

УДК 550.344

## РЕГИСТРАЦИЯ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТЬЮ ИГИ МЭ РК

Узбеков Р.Б., Сейнасинов Н.А.

*Институт геофизических исследований. Курчатов, Казахстан*

В статье анализируются характеристики подземных ядерных взрывов произведенных на полигонах Пунгери, Лобнор, Муруроа, Похаран, Чагай, параметры их записей на казахстанских станциях, позволяющие более точно оценивать координаты источника и магнитуду события. Показана эффективность сети сейсмических станций РГП ИГИ, и вклад Казахстана в мониторинг ядерных испытаний на региональных и телесеизмических расстояниях.

**ВВЕДЕНИЕ**

В 1945 году были осуществлены первые в истории Земли ядерные взрывы. После их проведения человечество осознало, какие глобальные экологические и политические проблемы несут массовые испытания ядерного оружия. В связи с этим видные политические и общественные деятели, ООН начали пытаться запустить механизмы, позволяющие снизить количество испытаний, сделать их более безопасными и ограничить мощность ядерных зарядов, чтобы впоследствии перейти к эпохе, свободной от ядерного оружия и его испытаний. Так, в 1963 году Великобританией, Советским Союзом и США был подписан договор об ограничении испытаний ядерного оружия, запрещающий испытания в атмосфере, космическом пространстве и под водой. В 1968 году подписан договор о нераспространении, запрещающий государствам, не имеющим ядерного оружия, обладать, производить или приобретать ядерное оружие или другие ядерные взрывчатые устройства, а в 1974 г. Советским Союзом и США подписан пороговый договор, ограничивающий мощность ядерных зарядов до 150 килотонн. Все эти события привели к разработке Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) и созданию проекта системы контроля соблюдения этого Договора. 24 сентября 1996 г. в Нью-Йорке, в штаб-квартире ООН на 51-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН ДВЗЯИ был принят и открыт для подписанию. В таблице 1 приведены сведения о ядерных программах разных стран и статус ДВЗЯИ.

Из таблицы 1 видно, что несмотря на усилия международных организаций, ряд стран, обладающих

ядерным оружием не ратифицировал договор (США, Китай), а Индия, Пакистан и КНДР не подписали и не ратифицировали ДВЗЯИ. Для контроля за исполнением ДВЗЯИ и мониторинга ядерных испытаний стран, не подписавших договор, после 1997 года начала создаваться Международная система мониторинга, включающая 4 технологии, в настоящее время она введена в эксплуатацию на 90 %.

Казахстан подписал Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) в 1996 году. Согласно Протоколу к ДВЗЯИ в состав создаваемой Международной системы мониторинга по контролю за соблюдением ДВЗЯИ были построены пять объектов на территории Казахстана. Это сейсмическая группа Маканчи (PS23), входящая в сеть первичных станций МСМ (и входящая в сеть НЦД США), сейсмические группы Боровое (AS057), Курчатов (AS058), трехкомпонентная сейсмическая станция Актюбинск (AS059), входящие в число вспомогательных станций МСМ, а также инфразвуковая станция Актюбинск (IS31).

**СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

В Казахстане организацией, осуществляющей мониторинг ядерных испытаний в рамках ДВЗЯИ, является РГП «Институт геофизических исследований» МЭ РК (РГП ИГИ МЭ РК), который был организован в 1993 году, в 1994 г. в состав Института были включены станции, ранее принадлежавшие Службе специального сейсмического контроля СССР, находившиеся на территории Казахстана, – Курчатов, Боровое, Актюбинск, Маканчи.

Таблица 1. Параметры ядерных испытаний по странам

Страна	Кол-во испытаний	Первое испытание	Последнее испытание	Статус ДВЗЯИ
США	1032	16.07.1945	23.09.1992	Договор подписан 24.09.1996, не ратифицирован
СССР, Россия	715	29.08.1949	24.10.1990	Договор подписан 24.09.1996, ратифицирован 30.06.2000
Великобритания	45	03.10.1952	26.11.1991	Договор подписан 24.09.1996, ратифицирован 6.04.1998
Франция	210	13.02.1960	17.01.1996	Договор подписан 24.09.1996, ратифицирован 6.04.1998
Китай	45	16.10.1964	29.07.1996	Договор подписан 24.09.1996, не ратифицирован
Индия	3	18.05.1974	13.05.1998	Не подписан, не ратифицирован
Пакистан	2	28.05.1998	30.05.1998	Не подписан, не ратифицирован
КНДР	6	09.10.2006	09.09.2016	Не подписан, не ратифицирован
<b>ИТОГО</b>	<b>2058</b>			

В 1994–1996 гг. на территории Казахстана совместно с IRIS было размещено 5 трехкомпонентных широкополосных цифровых станций (АКТ, BRV, KUR, МАК, TLG) и три малоапертурные сейсмические группы СНК, ZRN, VOS, в 1994-1996г.г. установлено 3 станции системы IRIS/IDA и IRIS/GSN (Боровое, Курчатов, Маканчи), в 1996 г. сейсмическая группа Курчатов-Крест, в 1997 г. трехкомпонентная сейсмическая станция Подгорное на Северном Тянь-Шане.

В 1999 г. в г. Алматы был открыт Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации, который стал в рамках Международной системы мониторинга (МСМ) выполнять функции Казахстанского Национального Центра данных.

В 1999–2006 г. были построены и введены в эксплуатацию объекты МСМ и сейсмические группы АFTAC: СГ Маканчи (PS23), СГ Каратау, СГ Боровое (AS057), инфразвуковой станции Актюбинск (IS31), СГ Каратау, СГ Акбулак, Актюбинск (AS059), СГ Курчатов-крест (AS058).

