

Из других сейсмосактивных участков территории следует отметить Охотский район, где 1.07.1989 г. на западных склонах хр. Джулаху промежуточное землетрясение с  $M=II$ . Наименьший уровень сейсмичности обнаружен на Яно-Оймяконском нагорье и в хребтах Верхоянский и Сетте-Дабан.

#### Л и т е р а т у р а

1. Козьмин Б.М. Землетрясения Якутии // Землетрясения в СССР в 1984 году. М.: Наука, 1987. С. 146-150.
2. Парфенов Л.Н., Козьмин Б.М., Гриненко О.В. и др. Геодинамические модели сейсмических поясов Якутии. Якутск: Изд. Якутского филиала СО АН СССР, 1987. 48 с.
3. Сейсмологический бюллетень. Обнинск: ОМЭ ИЭЗ АН СССР, 1989.
4. Earthquake data rep. 1990 N4-89. P.170-174.
5. Имаев В.С., Имава Л.П., Козьмин Б.М. Активные разломы и сейсмотектоника Северо-Восточной Якутии. Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1990. 241 с.

УДК 550.348.436 (571-925.16)

Б.М. Козьмин, С.И. Голенецкий, З.В. Николаев, В.А. Альеев,  
Б.А. Воробьев, В.Г. Воротынцев, И.Г. Голенецкая, П.Я. Зеленков,  
В.С. Имаев, С.В. Кленченко, Н.С. Коваленко, В.А. Корнилова,  
А.Г. Ларионов, Р.А. Серебренников, С.П. Серебренникова, А.М. Скрыников,  
И.Я. Худаева, Л.С. Челкунас, А.В. Чипизубов, А.А. Шолохова

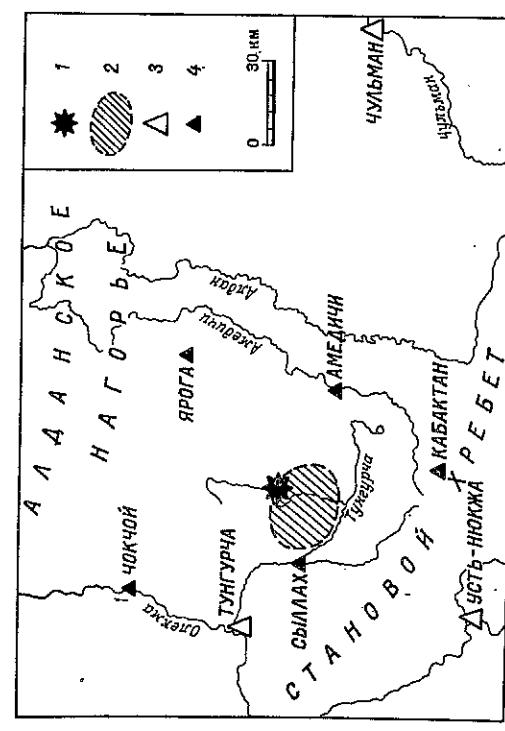
**Южно-Якутское землетрясение 20(21).04.1989 г. и его aftershocks**

Землетрясение 20.04.1989 г. в 22 ч 59 мин 55 с по Гринвичу (21.04 в 8 ч 59 мин 56 с местного времени,  $M_{IN}=6,6$ ) произошло в Южной Якутии на западном фланге Станового хребта. Оно сопровождалось значительной серией афтершоков, одна из которых 29.04 (мин = 5,2) и 17.05 (мин = 6,0) являлись наиболее сильными. В последовании последствий указанных землетрясений и обзоре макросейсмических данных участвовали сотрудники трех подразделений АН СССР: Института земной коры СО АН СССР (В.В. Николаев, С.И. Голенецкий, Р.М. Семенов, С.П. Серебренников, В.А. Альеев, П.Я. Зеленков, А.В. Чипизубов, В.К. Шаперлин); Якутского института геологических наук СО АН СССР (Б.М. Козьмин, А.Г. Ларионов, В.С. Имаев) и Института морской геологии и геофизики ДВО АН СССР (Е.А. Воробьева, Н.С. Коваленко, А.А. Шолохова, С.В. Кленченко, В.Г. Воробьев, А.М. Скрыников).

Для изучения афтершоков Южно-Якутского землетрясения в начале мая силами БОИСЭ ИЭЗ СО АН СССР (отв. О.К. Масальский) и ОМСИ ЯНЦ СО АН СССР (отв. А.Г. Ларионов) была организована сеть временных сейсмических станций, просуществовавшая до августа 1989 г. Наблюдения велись в 5 пунктах: Амеличи, Кыбекткан, Сыллах, Чоткой, Ярога (рис. 1), оснащенных маятниками СМ-3, осциллографами ОСБ-УТ с гальванометрами ГК-IV, что обеспечивало увличение 5-15 тыс. в интервале периодов 0,1-0,2 с. Сеть постоянных сейсмических станций на юге Якутии и в соседних зонах (в Прибайкалье и Приамурье) позволяла без заметных пролусков регистрировать землетрясения с  $K_p \geq 7$ , а в период работы полевых станций уровень представительности землетрясений мог понижаться до 6-го энергетического класса.

Помимо этого в мае 1989 г. в трех пунктах по трассе БМ (Олекма, Хани, Догабуль) велась сейсмическая регистрация комплектом аппаратуры "Черепаха" (отв. сотрудниками лаборатории инженерной сейсмологии ИЭЗ СО АН СССР Е.Н. Черных, В.В. Чечельницкий). Обработка инструментальных наблюдений осуществлялась в БОИСЭ ИЭЗ СО АН СССР (отв. А.Г. Ларионов).

172



**Рис. 1. Система инструментальных наблюдений в районе Южно-Якутского землетрясения**

1 - эпицентр основного события; 2 - положение обсерваторий; 3 - стационарные сейсмические станции; 4 - временные полевые сейсмические станции

АН СССР (отв. И.Г. Голенецкая). ОМСИ ЯНЦ СО АН СССР (отв. И.Я. Худаева), в лаборатории региональной сейсмичности ИЭЗ СО АН СССР (отв. Г.Ф. Дренинова).

Определенную роль в анализе инструментальных данных играли Б.М. Козьмин и С.И. Голенецкий, они участвовали также в интерпретации макросейсмических данных, возглавляемой В.В. Николаевым, Л.С. Челкунас - определения механизма основного толка и двух афтершоков по всей совокупности собранных наблюдений.

Геолого-геофизическое описание района землетрясения представлено в интервью В.В. Николаева, Б.М. Козьмина и В.С. Имаева.

Краткая информация о результатах предварительного изучения Южно-Якутского землетрясения 1989 г. отражена в статьях [1, 2].

**Инструментальные данные**

Землетрясение отмечено всей системой сейсмических наблюдений СССР и многими сейсмическими станциями мира (максимальное эпцентрическое расстояние, на котором были зарегистрированы первые вступления волн РКР, составило 156°) [3]. Подобные события не являются редкими в целом для территории Южной Якутии. За последние 30 лет стационарной сетью сейсмических станций в междугорье Олекмы и Алдана зарегистрировано около 7 тысяч землетрясений разных энергетических классов. На рис. 2 представлен западный фрагмент Олекмо-Становой сейсмической зоны, которая продолжает Байкальскую рифтовую систему в направлении к Охотскому морю.

Землетрясения здесь группируются, главным образом, вдоль субширотных структур Станового хребта. К северу и вту от него уровень сейсмической активности снижается. Обособлены три крупные ступени эпцентров землетрясений: Олекминское эпцентрическое поле в среднем течении р. Олекмы (между левыми ее притоками Имангра и Тас-Дарх), Тас-Мильинское - на Олекмо-Чароком нагорье к северу от Олекминского поля и Жарбонское - южнее истоков р. Алдан. Все они связаны с крутыми сейсмическими событиями. В Олекминском поле имели место три сильных землетрясения, сопро-

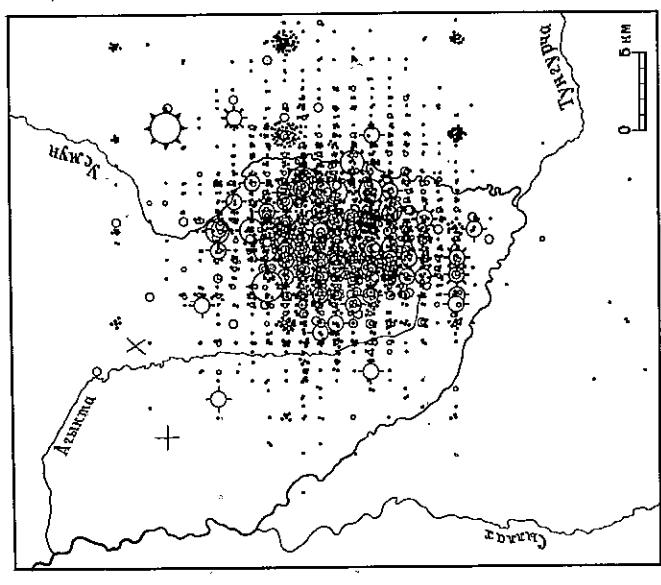


Рис. 3. Карта эпицентров последовательности Южно-Якутских землетрясений за апрель-декабрь 1989 г.  
1 - энергетический класс; 2 - эпицентр по [4]; 3 - эпицентр по [3]

