюдаемый макросейсмический эффект в 8-9 баллов отмечен в п. Нефтегорск и по его имени землетрясение названо Нефтегорским. На Северном Сахалине землетрясение сопровождалось полным обрушением большей части зданий и вследствие этого гибелью жителей.

В сейсмическом отношении Нефтегорское землетрясение не было неожиданным, так как на картах максимальных возможных землетрясений [4-6] район п. Нефтегорск расположен между изолиниями $K_{max}=16$ и $K_{max}=17$, т.е. $M_{max}\approx 7.0$ с вероятностью его возникновения один раз в 200 лет по графику повторяемости для всего Сахалина. Вместе с тем в [5] указывалось, что при крайне редкой повторяемости такие подземные толчки в большинстве мест не успели произойти за прошедшие 100 лет. С другой стороны, оценка M_{max} может быть уточнена с использованием других сейсмологических, геолого-геофизических и иных факторов. В целом на территории Сахалина за период действия карт ОСР-67 (СНиП-II—А.12-69, [7]) и ОСР-78 (СНиП-II-7-81 [8]) превышение наблюдаемой сотрясаемости над прогнозной согласно [7,8] не отмечено, за исключением такого редкого события, как произошедшее Нефтегорское землетрясение. При этом событии превышение над прогнозной интенсивностью в 7 баллов отмечено в Нефтегорске на 1-1.5 балла, а в восьми пунктах на 1 балл, шести пунктах на 0.5 балла (табл. 1, рис. 1). Однако методикой составления общесоюзной карты ОСР-78 допускалось возникновение более сильных сотрясений (на 1+2 балла) по сравнению с прогнозными в пунктах, расположенных вблизи эпицентров сильных и сильнейших землетрясений; при этом предполагалось, что повреждения зданий и сооружений в этих случаях не будут превышать 2-3-ей степени согласно шкале MSK-64, если, конечно, они будут построены качественно и с соблюдением всех норм строительства в сейсмоопасных районах. Во всем регионе Нефтегорское землетрясение по магнитуде является вторым после Монеронского землетрясения 05.09.1971 г. с $M=7.2$ [9], а на Северном Сахалине – первым, так как до 1995 г. самым сильным здесь было Ногликское землетрясение 02.10.1964 г. с $MLH=5.8$ [10], при котором 8-балльные эффекты были отмечены лишь в двух пунктах.

Целенаправленный сбор макросейсмических данных о Нефтегорском землетрясении сделан сотрудниками ИМГиГ и ОМСИП ИМГиГ ДВО РАН (ныне СОМСП ГС РАН) в течение 30 мая–20 июня 1995 г. [11]. Кроме того, для обследования и анализа повреждений зданий и сооружений после землетрясения в период с 28 мая по 10 июня 1995 г. работали группы специалистов Института литосферы РАН, ЦНИИСК, Камчатского центра по сейсмостойкому строительству и Сахалингражданпроекта [12].

Обработка собранных макросейсмических данных проведена на основе макросейсмических шкал MSK-64 [13] и модифицированной MMSK-84 [14]. Согласно последней шкале, основными источниками для оценки интенсивности сотрясений были данные о реакции зданий и сооружений, людей, предметов быта, элементов грунта и рельефа. При этом использованы признаки повреждения зданий как без антисейсмических мероприятий (типы А₁, А₂, Б и В), так и с антисейсмическими мероприятиями для расчетной интенсивности сотрясений $I=7$ баллов (соответственно тип С7). Для населенных пунктов при оценке величины сейсмического балла приоритет отдавался признакам в порядке их следования в шкале для того или иного балла. В частности, для сотрясений 6-8 баллов приоритетными были "повреждения зданий" и "реакция предметов", а для 9-10 баллов – "повреждения зданий" и "явления на поверхности Земли".

Перечень населенных пунктов Сахалина и Хабаровского края с указанием интенсивности наблюдаемых сотрясений приведен в табл. 1. Первоначально в [11] за окончательные параметры землетрясения были приняты: $t_0=13^h03^m49.5^s$, $\varphi=52.76^\circ\pm 0.20^\circ N$, $\lambda=143.18^\circ\pm 0.49^\circ E$, $h=18\pm 3$ км, $MLH=7.2$. В дальнейшем они неоднократно уточнялись в СОМСП ГС РАН. Наконец, в мае 2001 г. в СОМСП на основе данных отечественных и зарубежных сейсмических станций Нефтегорское землетрясение было разделено на два толчка: первый произошел в $13^h03^m49^s$, второй – через 4.2^s после первого [15]. Это разделение представляется не совсем обоснованным и нуждается в дальнейшем уточнении. В любом случае, разделение макросейсмического эффекта по выделенным подземным толчкам, следующим друг за другом через несколько секунд, невозможно. Поэтому при интерпретации макросейсмического материала использованы следующие параметры Нефтегорского землетрясения: $\varphi=52.80^\circ N$, $\lambda=142.97^\circ E$, $h=18$ км, $MLH=7.2$. Эти параметры определены по уточненным данным в 1999 г. в СОМСП на основе версии только одного землетрясения. Территориальное распределение интенсивности сотрясений показано на рис. 1.

Таблица 1. Макросейсмические данные о Нефтегорском землетрясении 27 мая 1995 г.