В 2006 году была открыта трехкомпонентная станция KNDC на территории г. Алматы и в 2010 г. трехкомпонентная станции Ортау (OTUK), расположенная на территории Центрального Казахстана и модернизирована трехкомпонентная станция Подгорное на Северном Тянь-Шане) [1]. В 2010 г. была введена в эксплуатацию инфразвуковая станция Курчатов и в 2016 году инфразвуковая станция Маканчи.

В настоящее время сеть наблюдений ИГИ РК включает в себя 5 сейсмических групп, 7 трехкомпонентных и 3 инфразвуковых станции.

Данные системы мониторинга используются для задач глобального мониторинга ядерных взрывов и землетрясений. Производится регулярный обмен данными с Международными сейсмологическими центрами для составления мировых сейсмологических бюллетеней (REB, ISC, EMSC, ГС РАН), волновые формы передаются в IRIS/DMC и используются геофизиками разных стран для научных исследований [1, 2].

Основной задачей системы мониторинга Казахстана является обнаружение и определение параметров ядерных взрывов. С начала функционирования сеть ИГИ зарегистрировала 6 подземных ядерных взрывов, произведенных Францией 1995-1996 гг. на атоллах Муруроа и Фангатауфа в Тихом океане (рисунок 1), 5 ядерных взрывов, произведенных Китаем на полигоне Лобнор 1994–1996 гг., 2 ядерных испытания, произведенных Пакистаном в районе испытательного полигона Чагай в 1998 г., 1 подземный ядерный взрыв, произведенный Индией на полигоне Похаран в 1998 г., и 5 ПЯВ, произведенных КНДР на полигоне Пунгери 2006–2016 гг. На рисунке 1 представлена карта расположения станций сети ИГИ и эпицентров ПЯВ, зарегистрированных сейсмическими цифровыми станциями ИГИ. Сейсмические

станции ИГИ РК характеризуются низким уровнем сейсмических шумов в районе расположения станций, на них установлена современная высокочувствительная аппаратура, в связи с чем они отличаются уникальными условиями для регистрации сейсмических сигналов среди всех мировых станций. Этот факт позволяет успешно регистрировать даже слабые ПЯВ на региональных и телесеismicких расстояниях [1, 2].

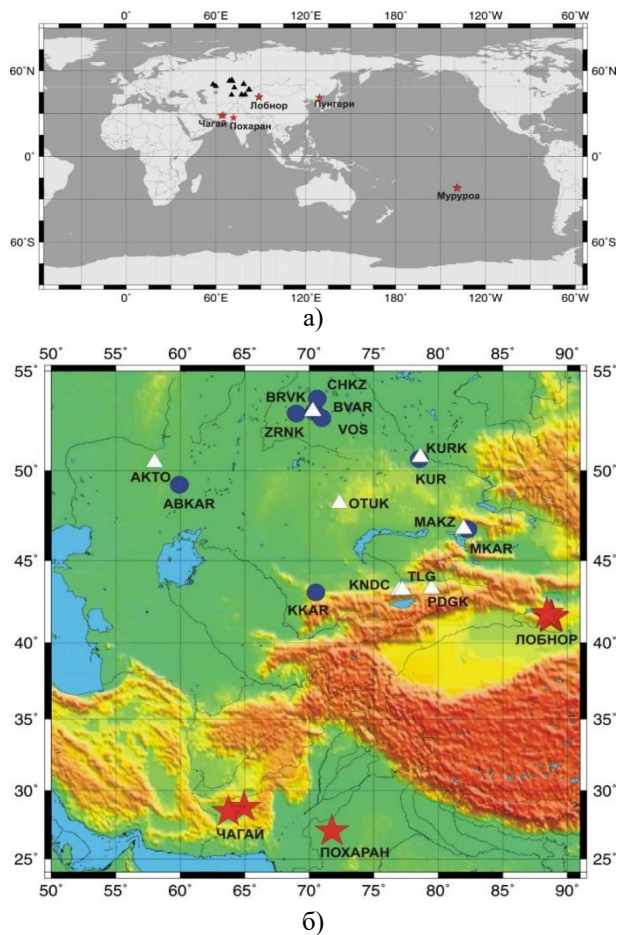


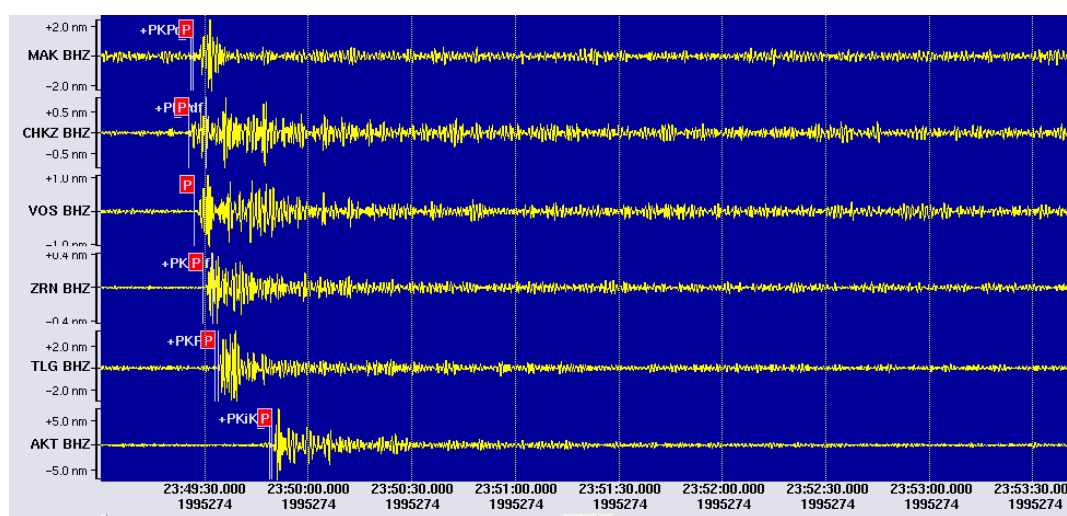
Рисунок 1. Карта расположения станций ИГИ РК и эпицентров ПЯВ 1994-2016 гг. а) на телесеismicких и региональных расстояниях, б) на территории Центральной и Южной Азии

