ЛИВНЕВАЯ УСТАНОВКА ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ ВЫСОКОГОРНОЙ СТАНЦИИ ФИАН И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Л.И.Вильданова^b, В.В.Жуков^b, Р.А.Нам^b, В.П.Павлюченко^a, В.В.Пискаль^b, В.А.Рябов^a, Т.Х.Садыков^c, А.В.Степанов^c, А.П.Чубенко^a, А.Л.Щепетов^{a,b}

(а) Физический институт им. П.Н.Лебедева, Москва, Россия
 (b) Тянь-Шаньская высокогорная научная станция, Алматы, Казахстан
 (c) Физико-технический институт, Алматы, Казахстан

2014-2015

Сцинтилляционный детектор







Схема сцинтилляционной установки CENTER







Схема расположения детекторов ливневой системы в центральной части ТШВНС

Блок-схема ливневой установки - І: система АЦП



Функциональная схема системы АЦП



- Диапазон входных амплитуд 0.01...5В.
- Диапазон выходных кодов 1...4095 (12 разрядов).

- Период тактовой последовательности 2µs.
- Суммарное время сбора данных 512 μ s.



Дискриминатор импульсных сигналов



ДИСКРИМИНАТОР СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СИГНАЛОВ (ПЛАТЫ DB#1 ... DB#12) Схема электрическая принципиальная



ДИСКРИМИНАТОР СШИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СИГНАЛОВ Сборочный чертех



Схемы генерации триггерных сигналов



7/35

Измерение импульсных спектров

Импульсный АЦП



Общий вид системы сбора данных





9/35

Программы управления установкой - І: система АЦП



Блок-схема программ управления системой АЦП

Программы управления - И: система контроля



СЦИНТИЛЛЯЦИОННАЯ ЛИВНЕВАЯ УСТАНОВКА "CENTER" Блок-схема программ контроля за состояникм детекторов

Результаты контрольных измерений

Интенсивность сигналов



Амплитудные спектры





Измерение амплитуды сцинтилляционного сигнала - 1

Исходные измерения:

