

### III. УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПРИРОДЫ ОЧАГОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ:

УДК 550.348.436. (571.15)

#### **СЕВЕРНЫЕ РАЙОНЫ АЛТАЯ И САЯН (1962–1993 гг.)**

**А.Г. Филина<sup>1</sup>, Н.Е. Прибылова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Алтае-Саянская ОМСЭ ГС СО РАН

<sup>2</sup>Центр службы геодинамических наблюдений в электроэнергетической отрасли  
(филиал АО «Институт Гидропроект»)

Работа проводилась в целях уточнения исходной сейсмичности районов расположения Красноярского горно-химического комбината (ГХК) и Богучанской ГЭС. Координаты района соответствуют  $\varphi=53.5^{\circ}-59.0^{\circ}\text{N}$  и  $\lambda=85.5^{\circ}-100.0^{\circ}\text{E}$ , в пределах которых авторами был составлен список землетрясений с  $K_p=7-14$  за период 1962–1993 гг., содержащий параметры 212 событий. Распределение их по энергетическим классам дано в табл. 1.

**Таблица 1.** Распределение 212 событий по энергетическим классам  $K_p$

$K_p$	7	8	9	10	11	12	13	14
$N$	7	35	97	45	17	9	1	1

Следует отметить, что участок, расположенный севернее 56-й параллели, формально выпадает из зоны ответственности Алтае-Саянской опытно-методической сейсмологической экспедиции (АСОМСЭ). Те из рассмотренных нами событий, которые оказались на этом участке по другим публикациям, были обработаны заново при подготовке настоящей работы.

Исходными данными при составлении указанного списка были бюллетени [1, 2], ежегодники [3], «Новый каталог...» [4], результаты более поздних сводок [5], а также «электронный» [АСОМСЭ\*] и рукописные каталоги Алтае-Саянского региона разных лет. Необходимо заметить, что при подготовке к публикации каталогов [4, 5] была проведена дополнительная работа как по уточнению параметров событий, так и по выяснению их природы (землетрясение или взрыв). Тем не менее авторами в процессе анализа данных обнаружено, например, несколько серьезных **опечаток**, допущенных в ежегодниках [3] и в [ОСР-97\*\*] (табл. 2).

**Таблица 2.** Землетрясения, координаты которых были изданы в [2] и ОСР-97 с опечаткой

Источник	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$	$M$
			$\varphi^{\circ}, \text{N}$	$\lambda^{\circ}, \text{E}$		
[3]	02.11.1965	08 21 34	54.8	94.4	7	
[АСОМСЭ]	02.11.1965	08 21 34	<b>51.8</b>	94.4	7	
[3]	12.12.1965	06 26 14	54.2	90.2	8	
[АСОМСЭ]	12.12.1965	06 26 14	<b>51.2</b>	90.2	8	
ОСР-97	05.10.1966	08 03 28	54.05	97.9	9	2.8
[Рукописный]	05.10.1966	08 03 28	<b>51.05</b>	97.9	9	
[3]	27.05.1969	10 43 19	56.1	96.3	9	
[4]	27.05.1969	10 43 19	<b>54.52</b>	<b>96.65</b>	9	

\* АСОМСЭ – современная электронная версия каталога землетрясений Алтая и Саян за 1962–1993 гг.

\*\* ОСР-97 – электронная версия каталога землетрясений, вошедшего в построение карты ОСР-97.

Источник	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$	$M$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		
[3]	27.05.1972	11 22 08	57.37	98.05	11.8	
[АСОМСЭ]	27.05.1972	11 22 <b>08.2</b>	<b>51.37</b>	<b>98.0</b>	11.8	
[3]	15.02.1986	23 03 15.9	59.47	90.83	9.4	
АСОМСЭ	15.02.1986	23 03 15.9	<b>50.47</b>	90.83	9.4	

На рис. 1 стрелками показано направление от эпицентров, опубликованных в [3] с ошибками, на правильное положение эпицентра. Необходимо отметить, что в компьютерных базах данных АСОМСЭ давно уже исправлены эти опечатки и приведены уточненные координаты землетрясений.