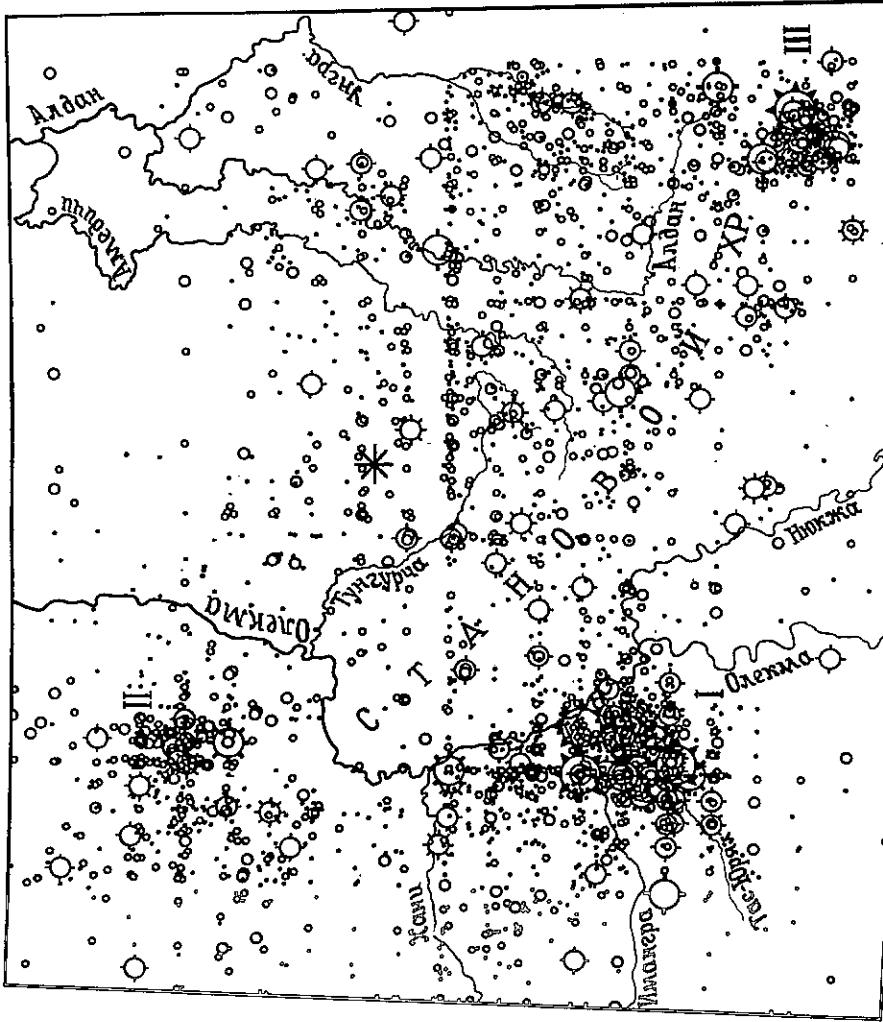


Рис. 2. Проявления сейсмичности в Южной Якутии за 1958-1988 гг.  
1 - энергетический класс; 2 - эпицентр землетрясения 1989 г.  
Мыслянскими цифрами помечены эпизентральные поля: I - Олекминское, II - Тас-Мыслянское, III - Ларбининское

Возможавшееся значительным числом повторных толчков: Нижнинское и Олекминское 1958 г. с  $M = 6,4 + 6,5$  и Тас-Мыслянское 1967 г. с  $M = 7,0$ .  
Ларбинскому "области" эпицентров соответствует Ларбинское землетрясение 14.06.1971 г. с  $M = 5,9$ . После него также наблюдалась продолжительная серия афтершоков. Одни из них 25.11.1972 г. имел  $M = 5,0$ . И наконец, на Олекмо-Чарском нагорье зарегистрировано Тас-Мыслянское землетрясение 15.01.1972 г. с  $M = 4,8$ .  
Южно-Якутское землетрясение 1989 г. произошло в пространстве между двумя последними районами. На протяжении 30-летнего периода инструментальных наблюдений вблизи будущего эпицентра (радиус  $\sim 50$  км) не отмечены землетрясения выше II-го энергетического класса. Зарегистрированные за это время немногочисленные слабые землетрясения составляют, по-видимому, нормальный сейсмический фон.

Анализ на фоне окружающей территории эпизентральных полей в пределах области, занимаемой афтершоками Южно-Якутского землетрясения 1989 г. (рис. 3), свидетельствует, что в последние годы (до 5 лет) перед этим землетрясением ежегодно проистекали также лишь единичные слабые землетрясения и эта область не выделялась по сейсмичности от смежных территорий, то есть нет каких-либо признаков сейсмического замыкания, предваряющего это землетрясение. Южно-Якутское землетрясение относится к тем нередким случаям, когда сильный толчок происходит в районе, который никогда ранее – по имеющимся данным – особой сейсмичностью не отличался.

Результаты определения по различным данным параметров основного землетрясения и его афтершоков 29.04 и 17.05 представлены в табл. 1 в отчасти на рис. 3. Расстояния между установленными эпицентрами находятся в пределах 20 км, достаточно близки оценки магнитуд, а также глубины очагов по региональным наблюдениям и данным об отраженных волнами эпицентра сейсмических волнах. Может вызвать недоумение расположение эпицентра основного толчка практически вне эпизентральной области афтершоков. Не исключено, что это связано с тем, что за 4 мин до него имел место единственный достаточно значительный афтершок ( $K = 12$ ), на фоне которого определение параметров основного толчка представляло дополнительные трудности.

После основного землетрясения начался активный афтершоковый процесс, продолжавшийся до конца 1989 г. и дальше. Карта эпицентров афтершоков до конца 1989 г. дана на рис. 3. В первые сутки действующей сети стационарных станций было зарегистрировано 262 повторных толчка с  $K = 7 + 13$ , во вторые – 107, в третий – 55.

## Таблица I

Параметры йжно-Балтского землетрясения 20.04.1989 г.  
и его афтершоков

В итоге афтершоки заполнили локальную доволюно изометрическую область на правом берегу реки Тунгурки вблизи границы Страновой складчатой зоны с Чульманской впадиной. Ряду ее (порядка 10 км) нередко не напоминает взаимодействие пограничности определения эпицентров. Вместе с тем эпицентры более сильных афтершоков (напоминая о 8-9-го энергетических классов), по-видимому, образуют область, несколько растянутую в направлении северо-восток - юго-запад.

В целом с 20.04 по конец 1989 г. были определены координаты 3480 афтершоков.

Их распределение по энергетическим классам приведено в табл. 2.

Дата	t <sub>0</sub> ч мин с	φ, °N	λ, °E	H, км	K <sub>p</sub>	MVA (MSEF)	MPB (MPLP)	MHN (MM)	Распределение числа повторных толчков по энергетическим классам											
									5	6	7	8	9	10	II	12	13	14	15	Всего
<b>По сведениям Сейсмологического диплометра ОМЭ ИФЗ АН СССР [4]</b>																				
20.04	22 59 54,8	57,17	122,31	27	I6	-	-	-												
29.04	06 25 40,3	57,11	122,14	34	I4	-	-	-												
17.05	05 04 37,6	57,09	122,25	17	I5	-	-	-												
20.04	22 59 54,8	57,19	122,08	32 (по SP-P) 35 (PP-P)	6,2	6,3	6,6													
29.04	06 25 39,0	57,18	122,31	31 (PP-P)	5,6	-	5,2													
17.05	05 04 35,9	57,07	122,29	31 (PP-P)	5,8	6,0	6,0													
<b>По материалам Геологической службы США [3]</b>																				
20.04	22 59 54,1	57,17	121,98	26	-	6,1	-	-												
29.04	06 25 39,1	57,19	122,07	30	-	5,3	-	-												
17.05	05 04 35,9	57,09	122,02	31	-	5,6	-	-												

Затухание сейсмической деятельности происходило экспоненциально (рис. 4). Отдельные вспышки активности отмечены после пяти сильных афтершоков 21, 24, 29.04 и 17.05.05. За каждым из них следовала своя серия повторных толчков. Наиболее крупная последовательность наблюдалась после события 17.05 - за 10 дней зарегистрировано 565 афтершоков, что составило 16 % от общего числа землетрясений. Большая часть сейсмической энергии (99 %) высвободилась при йжно-Балтском землетрясении в течение апреля - май 1989 г. и лишь 1 % пропало на остатальной временной интервал.

Эпикентральная область афтершоков полностью сформировалась за первые 1,5 месяца после основного события. Затем в ижне-южные афтершоки, происходили, главным образом, в центральной и восточной частях (между реками Агыты-Усмуна и восточнее долины р. Усмуни). В последующем (август-декабрь 1989 г.) эпицентры стали больше проявляться к западу и заняли водораздел Агыты-Тунгурчи.

Прямоугольный график повторяемости, рассчитанный по данным этой таблицы способом наименьших квадратов, описывается следующей эмпирической формулой:

$$\lg N = (6,4 \pm 0,3) - (0,47 \pm 0,03) K.$$

Угловой коэффициент градиента повторяемости  $\gamma$  согласуется с его значениями для смежных территорий [5].

