МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РК  
 Республиканское государственное предприятие

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР РК (РГП НЯЦ РК)

Дочернее государственное предприятие

ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(ДГП ИГИ РГП НЯЦ РК)

УДК 550.344

# Мукамбаев Айдын Серикович

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ СОБЫТИЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ ПО ДАННЫМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КУРЧАТОВ-КРЕСТ

Работа, представленная на конференцию - конкурс НИОКР

молодых ученых и специалистов

## Национального ядерного центра Республики Казахстан

(прикладные исследования)

Курчатов 2011

АВТОР

Мукамбаев Айдын Серикович,

*инженер Института геофизических исследований НЯЦ РК,*

*1982 года рождения,*

*образование высшее (Казахский Национальный Технический университет, 2007 г.),*

*специальность – сейсмология,*

*квалификация по диплому – инженер-сейсмолог,*

*работает в ИГИ НЯЦ РК с 2007 г.,*

*общий стаж работы 3,5 года,*

*в конкурсе НИОКР участвовал 3 раза.*

Мукамбаев А.С.

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ СОБЫТИЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ ПО ДАННЫМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КУРЧАТОВ-КРЕСТ

Работа, представленная на конференцию - конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов Национального ядерного центра Республики Казахстан

Дочернее государственное предприятие «Институт геофизических исследований» Республиканского государственного предприятия «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» (ДГП ИГИ РГП НЯЦ РК).

050020, г. Алматы, Чайкиной 4, тел. (7272)63-13-30, (7272)63-48-82,

Факс (727)263-48-82, E-mail: mukambayev@kndc.kz , aimas@mail.ru

РЕФЕРАТ

Работа 16 стр., 12 рис., 5 таблиц, 8 источников.

**Объект исследования:** Записи сейсмической группы Курчатов-Крест.

**Актуальность проблемы:** Необходимость сейсмического обнаружения и идентификации записей подземных ядерных взрывов на региональных и телесейсмических расстояниях.

**Цель работы:** Исследоватьвозможности новой сейсмической группы Курчатов-Крест для обнаружения и идентификации событий из районов ядерных полигонов Азии.

**Задачи исследований:** Исследовать чувствительность и возможность регистрации и распознавания сейсмических событий различной природы сейсмической группы Курчатов-Крест.

**Методика исследований:** Анализ динамических параметров сейсмических шумов, анализ спектральных амплитудных отношений поперечных и продольных волн.

**В результате работ:** Изучены динамические параметры записей сейсмической группы Курчатов-Крест.

**Научная новизна:** Впервые проведена оценка качества распознавания ПЯВ и землетрясений по данным СГ Курчатов-Крест. Показано, что станция эффективна для распознавания событий из полигона Лобнор и СИП.

**Личный вклад автора:** обработка и анализ полученных данных.

**Публикации:**

1. Соколова И.Н., Мукамбаев А.С. 2007. Модель сейсмического шума по наблюдениям сейсмической станции «Подгорное». // Вестник НЯЦ РК. - 2007. - Вып.3. -С.111-117.

2. Михайлова Н.Н., Мукамбаев А.С. 2008. Магнитудные поправки для сейсмических станций НЯЦ РК. // Вестник НЯЦ РК. - 2008 . - Вып.3. - С.90 - 95.

3. Mukambayev A.S. 2008. Seismological Researches in Republic of Kazakhstan. // Programme and abstracts the 7-th ASC (24-27 Nov., 2008.Japan), P. 187

4. Mukambayev A.S. 2009. Final report of Kazakhstan for 2009 JICA training at RCUSS (Research Center for Urban Safety & Security), Kobe University. // JICA Group Training Program “*Disaster Risk Reduction Strategy for Urban Earthquake*. Spring –FY 2009, P. 69-80

5. Соколова И.Н., Мукамбаев А.С., Кунакова О.К. 2009. Картирование параметров распознавания в Центральной Азии. // Тезисы 7-ой Международной конференции Ядерная и радиационная физика, 8-11 сентября 2009 г., Алматы, Казахстан, ИЯФ. 2009. с.187

6. Михайлова Н.Н., Мукамбаев А.С., Великанов А.Е., Соколова И.Н., Султанова Г.С., Аристова И.Л. 2010. Проблемы идентификации карьерных взрывов при оценке сейсмической опасности слабосейсмичных районов Казахстана. // Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии.: Сб. докл. 7-го Казахстанско-Китайского Международного Симпозиума 2-4 июня 2010 г. Алматы; «Эверо», 2010. -

С. 448 - 451

7. Михайлова Н.Н., Мукамбаев А.С. 2010. К проблеме оценки сейсмической опасности Западного Казахстана.// Вестник НЯЦ РК. - 2010 . - Вып.4. - С.142 -147.

# ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

НЯЦ РК – Национальный Ядерный Центр Республики Казахстан.