В таблице 2 приведены сведения о сейсмических станциях ИГИ, зарегистрировавших подземные ядерные взрывы, параметрах этих взрывов по данным Геологической службы США (USGS) [3] и диапазоне эпицентральных расстояний.

На рисунке 2 представлены сейсмические записи ПЯВ, произведенного 1 октября 1995 г. Францией на атолле Фангатауфа, все сейсмические станции ИГИ находятся на телесеismicких расстояниях 15459–16546, пролокализовать ПЯВ из этого региона, пользуясь данными только сети ИГИ, работавшими в то время, невозможно, для локализации необходимо использовать дополнительные данные глобальных сейсмологических сетей.

Таблица 2. Параметры ядерных взрывов, зарегистрированных сетью ИГИ

Дата	Время	Широта	Долгота	Полигон	mb	Станции, зарегистрировавшие ПЯВ	$\Delta$ , км	Азимут станция-ПЯВ
10/07/1994	3:25:58.100	41.662	88.753	Лобнор	6.0	BRVK, CHK, KUR, MAK, VOS, ZRN	785-2540	100.6-138.5
5/15/1995	4:05:57.800	41.603	88.820	Лобнор	6.1	BRVK, AKT	1285-2549	100.8-137.7
8/17/1995	0:59:57.700	41.559	88.800	Лобнор	6.0	BRVK, CHK, AKT, KURK, VOS, ZRN	782-2535	100.7-134.6
9/05/1995	21:29:58.400	-21.852	-138.844	Муруроа	4.8	AKT, CHK, KUR, BRVK, TLG, VOS, ZRN	15681-16501	31.0-66.1
10/01/1995	23:29:57.900	-22.250	-138.745	Фангатауфа	5.4	AKT, BRVK, CHK, KUR, MAK, TLG, VOS, ZRN	15459-16546	31.1-67.3
10/27/1995	21:59:58.100	-21.891	-138.983	Муруроа	5.4	AKT, BRVK, CHK, KURK, TLG, VOS, ZRN	15678-16500	31.3-66.2
11/21/1995	21:29:58.000	-21.879	-139.032	Муруроа	4.8	AKT, BRVK, KURK, TLG, VOS, ZRN	15725-16497	31.2-66.2
12/27/1995	21:29:58.000	-21.881	-138.973	Муруроа	5.1	BRVK, KURK, TLG, ZRN	15808-16499	31.2-66.2
1/27/1996	21:29:57.700	-22.236	-138.815	Фангатауфа	5.3	AKT, BRVK, CHK, KURK, TLG, VOS, ZRN	15721-16542	31.2-48.3
6/08/1996	2:55:57.900	41.657	88.690	Лобнор	5.9	AKT, BRVK, CHK, KURK, MAK, TLG, VOS, ZRN	794-2539	122.5-134.3
7/29/1996	1:48:57.800	41.824	88.420	Лобнор	4.9	AKT, BRVK, CHK, MAK, TLG, VOS	754-2507	100.6-134.9
5/11/1998	10:13:41.70	27.105	71.802	Похаран	5.2	BRVK, ZRNK, MAKZ, PDG, TLG, VOS, ZRN	1862-2958	174.4-197.1
5/28/1998	10:16:15.20	28.902	64.789	Чагай	4.8	BRVK, CHK, KUR, MAKZ, PDG, TLG, VOS, ZRN	1943-2803	188.7-218.3
5/30/1998	06:54:54.9	28.49	63.73	Чагай	4.8	BRVK, CHK, KUR, MAKZ, PDG, TLG, VOS, ZRN	2034-2854	191.1-220.8
10/09/2006	01:35:28.0	41.294	129.094	Пунгери	4.3	KUR, ZRNK, VOS, CHKZ, BRVK, ABKAR	3746-5310	72.1-85.1
05/25/2009	00:54:43.3	41.306	129.029	Пунгери	4.7	MKAR, KURK, KUR, VOS, BRVK, BVAR, ZRNK, ABKAR, AKTO, CHKZ, KNDC, KVAR	3746-5310	72.1-85.2
02/12/2013	02:57:51.4	41.308	129.076	Пунгери	5.1	ABKAR, AKTO, BRVK, BVAR, KVAR, KURK, KUR, MAKZ, MKAR, OTUK, PDGK, KNDC	3746-5401	72.2-89.8
06/01/2016	01:30:01.5	41.308	129.049	Пунгери	5.1	AKTO, ABKAR, BRVK, BVAR, KVAR, KUR, KURK, KNDC, MAKZ, MKAR, OTUK, PDGK	3726-5373	71.9-85.3
09/09/2016	00:30:02	41.3230	128.9870	Пунгери	5.3	AKTO, ABKAR, BRVK, BVAR, KVAR, KUR, KURK, MAKZ, MKAR, OTUK, PDGK	3746-5401	71.9-85.3

Рисунок 2. Сейсмограммы ПЯВ (Фангатауфа) 1 октября 1995 г.,  $t_0=23-29-57.9$ ,  $\varphi=-22.25^\circ$ ,  $\lambda=-138.745^\circ$  Z-компонента. Фильтр 1.25 Гц