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>8 баллов</u>		6	Пильтунская коса, р-н о. Врангеля–мыс Песчаный	30
1	Пильтун	10		<u>7-8 баллов</u>	
2	Мухто, трансф. подст.	17	7	"Пильтун"–ж/д ст. узк. Ноглики-Оха	14
3	Пильтун, р-н устья реки	20	8	Сабо, пункт нфд.	32
4	Нефтегорск ($I=8-9$ баллов)*	22	9	"Паромай"–ж/д ст. узк. Ноглики-Оха	10
5	Кадыланья, трансф. подст.	29	10	Мухто, пункт нфд.	16

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
11	"Кадыланы"-ж/д ст. узк. Ноглики-Оха	23		<u>4 балла</u>	
12	Гаромай, устье реки	34	74	Богородское, Хбр. край	177
13	Сабо, пос.	39	75	Танги	184
14	"Сабо"-ж/д ст. узк. Ноглики-Оха	40	76	Аннинские мин. воды, Хбр. край	188
	<u>7 баллов</u>		77	Сусанино, Хбр. край	194
15	Хальчкова, устье ключа	42	78	Маго, Хбр. край	194
16	Пост 3, нфп. Оха-Кмс	44	79	Воскресеновка	214
17	Большереченск	44	80	Тымовское	220
18	Вал	51	81	Маринское, Хбр. край	225
19	Пост 2, нфп. Оха-Кмс	55	82	Красная Тымь	227
20	Озерный	73	83	Дуэ	230
	<u>6-7 баллов</u>		84	Кировское	236
21	Тунгор	66	85	Ясное	245
22	Новые Лангры	69	86	Палево	248
23	Пост 1, нфп. Оха-Кмс	71	87	Софийск, Хбр. край	258
24	Восточный-3	72	88	Циммермановка, Хбр. край	305
25	Восточный-2	75		<u>3-4 балла</u>	
26	Восточный-1	77	89	Арково	217
27	Эхаби	79	90	Белое	234
28	Оха	87	91	Белоречье	240
29	Москальво, порт	88	92	Онор	295
30	Москальво, пос.	91	93	Леонидово	392
	<u>6 баллов</u>		94	Советская гавань	468
31	Пост 4, нфп. Оха-Кмс	45	95	Троицкое, Хбр. край	585
32	Пост 5, нфп. Оха-Кмс	51		<u>3 балла</u>	
33	Эрри, устье реки	54	96	Владимировка	261
34	Даги	74	97	Победино	332
35	Лагури	87	98	Смирных	342
36	Некрасовка	100	99	Буюклы	367
37	Колендо	109	100	Матросово	375
	<u>5-6 баллов</u>		101	Лесогорск	381
38	Горячие Ключи	84	102	Поронайск	399
39	Ноглики	110	103	Тумнин, Хбр. край	405
	<u>5 баллов</u>		104	Углегорск	422
40	Пост 8, нфп. Оха-Емс	79	105	Вахрушев	428
41	Вагис, пункт нфд.	84	106	Ванино, Хбр. край	455
42	Рыбновск	93		<u>2-3 балла</u>	
43	Пост 9, нфп. Оха-Кмс	96	107	Бошняково	358
44	Пунр, Хбр. край		108	Шахтерск	410
45	Лазарев, Хбр. край	118	109	Ударный	417
46	Ниж. Пронге, Хбр. край	119	110	Ольховка	425
47	Озерпах, Хбр. край	119	111	Соболево	426
48	Катангли	121	112	Никольское	432
49	Набиль, порт	122	113	Макаров	465
50	Оремиф, Хбр. край	127	114	Селихино, Хбр. край	468
51	Ныш	141	115	Поречье, Макаровский р-н	475
52	Мыс Левенштерна	142	116	Комсомольск-на-Амуре	480
53	Виахту	155	117	Гайтер, Хбр. край	480
54	Николаевск-на-Амуре	158	118	Восточный, Макаровский р-н	506
55	Ныврово, метеост.	169		<u>2 балла</u>	
56	Хоэ	177	119	Солнечный, Хбр. край	496
57	Чир	180	120	Взморье	553
58	Горки	182	121	Ново-Александровск	642
59	Адо-Тымово	190	122	Анива	678
	<u>4-5 баллов</u>			<u>Ощущалось**</u>	
60	Погиби	110	123	Пост 6, нфп. Оха-Кмс	59
61	Чныррах, Хбр. край	137	124	Пост 7, нфп. Оха-Кмс	68
62	Трамбаус	158		<u>Опрошенные не проснулись</u>	
63	Арги-Паги	164	125	Роцино	317
64	Иркир	176	126	Ельники	352
65	Магидай	197	127	Тельновский	386
66	Слава	201	128	Тихменево	400
67	Молодежное	202	129	Лермонтовка	426
68	Мгачи	203	130	Новое	435
69	Чля, Хбр. край	205	131	Краснополье	435
70	Восход	222	132	Туманово	455
71	Подгорное	223	133	Пугачево	514
72	Александровск-Сахалинский	223			
73	Многовершинный, Хбр. край	241			

Примечание. * - В Нефтегорске из-за низкого качества строительства разрушения соответствуют интенсивности сотрясений 8-9 баллов. Сокращенные обозначения: трансф. подст - трансформаторная подстанция; ж/д ст. узк. - станция узкоколейной железной дороги; пункт нфд. - пункт нефтедобычи; нфп. - нефтепровод; Хбр. край - Хабаровский край; ** - землетрясение в пункте ощущалось, но данных недостаточно для определения величины балла; *** - из числа опрошенных жителей пункта во время землетрясения никто не проснулся.

