

УДК 550.34:621.039.9

## СИСТЕМЫ ГРУППИРОВАНИЯ «ОЖЕРЕЛЬЕ» ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «БОРОВОЕ»

<sup>1)</sup> Ан В.А., <sup>1)</sup> **Каазик П.Б.**, <sup>2)</sup> Непенна К.С., <sup>1)</sup> Челюбеева Т.В.<sup>1)</sup> *Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия*<sup>2)</sup> *Научная станция РАН в г.Бишкеке, Бишкек, Кыргызстан*

Рассмотрены подсистемы «Ожерелье» периферийных пунктов Зеренда, Восточный, Чкалово большебазовой системы сейсмического группирования Геофизической обсерватории (ГО) «Боровое». На примере регистрации подземных ядерных взрывов, произведенных на Невадском испытательном полигоне, исследованы локальные годографы и линейные тренды времени пробега продольной волны на трассах: площадка невадского полигона Pahute – периферийные пункты Зеренда, Восточный, Чкалово.

Подсистемы типа «Ожерелье» были организованы вблизи населённых пунктов Зеренда (ZER), Восточный (VOS) и Чкалово (СНК) Кокчетавской области (Северный Казахстан) [1]. В каждом пункте подсистема «Ожерелье» состояла из 6-ти НУПов регистрации (НУП – неуправляемый пункт), расположенных равномерно по окружности с радиусом порядка трёх километров от центра периферийного пункта (ПП). План расположения «Ожерелий» большебазовой системы группирования (БСГ) геофизической обсерватории «Боровое» представлен на рисунке 1, а координаты всех НУПов, ПП и Центрального пункта (ЦП) в таблице 1. Конфигурация «Ожерелья» VOS отличалась от ZER и СНК в связи со сложными местными геологическими условиями: НУП6 перемещён в центр «Ожерелья», а периферийный пункт ПП2 на планируемое место НУП6. В каждом «Ожерелье» номера НУПов от 4 до 9.

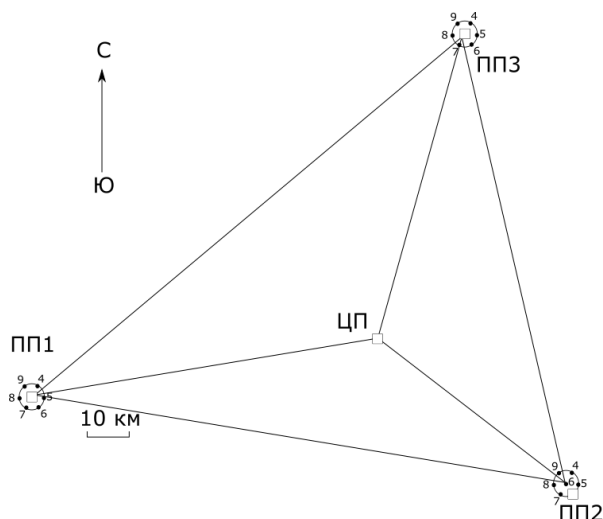


Рисунок 1. План БСГ геофизической обсерватории «Боровое» (bsgbrv) [1]

В скважине НУПа был установлен вертикальный сейсмоприёмник типа СБУ-В, информация которого передавалась по кабелю в ПП. Далее по радиорелейным линиям связи в виде частотно-модулированного сигнала – в центральный пункт (ЦП – геофизическая обсерватория «Боровое»), где информация всей

подсистемы регистрировалась в цифровом формате на 24-хканальной станции цифровой регистрации СЦР-О: 24 измерительных канала с частотой опросов 2 мс и периодом основного цикла коммутации каналов 48 мс [2]. Каналы СЦР-О с 1-го по 6-ой соответственно для НУПов 4–9 станции Зеренда, каналы с 7-го по 12-ый для НУПов 4–9 станции Восточный и каналы с 13-ого по 18-ый для НУПов 4–9 станции Чкалово. Каналы СЦР-О с номерами 19–24 были свободными.