коды	амплитуд	в	трех	диапазонах
------	----------	---	------	------------

	23.62.2015 02:07:48 [1028] BCD									
	θ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CENTER:	high se	nsitivi	ty							
cntr 01	253	778	301	281	650	389	258	482	789	263
cntr 11	288	350	1882	1106	1250	888	2900	2024	2452	791
cntr_21	3752	2728	167	1425	4695	3738	2408	2693	4095	3803
cntr 31	2167	925	2436	485	948	568				
CENTER -	midi er	meitivi	tw							
cotr 01	6	0		9	0	8	A	ß	0	0
cotr 11	ő	ě	20	ě	ă	ő	40	ě	14	ă
cotr 21	97	22	41	ě	224	20	22	4	00	45
cotr_21	6	22	14	ě	2.54	20	22		0.5	40
CENTER	1000 000		14		•					
centre Al	LUN SUI	DICIVII	·* 。	0	0	0	0	0	0	0
cntr_01	0							6		
circi_11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
cntr_21	0		0		0	0	0	0	0	0
cntr_31	9	9	U		U	6				
Center P	risto						60	ito Idn	lun exit	t/Quit
23.02.20	115 03:31	3:58 [16	20] BC	,						
		1	Z	3	4	5	6	/	8	9
CENTER:	high se	ensitiv	tty							
cntr_01	2814	3120	2122	1889	3168	3069	885	2345	4095	1829
cntr_11	1983	3514	3381	4095	4895	4095	4895	3776	4095	4095
cntr_21	4095	3786	4095	2751	4895	4095	4695	4095	4695	4095
cntr_31	4095	4695	3936	3129	3853	3380				
CENTER:	midi se	meitiv								
cotr 01		SHOLLY.	LLY .							
circi ox	18	27	0	0	8	29	G	θ	72	θ
cntr_11	18 18	27 31	0 298	0 235	8 144	29 152	0 531	0 295	72 486	0 262
cntr_11 cntr_21	18 18 857	27 31 549	0 298 1026	0 235 482	8 144 726	29 152 1434	0 531 794	0 295 594	72 486 484	0 262 726
cntr_11 cntr_21 cntr_31	18 18 857 586	27 31 549 248	0 298 1026 132	0 235 482 24	8 144 726 66	29 152 1434 38	0 531 794	0 295 594	72 486 484	0 262 726
cntr_11 cntr_21 cntr_31 CENTER:	18 18 857 586 low ser	27 31 549 248	0 298 1026 132	0 235 482 24	8 144 726 66	29 152 1434 38	0 531 794	0 295 594	72 486 484	0 262 726
cntr_11 cntr_21 cntr_31 <u>CENTER:</u> cntr 01	18 18 857 586 <u>low ser</u> 0	27 31 549 248 nsitivit	0 298 1026 132 132	0 235 482 24 0	8 144 726 66 8	29 152 1434 38 0	0 531 794 0	0 295 594 0	72 486 484 0	0 262 726 8
cntr_11 cntr_21 cntr_31 <u>CENTER:</u> cntr_01 cntr_11	18 18 857 586 low ser 0 0	27 31 549 248 nsitivit 0 0	0 298 1026 132 132 132	0 235 482 24 0 0	8 144 726 66 8 8	29 152 1434 38 0 0	0 531 794 0 0	0 295 594 0 0	72 486 484 0 0	0 262 726 8 8
cntr_11 cntr_21 cntr_31 CENTER: cntr_01 cntr_11 cntr_21	18 18 857 586 <u>low ser</u> 0 0 0	27 31 549 248 nsitivi1 0 0 0	0 298 1026 132 132 132	0 235 482 24 0 0 0	8 144 726 66 8 8	29 152 1434 38 0 0 0	0 531 794 0 0 0	0 295 594 0 0 0	72 486 484 0 0 0	8 262 726 8 8 8
cntr_11 cntr_21 cntr_31 CENTER: cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_31	18 18 857 586 <u>low ser</u> 0 0 0 0	27 31 549 248 nsitivi 0 0 0 0 0	0 298 1026 132 LY 0 0 0 0	0 235 482 24 0 0 0 0	8 144 726 66 8 8 8	29 152 1434 38 0 0 0 0	0 531 794 0 0 0	0 295 594 0 0 0	72 486 484 0 0 0	8 262 726 8 8 8