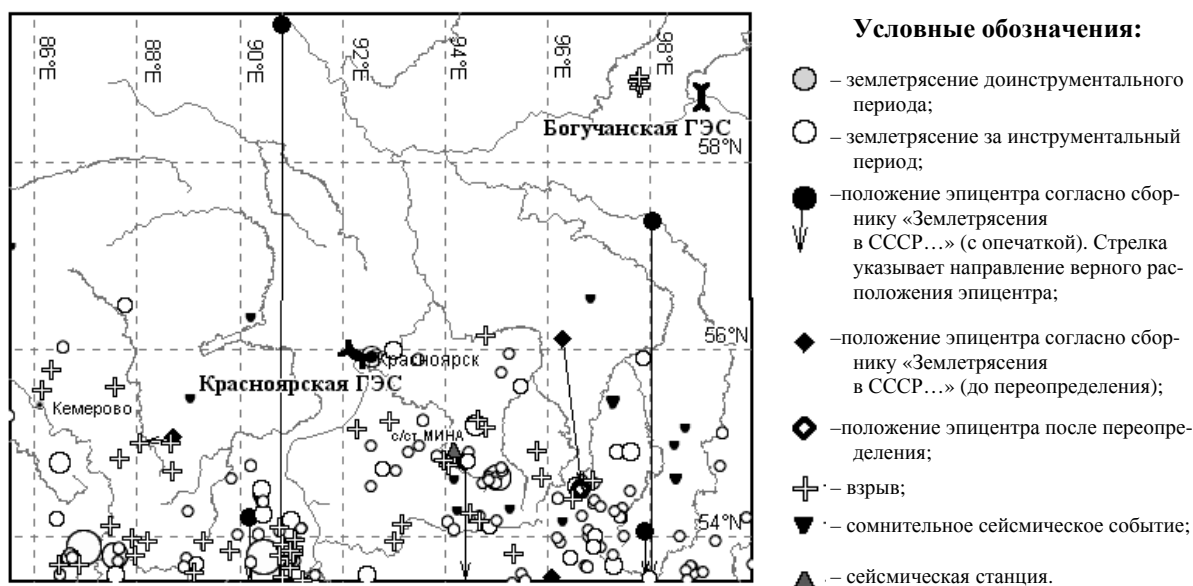


Рис. 1. Карта эпицентров сейсмических событий района расположения Красноярского ГКХ и Богучанской ГЭС за 1961–1998 гг.

В [3] еще **пропущено** несколько землетрясений, данные о которых не были присланы авторами региональных статей. Несмотря на то, что часть из них расположена вне анализируемой области, приводим целиком список этих толчков в табл. 3.

Таблица 3. Землетрясения, пропущенные в ежегодниках

Источник	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	
[1]	19.05.1983	15 16 38.3	54.76	90.24	9.6
[1]	27.06.1983	04 27 55	55.9	93.5	9.8
Рукописный	07.09.1993	17 12 39.1	51.68	97.96	11.6
-"	10.09.1993	15 33 54.2	51.03	97.82	10.5
-"	04.10.1993	12 07 48.2	49.61	88.05	8.7
-"	05.10.1993	20 28 22.0	51.08	98.19	9.7
-"	11.10.1993	13 09 50.2	53.84	96.94	11.5

Но для большинства событий из составленного авторами списка ( $n=212$ ) значения основных параметров ( $t_0$ ,  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ,  $K_p$ ) в разных источниках совпадали. Там, где расхождения были значительными, просматривались и переобработывались сейсмограммы. В основном это касалось событий, выходящих за пределы формальной ответственности АСОМСЭ.

В табл. 4 приводятся четыре землетрясения, параметры которых опубликованы в ежегодниках и в [ОСР-97], но в более поздней региональной публикации [5] или в электронной версии [АСОМСЭ] **исправлены**. Во второй строке указано предпочтительное решение (большее число станций, специальные работы по пересмотру локальных данных и т.п.).