Таблица 1. Геодезические параметры подсистем «Ожерелье» ГО «Боровое»

Пункт	№ НУПа	Широта (N) градус	Долгота (E) градус	Высота (м)
Зеренда ZER	ПП1	52,9506	69,0056	384
	4	52,9704	69,0323	358
	5	52,9461	69,0485	380
	6	52,9271	69,0338	386
	7	52,9294	68,9772	306
	8	52,9546	68,9633	292
Восточный VOS	ПП2	52,7231	70,9805	297
	4	52,7686	70,9906	266
	5	52,7435	71,0042	261
	6	52,7478	70,9649	272
	7	52,7276	70,9370	282
	8	52,7524	70,9211	285
Чкалово СНК	ПП3	53,6756	70,6162	124
	4	53,6952	70,6431	96
	5	53,6716	70,6592	120
	6	53,6509	70,6324	133
	7	53,6539	70,5869	113
	8	53,6796	70,5731	59
Боровое BRVK	ЦП	53,0581	70,2828	315

Пороговая чувствительность измерительных каналов СБУ-В составляла 0,3 нм в полосе частот 0,73÷3,5 Гц. Привязка сейсмической информации к эталонным сигналам точного времени (ЭСВ [3])

**СИСТЕМЫ ГРУППИРОВАНИЯ «ОЖЕРЕЛЬЕ»  
ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «БОРОВОЕ»**

осуществлялась в центральном пункте на СЦР-О. В полном объёме подсистема «Ожерелье» начала работать в июне 1979 г.

Для анализа выбраны восемь испытаний на площадке Pahute Невадского испытательного полигона (NTS) [4], основные параметры которых представлены в таблице 2.

По всем ПЯВ таблицы 2 на работавших каналах были определены времена первых положительных экстремумов ( $t_1$ ) продольной волны. При этом на отдельных записях обнаружили сбои цифровой информации:

- 1) 25-07-1980 – сбой времени на +12 с;
- 2) 24-06-1982 – сбой времени на +0.4 с и сбой даты: 00 вместо 24;
- 3) 26-03-1983 – сбой времени на +10 с.

Сбои времени, по нашему мнению, произошли во время переформатирования магнитных лент ГО «Боровое».

В таблицах 3–5 приведены времена первых экстремумов продольной волны от площадки Pahute NTS, а также минимальные и максимальные значения эпицентрального расстояния ( $\Delta^\circ$ ) и азимута от эпицентра взрыва ( $Az^\circ$ ).

По временам пробега продольной сейсмической волны от всех взрывов до каждого НУПа станций Зеренда, Восточный, Чкалово построены локальные годографы (рисунки 2, 3).

Из рисунка 2 видно, что локальные годографы PahZER и PahVOS на одинаковом эпицентрального расстоянии отличаются примерно на 0,274 с.

Таблица 2. Основные параметры исследованных невадских ПЯВ

№ п/п	Дата дд-мм-гг	Время (Гринвич) час:мин:сек	Широта (N) градус	Долгота (W) градус	Н м	мб	Наименование испытания
1	26-04-1980	17:00:00.08	37,248	- 116,423	633	5,4	Colwick
2	25-07-1980	19:05:00.08	37,256	- 116,478	680	5,5	Tafi
3	17-12-1980	15:10:00.09	37,325	- 116,316	573	5,1	Serpa
4	12-02-1982 (1)	14:55:00.08	37,224	- 116,464	638	5,4	Molbo
5	12-02-1982 (2)	15:25:00.09	37,348	- 116,317	640	5,4	Hosta
6	25-04-1982	18:05:00.01	37,256	- 116,423	570	5,4	Gibne
7	24-06-1982	14:15:00.09	37,236	- 116,371	640	5,6	Nebbiolo
8	26-03-1983	20:20:00.09	37,301	- 116,461	542	5,2	Cabra

Таблица 3. Времена  $t_1$  подсистемы «Ожерелье» Зеренда (ZER)