На рисунке 3 представлены сейсмические записи ПЯВ, произведенного 7 октября 1994 г. Китаем на полигоне Лобнор, сейсмические станции ИГИ находятся в диапазоне эпицентральных расстояний 785–2540 км. Для оценки возможности сети мониторинга ИГИ была проведена локализация событий из района испытательного полигона Лобнор. На рисунке 4 приведен пример локализации, решение близко к параметрам, определенным Международными Центрами

ми данных, эллипс ошибок сравнительно небольшой  $smajax=53.4$  км,  $smimax=9.2$  км. В таблице 3 приведены параметры локализации событий из района испытательного полигона Лобнор и решений Международных сейсмологических Центров, самых надежных на тот период времени. Результаты по полигону Лобнор были бы гораздо точнее, если бы во время функционирования ядерного полигона Лобнор работали сейсмические группы.

Таблица 3. Данные разных источников о локализации эпицентров ПЯВ из района Лобнор

Дата	Параметры взрыва	USGS	ISC	ГС РАН	Kaznet
10.07.1994	Время в очаге	03:25:58.1	03:25:57.9	03:25:57.9	03:25:57.4
	Широта	41.6620	41.5782	41.55	41.937
	Долгота	88.7530	88.7670	88.80	88.999
	mb	6.0	5.9	5.8	5.5
05.15.1995	Время в очаге	04:05:57.8	04:05:57.9	03:25:57.9	—
	Широта	41.603	41.5899	41.5800	—
	Долгота	88.8200	88.8169	88.8600	—
	mb	6.1	6.0	6.1	—
08.17.1995	Время в очаге	00:59:57.7	00:59:57.93	00:59:57.7	00:59:54
	Широта	41.5590	41.5634	41.51	41.486
	Долгота	88.8000	88.7913	88.77	89.247
	mb	6.0	5.9	5.9	5.4
08.06.1996	Время в очаге	02:55:57.	02:55:57.9	02:55:57.9	02:55:53
	Широта	941.657	41.6021	41.600	41.397
	Долгота	88.690	88.6615	88.63	89.270
	mb	5.9	5.8	5.8	5.6
29.07.1996	Время в очаге	01:48:57.8	01:48:57.6	01:48:57.8	01:48:59
	Широта	41.824	41.7105	41.77	41.863
	Долгота	88.420	88.3314	88.43	88.361
	mb	4.9	4.7	5.0	5.0

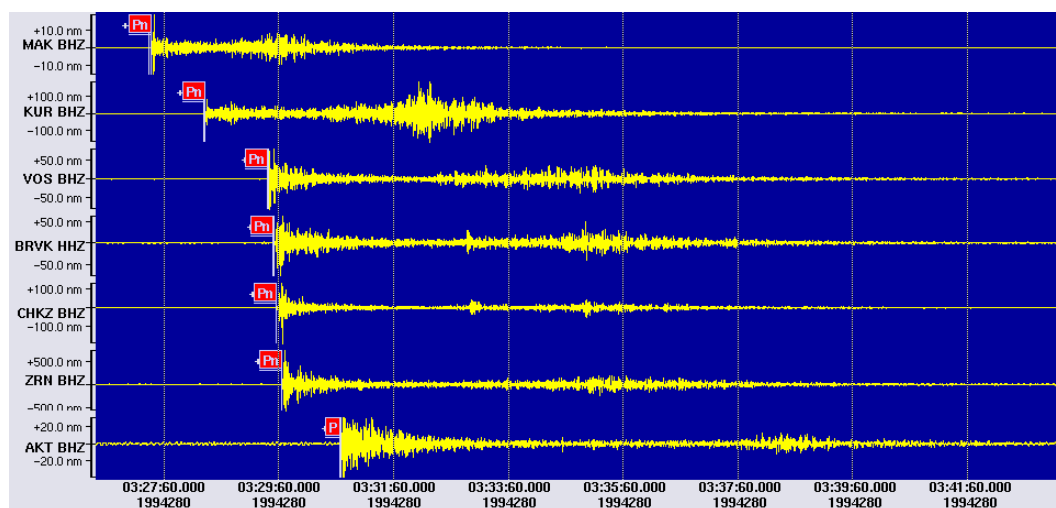


Рисунок 3. Сейсмограммы ПЯВ (Лобнор) 7 октября 1994 г.,  $t_0=03-25-58.1$ ,  $\varphi=41.662^\circ$ ,  $\lambda=88.753^\circ$ . Z-компонента. Фильтр СКМ

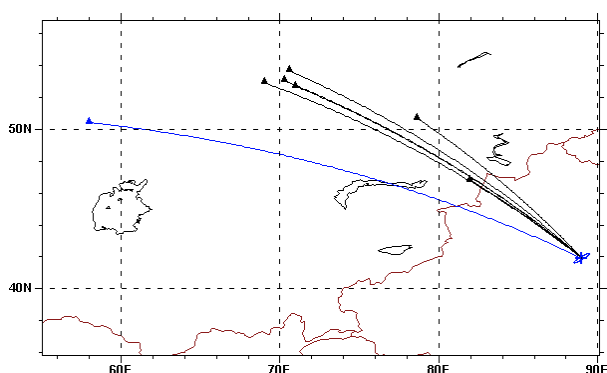


Рисунок 4. Результат локализации ПЯВ 7 октября 1994 г. по данным сети ИГИ

В работе [6] был проведен детальный анализ кинематических и динамических параметров, подробно исследована волновая картина Индийского