Процедура «сшивки» диапазонов

$$P_{hs} = a_{ms} \cdot P_{ms} + b_{ms}$$
если $P_{ms} > t_{ms}$



Измерение амплитуды сцинтилляционного сигнала - 11



Измерение амплитуды сцинтилляционного сигнала - 111



15/35

Результат: объединенные коды амплитуд & оценки плотности потока частиц

23.02.2	015 02:0	17:48 [1	028] BC	D 6.3 4	.2 2.54	e+06 0.9	94 35.6			
	θ	1	2	3	- 4	5	6	7	8	9
UNIFIED	BINARY	CODE :								
cntr 01	253	778	301	281	650	389	258	482	789	263
cntr 11	288	350	1882	1106	1250	888	2900	2024	2452	791
cntr ²¹	5275	2728	1250	1425	13458	4013	2408	2693	5480	4864
cntr 31	2167	925	2436	485	948	568	275	265	109	106
prst 05	197	128	98	72	514	467	494	286	468	437
prst 15	466	105	774	552	270	394	2485	842	362	475
prst 25	3886	1757	389	362	3620	1345	773	362	1421	1061
prst 35	378	233								
PARTICLI	ES NUMBE	R:								
cntr 01	648	1524	772	598	1589	753	446	1307	2197	682
cntr 11	739	805	3751	2932	2487	1587	7716	8671	6522	2692
cntr 21	21876	7258	2487	2837	26903	10683	6404	4173	14595	10819
cntr 31	8643	2458	9719	1915	3767	2247	1058	513	386	374
prst 05	492	308	342	476	1337	1212	1926	1094	1822	1132
prst 15	1550	246	3646	2158	686	1526	6593	3318	932	1233
prst 25	10117	4652	1664	1398	9620	5336	2028	1398	3755	2795
prst 35	974	588								
-										
							6	oto Idn	Num exe	t/Ouit
										_
23.02.2	915 03:3	0:58 [1	6301 BC	D 7.1 1	.0 1.20	≥+07 0.8	37 219.5			
23.02.2	015 03:3 0	0:58 [1 1	630] BC 2	D 7.1 1	.0 1.20	a+07 0.8	37 219.5 6	7	8	9
23.02.2 UNIFIED	015 03:3 0 BINARY	0:58 [1 1 CODE:	630] BC 2	D 7.1 1 3	.0 1.20	2+07 0.8 5	37 219.5 6	7	8	9
23.02.2 UNIFIED	015 03:3 0 BINARY 2814	10:58 [1 1 <u>CODE:</u> 2982	630] BC 2	D 7.1 1 3 1889	.0 1.20 4 3168	2+07 0.8 5 3069	37 219.5 6 885	7 2345	8	9
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11	015 03:3 0 BINARY 2814 1983	10:58 [1 1 <u>CODE:</u> 2982 3548	630] BC 2 2122 7829	D 7.1 1 3 1889 7248	.6 1.20 4 3168 5498	2+07 0.8 5 3069 6919	87 219.5 6 885 16860	7 2345 12170	8 4797 15491	9 1829 8426
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_21	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918	10:58 [1 1 2982 3548 21494	630] BC 2 2122 7829 12170	D 7.1 1 3 1889 7248 18015	.8 1.20 4 3168 5498 36730	3069 102011	87 219.5 6 885 16860 26413	7 2345 12170 16731	8 4797 15491 18476	9 1829 8426 28511
23.02.2 <u>UNIFIED</u> cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_31	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096	10:58 [1 1 2982 3548 21494 9650	630] BC 2 2122 7829 12170 5986	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129	.0 1.20 4 3168 5498 36730 4481	3069 6919 102011 3259	87 219.5 6 885 16860 26413 1642	7 2345 12170 16731 786	8 4797 15491 18476 946	9 1829 8426 28511 901
23.02.2 <u>UNIFIED</u> cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_31 prst_05	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546	10:58 [1 1 2982 3548 21494 9650 1786	630] BC 2 2122 7829 12170 5986 913	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19	.0 1.20 4 3168 5498 36730 4481 2797	3069 6919 102011 3259 2753	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930	7 2345 12170 16731 786 2896	8 4797 15491 18476 946 2997	9 1829 8426 28511 901 2586
23.02.2 <u>UNIFIED</u> cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_31 prst_05 prst_15	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1965	10:58 [1 1 2982 3548 21494 9650 1786 781	630] BC 2 2122 7829 12170 5986 913 5622	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954	.0 1.20 4 3168 5498 36730 4481 2797 1558	3069 6919 102011 3259 2753 1987	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095	7 2345 12170 16731 786 2096 3124	8 4797 15491 18476 946 2997 2088	9 1829 8426 28511 901 2506 2117