Большой интерес представляет вопрос о глубинах гипоцентров афтершоков Южно-Йжутского землетрясения. Достоверные их определения связаны со значительными трудностями. Оденики осуществлялись как при ручной обработке наблюдений (1778 случаев, 51 % всех землетрясений), так и при определении основных параметров землетрясений с 9-го энергетического класса на ЭЗМ. К сожалению, между значениями гипоцентров, установленных указанным образом, нередко обнаруживаются значительные различия, так что заключения возможны лишь по статистическим совокупностям. На гистограммах глубин афтершоков в разные промежутки времени (рис. 5) представлены: слева - распределение глубин за апрель 1989 г. - апрель 1990 г. при обработке вручную - а) за весь период, б-з) за каждые два последующие месяца; справа: б) распределение на основе расчетов на ЭЗМ для землетрясений с 9-го энергетического класса до конца 1989 г. (точки - характеризуют глубины очагов в среднем и для 1989 г. до конца года), и распределение для всего периода работы временных сейсмических станций, к-м) то же за каждый месяц действия этих станций.

В целом наиболее многочисленными оказались глубины гипоцентров в интервале 20-30 км. Глубина гипоцентра уломанвшегося выше фаршка (17 км) и основного толчка (27 км) хотя и различаются, но различие это, как и различие в их амплитудах, не превышает возможных погрешностей определений. Особенностью развития сейсмического процесса было появление с середины июня 1989 г. наряду с землетрясениями на доминирующих глубинах заметной сейсмической активности на меньших глубинах (рис. 5, б, г, м). По данным о глубинах гипоцентров землетрясений с 9-го энергетического класса, полученных при расчетах на ЭЗМ (точки на рис. 5, б), выявляется даже тенденция к преодолению таких глубин в указанное время. Таким образом, можно полагать, что активизировалась верхняя часть очаговой области.

Результаты определения механизмов очагов основного толчка (по наблюдениям более 200 сейсмических станций) и двух наиболее сильных афтершоков приведены в табл. 3. В целом находит подтверждение механизм очага основного толчка, установленный как оперативно в ОМЭ ИФЗ АН СССР в первые дни после землетрясения [1],

12. Землетрясения 1989

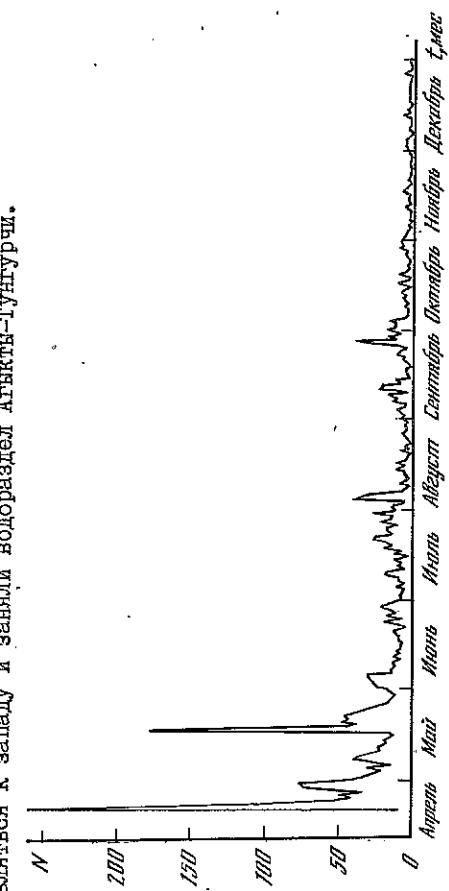


Рис. 4. Распределение числа повторных толчков (N) во времени (t)

a - пемене нойяено J.C. Генкьео  
б - пемене А.М. Лебедюкою ии метою тенсюе момета неетпонау [3];

Лето	Бремя г. Мин	Год Пеме	Ден тиатхх хандакенни												Хондакенни тиокретн			
			П1	АЗИ	П1	АЗИ	П1	АЗИ	П1	АЗИ	П1	АЗИ	П1	АЗИ	П1	АЗИ	П1	АЗИ
20.04.89	22.59	а	36	355	50	146	15	264	28	54	163	129	76	76	38	38	38	38
29.04.89	06.25	а	30	329	54	118	17	229	6	56	170	101	82	82	35	35	35	35
17.05.89	05.04	а	60	39	0	309	50	219	309	15	90	129	75	75	90	90	90	90
17.05.89	05.04	а	57	1	17	119	27	217	343	23	137	114	74	74	73	73	73	73
10	137	73	286	15	31	14	45	182	75	174	76	84	84	87	-17	-17	-17	-17
7	123	73	286	15	31	168	75	174	76	84	84	87	87	87	-16	-16	-16	-16
19	384	45	88	39	228	18	48	163	277	77	77	77	77	77	-43	-43	-43	-43

Напоминаем о том, что в таблице приведены данные за июль 1989 г., а не за август.

Таблица 3

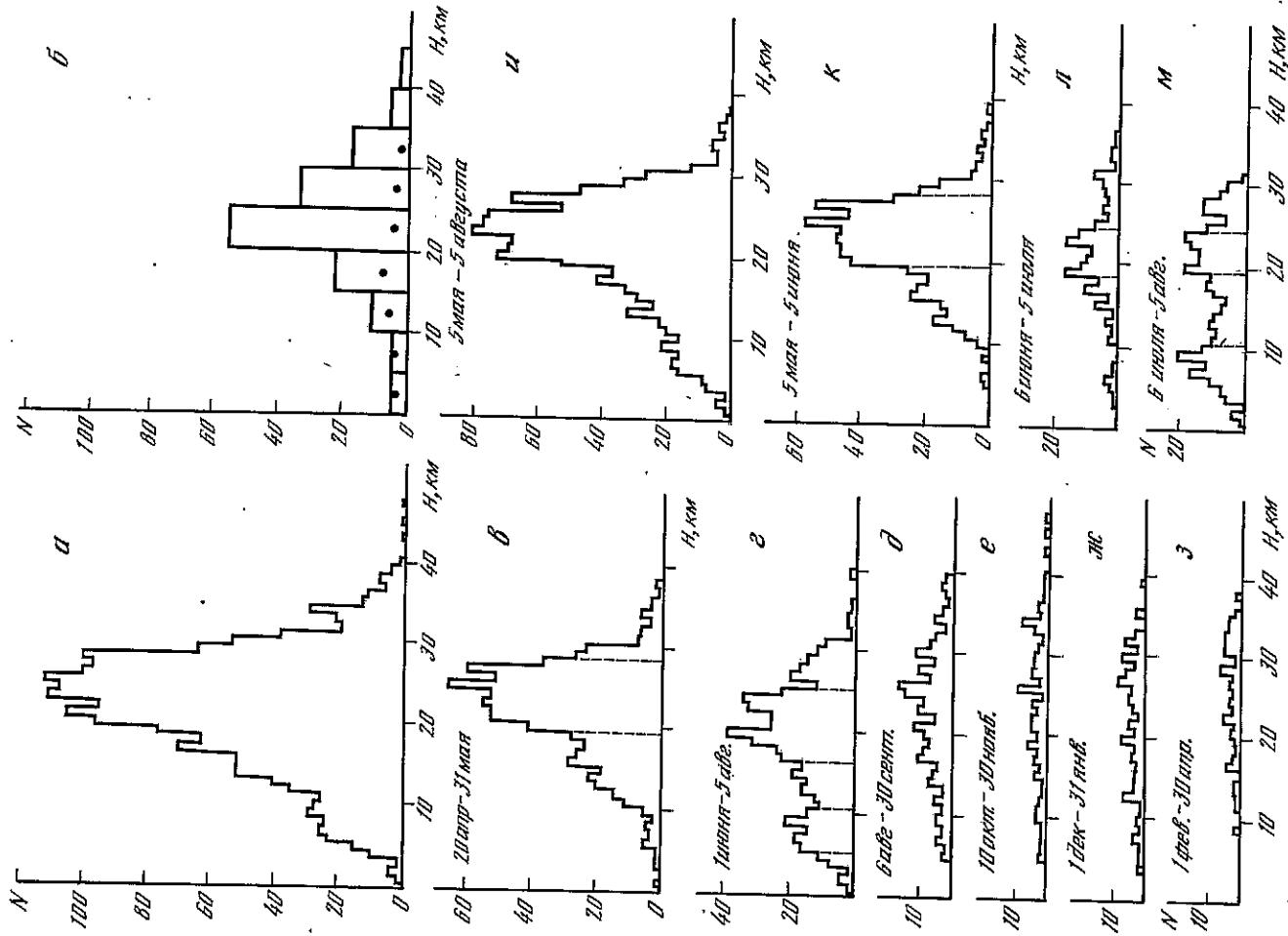


Рис. 5. Гистограммы распределения чисел ящершоков по глубинам гипопентров  
а - 38 апреля 1989 г. - апрель 1990 г. (ручная обработка), б - по расчетам на ЭВМ для землетрясений с  $M > 9$  по конец 1989 г. точки характеризуют глубины гипопентров со 2-й половины июля по конец 1989 г.; в-з - по временным интервалам при ручной обработке, и-м - глубины ящершоков за время полевых наблюдений (и - в целом за май-август 1989 г., м - помесячно)