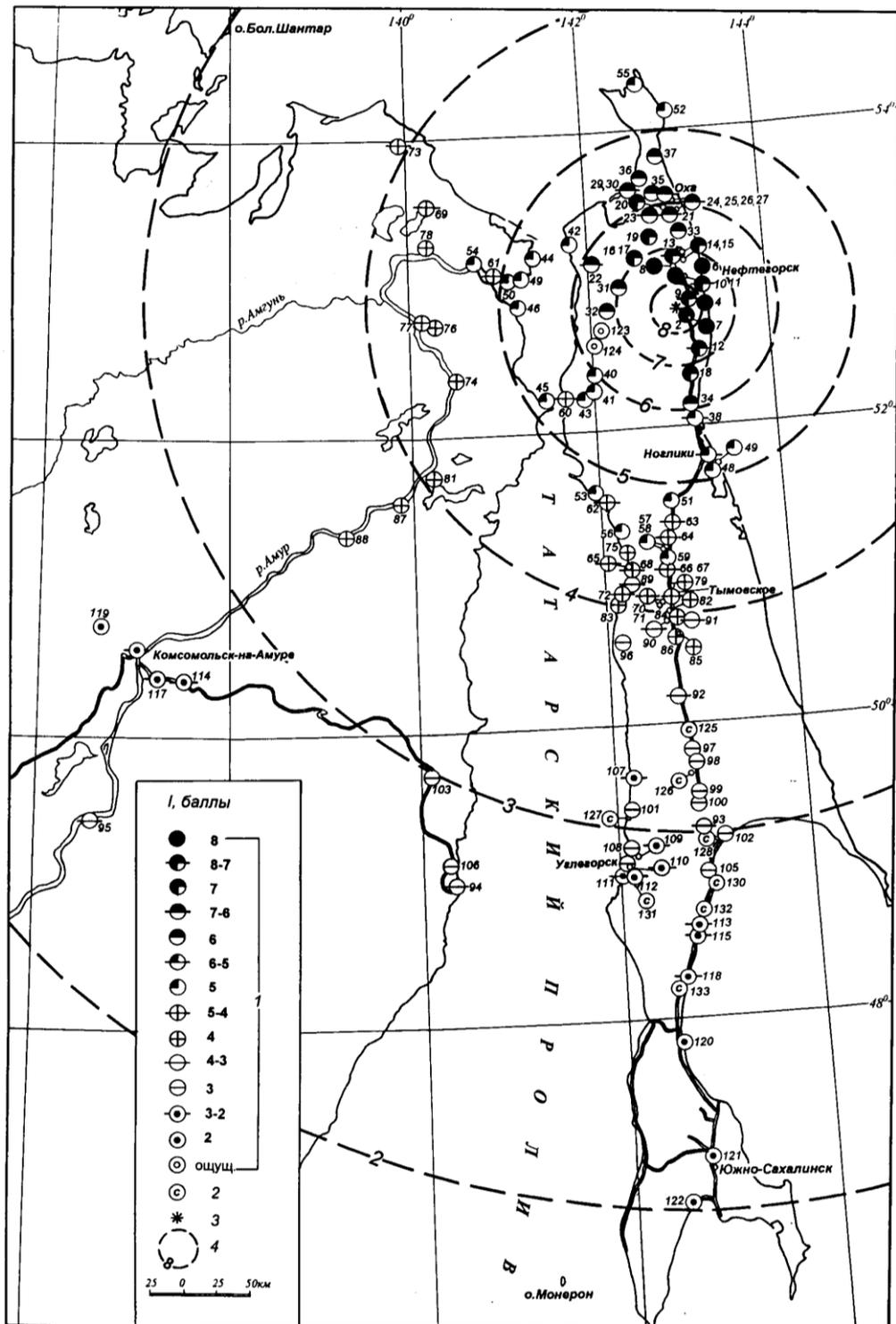


Рис. 1. Макросейсмическая схема Нефтегорского землетрясения 27 мая 1995 г.

1 – интенсивность сотрясений I в баллах по шкале MSK-64 [12]; 2 – опрошенные жители во время землетрясения не проснулись;
3 – инструментальный эпицентр; 4 – круговые изосейсты, рассчитанные по уравнению (4).

Повреждения зданий. Характер и степень повреждений зданий и сооружений в п.п. Нефтегорск, Сабо, Колендо, Тунгор, Москальво, Некрасовка и г. Оха подробно рассмотрен в публикациях [12,16,17]. Эти данные использованы при оценке величины сейсмического балла в указанных пунктах, но только с некоторой корректировкой с позиций сейсмологов.

Оценка в 8-9 баллов для п. Нефтегорск дана по макросейсмической шкале MMSK-84 [14] как средняя, так как в зависимости от типов зданий и степени их повреждения интенсивность сотрясений оценивается от 7 до 9-10 баллов. Все пятиэтажные крупноблочные здания (n=17), построенные из сборных крупных керамзитобетонных блоков с железобетонными круглопустотными плитами покрытий, с кирпичной кладкой внутренних несущих поперечных стен, были построены без антисейсмических мероприятий по типовому проекту 1-447С-5/60, разработанному Гипропромом и привязанному к местности Охинским филиалом СахалинГипропрома. По шкалам MSK-64 и MMSK-84 они относятся к типу Б. С

учетом состава наполнителя блоков, процента износа (усталости) и качества строительно-монтажных работ они отнесены условно к типу A_1 (местные здания из некачественного материала). Эти здания получили 5-ю степень повреждения (рис. 2, фото 1), что определяет интенсивность сотрясений в 9-10 баллов. К другим зданиям типа Б относятся: школьный комплекс (основная часть – трехэтажное кирпичное здание с перекрытиями из сборных железобетонных плит, параллельный отсек – большепролётная конструкция спортивного зала, железобетонные плиты покрытия через железобетонные блоки опирались на кирпичные стены), четыре двухэтажных детских сада (со стенами из крупных керамзито-бетонных блоков и каркасные железобетонные перекрытия с навесными панелями из керамзитобетона), двухэтажное здание поликлиники с одноэтажной пристройкой амбулатории (с несущими стенами из крупных керамзитобетонных блоков) и некоторые другие, в том числе одноэтажные здания котельной, мастерских. Все они были построены без антисейсмических мероприятий и получили повреждения 2-ой, 3-ей и 4-ой степени (фото 2, [12,16]), что соответствует 8-ми баллам. Четыре двухэтажных кирпичных и крупноблочных жилых дома (постройки 1983-1987 гг.) с антисейсмическими мероприятиями и хорошим качеством строительных работ (тип С7, минимальное конструктивное "вооружение") получили повреждения 1-2-ой степени, что соответствует 7-ми баллам. Находившийся рядом с практически разрушенным двухэтажным зданием администрации "Востокнефтегаз" памятник В.И. Ленину, высотой около 5 м, не пострадал (фото 3) – интенсивность сотрясений не более 8-ми баллов. Около 80 деревянных одно- и двухэтажных дачных домов практически не пострадали – интенсивность сотрясений не более 7-ми баллов.