№ п/п	Дата дд-мм-гг	780 + $t_1$ (сек)						$\Delta^\circ_{\min} \div \Delta^\circ_{\max}$	$Az^\circ_{\min} \div Az^\circ_{\max}$ от эпицентра
		НУП4 $t_1$	НУП5 $t_1$	НУП6 $t_1$	НУП7 $t_1$	НУП8 $t_1$	НУП9 $t_1$		
1	26-04-80	2,360	2,456	2,506	2,554	2,390	2,317	90,0214 ÷ 90,0702	356,69 ÷ 356,74
2	25-07-80	2,342	2,487	2,536	2,542	2,441	2,304	90,0109 ÷ 90,0597	356,66 ÷ 356,71
3	17-12-80	2,055	2,196	2,226	2,227	2,109	2,012	89,9495 ÷ 89,9983	356,76 ÷ 356,81
4	12-02-82 (1)	2,474	2,616	-	2,661	2,530	2,433	90,0434 ÷ 90,0922	356,67 ÷ 356,72
5	12-02-82 (2)	1,943	2,079	-	2,136	1,994	1,897	89,9265 ÷ 89,9753	356,76 ÷ 356,81
6	25-04-82	2,390	2,485	2,536	2,589	-	-	90,0134 ÷ 90,0622	356,69 ÷ 356,74
7	24-06-82	-	2,544	-	2,640	2,502	2,362	90,0357 ÷ 90,0845	356,72 ÷ 356,78
8	26-03-83	2,229	2,329	-	2,379	2,263	2,191	89,9668 ÷ 90,0156	356,67 ÷ 356,72

Таблица 4. Времена  $t_1$  подсистемы «Ожерелье» Восточный (VOS)

№ п/п	Дата дд-мм-гг	780 + $t_1$ (сек)						$\Delta^\circ_{\min} \div \Delta^\circ_{\max}$	$Az^\circ_{\min} \div Az^\circ_{\max}$ от эпицентра
		НУП4 $t_1$	НУП5 $t_1$	НУП6 $t_1$	НУП7 $t_1$	НУП8 $t_1$	НУП9 $t_1$		
1	26-04-80	-	-	-	-	-	-	---	---
2	25-07-80	-	2,545	2,545	-	-	2,457	90,1105 ÷ 90,1547	355,46 ÷ 355,51
3	17-12-80	2,162	2,260	-	2,383	2,287	2,196	90,0519 ÷ 90,0961	355,56 ÷ 355,61
4	12-02-82 (1)	2,534	-	2,678	2,801	2,662	2,558	90,1432 ÷ 90,1874	355,47 ÷ 355,52
5	12-02-82 (2)	2,044	-	2,171	2,294	2,155	2,055	90,0290 ÷ 90,0731	355,56 ÷ 355,61
6	25-04-82	2,455	2,571	2,598	2,698	2,603	-	90,1139 ÷ 90,1581	355,49 ÷ 355,54
7	24-06-82	-	2,604	2,654	-	2,659	-	90,1371 ÷ 90,1813	355,52 ÷ 355,58
8	26-03-83	2,316	2,413	-	-	2,444	2,348	90,0668 ÷ 90,1110	355,47 ÷ 355,52

Таблица 5. Времена  $t_1$  подсистемы «Ожерелье» Чкалово (СНК)