23.02.2 <u>UNIFIED</u> cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_31 prst_05 prst_15 prst_25	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1965 6128	10:58 [1 1 2982 3548 21494 9650 1786 781 4456	630] BC 2 2122 7829 12170 5986 913 5622 1850	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809	.0 1.20 4 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278	2+07 0.8 5 3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354	9 8426 28511 901 2506 2117 2681
23.62.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_31 prst_05 prst_15 prst_25 prst_25 orst_35	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1965 6128 1539	18:58 [1 1 2982 3548 21494 9650 1786 781 4456 829	638] BC 2 2122 7829 12170 5986 913 5622 1850	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809	.8 1.24 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278	3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354	9 8426 28511 901 2506 2117 2681
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_31 prst_05 prst_15 prst_25 prst_25 PARTICL	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1965 6128 1539 ES NUMBE	10:58 [1 2982 3548 21494 9650 1786 781 4456 829 IR:	630] BC 2 7829 12170 5986 913 5622 1850	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809	.6 1.24 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278	3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354	9 1829 8426 28511 901 2506 2117 2681
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_31 prst_05 prst_15 prst_15 prst_25 prst_35 PARTICLI cntr_01	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1965 6128 1539 ES NUMBE 7128	10:58 [1 2982 3548 21494 9650 1786 781 4456 829 R: 5875	630] BC 2 2122 7829 12170 5986 913 5622 1850	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809 3966	.6 1.24 4 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958	2+07 0.6 5 3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211 7929	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354	9 8426 28511 901 2506 2117 2681
23.02.2 <u>UNIFIED</u> cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_31 prst_05 prst_15 prst_15 prst_25 prst_35 <u>PARTICLI</u> cntr_01	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1546 1546 1539 ES NUMBE 7128 5089	10:58 [1 1 2962 3548 21494 9550 1786 781 4456 829 <u>829</u> <u>5875</u> 9012	630] BC 2 7829 12170 5986 913 5622 1850 5446	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809 3966 19310	.6 1.24 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 16982	9+07 0.6 5 3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211 7929 13826	87 219.5 6 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 4494	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374 6399 4865	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354 13219 41293	9 1829 8426 28511 901 2506 2117 2681 4650 22452
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_31 prst_05 prst_55 prst_55 PARTICLI cntr_01 cntr_11 cntr_11	015 03:3 0 BINARY 2814 1903 32918 13096 1546 1965 6128 1539 ES NUMBE 7120 5080 13164	10:58 [1 1 2962 3548 21494 9650 1786 781 4456 829 9612 5875 9012 5730	630] BC 2 7829 12170 5986 913 5622 1850 5446 15644 48655	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809 3966 19310 36016	.6 1.20 4 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 10982 7344	277281	37 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 44943 70416	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374 6399 48655 33450	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354 13219 41293 4925	9 1829 8426 28511 901 2506 2117 2681 4650 22452 276913