**Таблица 4.** Землетрясения, для которых основные параметры очагов в разных источниках имеют значительные расхождения

Источник	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	
[3]	12.03.1962	09 45 12	53.55	96.08	8
Рукописный	12.03.1962	09 45 12	<b>53.37</b>	<b>95.66</b>	8
[3]	05.07.1964	10 28 17	55.05	88.7	8
[4]	05.07.1964	10 28 17	<b>55.0</b>	<b>88.07</b>	8
[3]	27.05.1969	10 43 19	56.1	96.3	9
[4]	27.05.1969	10 43 19	<b>54.52</b>	<b>96.65</b>	9
ОСР-97	26.01.1973	03 52 00	58.98*	101.22	
АСОМСЭ	26.01.1973	<b>03 52 58.1</b>	<b>59.04</b>	<b>100.69</b>	<b>9.9</b>

\* – эпицентр находится вне «зоны ответственности» АСОМСЭ.

Остановимся отдельно на четырех сейсмических событиях (табл. 5), произошедших 03.06.1980 г., по поводу которых в ежегоднике «Землетрясения в СССР в 1980 году» в обзорной статье написано следующее: «Очень необычна серия из четырех толчков 10–11-го энергетического классов, зарегистрированная в течение 1.5 часов 3 июня на Сибирской платформе на р. Ангаре, где землетрясения обычно не происходят». И действительно, до 1980 г. и в течение последующих 22 лет в этом районе землетрясения не наблюдались. Поэтому авторами была предпринята попытка уточнить координаты этих событий, проведя совместную обработку сейсмограмм сейсмических станций, принадлежащих Алтае-Саянской ОМСЭ («Новосибирск-1», «Ельцовка», «Усть-Кан», «Верх-База», «Усть-Элегест») и Байкальской ОМСЭ («Орлик», «Монды», «Аршан», «Закаменск», «Тырган», «Икрутск», «Кабанск», «Кумора»). В табл. 5 приведены параметры этих событий по [3] в верхней строке, а результаты переопределений – в нижней.

**Таблица 5.** Основные параметры сейсмических событий, произошедших 3.06.1980 г.

Источник	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	
[3]	03.06.1980	16 09 43.5	58.92	97.74	11
АСОМСЭ	03.06.1980	<b>16 09 46.7</b>	<b>58.79</b>	<b>97.81</b>	<b>10.3</b>
[3]	03.06.1980	17 14 54.1	58.91	97.78	11
АСОМСЭ	03.06.1980	<b>17 14 55.2</b>	<b>58.87</b>	<b>97.79</b>	<b>10.9</b>
[3]	03.06.1980	17 36 52.3	58.91	97.72	10
АСОМСЭ	03.06.1980	<b>17 36 51.4</b>	<b>58.91</b>	<b>97.81</b>	<b>9.8</b>
[3]	03.06.1980	17 41 48.2	58.91	97.93	11
АСОМСЭ	03.06.1980	17 41 48.2	<b>58.83</b>	<b>97.95</b>	<b>10.6</b>

Практически одностороннее расположение сейсмических станций и достаточно большие расстояния изначально не позволяют провести определение эпицентров с хорошей точностью, и сказать, что результаты переопределения более точны, чем определения 1980 г., нельзя. Однако можно утверждать, что очаги этих событий близки, т.к. на сейсмограммах всех этих событий наблюдаются подобные группы волн с почти одинаковыми временами пробега и с характерными особенностями вида записи. По имеющимся записям однозначно определить природу этих событий не представляется возможным, но результаты повторной локализации эпицентров и отсутствие других землетрясений здесь в течение всего периода инструментальных наблюдений (с 1962 г.) позволяют с большой вероятностью считать их **взрывами**.

Вообще, **вопрос о взрывах**, интерпретированных как землетрясения и наоборот, требует особого подхода. Уже в первые годы работы региональной сети Алтая и Саян взрывы и землетрясения разделялись в региональных каталогах. В противном случае опубликованные каталоги землетрясений пестрели бы взрывами, которых в регионе происходит едва ли не больше, чем землетрясений. В [6] показано, что записи взрывов наиболее отличны по форме от землетрясений из районов открытых разработок полезных ископаемых, а таких в Алтае-Саянском регионе большинство. Так что в среднем с распознаванием взрывов дело в этом регионе обстоит хорошо.