(11.05.1998 г.) и Пакистанского (28.05.1998 г.) взрывов по цифровым данным 8 сейсмических станций Казахстана, находящихся на эпицентральных расстояниях  $16^\circ-26^\circ$  от источников взрывов. На рисунке 5 представлены сейсмограммы ПЯВ произведенного на полигоне Похаран 11 мая 1998 г. Локализация эпицентра Индийского взрыва проведена по данным как совместно с Пакистанской станцией NIL, так и только по казахстанской сети (таблица 4) [6]. Результаты сопоставлены с данными, приводимыми в каталогах REB и USGS. Различие в определениях эпицентра составляет для Индийского взрыва 7–12 км. На том же полигоне Индия провела ядерное испытание 13 мая 1998 г. в 06:51, координаты взрыва 27.10 с.ш., 71.80 в.д., взрыв состоял из двух зарядов с суммарной мощностью  $Y=0.8$  кТ [7, 8], этот взрыв не был зарегистрирован ни одной сейсмической станцией мира [8].

На рисунке 6 приведены сейсмограммы ПЯВ, произведенного на Пакистанском полигоне Чагай 28 мая 1998 г. В таблице 5 приведены результаты лока-

лизации по сети ИГИ, различие в определениях эпицентра по отношению к бюллетеню REB и USGS составляет для Пакистанского ПЯВ 22–25 км [6].

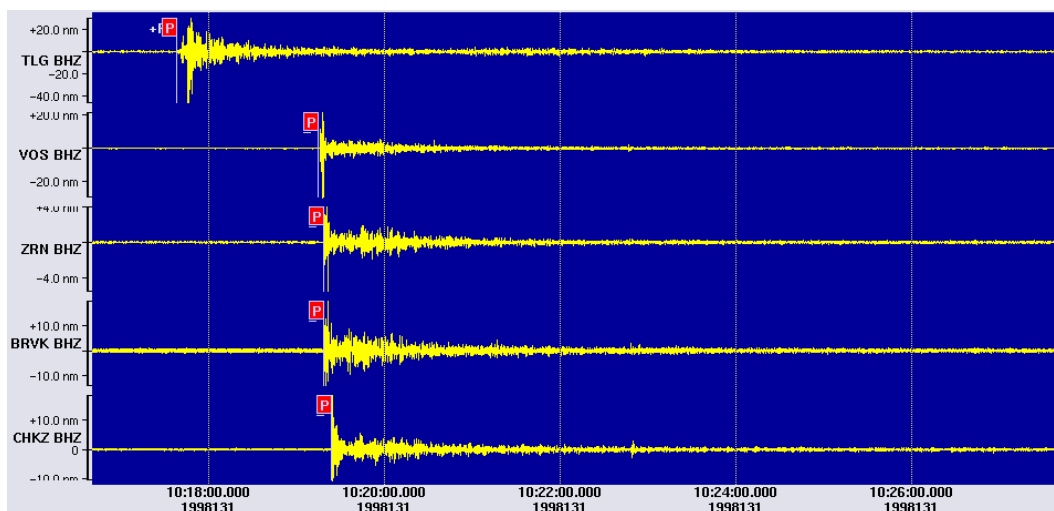


Рисунок 5. Сейсмограммы ПЯВ (Похаран) 11 мая 1998 г.,  $t_0=10-13-41.8$ ,  $\varphi=27.072^\circ$ ,  $\lambda=71.761^\circ$ . Z-компонента. Фильтр 0.6-5 Гц

Таблица 4. Данные разных источников о локализации эпицентра Индийского подземного ядерного взрыва 11 мая 1998 г. [6]

Параметры взрыва	REB	USGS	Kaznet + NIL	Kaznet
Исходное время	10:13:42.0	10:13:42.0	10:13:43.714	10:13:43.121
Широта	27.072N	27.102N	27.098N	27.031N
Долгота	71.761E	71.851E	71.924E	71.947E
			$\Delta_{REB}=16\text{KM}$ . $\Delta_{USGS}=7.5\text{KM}$	$\Delta_{REB}=19\text{KM}$ . $\Delta_{USGS}=12\text{KM}$

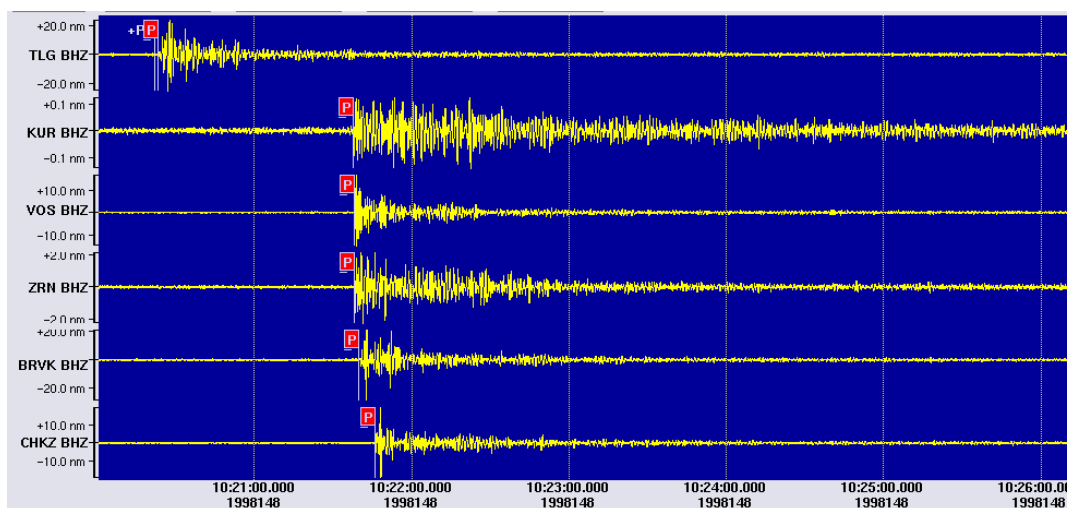


Рисунок 6. Сейсмограммы ПЯВ (Чагай) 28 мая 1998 г.,  $t_0=10-16-15.2$ ,  $\varphi=28.792^\circ$ ,  $\lambda=64.948^\circ$ . Z-компонента. Фильтр 0.6–5 Гц