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_31 prst_05 prst_55 prst_55 prst_55 prst_155 prst_155 cntr_01 cntr_01 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 c	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1546 1546 1546 1546 1546 1528 1508 131640 52350	10:58 [1 1 2982 3548 21494 9650 1786 781 4456 829 1786 781 5875 9012 5730 25715 25730	630] BC 2 7829 12170 5986 913 5622 1850 5446 15644 48655 23917	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1889 3966 19310 36016 1249	.0 1.20 4 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 16982 7344 71789	*+07 0.6 5 3069 6919 102811 3259 2753 1987 3211 7929 13826 272012 13816	37 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 44943 70416 6518	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374 6399 48655 33455 2865 2865	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354 13219 41293 49251 3736	9 1829 8426 28511 2506 2117 2681 4650 22452 7601 3551
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_21 cntr_31 prst_05 prst_25 prst_35 PARTICLI cntr_01 cntr_11 cntr_12 cntr_13 cntr_31 cn	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1965 6128 1539 5580 13164 52350 4080	18:58 [1 1 2982 3548 21494 9650 1786 781 4456 829 9012 5730 25730 25730 2775	638] BC 2 7829 12170 5986 913 5622 1850 5446 15644 48655 23917 360	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809 3966 19310 36016 1249 52	.8 1.20 4 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 10982 73447 1789 7425	2+07 8.8 5 3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211 7929 13826 272012 13810 7381	37 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 44943 70416 6510 7670	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374 6399 4865 33450 2065 33450 2065	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354 13219 41293 49251 3734 11937	9 1829 8426 28511 901 2506 2117 2681 4650 22452 76613 3551 6649
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_12 cntr_11 prst_05 prst_15 prst_25 PARTICLI cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_31 prst_05 prst_15	015 03:3 0 BINARY 2814 1983 32918 13896 1546 1965 6128 1539 65 NUMBE 7128 5089 131646 52359 4080 7810	18:58 [1 1 2982 3548 21494 9550 1786 781 4456 8229 5875 5875 5875 5875 5875 425715 425715 4729 25715	630] BC 2 2122 7829 12170 5986 913 5622 1850 5446 15644 48655 23917 3600 22486	D 7.1 1 3 1889 7248 1801 3129 19 2954 1809 3966 19310 36016 1249 52 11766	.0 1.24 4 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 10982 73447 17899 7425 4121	2+07 8.8 5 3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211 7929 13826 272812 13816 7385 7898	37 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 44943 76416 6518 76416	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374 6399 48655 33450 2662 8334 2662 8334	8 4797 15491 18476 946 2997 2098 4354 13219 41293 49251 3734 11937 5536	9 8426 28511 2961 2506 2117 2681 4650 22452 7661 3554 6649 5612
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_31 prst_05 prst_15 prst_25 prst_35 PARTICLI cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_12 cntr_11 prst_05 prst_15 cntr_11 cntr_12 cntr_12 cntr_12 cntr_12 cntr_14 cntr_12 cntr_14 cntr_14 cntr_15 cntr_15 cntr_15 cntr_15 cntr_15 cntr_15 cntr_16 cntr_11 cntr_15 cntr_15 cntr_15 cntr_15 cntr_15 cntr_15 cntr_11 cntr_11 cntr_13 cntr_16 cntr_115 cntr_15 cntr_15 cntr_115 cn	015 03:3 0 0 BINARY 2814 1903 32918 13096 1546 1946 1546 1546 1546 1546 1546 1546 1546 15	18:58 [1 1 2982 3548 21494 9650 1786 781 4456 829 1786 5875 9012 57300 25715 4729 2640 11846	630] BC 2 7829 12170 5986 913 5622 1850 5446 15644 48655 22917 360 22917 360 2243	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1869 3966 19310 36016 1249 52 11766 7186	.8 1.24 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 16982 73447 17899 7425 4121 19373	*+07 8.8 5 3069 6919 102811 3259 2753 1987 3211 7929 13826 272812 13816 7308 7896 12794	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 44943 70416 6518 7670 10886	7 2345 12170 16731 786 2996 3124 1374 6399 48655 33450 22662 8334 1246 5446 5446	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354 13219 41293 4325 1 3734 11937 5534 11937	9 1829 8426 28511 2506 2117 2681 4650 22452 7601 3554 6649 5612 7116