Макросейсмические данные о землетрясении 20.04.1989 г.  
(Δ - расстояние от инструментального эпицентра)

№/п	Пункт	Δ, км	% п/п	Пункт	Δ, км	% п/п
1	Пункт № 1 <u>7 баллов</u>	20	35	Золотника	185	
2	Пункт № 2 <u>6 баллов</u>	40	36	Пункт № 12	200	
3	Пункт № 3	50	37	Пункт № 13	205	
4	Пункт № 4	60	38	Бол. Нижнед	210	
5	Олекма	60	39	Нагорный	210	
6	Усть-Норка	60	40	Икабья	210	
7	Пункт № 5	60	41	Усть-Уркима	215	
8	Пункт № 6	85	42	Пункт № 14	220	
9	Пункт № 7	85	43	Канкунский	225	
10	Догабуль	95	44	Чара	245	
11	Пункт № 8	95	45	Тяня	250	
12	Лунинская (Хани)	150	46	Хатнайер	255	
13	Чильчи	125	47	Куду-Креевъ	260	
14	Лопча	160	48	Тында	270	
15	Ларба	185	49	Беленъская	285	
16	Вельбеткан	120	50	Аносовская	290	
17	Неронгри	150	51	Леприно	290	
18	Пункт № 9	150	52	Пункт № 15	315	
19	Вол. Хатами	155	53	Пункт № 16	335	
20	Берракит	165	54	Туник	335	
21	Пункт № 10	170	55	Делкун	355	
22	Хорогочи	210	56	Уруча	355	
23	Кувыкта	250	57	Амазар	375	
24	Борфей Павлович	360	58	Невер	390	
25	Сковородино	375	59	Джалинда	420	
26	Магдагачи	475	60	Собета	490	
27	Средняя Олекма	220	61	Зеб	490	
28	Игнашино	410	62	Мамакан	495	
29	Тында	520	63	Усть-Карск	545	
30	Батакан	605	64	Уштуун	555	
31	Мухино	625	65	Сиваки	560	
32	Чулбман	160	66	Кунга	650	
33	Пункт № 11	165	74	Нерчинск	660	
34	Малый Нижний	180	75	Шилга	715	
			76	Приаргунск	785	
				Ургутонгуй	785	
				Досстуй	795	
				Карымская	600	
				Пункт № 17	600	
				Песчанка	600	
				Клика	605	
				Чита	605	

так и позднее по данным региональной и телесейсмической сетей станций в Институте геологических наук ЯНЦ СО АН ССР.

По плоскости юго-восточного простирания подвижка должна быть быть типа взброса с левосторонним сдвигом, по плоскости северо-западного простирания – типа взброса с правосторонним сдвигом. С первой плоскостью совпадает одна из плоскостей, определенных по материалам Геологической службы ОИА [3] при поднижке в виде чистого взброса.

В отличие от этого механизма очага афтершока 29.04.1989 г. представляет сдвиг по субвертикальной плоскости – субмеридиональной ориентации.

Механизм очага наиболее сильного афтершока 17.05.1989 г. характеризуется в основном взбросом по плоскости, круто падающей к юго-западу, или взбросом с пра-восторонним сдвигом по плоскости, полого падающей к северо-востоку.

Обращает на себя внимание согласие этих механизмов с определенными по методу тензора момента центроиды, что свидетельствует о распространении разрыва в одном направлении от начала его возникновения до максимальной фазы.

#### Макросейсмические данные

Южно-Якутское землетрясение 20.04.1989 г. ощущалось на значительной территории Южной и Центральной Якутии, севере Бурятии, Иркутской, Читинской и Амурской областей. Его эпицентр пришелся на глухую горно-таежную местность Бийайшихи к югу от центру населенных пунктов являющихся железнодорожные станции БАМ: Хани, Гунинская, Олекма, Иктали, Догабуль и т.д., а также поселки Южно-Якутского утомного комплекса: Нернги, Чульман, Беркаит и др., расположенные на удалении от 40 до 140 км. Для получения макросейсмических материалов использовались наблюдения в ближней зоне, сведения от корреспондентов из более чем 100 населенных пунктов, полученных по телефону, телеграфу, из писем (по односторонним листам), газет, опросные данные. Маршрутных групп, результаты аэровизуальных наблюдений с самолета и вертолета. На их основе составлена карта изосейст (рис. 6, табл. 4) отображающая макросейсмические эффекты в пунктах, где проявилось данное событие. Общая площадь опущенных сейсмических зон, которая по своим очертаниям примерно совпадает с границами области афтершоков (см. рис. 3). Названная зона выявляется прежде всего по наличию сейсмосрывов, камнепадов и выколотов. При аэровизуальном облете в апреле 1989 г. в среднем течении р. Тунгурчи обнаружено вскрытие ледового покрова, а также горосы на перевалах и нижнем ненарушенном ледовом поле, возникшие, вероятно, в результате местного ледокола. Позднее все это было вмормено во вновь образованный лед. В мае 1990 г. при сплаве в среднем течении р. Тунгурчи после впадения в нее р. Усмы (главный приток Тунгурчи) на протяжении 25 км прослежено массивное развитие сейсмосрывов и камнепадов с обом бортов реки. Больше пострадал правый берег, где крупные сейсмосрывы имели длину 15-20 м при ширине 3-4 м. Общее число таких сейсмопроявлений достигало 30. Все они сопровождались многочисленными мелкими срывами. Из каменных обнажений по системам трещин были выбиты отдельные блоки город объемом до 6 м<sup>3</sup>. Даный участок р. Тунгурчи близок к трассе Южно-Якутского надвига и находится примерно в 25 км к югу от инструментально определенного эпицентра Южно-Якутского землетрясения.

Окончание табл. 4

Продолжение табл. 4

№ п/п	Пункт	Δ, км	Пункт	Δ, км	Пункт	Δ, км	Пункт	Δ, км	Пункт	Δ, км	Пункт	Δ, км
п/п		п/п		п/п		п/п		п/п		п/п		п/п
77	Агамановка	805	119	Иван-Озеро	805	165	Татурово	865				
78	Пункт № 76	815	120	Дарасун	810	166	Екатеринславка	875				
79	Дурой	835	121	Благовещенск	840	167	Константиновка	915				
80	Краснокаменск	840	2-3 балла			168	Боярково	935				
81	Пункт № 19	840	122	Абага	370	169	Райхинск	945				
82	Мангут	1050	123	Дабан	375							
			124	Хоринцы	390							
83	Алдан	240	125	Чапаево	445							
84	Нижний Куранах	260	126	Пункт № 22	460							
85	Нижнемах	300	127	Пункт № 23	480							
86	Томмот	305	128	Ния	510							
87	Бисъ-Көль	310	129	Синск	510							
88	Токко	340	130	Мана	570							
89	БАМ	355	131	Пункт № 24	575							
90	Тахтамылда	355	132	Акутск	680							
91	Горбачевская	360	133	Телемба	755							
92	Дельгей	370		Не определено								
93	Олекминск	370	134	Чичатка	360							
94	Могоча	415	135	Верхний Амга	390							
95	Золотая гора	415	136	Пункт № 25	390							
96	Пункт № 20	425	137	Албазино	455							
97	Таксимо	450	138	Улу	455							
98	Бомнак	485	139	Есный	505							
99	Овсянка	490	140	Бырка	835							
100	Белогорок	805		Не определилось								
101	Юмлейский	810	141	Перевоз	375							
102	Дровянная	860	142	Мача	405							
			143	Таптуяра	415							
			144	Усть-Каренга	475							
103	Чоло-Олого	200	145	Усть-Черная	515							
104	Лапри	225	146	Чагда	515							
105	Могот	235	290	Изак	550							
106	Гуля	305	148	Хомра	580							
107	Мареван	350	149	Ленск	580							
108	Соловьевск	415	150	Беунт	605							
109	Талдан	415	151	Кыкер	605							
110	Пункт № 21	415	152	Целедуй	605							
111	Кировский	420	153	Багдарин	615							
112	Ксеньевская	470	154	Норск	620							
113	Бодайбо	485	155	Новокиевский Увал	745							
114	Акоеново-Зилловское	550	156	Романовка	750							
115	Зерен	600	157	Февральск	755							
116	Аргунск	640	158	Мухор-Кондуй	785							
117	Нерчинский завод	675										
118	Свободный	750										

7 дальнейшие эффекты отмечены также на стоянке геологов Смылах, где ходила под ногами земля, усиленно тряслись стены дома, упала железная труба печи, расплескивались вода из стаканов, с большой амплитудой раскачивались кроны деревьев, слышался мощный гул. В результате 50–60 км от инструментального эпицентра замечены единичные камнепады с крутих склонов рек Олекма, Хани, Тунгурчи с вывалом камней на лед и небольшое оседание и смещение вниз по склону около 1 м части куртника у уреза воды на правом берегу р. Олекма ниже устья р. Тунгурчи.