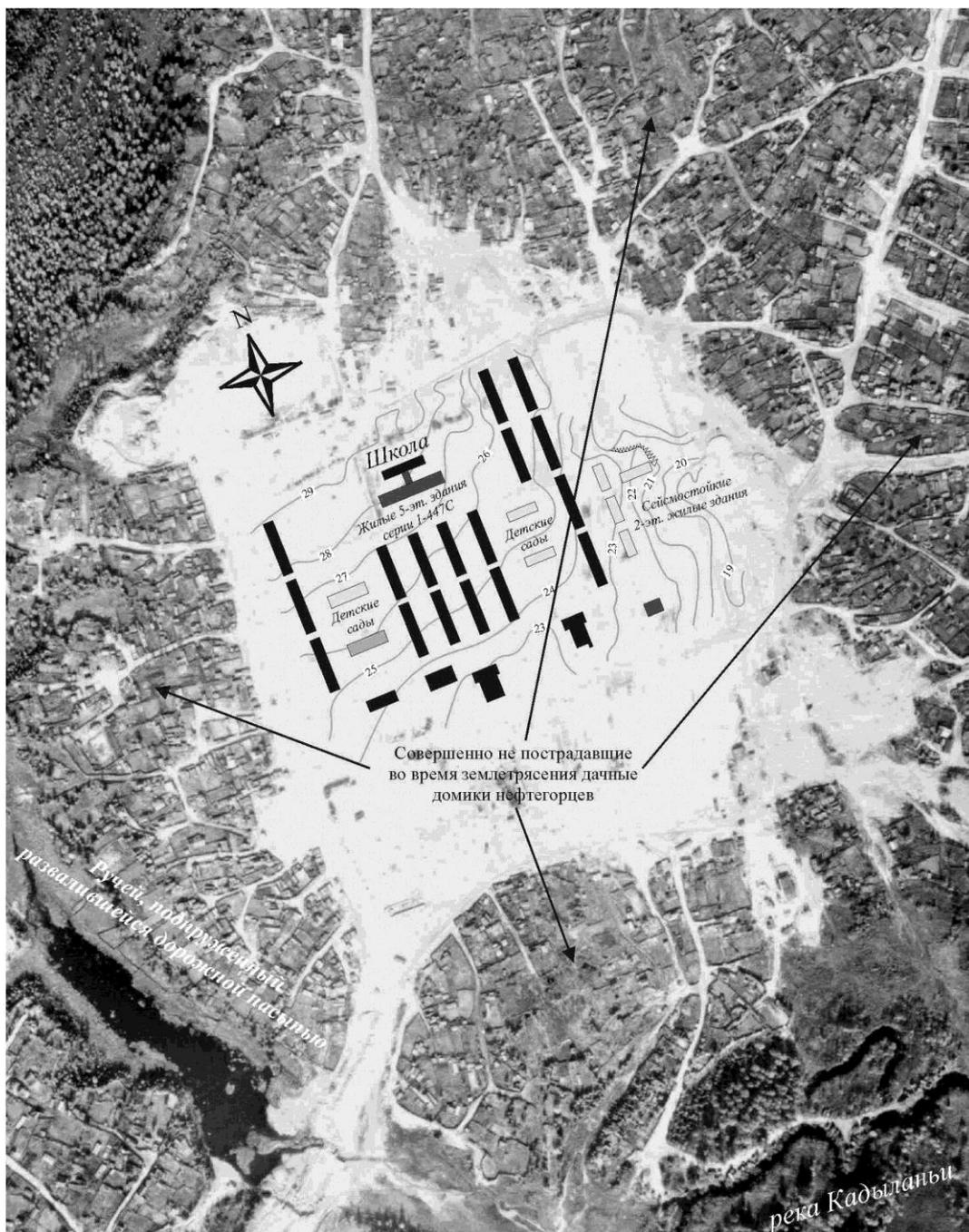


Рис. 2. На плане Нефтегорска приведена схема макросейсмического обследования поселка по Г.Л. Коффу [16], на которой степень залитки показаны следующие повреждения зданий по шкале MSK-64 [13]: светло-серый цвет – слабые (1-й и 2-й степени), более темная залитка – умеренные и средние (3-й степени), еще более темная залитка – тяжелые (4-й степени), черный цвет – обрушение (5-й степени).



Фото 1. В такие груды превратились 17 пятиэтажных зданий в п. Нефтегорск



Фото 2. Юго-западная часть основного корпуса школы. Видны трещины угловой части здания и повреждения корпуса в районе актового зала, образовавшиеся в результате обрушения его покрытия.



Фото 3. Повреждения 4-5-ой степени здания нефтегазодобывающего управления. Рядом памятник В.И. Ленину – не пострадал.

Аналогичный Нефтегорску характер соотношения между повреждениями зданий различных типов отмечен в других обследованных пунктах: г. Оха (№28 в табл. 1, 6-7 баллов), п.п. Сабо (№13, 7-8 баллов), Тунгор (№21, 6-7 баллов), Колендо (№37, 6 баллов), Новые Лангры (№22, 6-7 баллов), Москальво (№30, 6-7 баллов) [12,16,17].

Тяжелые последствия землетрясения в п. Нефтегорск связаны не столько с превышением наблюдаемой балльности над прогнозной, сколько с другими причинами [12,16,17]. В частности, в [18] отмечено, что "согласно выборочным испытаниям после Нефтегорского землетрясения прочность керамзитобетонных блоков обрушившихся 17-ти пятиэтажных зданий была в 3 раза ниже проектной прочности -26 кг/см^2 вместо заложенных в проекте 75 кг/см^2 . Если бы проектная прочность блоков была обеспечена, жертв можно было бы избежать". Этими же причинами объясняются, по-видимому, повреждения 1-3-ей степени зданий такой же серии в г. Оха и п.п. Тунгор, Новые Лангры, Колендо при наблюдаемой сотрясаемости в 6-7 и 6 баллов [16].