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_11 prst_05 prst_15 prst_55 PARTICLI cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_12 cntr_11 cntr_15 prst_55 PARTICLI cntr_11 cntr_13 prst_05 prst_155 prst_155 prst_155 prst_155 prst_255 prst_155 prst_255 prst_	015 03:3 BINARY 2814 1983 32918 13096 1546 1965 6128 1539 ES NUMBE 5080 13164 5235 4080 7810 1638 4080 7810	10:58 [1 2962 3548 21494 9550 1786 781 4456 829 9012 5730 25730 25730 25730 25730 1184 2040 1184 214 2040 214 2040 214 2040 214 2052 2062 2050 2062 2050 2062 2050 2062 2050 2062 2050 2062 2050 20	630] BC 2 2122 7829 12170 5986 913 5622 1850 5446 15644 48655 2391 3602 22438 4908	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809 3966 19310 36016 1249 52 11766 7186	.8 1.24 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 10982 73447 17899 7425 4121 19373	2+07 0.6 5 3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211 7929 13826 272012 13816 7396 7398 12794	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 44943 76416 6518 7670 10886 no sew	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374 6399 48655 33450 2062 8334 2062 8334 2062 8334 2062 8334 2446	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354 13219 41293 49251 3734 11937 5534 11576	9 1829 8426 28511 901 2506 2117 2681 4650 22452 76013 3554 6649 5612 7116
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_15 prst_15 prst_15 prst_15 prst_15 cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_11 cntr_15 prst_25 prst_35 prst_35 prs	2815 83:3 0 BINARY 2814 1903 1909 1905 6128 1965 6128 1965 6128 1965 6128 1965 6128 1965 6128 1965 6128 1969 508 13164 5235 4080 7810 1630 407 80 407 80 407 80 407 80 407 80 407 80 407 80 407 80 407 80 407 80 407 80 407 80 40 407 80 40 40 40 40 40 40 40 40 40 4	10:58 [1 <u>CODE:</u> 2982 3548 21494 9650 1786 781 4456 829 18 5875 9012 5730 25715 4729 25715 4729 11840 2177	630] BC 2 2122 7829 12170 5986 913 5622 1850 5446 15544 48655 23917 3600 22438 4900	D 7.1 1 3 1889 7248 18015 3129 19 2954 1809 3966 19310 36016 1249 52 11766 7186	.6 1.24 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 10982 73447 17899 7425 4121 1937 3	2+07 8.6 5 3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211 7929 13826 272012 13816 7308 7898 12794	87 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 76416 6518 7670 10886 no sew	7 2345 12170 16731 786 2096 3124 1374 6399 48655 3345 2662 8334 12446 5446	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354 13219 41293 49251 3734 11937 5534 11576	9 1829 8426 28511 901 2506 2117 2681 4659 22452 7601 3554 3554 6649 5612 7116
23.02.2 UNIFIED cntr_01 cntr_11 cntr_11 cntr_21 cntr_11 cntr_21 prst_05 prst_35 PARICL cntr_01 cntr_01 cntr_11 cntr_12 prst_05 prst_35 prst	015 03:3 0 BINARY 2814 1903 32918 13096 1539 ES NUMBE 712 508 13164 5235 408 7810 1630 ⁶ 407 ⁶	10:58 [1 2982 3548 21494 9650 1786 7786 829 1786 829 1786 829 1786 829 1786 829 1786 829 1786 829 1786 9012 5775 9012 25715 4729 2049 2177	630] BC 2 2122 7829 12170 5986 913 5622 1850 1850 1850 18564 4865 23917 360 2243 490	D 7.1 1 3 1889 7248 1801 3129 19 2954 1809 3966 19310 3601 1249 1249 1249 1249 1249 1248 1248 1248 1248 1248 1809 19 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 2954 1809 19 3966 19310 3601 1249 1248 1297 19 2954 1809 19 3606 19310 3606 1249 1249 1258 12988 12988 12988 12988 12988 12988 12988 12988 1298	.8 1.24 3168 5498 36730 4481 2797 1558 7278 7958 16982 73447 17899 7425 4121 19373	*+07 0.6 5 3069 6919 102011 3259 2753 1987 3211 7929 13826 272012 13816 7308 7898 12794	37 219.5 6 885 16860 26413 1642 1930 4095 no sew 1653 44943 7670 10886 no sew	7 2345 12170 16731 786 2996 3124 1374 48655 33455 28652 8334 12446 5446	8 4797 15491 18476 946 2997 2088 4354 13219 41293 44295 3734 11937 5534 11576	9 1829 8426 28511 901 2506 2117 2681 4650 22452 76018 3554 6649 5612 7116