Шестистадийные эффекты отмечены на 6 ближайших к эпицентру станциях Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (Олекма, Хани, Юктули и др.) и 5 других пунктах (см. рис. 6). Большинство жилых и производственных помещений на БАМе предстрадали шатовыми сборными конструкциями и вагончиками на свайных фундаментах. Трех-четырехэтажные панельные и кирличные дома имеют назначительное распространение. Именно в них наблюдалось вскрытие стыкововых швов. Как внутри помещения, иногда раскрылись и выпадали стекла в окнах.

В щитовых и деревянных домах интенсивно колебались и трясились стены, лопалось покрытие, растрескивалась и осыпалась штукатурка, иногда образовывались трещины в кирпичных печах. Все это сопровождалось опережающим мониторингом гулом (звук от реактивного самолета, легкого на небольшой высоте, или движущихся куплонажных тракторов, автомобилей, тепловозов и др.), общим испугом населения, предметов и звоном стеклянных и металлических предметов, стуком падающих и укрепленных на стенах световых приборов, картин и зеркал, а также стоящих столов и тюб кофтечек. При этом провода и растяжки трубы то натягивались как струны, то ослабевали и сильно провисали. Лики выбегали из домов. В районе ст. Ханы, как редкое исключение, отмечалось образование узкой пятиметровой дырки в грунте.

Пять-шестистадийные эффекты проявлялись вдоль Байкало-Амурской железнодорожной магистрали на участке: Тында – Венделеткан и к северу: Тында – Неронгри, а также в поселках Хатмы и Верхакит. Они находятся в зоне, которая надежно оконтуривается пятистадийной изосейстой, образующей "залив" в того-восточном направлении. Для его обоснования использованы сведения о макроэффектах в различных типах строений: от щитовых сборных однотяжных домов до 4–5-этажных панельных и 3-этажных кирпичных зданий.

На указанной территории население слышало сильный гул, люди в испуге покидали помещения, раскачивались висячие и стоячие предметы, выплескивалась вода из сифонов, клодали, открывались и закрывались двери шкафов и вагончиков, иногда с крутих склонов павильонов падали отдельные камни, изредка вскрывались стыки панелей и образовывались волососидные трещины, падали с полок книги и неустойчивые легкие предметы, раскачивались предметы преломления, предезжали стекла окон и посуда.

сение существенно ощущалось, но конкретная информация по отдельным населенным

пунктам при построении карты изосейст еще отсутствовала.

Площадь четырехбалльных потрясений второго участка охватывает лугой обширный район с ослышим числом крупных городов и промышленных центров (Чите, Шилка, Краснокаменск и др.), примыкающий к границе с КНР и имеющий продолжение на их территории. Несомненен здесь факт аномального усиления воздействий на один балл внутри 3-балльной зоны сейсмических воздействий. Следует отметить, что ранее также наблюдалось увеличение сильности в г. Чите и прилегающих населенных пунктах при Тас-Доржском землетрясении 1967 г. [6, 7]. Выявленная аномалия, возможно, обузвана своим появлением структурным неоднородностям в зоне влияния Монголо-Охотского линеамента, к которому она тяготеет, а также инженерно-геологическим уставием этого района.

Трехбалльные эффекты наблюдались на территории, включающей оба указанных района с четырехбалльными сопрясениями. Отмечается довольно быстрое затухание между изосейстами 4 и 3 баллов.

В целом, в зоне 3-балльных сопрясений землетрясение ощущали 25–30 % населения в зданиях, в спокойном состоянии. Ощущалось легкое головокружение, раскачивались весящие предметы, дребезжали стекла окон, позвякивала посуда, скрипела мебель, отмечалось покачивание столов и стульев.

Двух-трехбалльные эффекты ощущали редкие лица, находившиеся в спокойном состоянии: скелета раскачивались висячие предметы, негромко позвякивали плотно стоящие приборки, лодки, находившиеся на рыбакке, слышали на расстоянии шум от треска льда и наблюдали колебания уровня воды в лунке.

Из аномальных явлений перед землетрясением в близлежащих поселках наблюдалось подавленное и тревожное состояние людей, иногда беспокойство животных (скот, кошки, собаки) и птиц. В момент землетрясения прерывалась радиосвязь на почте наст. Хани и селекторная связь в линейном отделении милиции г. Гыны.

Общая площадь сопрясений при Южно-Якутском землетрясении в пределах трехбалльной изосейсты составила 1,2 млн км<sup>2</sup>, из них в пределах 6 баллов – 35,8 тыс., 5 – 47,8 тыс., 4 – 488,8 тыс., 3 – 632 тыс. км<sup>2</sup>.

Афтершок 29.04.1989 г. произошел в 6 ч 25 мин по Гринвичу через 8 дней после основного события. Возможная сила в эпицентре – 6 баллов. Для составления карты изосейст (рис. 7) использованы сведения из табл. 5. Наиболее сильно землетрясение ощущалось в Хани, Олекме и Тунгурче (6 и 5–6 баллов) на расстоянии 48–136 км.

Населенные пункты, расположенные ближе к эпицентру, во время простирации нестых изосейст, испытывали почти меньшее сейсмическое воздействие, чем более удаленные пункты, но приуроченные к указанным структурам. Так, в пос. Иктыли (76 км от эпицентра) интенсивность землетрясения достигла 4–5 баллов, в то время как в пос. Хани (136 км от эпицентра) она соответствовала 5 баллам. Поэтому изосейста 5-го балла растянута субширотно (видеть структурных элементов).

Большая часть элипса 4-балльной изосейсты, возможно, ориентирована также, как и 5-балльной, в широтном направлении. Вместе с тем изолиния 3-го балла в известной мере повторяет контуры изосейсты 4-го балла при главном землетрясении. Здесь, по-видимому, выделяются два направления, по которым распространяется изосейсты: субширотное (на г. Мамы) и юго-восточное (на г. Ушумун). В целом рисунок изосейст для афтершока 29.04.1989 г. повторяет в общих чертах картину макросейсмических проявлений основного толчка. Площадь ощущаемых сопрясений при этом афтершоке составляет около 350 тыс. км<sup>2</sup>.

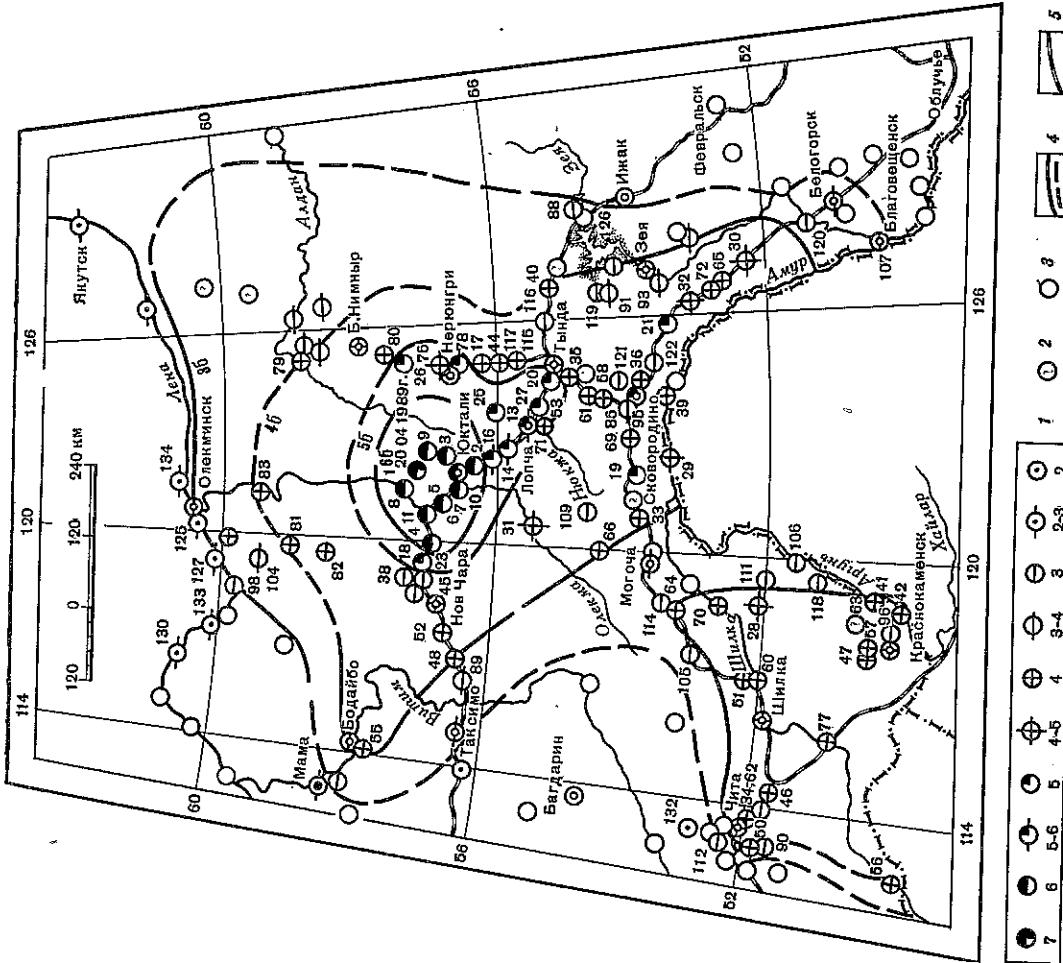


Рис. 6. Карта изосейст Южно-Якутского землетрясения 20 апреля 1989 г.  
1 – балльность (цифрами обозначены пункты наблюдения в соответствии с табл. 4); 2 – сведения недостаточно; 3 – землетрясение не ощущалось; 4 – изосейсты: уверенные и предполагаемые с указанием балла; 5 – железные дороги

Аномальное усиление сейсмических воздействий до 5 баллов наблюдалось также в зоне, ограниченной изосейстой четвертого балла, на ряде пунктов Транссиба: Еро-Фей, Давыдович, Сковородино, Магнагачи.