Таблица 5. Данные разных источников о локализации эпицентра Пакистанского подземного ядерного взрыва 28 мая 1998 г. [6]

Параметры взрыва	REB	USGS	Kaznet
Исходное время	10:16:17.0	10:16:15.2	10:16:18.0
Широта	28.903N	28.862N	28.753N
Долгота	64.893E	64.818E	65.046E
			$\Delta_{REB}=22\text{ KM}$ . $\Delta_{USGS}=25\text{ KM}$



Таблица 6. Данные разных источников о локализации эпицентра северокорейского подземного ядерного взрыва 9 сентября 2016 г.

Дата	Источник	Время в очаге, ч., мин., с.	Широта с.ш.	Долгота в.д.	Кол-во станций	mb	Станции Казахстана, участвовавшие в обработке
09.09.2016	ГС РАН (Россия)	00:29:59	41.3	129.13	19	5.3	АВКАР, BRVK, ККАР, КУРК, МКАР, ОТУК, PDGK.
09.09.2016	NEIC (США)	00:30:02	41.3230	128.9870		5.3	АВКАР, BRVK, ККАР, КУРК, МКАР, ОТУК, PDGK.
09.09.2016	IDC (REB)	00:30:00.87	41.2992	129.0491	97	5.1	АВКАР, BRVK, ККАР, КУРК, МКАР, ОТУК, PDGK.
09.09.2016	EMSC (Франция)	00:30:01	41.32	129.02		5.3	АВКАР, BRVK, ККАР, КУРК, МКАР, ОТУК, PDGK, МАКЗ.
09.09.2016	КНЦД (оперативное решение)	00:30:01.522	41.3808	129.0701	14	4.8	АКТО, АВКАР, BRVK, BVAR, ККАР, КУР, КУРК, МАКЗ, МКАР, ОТУК, PDGK.
09.09.2016	КНЦД (с использованием поправок)	00:30:01.522	41.1910	129.5194	14	4.8	АКТО, АВКАР, BRVK, BVAR, ККАР, КУР, КУРК, МАКЗ, МКАР, ОТУК.

Пакистанский подземный ядерный взрыв 30.05.1998 г. был произведен примерно в 06:54:57, магнитуда события была такой же, как и для ПЯВ 28 мая 1998 г. Однако для него не удалось получить четких сейсмических записей, так как примерно за полчаса до него в пограничном районе Афганистан - Таджикистан произошло сильное землетрясение с  $M_s=6.7$  [6]. Факт совпадения начала взрыва с записью афганского землетрясения затруднял обнаружение Пакистанского подземного ядерного взрыва 30.05.1998 г. Тем не менее, локализация записи показала район испытательного полигона Чагай.

Подземные ядерные взрывы на полигонах Лобнор, Муруроа и Фангатауфа, Похаран и Чагай были произведены в 1994–1998 гг., когда Казахская сеть мониторинга была еще на раннем этапе развития, в то время данные еще не поступали в обрабатывающий Центр в режиме реального времени, обрабатывались сотрудниками ИГИ спустя несколько дней.

После создания в 1999 г. КНЦД и запуска сейсмических групп и трехкомпонентных станций в режиме реального времени, была организована круглосуточная обработка данных. Интерактивный сейсмический бюллетень начал создаваться с 2003 г. [1] с использованием мат.обеспечения SEATOOLS. С начала полноценной работы КНЦД, сейсмическая сеть ИГИ зарегистрировала 5 ядерных испытаний на полигоне Пунгери, произведенных КНДР [9–13]. Кинематические и динамические параметры северокорейских ПЯВ 10/09/2006, 05/25/2009, 02/12/2013, 06/01/2016 по данным станций ИГИ подробно описаны в [9–13]. Сейсмические записи станций ИГИ были использованы наряду с данными глобальных сейсмических сетей для определения параметров ПЯВ. Для улучшения результатов обработки проведена перелокализация взрыва, произведенного 6 января 2016 г., после введения азимутальных поправок для сейсмических групп Акбулак, Курчатов-Крест и Маканчи. В результате уточнения параметров, координаты эпицентра взрыва значительно приблизились к решениям Международных Центров данных и к истинному положению штольни [13]. Ниже

представлены результаты обработки пятого Северокорейского ПЯВ, произведенного 9 сентября 2016 г.