В ближайшем к инструментальному эпицентру Нефтегорского землетрясения п. Пильтун (№2 в табл.1 и на рис. 1) разошлись стены сборнощитовых одноэтажных деревянных домов, появились трещины по швам; дымоходы повреждены в 70-80% домов. Аналогичный характер повреждения дымоходов, но в меньшей степени, отмечен в одноэтажных сборнощитовых и других деревянных строениях на ж/д станции "Пильтун" (№7, рис. 1). Повреждения дымоходов и кирпичных дымоходных труб различной степени отмечены в п.п. Сабо (№13, фото 4), Большереченск (№17), в Посте 3 (№16) и на ж/д станциях "Паромай" (№9), "Нефтегорск", "Кадыланьи" (№10), "Сабо" (№14).



Фото 4. Поселок Сабо: обвал кирпичных дымоходных труб.

Реакция тяжелых предметов-объектов на открытом воздухе. На ж/д станции "Нефтегорск" во время землетрясения опрокинулся локомотив в юго-восточном направлении (фото 5). На трансформаторных подстанциях Мухто (№3) и Кадыланьи (№5) трансформаторные будки сместились и наклонились в восточном (Кадыланьи) и западном (Мухто) направлениях. В устье р. Гаромай (№12) на мари отмечены сильные колебания стоявшей автомашины (ГАЗ-66 с будкой) сначала с борта на борт, потом вдоль нее.



Фото 5. Ж/д станция "Нефтегорск": локомотив во время землетрясения опрокинулся в юго-восточном направлении.

Явления на поверхности Земли:

1. Многочисленные повреждения и разрушения насыпи и рельсового пути узкоколейной железной дороги Ноглики-Оха произошли на участке между ж/д станциями "Сабо" (№14 на рис.1) и "Вал" (№18 на рис.1) и ее ветки на станцию "Нефтегорск". Эти повреждения выражены в виде сдвига, ступенчатого оседания склонов и смятия грунтов тела насыпей, а также искривления рельсов (в одном случае отмечен разрыв рельсов); характер и размер этих явлений зависели от крутизны склонов насыпей, наличия водотоков, пересекающих или идущих рядом с железной дорогой, и площади зеркала их пойменных участков. Например, на фото 6 виден характер разрушения ж/д ветки в районе пересечения ею левого притока р. Кадыланьи, первого от станции "Нефтегорск": железнодорожная насыпь, сооруженная на первой надпойменной заболоченной террасе, выбита из под рельс в юго-восточном направлении, а сама насыпь подпрудила ручей. В районе пересечения железной дорогой Ноглики-Оха долины ручья Железнодорожный ж/д полотно было уложено на высокую насыпь, которая во время землетрясения разрушилась и сместилась, а сползание ж/д полотна привело к разрыву стыков рельс (фото 7). В целом, основная причина повреждений – низкая устойчивость ж/д насыпей, которые возводились из местных сыпучих песков. Более всего пострадали те участки дорог, где взамен протяженных ж/д мостов, опирающихся на коренные берега, при пересечении рек и ручьев высокие насыпи сооружались на заболоченных первых надпойменных террасах.



Фото 6. Характер разрушения Нефтегорской узкоколейной ж/д ветки вблизи Нефтегорска. Насыпь (отмечена стрелкой) выбита из под ж/д полотна в юго-восточном направлении.



Фото 7. Разрыв стыков рельс в районе пересечения узкоколейной железной дорогой Оха-Ноглики долины ручья Железнодорожный.

2. Различной степени повреждения шоссейных и грунтовых дорог. Они, как и железные дороги, более всего пострадали от землетрясения там, где были проложены при пересечении рек и ручьев на высоких неустойчивых насыпях (фото 8).

3. Повреждения различной степени шоссейных и ж/д мостов. Основная причина – расположение несущих конструкций мостов на рыхлых грунтах. Например, мост через левый приток р. Кадыланьи (фото

9) поврежден землетрясением: разрушенная насыпь подпрудила ручей, так как она сложена рыхлыми грунтами. Железнодорожные и автомобильные мосты, краевые опоры которых располагались на берегах, сложенных коренными породами, в худшем случае получили лишь незначительные повреждения.

4. Повреждения магистральных нефтепроводов. Порывы и разрывы магистральных трубопроводов, связывающих Сахалинские нефтяные месторождения с нефтеперерабатывающими заводами материка, привели к массовым излияниям нефти, значительная часть которой попала в реки. На участке между Постами 2(№19) и 3(№16) (рис. 3) магистрального нефтепровода Лабури (№35) – Погиби (№60) отмечены: полный порыв по стыку без смещения – в четырех точках, со смещением трубы до 0.5 диаметра – в двух точках, с расхождением до 5-100 мм – в трех точках, трещины по сварному стыку – в двух точках. Аналогичного характера повреждения нефтепровода Сабо–Пост 3 (рис. 3) отмечены в целом в 15-ти местах (пример на фото 10). В [19] отмечено, что порывы и разрывы трубопроводов чаще всего происходили в местах с резкой сменой грунтовых условий – обычно в граничной области между районами развития песчано-глинистых неогеновых отложений и торфяных болот.



Фото 8. Характер разрушения дороги Нефтегорск-Сабо вблизи моста через р. Кадыланы.



Фото 9. Въезд в Нефтегорск с юга: поврежденный землетрясением мост через левый приток р. Кадыланы. Основная причина разрушения моста – неустойчивость высокой насыпи из рыхлых грунтов.

5. Многочисленные трещины оползневого характера и разных размеров. Оползни образовались по крутым и даже сравнительно пологим выемкам и откосам шоссейных и узкоколейных железных дорог, по берегам рек, ручьев и озер. Пример на фото 11, где изображена панорама оползня, образовавшегося на крутом левом берегу р. Кадыланы, прорезающей узкий хребтик субмеридионального простирания. Здесь во время землетрясения сползшие массы полностью перегородили и перепрудили речку, воды которой затопили первую надпойменную террасу, хотя уже к 15 июня река стремительно, с ревом текла через узкий проход, промытый ею в теле оползня.