Тем не менее некоторое число взрывов присутствует в опубликованных каталогах. Есть и события, о природе которых нельзя судить однозначно. Произшедшие во «взрывных» районах тектонические землетрясения показали, что на отдельных станциях их записи аналогичны сейсмограммам взрывов. Возвращение к сейсмограммам разрешило, используя накопившийся за последние годы опыт [6, 7], распознать отдельные взрывы, ранее принятые за землетрясения. К сожалению, до 1984 г. отдельные списки взрывов, исключенных из каталогов, в регионе не велись и не публиковались, что потребовало от авторов проведения более тщательного анализа первичного материала. В табл. 6 приведены **взрывы и события сомнительной природы**, попавшие в опубликованные каталоги, а также в электронную версию каталога ОСР-97 в качестве землетрясений.

**Таблица 6.** Список взрывов и событий сомнительной природы северных районов Алтая и Саян за 1963-1984 гг.

№	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$	Наличие в каталогах:			Результат	
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		[3]	руко- писных	[5]	Природа события	Оставить ли в каталоге?
1	01.01.1963	23 10 27	54.25	94.53	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
2	04.02.1963	07 58 51	56.15	94.82	8	есть	нет	нет	нет на сейсмогр.	убрать
3	05.02.1963	09 29 45.6	53.88	90.92	10	есть	нет	нет	взрыв?	оставить с примечанием
4	11.02.1963	05 12 07.4	54.77	94.08	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
5	06.03.1963	09 29 00	54.83	87.68	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
6	20.03.1963	13 32 13.7	55.25	94.67	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
7	26.03.1963	08 47 07	55.60	87.60	10	нет	есть	есть	пром. взрыв	
8	05.04.1963	00 34 59	53.82	95.35	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
9	17.07.1963	11 32 39	53.92	90.87	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
10	03.08.1963	10 51 18.2	54.82	94.00	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
11	08.08.1963	12 19 46	55.25	85.15	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
12	30.09.1963	03 59 23.8	53.95	89.33	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
13	31.10.1963	04 11 17	54.17	94.70	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
14	14.11.1963	05 27 40.5	54.63	95.90	8	есть	нет	нет	пром. взрыв	
15	17.01.1964	04 18 42	54.13	93.20	8	есть	есть	нет	пром. взрыв	
16	17.01.1964	08 43 47	53.95	93.03	7	есть	есть	нет	пром. взрыв	
17	01.02.1964	10 15 03	55.00	88.67	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
18	20.02.1964	10 49 10	54.12	87.50	8	есть	есть	нет	пром. взрыв	
19	28.05.1964	08 05 57	53.57	90.87	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
20	31.05.1964	11 19 10	53.98	87.92	10	есть	нет	нет	пром. взрыв	
21	05.07.1964	10 28 17	55.00	88.95	8	есть	есть	есть	пром. взрыв	
22	14.07.1964	12 41 55	53.88	91.08	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
23	22.07.1964	07 49 38	53.77	90.95	8	есть	есть	нет	взрыв?	оставить с примечанием
24	02.11.1965	02 08 21	51.80	94.40	7	есть	есть	нет	пром. взрыв	
25	07.12.1965	21 55 14	54.70	88.70	8	есть	нет	нет	пром. взрыв в координатах ошибка (должно быть: 53.54°N, 88.70°E)	
26	12.12.1965	06 26 14	51.20	90.20	8	есть	есть	нет	пром. взрыв	
27	17.01.1966	03 57 56	53.73	90.23	10	есть	есть	есть	пром. взрыв	
28	19.05.1966	23 26 22	55.23	92.95	8	есть	есть	нет	пром. взрыв	
29	25.01.1968	01 12 52	53.62	89.13	10	нет	есть	есть	землетрясение? ошибка в координатах (должно быть: 53.16°N, 89.04°E)	
30	09.01.1969	10 19 30	53.80	90.80	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
31	24.01.1969	11 13 25	53.70	86.50	9	есть	есть	есть	в [4] «возможно, взрыв»	