На рисунке 7 приведены сейсмограммы ПЯВ 9 сентября 2016 г. по данным сети ИГИ, на рисунке 8 – результат локализации события, на рисунке 9 – положение эпицентра ПЯВ по данным различных Международных сейсмологических Центров. В таблице 6 представлены результаты определения параметров северокорейского события различными международными сейсмологическими центрами с использованием данных казахстанских станций [3–5]. Там же представлены и результаты локализации в центре КНЦД, в связи с тем, что станции ИГИ находятся в диапазоне телесеismicких расстояний от полигона Пунгери и в узком створе азимутов точность локализации только по данным казахстанских станций будет ниже, чем при использовании данных глобальных сетей наблюдений. После оперативной обработки сейсмического события, для значительного количества событий проводится уточнение параметров локализации. Для сейсмического события в Северной Корее была проведена перелокализация с использованием азимутальных поправок по станциям, записавшим все 5 взрывов по аналогии с событием 6 января 2016 г. [13]. Однако неожиданно, результат локализации с поправками сместился от истинного положения эпицентра, найденного по космоснимку  $\varphi=41.2810^\circ$ ;  $\lambda=129.0854^\circ$  на юго-восток, и оказался дальше, чем оперативное решение. Магнитуда ПЯВ 9 сентября, рассчитанная по данным сети ИГИ, выше чем для предыдущих взрывов [13], составила  $mb=4.8$ . Значение магнитуды получилось ниже, чем для Международных сейсмологических центров (таблица 6), по сравнению с решением NEIC USGS разница  $\delta mb=0.5$ , что согласуется с данными предыдущих взрывов  $\delta mb=-0.4 \div -0.7$  [13].

В таблице 7 приведено сравнение амплитуд колебаний по трем компонентам для пяти ядерных испытаний по станциям Акбулак и Маканчи, которые зарегистрировали все 5 северокорейских ПЯВ. На рисунке 10 приведено сравнение амплитуд колебаний по Z компоненте для пяти ядерных испытаний КНДР по станциям Акбулак и Маканчи.

Таблица 7. Сравнение амплитуд колебаний по трем компонентам для пяти ядерных испытаний по станциям Акбулак и Маканчи

Станции	1 взрыв, 2006 год			2 взрыв, 2009 год			3 взрыв, 2013 год			4 взрыв, 2016 год			5 взрыв, 2016 год		
	N, nm	E, nm	Z, nm	N, nm	E, nm	Z, nm	N, nm	E, nm	Z, nm	N, nm	E, nm	Z, nm	N, nm	E, nm	Z, nm
ABKAR	0,5	0,5	0,8	1,0	2,1	3,4	1,8	6,1	8,4	1,4	3,7	5,2	1,3	9,5	16,7
MKAR	0,3	0,1	0,4	1,5	1,4	1,8	1,6	4,0	6,2	0,9	3,7	6,9	1,2	5,3	7,7

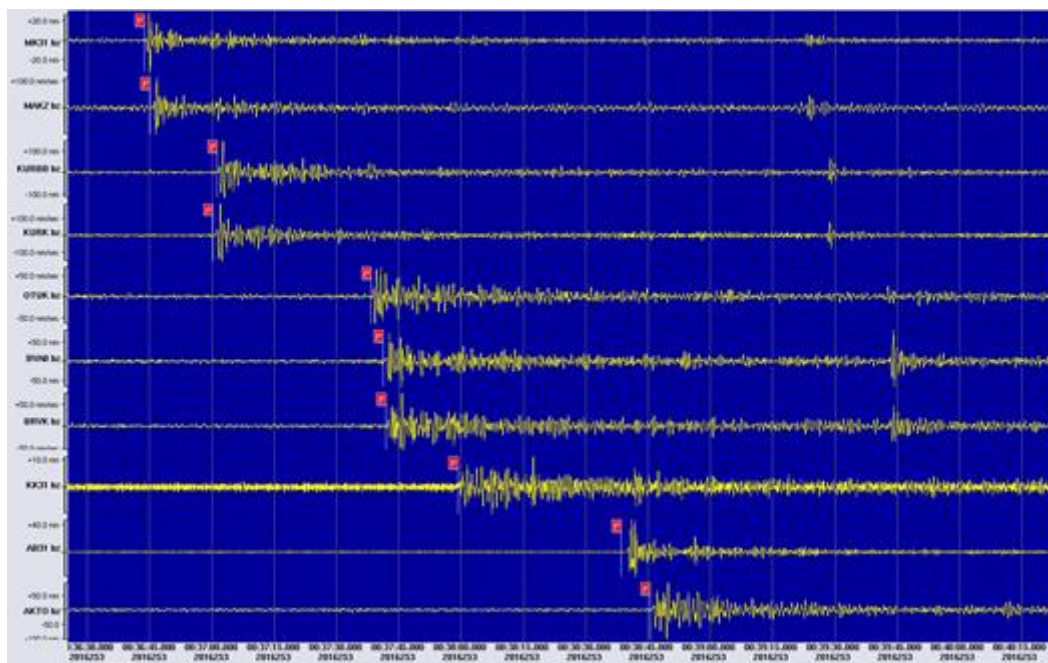


Рисунок 7 Сейсмограммы ПЯВ (Пунгери) 9 сентября 2016 г.,  $t_0=00:30:02$ ,  $\varphi=41.281^\circ$ ,  $\lambda=129.0854^\circ$ . Z-компонента

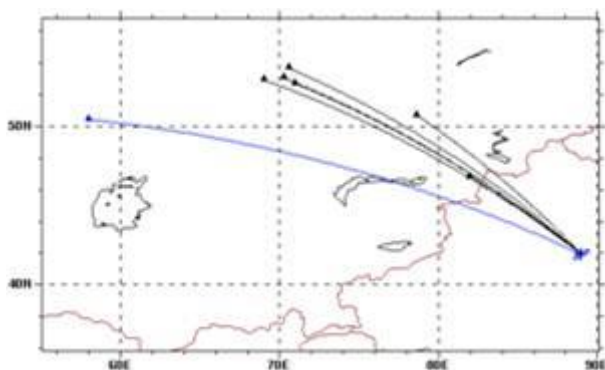


Рисунок 8. Система наблюдения и результат перелокации Северо-Корейского взрыва 9 сентября 2016 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, сейсмические станции ИГИ, расположенные на территории Казахстана, зафиксировали 5 подземных ядерных испытаний из района испытательного полигона Лобнор, 6 ПЯВ из района полигона Муруроа, один из района индийского полигона Похран, 2 из района Чагай, и пять ПЯВ из района испытательного полигона Пунгери.