6. Разжижение грунтов. Наиболее эффективно эти последствия проявились на Пильгунской косе (рис. 3), особенно южнее о. Врангеля (от залива Мелководный – на севере, до района мыса Песчаный – на юге). Здесь во время землетрясения в местах излияния обводненных песчано-глинистых масс на земной поверхности образовались многочисленные кратеры диаметром до 25-30 м. Пример на фото 12, где следует обратить внимание на обвалы в кратер тундровой растительности и на параллельные линии в стенке



Фото 10. Ремонтно-восстановительные работы на трассе нефтепровода.



Фото 11. Панорама оползня, образовавшегося на крутом левом берегу р. Кадыланы. Река прорезает здесь узкий (около 3 км) хребтик субмеридионального простирания высотой около 150 м. Общий объем сползших масс оценивается в данном случае величиной около 50000 м³. Человек стоит на теле оползня, остатки которого сохранились на левом берегу.



Фото 12. Пильтунская коса, район мыса Песчаный. Места массовых излияний на земную поверхность разжиженной во время землетрясения песчано-глинистой смеси сопровождались на Пильтунской косе многочисленными кратерами.

7. Отдельные случаи заметных "земляных волн" на низменных участках, волн на поверхности воды рек, ручьев, мелководья Пильтунского залива.

Активное разрывообразование. Образование сейсморазрыва на земной поверхности (фото 13) – один из наиболее впечатляющих проявлений Нефтегорского землетрясения. Сейсморазрыв, получивший название Нефтегорский, прослежен на расстоянии 37 км от района г. Таксон на юге в направлении до слияния рек Кадылань и Кенига (рис. 3). Пространственно он совпал с известным Верхне-Пильтунским разломом (ВП на рис. 3), который нарушает на севере Сахалина неогеновые и четвертичные отложения, преимущественно песчано-глинистые мощностью до 6 км и более.



Фото 13. Нефтегорский сейсморазрыв (снимок с вертолета А.И. Кожурина).

Западное крыло разрыва (на верхней части снимка) приподнято на 1.2 м и смещено к северу на 4.5 м относительно восточного крыла (величина правостороннего сдвига замерена по смещению дороги).

Однако результаты дешифрирования аэрофотоснимков масштаба 1:10000 [20] показали, что Нефтегорский сейсморазрыв далеко не повсеместно совпадает с Верхне-Пильтунским разломом. В одних случаях это несовпадение кажущееся, связанное с недостаточностью данных о точном местонахождении Верхне-Пильтунского разлома. В других местах Нефтегорский сейсморазрыв проходит заметно восточнее Верхне-Пильтунского разлома. На аэрофотоснимках выделяется целая серия разрывов, субпараллельных Нефтегорскому, который далее будем называть Главным сейсморазрывом. При полевом осмотре 3-15 июня шоссейной дороги Нефтегорск-Мухто и окрестностей п. Нефтегорск также были обнаружены несколько сейсморазрывов (рис. 3), помимо Главного Нефтегорского. В целом, по-видимому, можно говорить не о единичном разломе, а Верхне-Пильтунской зоне активных разломов [20].

Ориентация Главного Нефтегорского разрыва преимущественно север-северо-восточная. Многочисленные реперы (пересекающие разлом дороги (фото 13), просеки и тропы, растущие вдоль разлома растущие и поваленные деревья и др.) позволяют в большом числе пунктов уверенно определить правостороннюю компоненту смещения, величина которой колеблется от 0.5 до 8.1 м. Минимальные ее значения – на флангах и тех участках разрыва, где простирание последнего отклоняется к северу до субмеридионального. Величина знакопеременной вертикальной составляющей смещения также не постоянна и колеблется вдоль разрыва от 0 до 1-1.5 м, в результате чего можно видеть относительно приподнятым то восточное, то западное крыло разрыва. Плоскость разрыва во многих случаях круто (около 70°) падает на северо-запад, однако в ряде мест она приобретает пропеллерообразную форму, в связи с чем появляются ее обратные падения. Морфологически зона скальвания, фиксирующая сейсморазрыв, местами выражена то в виде простой протяженной линии сдвига или взбросо-сдвига, то в виде эшелонированных сколов Риделя или трещин отрыва.

Обобщение макросейсмических данных. Приведенные в табл. 1 и на рис. 1 макросейсмические данные отражают редкость и фрагментарность расположения населенных пунктов на Северном Сахалине. Это обстоятельство не позволяет построить наблюдаемые изосейсты. Поэтому нами для Нефтегорского землетрясения для обобщения макросейсмических данных использованы круговые (рис. 1) и эллипсовидные (рис. 3) изосейсты, рассчитанные по наблюдаемым данным (табл. 1).

Для сахалинских землетрясений за 1951-1993 гг. ($MLH = 3.2 \div 7.2$; $h = 5 \div 30$ км; $\Delta = 5 \div 400$ км; $I = 2 \div 8$ баллов) были получены методом наименьших квадратов уравнения макросейсмического поля, которые согласно [21] имеют вид:

$$(I_0 \pm 0.95) = (1.60 \pm 0.05) MLH - (4.41 \pm 0.10) \lg h + (3.32 \pm 0.16), \quad (1)$$

$$(I \pm 0.95) = (1.60 \pm 0.05) MLH - (4.41 \pm 0.10) \lg r + (3.32 \pm 0.16). \quad (2)$$

По наблюдаемым данным для Монеронского землетрясения 5 сентября 1971 г. ($MLH = 7.2$, $h = 18$ км) уравнения макросейсмического получены также методом наименьших квадратов в виде:

$$(I \pm 0.54) = (1.60 \pm 0.05) MLH - (4.19 \pm 0.25) \lg r \pm (2.20 \pm 0.55). \quad (3)$$

Для Нефтегорского землетрясения были уточнены в уравнении (2) значения численных коэффициентов s (при $\lg r$) и c (свободный член), а коэффициент при магнитуде принят равным $b=1.6$ в соответствии с уравнением (2). На первом этапе обработка данных табл. 1 проводилась корреляционным методом (коэффициент корреляции между I и r равен (-0.97)). Затем численные значения параметров s и c для уравнения (2) определялись способом наименьших квадратов по совокупности наблюдаемых данных. Эти параметры определены трижды:

- по всем наблюдаемым данным табл. 1;
- отдельно для пунктов с $I \geq 5$ баллов (№№1-59);
- отдельно для пунктов с $I < 5$ баллов (№№60-122).