№ п/п	Дата дд-мм-гг	780 + $t_1$ (сек)						$\Delta^\circ_{\min} \div \Delta^\circ_{\max}$	$Az^\circ_{\min} \div Az^\circ_{\max}$ от эпицентра
		НУП4 $t_1$	НУП5 $t_1$	НУП6 $t_1$	НУП7 $t_1$	НУП8 $t_1$	НУП9 $t_1$		
1	26-04-80	7,869	7,993	8,115	8,117	8,018	7,926	89,2193 ÷ 89,2641	355,79 ÷ 355,84
2	25-07-80	7,902	7,997	8,143	–	8,005	7,952	89,2081 ÷ 89,2529	355,76 ÷ 355,81
3	17-12-80	7,592	7,706	7,813	7,837	7,718	7,645	89,1488 ÷ 89,1936	355,86 ÷ 355,91
4	12-02-82 (1)	8,034	8,134	8,274	8,277	8,139	8,068	89,2408 ÷ 89,2856	355,77 ÷ 355,82
5	12-02-82 (2)	7,498	7,597	7,740	7,742	7,603	7,553	89,1259 ÷ 89,1707	355,86 ÷ 355,91
6	25-04-82	7,927	8,046	8,190	8,172	8,049	7,959	89,2113 ÷ 89,2561	355,79 ÷ 355,84
7	24-06-82	7,959	8,103	8,203	8,204	8,110	8,016	89,2342 ÷ 89,2790	355,82 ÷ 355,88
8	26-03-83	7,738	7,844	8,008	–	–	7,848	89,1643 ÷ 89,2091	355,77 ÷ 355,82

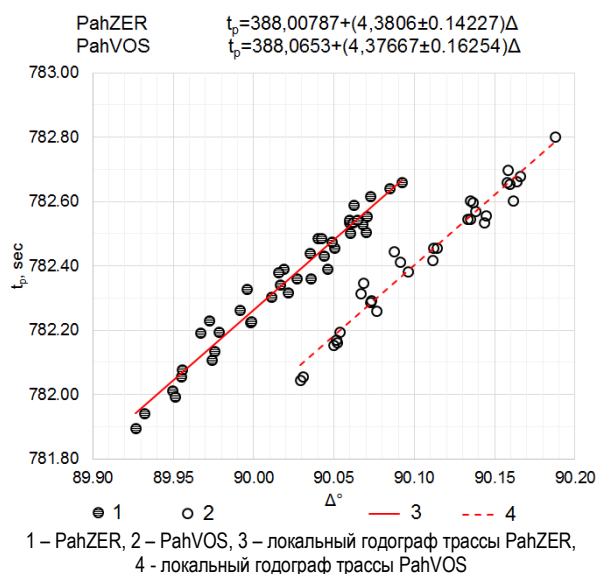


Рисунок 2. Локальные годографы продольной волны трассы Pahute – Зеренда (pahzer) и Pahute – Восточный (pahvos)

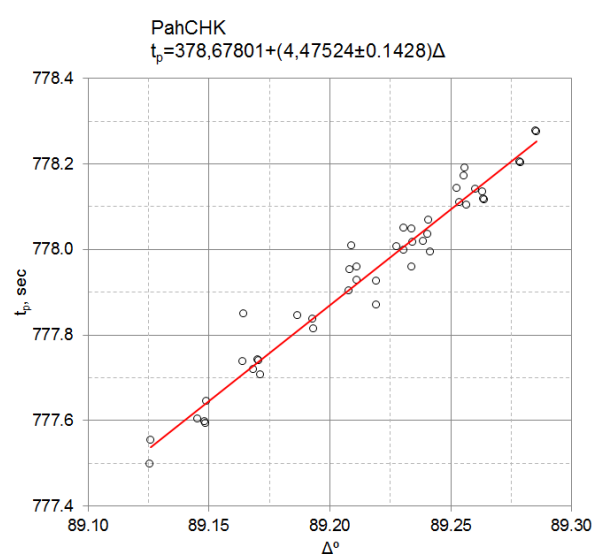


Рисунок 3. Локальный годограф продольной волны трассы Pahute – Чкалово (pahchk)

Отметим, для каждого из периферийных пунктов разница азимутов от эпицентра отдельного взрыва на НУПы «Ожерелья» не превышает  $\delta\alpha = 0,06^\circ$ , а для всех испытаний, приведенных в таблице 2 – менее  $\delta\alpha = 0,15^\circ$ . Это даёт основание в данном случае для каждого «Ожерелья» рассматривать свой локальный годограф, в котором максимальные отклонения времён пробега от среднего значения не превышают 0,15 с:

Pahute – Зеренда (PahZER)  
 $t_p (c) = 388,00787 + (4,3806 \pm 0,14227) \times \Delta^\circ;$   
 Pahute – Восточный (PahVOS)  
 $t_p (c) = 388,0653 + (4,37667 \pm 0,16254) \times \Delta^\circ;$   
 Pahute – Чкалово (PahCHK)  
 $t_p (c) = 378,67801 + (4,47524 \pm 0,1428) \times \Delta^\circ.$

По этим же взрывам был рассчитан локальный годограф для трассы Pahute – Боровое (PahBRVK, рисунок 4):

$t_p = 380,1300 + (4,4672 \pm 0,9687) \times \Delta^\circ.$

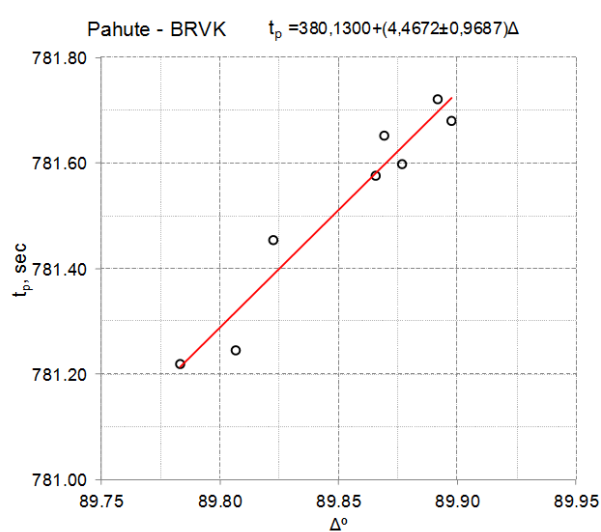


Рисунок 4. Локальный годограф продольной волны для трассы Pahute – Боровое по взрывам таблицы 2 (PahBRVK)

*Таблица 6. Линейный тренд времени пробега продольной волны в интервале 26.04.1980 г. – 26.03.1983 г.*

№ п/п	Трасса	Линейный тренд времени пробега продольной волны, с	Оценка тренда, мс/год
1	Pahute – Зеренда (Pah – ZER)	$784,67063 + (0,00000003 \pm 0,00205) \times T$	$+ 0,00 \pm 2,05$
2	Pahute – Восточный (Pah – VOS)	$773,59013 + (0,0015 \pm 0,00207) \times T$	$+ 1,50 \pm 2,07$
3	Pahute – Чкалово (Pah – CHK)	$794,97753 + (0,00001 \pm 0,0020) \times T$	$+ 0,01 \pm 2,0$
4	Pahute – Боровое (Pah – BRVK)	$780,924405 + (0,0209 \pm 0,0043) \times T$	$+ 20,9 \pm 4,3$

*Примечание:* T – годы (две последние цифры календарного года, например, 80 – это 1980 год).

Локальный годограф для трассы площадка Pahute NTS – сейсмическая станция «Боровое» (BRVK) в интервале 23.05.1967 (Scotch) – 26.03.1992 (Junction) по 70-ти взрывам составляет [5]:

Pahute – Боровое (PahBRVK)

$$t_p(c) = 341,36813 + (4,89884 \pm 0,34095) \times \Delta^\circ.$$

Уравнения линейного тренда времени пробега продольной волны в интервале 26.04.1980 – 26.03.1983 гг. на трассах от площадки Pahute NTS до подсистем «Ожерелье» периферийных пунктов Зеренда, Восточный, Чкалово приведены в таблице 6.

Линейный тренд времени пробега продольной волны на трассе Pahute – Боровое в интервале 23.05.1967 (Scotch) – 26.03.1992 (Junction) составил  $t_p(\text{сек}) = 780,94241 + (0,00671 \pm 0,00132) \times T$  (годы) [5].

Необходимо подчеркнуть, что при анализе линейного тренда времени пробега продольной волны

в некоторые календарные отрезки времени можно встретиться как с положительными, так и с отрицательными значениями тренда. В [6] приведены результаты анализа временных последовательностей среднегодовых значений линейного тренда на трассе Невада – Боровое, из которых следует, что положительные и отрицательные значения тренда чередуются в календарном времени случайным образом. Полученные значения локальных годографов и линейных трендов подтверждают ранее полученные результаты по трассе площадка Pahute – Боровое и могут быть использованы при обработке сейсмологических данных.