Рисунок 9. Координаты 5-го Северо-Корейского взрыва 9 сентября 2016 г. по данным различных международных центров

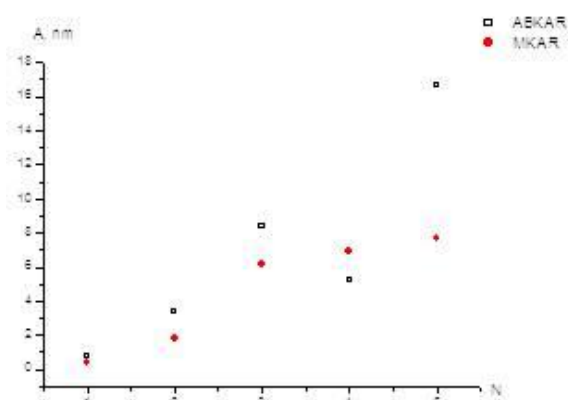


Рисунок 10. Сравнение амплитуд колебаний по Z компоненте для пяти ядерных испытаний КНДР по станциям Акбулак и Маканчи

Данные казахстанских сейсмических станций передаются во многие Международные сейсмологические центры и совместно обрабатываются с данными других станций мира с привлечением более эффективных средств, что приведет к большей надежности контроля за выполнением Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Определение параметров ПЯВ с использованием данных только сети ИГИ, позволяет с неплохой точностью определить местоположение взрыва, время в очаге, а также динамические параметры взрывов для испытательных полигонов Лобнор, Похаран, Чагай и Пунгери.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлова, Н.Н. Казахская система мониторинга Института геофизических исследований Национального ядерного центра и ее возможности / Н.Н. Михайлова, З.И.Синева, И.Н.Соколова // Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана // РЦСС НАНА. – 2012. – С. 329–336.
2. Михайлова, Н.Н. Спектральные характеристики сейсмического шума по данным Казахских станций мониторинга. / Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров // Вестник НЯЦ РК. – 2006. – Вып. 2. – С. 19–26.
3. [Электронный ресурс]://<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic>
4. [Электронный ресурс]://<http://www.isc.ac.uk>
5. [Электронный ресурс]://<http://www.emsc-csem.org>
6. Михайлова, Н.Н. Индийский и Пакистанский подземные ядерные взрывы 1998г. по данным казахстанской сейсмической сети наблюдений / Н.Н.Михайлова, И.И. Комаров, З.И. Синева // Геофизика и проблемы нераспространения // Вестник НЯЦ РК. – 2000. – Вып. 2. – С. 53–64.
7. [Электронный ресурс]://<http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/tests>.
8. Wallace, T.C. The May 1998 India and Pakistan nuclear tests / T.C.Wallace // Seism. Res. Lett., 69, 386–393, 1998.
9. Михайлова, Н.Н. Северокорейское ядерное испытание 9 октября 2006 г. по данным Казахской и глобальной систем мониторинга / Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК. – 2008. – Вып. 1. – С. 17–26.
10. Михайлова, Н.Н. Северокорейское ядерное испытание 25 мая 2009 г. по данным казахстанской системы мониторинга / Н.Н. Михайлова // Вестник НЯЦ РК. – 2009. – Вып. 3. – С. 17–21.
11. Соколова, И.Н. О сейсмическом событии 6 января 2016 года в районе Северной Кореи / И.Н. Соколова, Н.Н. Михайлова // Вестник АО КАЗНИИСА. Наука. – 2016. – № 3. – С. 30–39.
12. Сейнасинов, Н.А. Сопоставление записей трех северо-корейских ядерных испытаний по данным казахстанских станций / Н.А. Сейнасинов, Н.Н. Михайлова // Вестник НЯЦ РК. – 2014. – Вып. 1. – С. 117–124.
13. Узбеков, Р.Б. Ядерное испытание в Северной Корее в 2016 году / Р.Б. Узбеков, Н.А. Сейнасинов // Вестник НЯЦ РК. – 2016. – Вып. 4. – С. 85–92.

#### ҚР ЭМ ГЗИ СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖЕЛІСІМЕН ЯДРОЛЫҚ СЫНАҚТАРДЫ ТІРКЕУ

Р.Б. Узбеков, Н.А. Сейнасинов

*Геофизикалық зерттеулер институты, Құрчатов, Қазақстан*

Мақалада Пунгери, Лобнор, Муруроа, Похаран, Чагай полигондарында өткізілген жерасты ядролық жарылыстарының сипаттамалары, оқиғаның магнитудасын және көзінің координаталарын дәл бағалауға мүмкіндік беретін, олардың қазақстандық станцияларындағы жазбаларының параметрлері талданады. ГЗИ РМК сейсмикалық станциялары желілерінің тиімділігі және аймақтық, телесеисмикалық қашықтықтардағы ядролық сынақтардың мониторингіне Қазақстанның қосқан үлесі көрсетілген.



**RECORDING OF NUCLEAR TESTS BY SEISMIC NETWORK OF IGR ME RK**

**R.B. Uzbekov, N.A. Seinassinov**

*Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan*

The paper analyzes characteristics of underground nuclear tests carried out on Punggye-ri, Lop Nor, Moruroa, Pokhran, and Chagai test sites, parameters of their records on Kazakhstan stations, which allow to estimate coordinates of the origin and event's magnitude more precisely. Effectiveness of the seismic stations network of RSE IGR as well as the contribution of Kazakhstan into the monitoring of nuclear tests at regional and teleseismic distances has been demonstrated.