В результате получены, соответственно, три уравнения:

$$(I \pm 0.44) = (1.60 \pm 0.05) MLH - (4.25 \pm 0.10) \lg r + (2.53 \pm 0.23), \text{ все } I, \quad (4)$$

$$(I \pm 0.46) = (1.60 \pm 0.05) MLH - (3.70 \pm 0.23) \lg r + (1.59 \pm 0.43), I \geq 5, \quad (5)$$

$$(I \pm 0.37) = (1.60 \pm 0.05) MLH - (3.98 \pm 0.26) \lg r + (1.80 \pm 0.65), I < 5, \quad (6)$$

при высоких коэффициентах корреляции, соответственно равных (-0.97) , (-0.91) , (-0.89) .

По уравнениям (2-6) были рассчитаны интенсивность в эпицентре I_0 и радиусы круговых изосейс $\Delta(I_i)$ для $MLH=7.2$ и $h=18$ км. Расчетные интенсивности I_0 по уравнениям (2-6) равны (9.3 ± 0.95) , (8.5 ± 0.54) , (8.7 ± 0.44) , (8.5 ± 0.46) и (8.3 ± 0.37) баллов, соответственно. Вычисленные по этим уравнениям значения радиусов R круговых изосейс приведены в табл. 2 для каждого балла. В этой же таблице помещены средние наблюдаемые радиусы $R(I)$, полученные по соотношению: $R(I) = [R_{\min}(I) \cdot R_{\max}(I)]^{1/2}$. Расчетные круговые изосейсы по уравнению (4) показаны на рис. 1.

Таблица 2. Расчетные и наблюдаемые радиусы R (км) изосейс для Нефтегорского землетрясения

I, баллы	R(I), средние наблюдаемые	R(I) расчетные (по формулам (2)-(7))						
		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	Длина осей по (7)	
							a(I)	b(I)
9	-	11	-	-	-	-	-	-
8	17	31	15	19	16	12	29	18
7	55	57	36	42	41	34	50	31
6	70	99	67	76	82	67	86	54
5	122	169	119	133	155	122	148	93
4	232	286	208	231	289	219	255	160
3	345	484	361	397	540	391	439	274
2	579	816	627	693	1006	698	754	471

Также определены параметры расчетных изосейс эллипсоидной формы на основе данных о предлагаемых размерах очага землетрясения. За длинную ось эллипса взято значение длины очага $a=40$ км, за короткую – значение ширины очага $b=25$ км (см. в [21] табл. 3 для Сахалина при $MLH=7.0$). Ориентация длинной оси эллипсов принята вдоль простирания первой нодальной плоскости из решения механизма очага Нефтегорского землетрясения [23] (случай полного объема данных о знаках в P -волне). Величины $a=40$ км и $b=25$ км приняты за длинную и короткую оси соответственно первой изосейсы со значением интенсивности $I=I_0=8.7$ согласно уравнению (4). Длины полуосей $a_i/2$, $b_i/2$ последующих изосейс вычислялись по формулам

$$a_{i-1}/2 = a_i \cdot 10^{\frac{I_i - I_{i-1}}{s}}, b_{i-1}/2 = b_i \cdot 10^{\frac{I_i - I_{i-1}}{s}}, \quad (7)$$

где $s=4.25$ согласно уравнению (4) и интенсивность сотрясений I равна последовательно 8.7 баллов, 8, 7, ..., 2 балла. Значения a_i и b_i по (7) помещены в табл. 2, а сами эллипсоидные изосейсы изображены на рис. 3 в пределах рамки карты.

В очаговую область, ограниченную изосейстой $I=8.7$ на рис. 3, попадают Верхне-Пильтунский разлом и зона наибольших повреждений узкоколейной железной дороги Ноглики-Оха. Сам п. Нефтегорск и южная часть железнодорожной ветки Нефтегорск-Ноглики-Оха расположены в области, ограниченной изосейстой $I=8$ баллов. Область разжижения грунтов на Пильтунской косе (о. Врангеля – траверс м. Агиво), а также большая часть трубопровода Сабо-Пост 3 входят в зону, ограниченную изосейстой $I=7$ баллов.

Из табл. 2 следует, что для $I \geq 5$ расстояния $\Delta(I_i)$ по уравнениям (3,4), для Нефтегорского и Монеронского землетрясений, незначительно отличаются друг от друга. Эта разница несколько увеличивается при $I < 5$ баллов. Но расстояния для обоих землетрясений значительно меньше расстояний, полученных по общесахалинскому уравнению (2). Следовательно, оценки балльности по уравнению (2) будут завышенными на 0.6-0.8 балла по сравнению с оценками, полученными по уравнениям для конкретных сильных землетрясений. Оценки балльности по уравнениям (5) и (6) Нефтегорского землетрясения для $I > 5$ баллов отличаются друг от друга не более, чем на 0.3 балла; но при $I \leq 5$ баллов они возрастают и при $I = 2 \div 3$ балла оценки по уравнению (5) на 0.5-0.6 балла больше, чем по уравнению (6).

Л и т е р а т у р а

- Фокина Т.А., Поплавская Л.Н. (отв. сост.), Шолохова А.А., Садчикова А.А., Величко Л.Ф., Паршина И.А., Левит Е.В. Сахалин. См. раздел III (Каталоги землетрясений) в настт. сб.
- Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1995 год. 1995-1996. / Отв. ред. О.Е. Старовойт. Обнинск: Изд-во ОМЭ ИФЗ РАН.
- Bulletin of the International Seismological Centre for 1995. 1997. Ньюбери: Изд-во ISC.
- Оскорбин Л.С. 1977. Количественная оценка сейсмичности и сейсмической опасности Сахалина // Сейсмическое районирование Сахалина. Владивосток: Изд-во Дальнаука. С. 23-33.
- Оскорбин Л.С. 1979. Сахалин // Сейсмическая сотрясаемость территории СССР. М.: Наука. С.138-142.