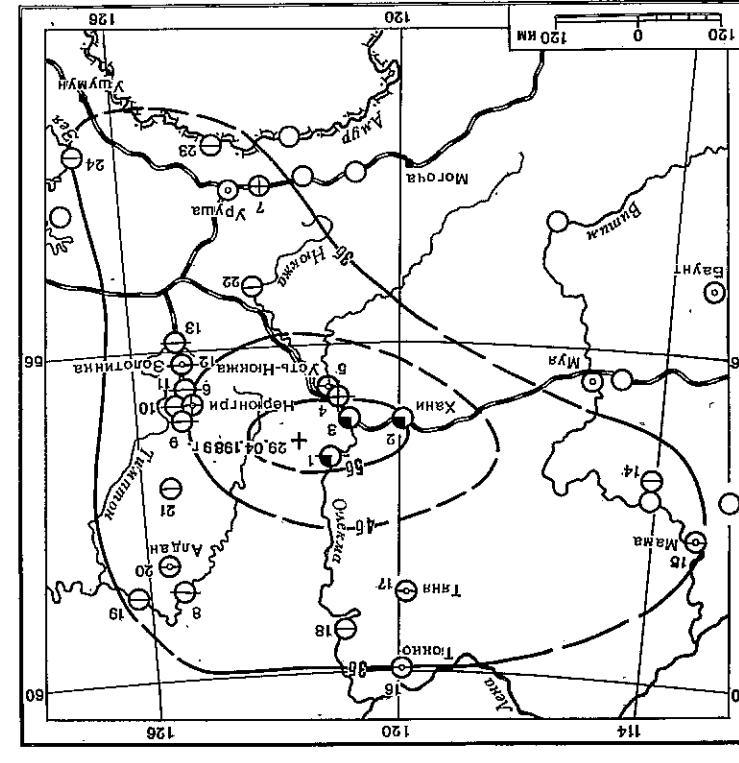
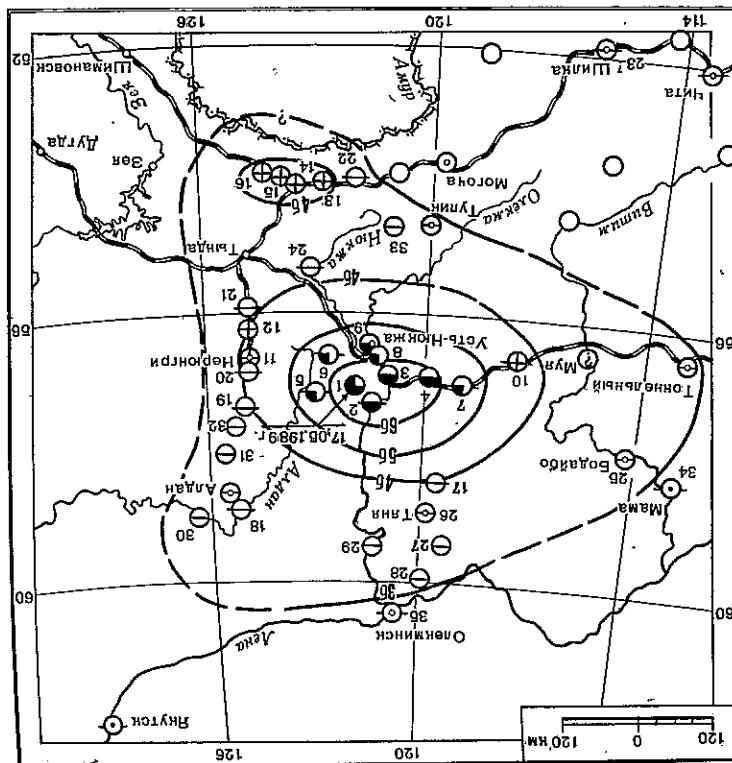
Четырехбалльные эффекты выявлены на значительной территории, состоящей из двух изолированных групп от цуга узловков. Они имеют сложные очертания. В отли-чие от конфигурации 5- и 6-балльных зон четырехбалльная изосейста растянута в широтном направлении (включая г. Болайбо). Растянута она также и в юго-восточном направлении. Южное окончание этой зоны выходит на территорию КНР, где землетря-  
184

Макросейсмические данные о землетрясении 29.04.1989 г.  
 (Δ – расстояние от инструментального эпицентра)

Таблица 5  
 Макросейсмические данные о землетрясении 29.04.1989 г.

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
<b>5-6 баллов</b>					
1	Пункт № 1	45	16	Тында	250
	5 баллов		17	Айдан	255
2	Олешта	65	18	Куду-Көель	270
3	Ханы	130	19	Томмот	320
4	Пункт № 2	70	20	Токко	340
	4-5 баллов		21	Джалинде	415
5	Усть-Нокса	70	22	Пункт № 4	480
6	Берюнгри	160	23	Осынка	495
7	Уруша	345	24	Мама	555
	3-4 балла			Не ощущалось	
8	Чульман	170	25	Тахтамыльда	350
9	Беркакит	175	26	Ерофей Павлович	350
10	Пункт № 3	180	27	Амазар	365
II	Золотника	195	28	Игнашино	405
12	Нагорный	215	29	Таксимо	440
13	Хатындар	270	30	Кировский	450
	3 балла		31	Усть-Каренга	450
14	Мал. Нанмыр	200	32	Бодайбо	480
15	Усть-Уркана	215	33	Пункт № 5	590
			34	Кынкер	595
			35	Баулт	595
			36	Романовка	735

Афтершок 17.05.1989 г. отмечен в 05 ч 04 мин Гринвичского времени спустя 26 дней после Идено-Якутского землетрясения. Его интенсивность в эпицентре достигла 7 баллов. Это самое крупное событие из всей серии повторных толчков ( $M_S = 6,0$ ). Близкий к эпицентру пункт Сыллах (21 км к западу) испытал в данном случае 7-балльные воздействия. Тряслись стены дома, передвигались предметы на столе и скамейке, двигалась ракладушка, раскачивались деревья. Слился мощный гул, который продолжался весь день, затухая или усиливаясь после очередного повторного толчка. Магнитосейсмические данные от 44 корреспондентов позволили выделить зоны сотрясений в 3-6 баллов (рис. 8, табл. 6). Из них изостойти 4, 5 и 6 баллов близки по форме к эллипсу, а изолиния 3-го балла напоминает треугольник с вершинами на северо-востоке, западе и юго-востоке. При данном землетрясении, как и при основном событии, наблюдалось аномальное усиление макросейсмического эффекта в населенных пунктах вдоль Транссибирской магистрали (Уруша, Тахтамыльда, Сковородино и Невер). Вне 3-балльной зоны сотрясений оказалась также города Чита и Шилка, где отмечена интенсивность в 3-4 балла. Это служит дополнительным свидетельством реальности существования аномальной "Читинской" зоны, выделенной при главном событии. Общая площадь эпицентрических сдвигов при афтершоке 17.05.1989 г. составила примерно 500 тыс. км<sup>2</sup>.





таки. Ее границы отчетливо обособляются по геологическим данным (зоны контакта разновозрастных пород) и практически не выражены в геоморфологическом плане, когда представлен здесь платообразным рельефом с абсолютными высотами 900–1200 м. Чульманская впадина состоит из двух широких полувалов, обозначаемых обычно как Альдано-Чульманскую на востоке и Усмунскую на западе синклинали и разделенных по-перечным перекимом по р.Алдан. В целом эта территория в настоящее время характеризуется слабо дифференцированными восходящими движениями (вертикальные смещения по данным геодезии составляют 0–3 мм/год). [8].

Южным ограничением Чульманской впадины служит Южно-Якутский (Южно-Чульманский) надвиг протяженностью 350 км. На карте сейсмотектоники (см. рис. 9) он изображен извилистой линией (бесценно к западу от р.Алдан) и имеет субширотное простирание. По нему архейские кристаллические образования надвинуты на мезозойские отложения Чульманской дегрессии. Последние непосредственно под надвигом интенсивно рассланчеваны и миллинизованы. Плоскость сместителя данного разлома падает на юг. При этом она более пологая к востоку от р.Алдан (углы падения на поверхности близки к 10–40°, а на глубине до 90° и крутизна к западу (углы падения составляют 60 и более градусов), где наилучшие места переходят во взброс (район р.Тунгучи).

Линия Южно-Якутского газдигита, многими диагональными сдвигами смещавшая в плене на расстояние от нескольких десятков–сотен метров до первых километров. Севернее наявига вдоль южной окраины Чульманской впадины картируется ряд наклонных субпараллельных надвигов и взбросов, плоскости которых также

наклонены к югу.