№	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$	Наличие в каталогах:			Результат	
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		[3]	руко- писных	[5]	Природа события	Оставить ли в каталоге?
32	20.12.1969	08 27 23	53.80	88.00	10	есть	нет	нет	в [4] «возможно, взрыв»	
33	20.12.1969	10 08 58	53.70	86.90	9	есть	нет	нет	в [4] «возможно, взрыв»	
34	27.01.1975	04 16 00	54.40	96.50	10	есть	есть	есть	землетрясение?	оставить с примечанием
35	21.03.1975	16 19 58.5	53.85	89.83	10	есть	есть	есть	землетрясение?	оставить с примечанием
36	29.04.1975	04 20 43	54.60	96.90	9	есть	нет	есть	взрыв?	оставить с примечанием
37	16.02.1978	08 37 47	53.53	91.25	10	есть	есть	нет	пром. взрыв	
38	22.03.1978	09 11 39	53.85	91.08	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
39	10.06.1978	11 58 55	55.78	86.37	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
40	04.08.1978	09 12 38.2	53.82	91.00	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
41	15.08.1978	09 28 51.5	53.80	91.00	10	есть	нет	нет	пром. взрыв	
42	08.09.1978	09 44 16	53.82	91.08	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
43	20.09.1978	09 26 09.4	53.85	91.02	10	есть	нет	нет	пром. взрыв	
44	25.04.1979	08 58 39.8	55.70	86.19	9	есть	нет	нет	пром. взрыв	
45	09.05.1979	06 14 36	54.10	90.80	10	есть	нет	нет	пром. взрыв	
46	31.05.1979	07 24 02	53.95	88.23	10	есть	нет	нет	пром. взрыв	
47	02.10.1979	09 44 36	53.67	91.00	10	есть	нет	нет	пром. взрыв	
48	20.10.1981	09 06 37	53.97	91.09	10	есть	нет	нет	пром. взрыв	
49	03.01.1984	02 00 04.5	55.15	92.31	9	есть	нет	«взрыв»	пром. взрыв	
50	20.10.1984	00 35 10.7	55.17	94.83	9	есть	нет	«взрыв»	пром. взрыв	

Результаты проведенной работы представлены на рис. 1, где крестом обозначены взрывы, которые ранее считались землетрясениями. Рекомендуется убрать из каталогов события, записей которых на сейсмограммах не обнаружено, или признанные в табл. 6 промышленными взрывами. События сомнительной природы (взрыв?; возможно, взрыв; землетрясение?) – оставить в каталогах с соответствующей пометкой.

### Л и т е р а т у р а

1. Бюллетень сейсмичности Сибири за 1970–1975 гг. Иркутск: ИЗК, 1972–1977 гг.
2. Материалы по сейсмичности Сибири за 1976–1990 гг. – Иркутск: ИЗК, 1978–1996 гг.
3. Каталоги землетрясений Алтая и Саян за 1962, 1963, ... 1997 гг. // Ежегодники «Землетрясения СССР за 1962–1991 гг.» – М.: Наука, 1964–1997; «Землетрясения Северной Евразии за 1992–1993 гг.» – М.: Геоинформмарк, 1997, НИА-Природа, 1999.
4. Жалковский Н.Д., Шебалин Н.В. (отв. сост.), Ляхова Н.Г., Мучная В.В. IV. Алтай и Саяны [1734–1974 гг.;  $M \geq 4.5$ ;  $I_0 \geq 5$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 297–314.
5. Мельникова В.И. (отв. сост.), Кочетков В.М. (ред.), Курушин Р.А., Хилько С.Д., Гилёва Н.А., Балжинняма И., Монхоо Д., Адьяа А., Дугармаа Т. Сводный каталог землетрясений Монголии (начало н.э. – 1981 г.) // Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. – М.: Наука, 1985. – С. 167–222.
6. Филина А.Г. Распознавание записей промышленных взрывов в Алтае-Саянском регионе // Физика Земли. – 1999. – №6. – С. 27–35.
7. Дергачев А.А., Филина А.Г. Каталог сейсмических событий в районе Саяно-Шушенской ГЭС за 1990–1995 гг. – Новосибирск: Наука (СО), 1996. – 51 с.