23.02.2015 03:30:58 [1630] BCD



10 15

23.02.2015 03:30:58 [1630] BCD



max: 108805; sum: 604567

Динамический диапазон измерений плотности частиц - 1

$$D=P_{spc}/M_{spc}$$
 ; $P_{spc}=a_{hs}\cdot P_{hs}+b_{hs}$; $P_{hs}=a_{ms}\cdot P_{ms}+b_{ms}$

 $a_{ms}\simeq 30$; $b_{ms}\simeq 2000$; $a_{hs}\simeq 0.8$; $M_{spc}\simeq 3$

 $P_{ms}^{max} = 4000$

 $D^{max} \sim 30000 - 70000$ (по двум амплитудным диапазонам)

Динамический диапазон измерений плотности частиц - П



Функция НКГ



Аппроксимация плотности потока частиц

$$\chi^2 = \sum_D \left(\frac{n_D / S_D - \rho_{NKG}(r_D(x_0, y_0), s, N_e)}{\sigma(n_D / S_D)} \right)^2 \rightarrow \min_{[x_0, y_0, s, N_e]}$$



max: 5035; sum: 61163; shower: 6.3 4.2 2.5e+06 0.94 35.6

max: 46530; sum: 348186; shower: 7.1 1.0 1.2e+07 0.87 219.5

Результат: аппроксимирующие функции НКГ & оценки параметров ШАЛ



Спектр ШАЛ по числу частиц



Спектр ШАЛ по числу частиц & новые измерения



Спектр ШАЛ & статистика

Ожидаемое количество событий за 1000 часов измерений

	CENTER	CENTER +
Порог	(запущенная	периферия
	часть)	$R \lesssim 100$ м
$N_e > 10^5 \ (E_0 \gtrsim 3 \cdot 10^{14} \mathrm{eV})$	$2\cdot 10^5$	$8\cdot 10^5$
$N_e > 10^6 \ (E_0 \gtrsim 3 \cdot 10^{15} \mathrm{eV})$	$6\cdot 10^3$	$2\cdot 10^4$
$N_e > 10^7$ $(E_0 \gtrsim 3 \cdot 10^{16} \mathrm{eV})$	60	200
$egin{aligned} N_e > 10^8 \ (E_0 \gtrsim 3 \cdot 10^{17} \mathrm{eV}) \end{aligned}$	_	2

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

- произведен технический запуск первой очереди сцинтилляционной ливневой установки «CENTER».
- отработан комплекс программ и алгоритмов, позволяющих получать физическую информацию (плотность потока ливневых частиц и параметры ШАЛ) по исходным данным сцинтилляционной установки (кодам АЦП).
- физические результаты тестовых измерений на установке «CENTER» удовлетворительно согласуются с данными предыдущих экспериментов на Тянь-Шаньской станции.

Планы развития на 2015-16гг

- установка периферийных ливневых детекторов системы CENTER на расстояниях 20-30 м и 40-50 м от центральной подсистемы; временные (угловые) измерения.
- подключение второй ливневой системы CENTER-II и совместные измерения с детекторами адронного калориметра.
- переход к измерениям с динамическим диапазоном амплитуд $(1-2)\cdot 10^6$.
- подземный комплекс детекторов: мюонный годоскоп и нейтронные детекторы.

Схема сцинтилляционной установки - //







Схема расположения детекторов ливневой системы

Возможные направления исследований

- угловое распределение & анизотропия ливней в области энергий 10¹⁴–10¹⁸ эВ.
- структура потоков частиц в центральной области и непосредственно в районе ствола ШАЛ.
- энергетический спектр (наклонных) ливней.
- особенности в спектре ливней, «экзотические» взаимодействия и темная материя.
- ШАЛ & сейсмология.
- ШАЛ & нейтроны.
- ШАЛ & адронные(?) события в подземном нейтронном мониторе.

ШАЛ & сейсмология



G.A. Gusev et al Cosmic Rays as a New Instrument of Seismological Studies // BLPH vol. 38, 2011, 12, 374.

G.A. Gusev et al The First Results of Observations of Acoustic Signals Generated by Cosmic Ray Muons in a Seismically Stressed Medium // BLPH vol. 40, 2013, 3, 74.

ШАЛ & нейтроны: временные характеристики



A.P.Chubenko et al Anomalous time structure of extensive air shower particle flows in the knee region of primary cosmic ray spectrum // Journal of Phys.G, 2002, 2, 251.

A.D. Erlykin The neutron "thunder" accompanying the extensive air shower // Journal of Phys.G, 2006, 34, 565.

ШАЛ & нейтроны низкой энергии



A.P. Chubenko et al The influence of background radiation on the events registered in a neutron monitor at mountain heights // Journal of Phys.G. 2008, 35, 085202.

О подземном нейтронном мониторе



A.P.Chubenko et al Neutron Events in the Underground Monitor of the Tien Shan High-Altitude Station // BLPH vol. 38, 2007, 34, 4, 107-113.

A.P.Chubenko et al The underground neutron events at Tien-Shan // Proc. of 30th ICRC, 2008, 4, 3-6.

Мониторинг сигналов на подземных детекторах









33 / 35

Поглощение адронной компонеты в грунте (GEANT4)





· 10 ·

Нейтронные события в подземном мониторе

s

-7 -7

 $\Delta N / \Delta M \cdot M^3$,

INTENSITY,