Сейсмическими проявлениями затронута практически вся Чульманская впадина. Однако наибольшее сгущение эпицентров землетрясений тяготеет к ее южному берегу. Именно здесь в 25 км севернее Южно-Якутского надвига произошло Южно-Якутское землетрясение 1989 г. (см. рис. 2 и 9). Северная граница впадины слабоейсимистна.

Третья крупная структура – Становая складчатая система (ее северо-западная часть) – соединяется на севере с Чульманской впадиной по Южно-Якутскому надвигу. На юге с ней граничит Предстановая денудационная тектоническая ступень [1, 12]. Рассматриваемая территория выступает в себя западный фланг поднятия Станового хребта, сложенного главным образом архейскими образований, и протерозойскими образованиями его основных характеризуется среднетектоническим рельефом (1000–1500 м). В формировании земной коры четко играли роль вертикальные умеренно дифференцированные движения земной коры преимущественно восходящего знака. Это способствовало появлению здесь блоковых массивов. Один из них – блоковое поднятие края Зверева с абсолютными отметками

до 2100 м. Речная сеть Становика имеет типично горный облик с крутосклонными долинами и невыработанным продольным рельефом, что указывает на продолжительное временное воздействие. Существенное влияние на рельеф оказывает разрывная тектоника. Крупнейшим разрывным нарушением здесь является Становой разлом протяженностью около 1000 км, имеющий сложное строение. Отдельные его участки представляют собой крупные (до 50 км) зоны катаклизма, милонитизации, дифференциации и приуроченных к ним древних интрузивных и зонтузивных образований. В мезозое шов контролировал расположение предгорных прогибов, а также мощные излияния разновозрастных вулканических пород. Все это позволяет считать Становой разлом как долгоживущую, интенсивно развивающуюся в архее, протерозое и мезозое структуру, активную и в настоящее время. Структурно Становой шов выражен серией субпараллельных куполовообразных обнажений (углы падения их плоскостей смешанный близки к вертикальным).

Сопряженным с ним дислокционном является Южно-Якутский надвиг. В зоне влияния Становиками отложеными в основном. Морского возраста – составная часть этой сис-

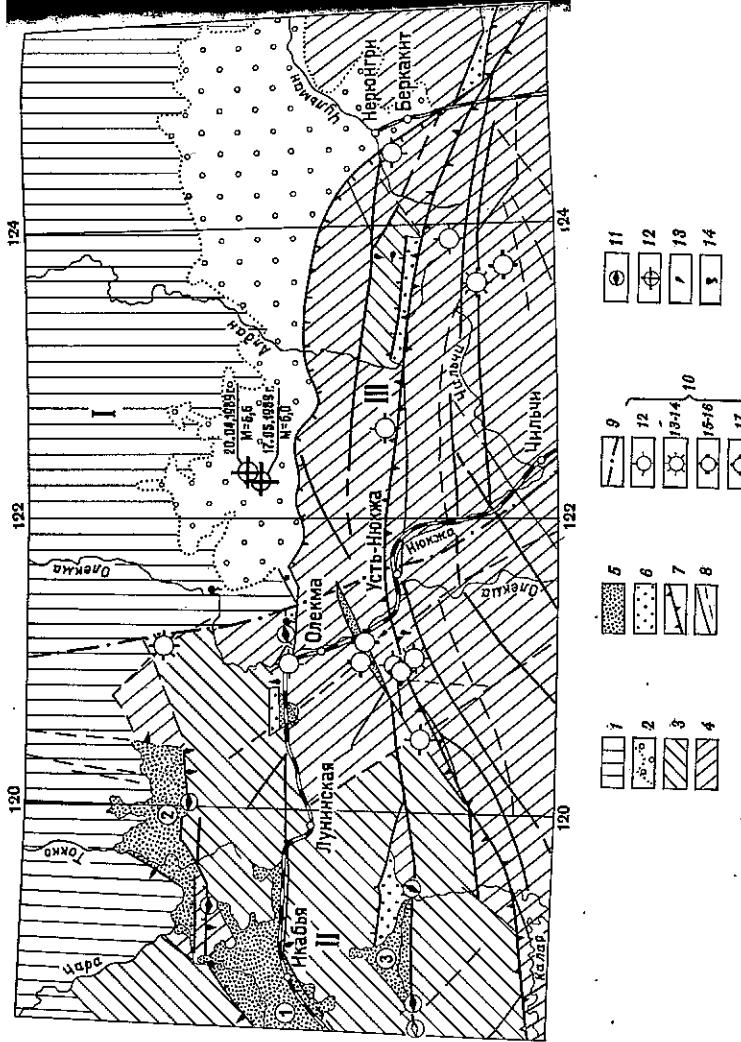


Рис. 9. Карта сейсмотектоники. Римскими цифрами обозначены

I – активизированная часть Сибирской платформы; II – Байкальская рифтовая зона; III – Становая складчатая система

I – Альданское платоидное поднятие; 2 – Чульманская мезозойская впадина; 3 – блокове, поднятые на высоту до 2000 м; 4 – свободные блокове, поднятые на высоту до 2000 м; 5–6 – отдельные морфоструктуры; 7 – морфоструктуры вдоль Чарской – Токинской, 8 – разрывные нарушения (берегстрихи, указывают направление падения сместителя); 9 – Становой краевой шарф, 10 – разломы, активные в кайнозое (установлены Г. Г. Палевым и Альманом); 11 – осевая линия поперечной Олекмо-Амурской зоны; 12 – палеоСелюмодислокации; 13 – эпицентры Южно-Якутского землетрясения 20.04.1989 и aftershocks 17.05.1989 гг.; 14 – обвалы;

Это Читкано-Ханитский сбрососдвиг, который соединяется с Южно-Якутским надвигом, расположенным в Илангре-Чебаркасской грабене и сейсмодислокацией "Кудули" на правобережье р.Олекмы. "Ослако" эпицентров местных землетрясений действительность прослеживается вдоль Чарской – Токинской впадин и их горного обрамления, а затем смещается к югу примерно на 100 км, где максимум сейсмической активности фиксируется уже в среднем течении р.Олекмы (см. рис. 2, Олекминское эпицентральное поле). Здесь оно тяготеет к зоне Станового краевого шара.

Рассматриваемая юго-западная часть Альданского щита, включющая Чульманскую впадину, относится к активизированной части Сибирской платформы. Альданский щит сложен преимущественно нижнеархейскими кристаллическими образованиями. Вдоль его южной окраины параллельно Становой складчатой области протягивается Южно-Альдано-Сановая система впадин (Предстановой промы). Чульманская дегрессия, заполненная мезозойскими отложениями в основном морского возраста – составная часть этой сис-

нового разлома практически на всем его протяжении фиксируется максимум сейсмичности.

Широкий ярко он проявляется в среднем течении р. Олекмы. Наиболее ярко он проявляется в карте сейсмотектоники (см. рис. 9) показана осевая линия подзаречной Олекмо-Амурской зоны, которая пересекает широтный структурный план. Эта зона выявляется по системе субдолготных активизированных разломов и приурочена к нему эпицентров землетрясений. Она как бы разделяет Байкальскую и Забайкальскую неотектонические провинции от Становой и Примурской [12].

Данные о глубинном строении описываемого региона неоднозначны. Так, мощность земной коры в Становой складчатой системе варьирует от 40 [13] до 55–60 км [14]. Причем в последнем случае отмечается утонение коры в Байкальской районной зоне до 40–42 км и наилучше здесь области с пониженной скоростью упругих волн на поверхности Мохо, которая исчезает на правобережье р. Олекмы вместе со скачкообразным увеличением мощности земной коры до 55–60 км.

Сейсмотектнические особенности Южной Амурской и сопредельных районов указывают на разный характер сейсмического процесса, происходящего в рассмотренных геоструктурах. В Байкальской районной зоне он протекает в условиях растяжения, что способствует развитию здесь тектонических нарушений типа сбросов и сбрососдвигов. В пределах Алданского щита Сибирской платформы и Становой складчатой области сейсмичность, напротив, проявляется в условиях сжатия, ориентированного в северо-восточном направлении, и, в частности, – в северо-западном, судя по механизму очага Ларбинского землетрясения 1971 г., направлению. Если на территории Байкальского района в очагах землетрясений господствуют сбросовые подвижки, то на крайнем северо-востоке района видуть до р. Олекмы фиксируется переходная зона с заметным влажнением "рифтовых" свойств [12, 15], а при землетрясениях в западной части Становой области выявлены смещения, характерные для взбрососдвигов. Не составляет исключения и исследуемое землетрясение, движение в очаге которого соответствовало взбрососдвигу, что, несомненно, произошло под воздействием горизонтально ориентированных усилий, как в очаге Ларбинского землетрясения. Подобная обстановка возможна в пограничной зоне Алданского щита со Становой складчатой областью при их стыковании, чему, несомненно, должно способствовать влияние соседнего Байкальского рифта. Названная пограничная зона будетально маркируется проявлениями местной сейсмичности, тяготеющими к Становому шву и сопряженному с ним Южно-Якутскому надвигу. В пользу этого следствует также крупная зона скучивания магматических очагов, представленная Становым хребтом.