6. **Оскорбин Л.С. 1983.** Сейсмичность шельфа северо-восточного побережья Сахалина // Сейсмологические исследования Мирового океана. М.: Наука. С. 127-133.
7. **Строительные нормы и правила (СНиП-П-А.12-69). 1970.** М.: Стройиздат. Ч.2. Раздел А. Гл.12. 47 с.
8. **Айзенберг Я.М., Мелентьев А.М., Минаков С.А., Кириков Б.А., Клячко М.А. 1995.** Инженерный анализ последствий Нефтегорского землетрясения 27(28) мая 1995 г. // Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. М.: Изд-во МЧС России и РАН. С. 155-166. (ФССН. Информ.-аналит. бюл. Экстренный выпуск, октябрь).
9. **Оскорбин Л.С., Леонов Н.Н., Волкова Л.Ф., Воробьева Е.А. 1975.** Монеронское землетрясение 5(6) ноября 1971 г. (M=7.0) // Землетрясения в СССР в 1971 году. М.: Наука. С. 203-213.
10. **Оскорбин Л.С., Поплавский А.А., Занюков В.Н. 1967.** Ногликское землетрясение 2 октября 1964 г. / Отв. ред.: С.Л. Соловьев, И.В. Якушкин. Южно-Сахалинск: Изд-во ИМГиГ. 86 с.
11. **Ивашенко А.И., Кузнецов Д.П., Ким Чун Ун, Оскорбин Л.С., Поплавская Л.Н., Поплавский А.А., Бурымская Р.Н., Михайлова Т.Г., Стрельцов М.И., Шолохова А.А., Давыдова Н.А., Нагорных Т.В., Овчинников В.В., Садчикова А.А., Сен Рак Се, Харламов А.А., Шалгин С.В., Фокина Т.А., Ефимов С.А., Хритова Л.И., Койкова Л.Ф., Левин Ю.Н. 1995.** Нефтегорское землетрясение 27(28) мая 1995 г. на Сахалине. 1995. // Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. М.: Изд-во МЧС России и РАН. С. 48-67. (ФССН. Информ.-аналит. бюл. Экстренный выпуск, октябрь).
12. **Айзенберг Я.М., Мелентьев А.М., Минаков С.А., Кириков Б.А., Клячко М.А. 1995.** Инженерный анализ последствий Нефтегорского землетрясения 27(28) мая 1995 г. // Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. М.: Изд-во МЧС России и РАН. С. 155-166. (ФССН. Информ.-аналит. бюл. Экстренный выпуск, октябрь).
13. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). 1965.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: Изд-во МГК АН СССР. 11 с.
14. **Ершов И.А., Шебалин Н.В. 1984.** Проблема конструкции шкалы интенсивности землетрясений с позиций сейсмологов // Прогноз сейсмических воздействий. М.: Наука. С. 78-89 (Вопр. инж. сейсмологии; Вып. 25).
15. **Фокина Т.А., Поплавская Л.Н., Паршина И.А., Рудик М.И., Бобков А.О., Шолохова А.А., Брагина Г.И.** Сахалин. См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.
16. **Кофф Г.Л., Котлов В.Ф., Тен Су Мун, Ладонце Е.А., Шахраманьян М.А. 1995.** Инженерный анализ макросейсмических последствий Нефтегорского землетрясения 27(28).05.1995 г. // Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. М.: Изд-во МЧС России и РАН. С. 139-154. (ФССН. Информ.-аналит. бюл. Экстренный выпуск, октябрь).
17. **Айзенберг Я.М., Кофф Г.Л., Рогожин Е.А., Сидорин Я.Я. 1995.** Предварительный анализ результатов комплексного изучения Нефтегорского землетрясения и его последствий. // Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. М.: Изд-во МЧС России и РАН. С. 139-154. (ФССН. Информ.-аналит. бюл. Экстренный выпуск, октябрь).
18. **Айзенберг Я.М. 2000.** От Сахалина до Турции. Некоторые уроки последних сейсмических катастроф // Память и уроки Нефтегорского землетрясения. Научно-технический семинар-совещание, 24-25 мая 2000 г., Южно-Сахалинск. М.: Изд-во ПОЛТЕКС. С. 37-42.
19. **Землюк С.В., Астафьев В.Н., Поломошнов А.М. и др. 2000.** Анализ последствий воздействия Нефтегорского землетрясения на промышленные сооружения // Память и уроки Нефтегорского землетрясения. Научно-технический семинар-совещание, 24-25 мая 2000 г., Южно-Сахалинск. М.: Изд-во ПОЛТЕКС. С. 42-45.
20. **Ивашенко А.И., Стрельцов М.И. 1997.** Активные разломы и деформации земной поверхности в плейстоценовой области Нефтегорского землетрясения 27(28) мая 1995 г. (о. Сахалин) // Очаги сильных землетрясений Дальнего Востока. Южно-Сахалинск: Изд-во ИМГиГ. С. 176-188. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т.V).
21. **Оскорбин Л.С. 2000.** Макросейсмическая балльность Сахалина и повторяемость сотрясений в отдельных пунктах // Память и уроки Нефтегорского землетрясения. Научно-технический семинар-совещание 24-25 мая 2000 г., Южно-Сахалинск. М.: Изд-во ПОЛТЕКС. С. 68-71.
22. **Чернов Ю.К. 1997.** Методика и вероятностные оценки сейсмической опасности территорий Сахалина, Курильских островов и Приморья // Проблемы сейсмической опасности Дальневосточного региона. Южно-Сахалинск: Изд-во ИМГиГ. С. 198-238. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т.VI).
23. **Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Фокина Т.А. 1997.** Сеймотектонические условия подготовки и возникновения Нефтегорского землетрясения 27(28) мая 1995 г. // Очаги сильных землетрясений Дальнего Востока. Южно-Сахалинск: Изд-во ИМГиГ. С. 64-82. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т.V).