#### **Благодарности**

*Авторы благодарят сотрудника Института динамики геосфер РАН Л.Д. Годунову за постоянное внимание и помощь при выполнении данного исследования.*

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Адушкин, В.В. Структурные особенности внутреннего строения Земли по результатам сейсмических наблюдений за подземными ядерными взрывами / В.В. Адушкин, В.А. Ан, В.М. Овчинников // Физика Земли, 2000. – № 12. – С. 3–26.
2. Ан, В.А. О нормальных магнитных цифровых записей архива геофизической обсерватории «Боровое» / В.А. Ан, И.П. Башилов, П.Б. Каазик, В.А. Коновалов // Вестник НЯЦ РК, 2010. – Вып.3. – С. 62–69.
3. Эталонные сигналы частоты и времени // Бюллетень В-07-1986. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 26 с.
4. Springer, D.I. Seismic source summary for all U. S. below-surface nuclear explosions / D.I. Springer, G.F. Pawloski, J.L. Ricca, R.F. Rohrer, D.K. Smith // Bull. Seism. Soc. Am., 2002. – V. 92, No. 5. – P. 1808–1840.
5. Ан, В.А. Локальные годографы продольной волны на трассе Невадский полигон – сейсмическая станция «Боровое», 1967 – 1992 гг. / В.А. Ан, П.Б. Каазик, Т.В. Челюбеева // Вестник НЯЦ РК, 2017. – Вып. 2. – С. 36–42.
6. Ан, В.А. Циклические изменения параметров сейсмической волны Р на трассе Невада – Боровое / В.А. Ан, Е.И. Люкз // Физика Земли, 1992. – № 4. – С. 20–31.

#### **«БУРАБАЙ» ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ОБСЕРВАТОРИЯНЫҢ «ОЖЕРЕЛЬЕ» ТОПТАСТЫРУ ЖҮЙЕСІ**

<sup>1)</sup> Ан В.А., <sup>1)</sup> Каазик П.Б., <sup>2)</sup> Непенна К.С., <sup>1)</sup> Челюбеева Т.В.

<sup>1)</sup> *РФА Геосфералар динамикасы институты, Мәскеу, Ресей*

<sup>2)</sup> *РФА Бишкек қаласындағы Ғылыми станциясы, Бишкек, Қырғызстан*

«Бурабай» геофизикалық обсерваторияның үлкенбазалық сейсмикалық топтастыру жүйенің шалғайдағы Зеренді, Восточный, Чкалово пункттерінің «Ожерелье» кіші жүйелері қарастырылған. Невада сынау полигонында жүргізілген жерасты ядролық жарылыстарды тіркеу үлгісінде жергілікті годографтары мен Pahute полигонның о алаңы – шалғайдағы Зеренді, Восточный, Чкалово пункттері трассаларында құма толқынның өту уақытының сызықтық трендтері зерттелген

SEISMIC ARRAYS “OZHERELYE” OF GEOPHYSICAL OBSERVATORY “BOROVOYE”

<sup>1)</sup> V.A. An, <sup>1)</sup> P.B. Kaazik, <sup>2)</sup> K.S. Nepeina, <sup>1)</sup> T.V. Chelyubeyeva

<sup>1)</sup> *Institute of Geospheres Dynamics RAS, Moscow, Russia*

<sup>2)</sup> *Research station RAS, Bishkek, Kyrgyzstan*

Subsystem “Ozherelye” of peripheral points Zerenda, Vostochniy, Chkalovo of the large-base seismic array of Geophysical Observatory “Borovoye” has been studied. At the example of recording of underground nuclear explosions carried out at Nevada Test Site, local travel time curves and linear trends of the P wave travel time at the traces: “Pahute test site – peripheral points Zerenda, Vostochniy, Chkalovo” have been investigated.