Инструментально определенный эпицентр Южно-Якутского землетрясения 1989 г. расположен в центре Чульманской впадины (Усманская синклиналь) севернее субширотной линии Иркутского надвига, слукающего ее южным обрамлением, и удален от надвига на 20–25 км. Пространственно он слизок к зоне Амгинского субмеридионального разлома, скрывающегося под осадочным членом Чульманского прогиба. Подобным простиранием характеризуется одна из плоскостей разреза, устанавливаемых при определении механизма очага землетрясения (см. табл. 3). Вместе с тем в связи с субширотной настянутостью первых изосейсм данного землетрясения и его сильных афтершоков не исключаются подвижки в очаге и по другой плоскости (азимут просирания 129°).

Изучаемый в центре Чульманской впадины (Усманская синклиналь) севернее субширотной линии Иркутского надвига, слукающего ее южным обрамлением, и удален от надвига на 20–25 км. Пространственно он слизок к зоне Амгинского субмеридионального разлома, скрывающегося под осадочным членом Чульманского прогиба. Подобным простиранием характеризуется одна из плоскостей разреза, устанавливаемых при определении механизма очага землетрясения (см. табл. 3). Вместе с тем в связи с субширотной настянутостью первых изосейсм данного землетрясения и его сильных афтершоков не исключаются подвижки в очаге и по другой плоскости (азимут просирания 129°).

#### Выводы

1. Южно-Якутское землетрясение 20.04.1989 г. произошло в условиях сжатия, обусловленных взаимодействием окончаний трех крупных геоструктур: Байкальской и Тихоокеанской зон, Алданского щита Сибирской платформы и Становой складчатой системой.
2. Судя по данным о сейсмичности землетрясений // Геология и геофизика. 1985. № 1. С. 150–161.

192

Механизм очага этого события соответствует взбрососдвигу и подтверждает это землетрясение. При возникновении, так и его афтершоках. Вместе с тем при этом процессе затронул всю толщу земной коры с преобладанием гипсометровыми вспомогательными элементами. На последнем этапе развития сейсмического процесса относительно активизировалась область очага, расположенная выше.

3. Выявлены закономерности в распределении сейсмических сопряжений по площади землетрясения, так и его афтершоках. Вместе с тем при главном толчке Южно-Якутского землетрясения, как и его афтершоках, всплыли с большими остатками, а именно в дне аномальных областей. При этом первые изосейсмы простирались в два раза быстрее, чем последние. Систематически наблюдались две аномальные области симметрической направленностью – на юго-западе охватенной землетрясением территории и по повышенной дальности – на участке Урала–Тахтамугла–Сковородинской железнодорожной магистрали (на участке Урала–Тахтамугла–Сковородинской, что, вероятно, обусловлено инженерно-геологическими условиями и структурными неоднородностями, характерными для этих районов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Поленецкий С.И. Превентивные данные о сильных землетрясениях в Восточной Сибири в апреле–мае 1989 г. // Исследование по созданию научных основ прогноза землетрясений в Сибири. Оперативная информация; Вып. 3. Иркутск: Институт земной коры СО АН ССР, 1989. С. 3–7.
2. Николаев В.В., Семенов Р.М., Серебренников О.П., Амельев В.А. и др. О макро-сейсмическом обследовании землетрясения в Южной Сибири // Исследование по созданию научных основ прогноза землетрясений в Сибири. Оперативная информация; Вып. 3. Иркутск: Институт земной коры СО АН ССР, 1989 г. С. 8–10.
3. Earthquake data report. № 4–89. Р. 170–174.
4. Сейсмологический бюллетень. Обнинск: ОМСЭ ИЗВ АН ССР, 1989.
5. Поленецкий С.И., Козьмин Б.М., Ларинов А.Г. Региональные исследования сейсмичности // Геология и сейсмичность зон БАМ. Сейсмичность / Отв. ред. С.Л. Соловьев. Новосибирск: Наука, 1985. С. 7–73.
6. Поленецкий С.И., Темльнович М.Г., Жилин В.М. и др. Сильные землетрясения в ССР в 1987 году. М.: Наука, 1970. Приложение в 1987 г. // Землетрясения в ССР в 1987 году. М.: Наука, 1987. С. 133–149.
7. Коютков В.М., Хилько С.Д., Николаев В.В., Козьмин Б.М. Таг-Бирякское землетрясение 18 января 1987 г. // Сейсмогеоктоника, глубинное строение и сейсмичность северо-востока Байкальской районной зоны. Новосибирск: Наука, 1976. С. 71–94.
8. Царбенов Л.М., Козьмин Б.М., Умаев В.С. и др. Геодинамика Олекмо-Станового сейсмической зоны. Якутск: АН СО АН ССР, 1985. 135 с.
9. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 95–111.
10. Кивая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья. М.: Наука, 1966. 230 с.
11. Николаев В.В., Семенов Р.М., Соловенко В.П. Сейсмогеология Монголо-Охотского линеамента (восточный фланг). Новосибирск: Наука, 1979. 112 с.
12. Сейсмогеоктоника, вулканы и сейсмическое районирование хребта Станового. Новосибирск: Наука, 1982. 150 с.
13. Алякин А.М., Карсаков Л.П. Глубинное строение зоны Станового структурного хребта // Тихоокеанская геология. 1985. № 3. С. 76–86.
14. Суворов В.Д., Корнилова З.А. Глубинное строение Алданского щита по данным сейсмологии близких землетрясений // Геология и геофизика. 1985. № 2. С. 86–96.
15. Митарина Л.А. Напряженное состояние земной коры в районах БАМ по данным о механизме очагов землетрясений // Геология и геофизика. Наука, 1978. С. 150–161.

13. Землетрясения 1989

Механизм очага этого события соответствует взбрососдвигу и подтверждает это землетрясение. При возникновении, так и его афтершоках. Вместе с тем при этом процессе затронул всю толщу земной коры с преобладанием гипсометровыми вспомогательными элементами. На последнем этапе развития сейсмического процесса относительно активизировалась область очага, расположенная выше.

3. Выявлены закономерности в распределении сейсмических сопряжений по площади землетрясения, так и его афтершоках. Вместе с тем при главном толчке Южно-Якутского землетрясения, как и его афтершоках, всплыли с большими остатками, а именно в дне аномальных областей. При этом первые изосейсмы простирались в два раза быстрее, чем последние. Систематически наблюдались две аномальные области симметрической направленностью – на юго-западе охватенной землетрясением территории и по повышенной дальности – на участке Урала–Тахтамугла–Сковородинской железнодорожной магистрали (на участке Урала–Тахтамугла–Сковородинской, что, вероятно, обусловлено инженерно-геологическими условиями и структурными неоднородностями, характерными для этих районов.

Л и т е р а т у р а

1. Поленецкий С.И. Превентивные данные о сильных землетрясениях в Восточной Сибири в апреле – мае 1989 г. // Исследование по созданию научных основ прогноза землетрясений в Сибири. Оперативная информация; Вып. 3. Иркутск: Институт земной коры СО АН ССР, 1989. С. 3–7.
2. Николаев В.В., Семенов Р.М., Серебренников О.П., Амельев В.А. и др. О макро-сейсмическом обследовании землетрясения в Южной Сибири // Исследование по созданию научных основ прогноза землетрясений в Сибири. Оперативная информация; Вып. 3. Иркутск: Институт земной коры СО АН ССР, 1989 г. С. 8–10.
3. Earthquake data report. № 4–89. Р. 170–174.
4. Сейсмологический бюллетень. Обнинск: ОМСЭ ИЗВ АН ССР, 1989.
5. Поленецкий С.И., Козьмин Б.М., Ларинов А.Г. Региональные исследования сейсмичности // Геология и сейсмичность зон БАМ. Сейсмичность / Отв. ред. С.Л. Соловьев. Новосибирск: Наука, 1985. С. 7–73.
6. Поленецкий С.И., Темльнович М.Г., Жилин В.М. и др. Сильные землетрясения в ССР в 1987 году. М.: Наука, 1970. Приложение в 1987 г. // Землетрясения в ССР в 1987 году. М.: Наука, 1987. С. 133–149.
7. Коютков В.М., Хилько С.Д., Николаев В.В., Козьмин Б.М. Таг-Бирякское землетрясение 18 января 1987 г. // Сейсмогеоктоника, глубинное строение и сейсмичность северо-востока Байкальской районной зоны. Новосибирск: Наука, 1976. С. 71–94.
8. Царбенов Л.М., Козьмин Б.М., Умаев В.С. и др. Геодинамика Олекмо-Станового сейсмической зоны. Якутск: АН СО АН ССР, 1985. 135 с.
9. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 95–111.
10. Кивая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья. М.: Наука, 1966. 230 с.
11. Николаев В.В., Семенов Р.М., Соловенко В.П. Сейсмогеология Монголо-Охотского линеамента (восточный фланг). Новосибирск: Наука, 1979. 112 с.
12. Сейсмогеоктоника, вулканы и сейсмическое районирование хребта Станового. Новосибирск: Наука, 1982. 150 с.
13. Алякин А.М., Карсаков Л.П. Глубинное строение зоны Станового структурного хребта // Тихоокеанская геология. 1985. № 3. С. 76–86.
14. Суворов В.Д., Корнилова З.А. Глубинное строение Алданского щита по данным сейсмологии близких землетрясений // Геология и геофизика. Наука, 1978. С. 150–161.

13. Землетрясения 1989