ДВЗЯИ – Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

МСМ – Международная система мониторинга

КНЦД – Казахстанский национальный Центр данных.

NEIC (USGS) – Каталог сейсмических событий Геологической службы США.

REB (CTBTO) – Review event bulletin (обзорный бюллетень событий).

ПЯВ – подземный ядерный взрыв

СИЯП - Семипалатинский испытательный полигон

ЧИСС – частотно-избирательная сейсмическая станция.

Гц – герц.

МЦД – Международный Центр данный

GMT – среднее Гринвичское (или географическое) время

MKAR – СГ Маканчи

ABKAR – СГ Акбулак

ZRNK – СГ Зеренда

VOS – СГ Восточное

СГ – сейсмическая группа

CSS 3.0 – формат базы данных

АЧХ - амплитудно частотные характеристики

# СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
| --- | --- |
| Введение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Характеристика сейсмической аппаратуры \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Динамические параметры сейсмического шума\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Особенности регистрации ПЯВ сейсмической группой Курчатов-Крест\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Оценка качества распознавания ПЯВ и землетрясений\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Заключение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Литература\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | 6  6  7  9  11  16  16 |

**Введение**

9 октября 2006г. в КНДР на полигоне Пунгери было произведено подземное ядерное испытание с малой мощностью. Этот взрыв был первым после длительного перерыва (последние ядерные взрывы были проведены на полигонах Индии и Пакистана в мае 1998 г.). Он стал серьезным испытанием, как для национальной сети мониторинга Казахстана, так и для глобальных сейсмологических сетей, так как мощность взрыва была менее 1 Кт, магнитуда события mb составила всего 4.0. Из станции НЯЦ РК взрыв четко зарегистрировали станции MKAR, ABKAR, ZRNK, VOS, CHKZ, а так же, работавшая в то время в тестовом режиме модернизированная сейсмическая группа Курчатов-Крест, несмотря на удаленность станций от эпицентра взрыва (4444-5281 км). Наличие сейсмограмм сейсмической группы Курчатов-Крест позволило достаточно точно определить параметры взрыва и оценить его мощность, используя данные сети НЯЦ РК [1,2].

В связи с этим была поставлена задача оценки возможности распознавания и обнаружения ядерных и химических взрывов по данным СГ Курчатов-Крест.

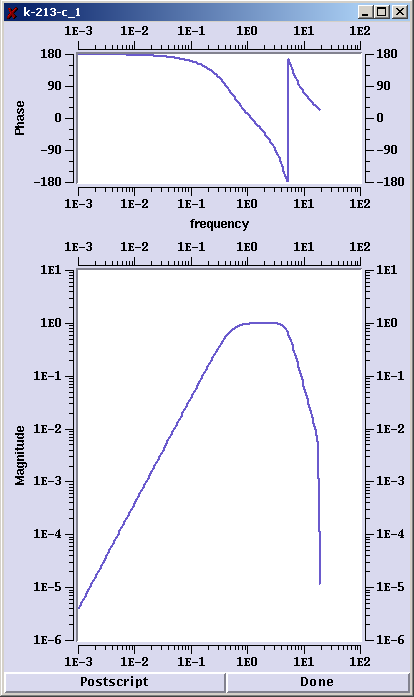
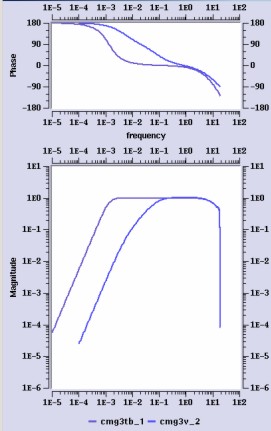
Настоящая работа посвящена анализу результатов регистрации и обработки ядерных взрывов сейсмической группой Курчатов-Крест, проверки ранее выработанных для других станций сети НЯЦ РК критериев распознавания.

**Характеристика сейсмической аппаратуры**

Сейсмическая группа Курчатов-Крест начала работать с 1973 г., но характеристики приборов того периода не сохранились. Начиная с 1994 г., группа Курчатов-Крест была модернизирована. В каждой скважине на глубинах 26.5-52м были установлены короткопериодные скважинные сейсмоприемники К-213-С с периодом собственных колебаний 2с. Коэффициент преобразования равен 75000 в/м в секунду, динамический диапазон 80 дБ. Сигналы скважинных сейсмометров фильтровались аналоговыми высоко- и низкочастотными фильтрами с частотами среза 0.5 и 2.5 Гц. В октябре 1994г. в центральном пункте сбора данных на 2-ой технической площадке ГО "Курчатов" был установлен 16-битовый аналогово-цифровой преобразователь на базе персонального компьютера. Аналоговые сигналы оцифровывались со скоростью 20 отсч/с и записывались непрерывно на компьютерный диск емкостью 4 Гб. С января 1995 г. скорость отсчетов увеличена до 40 отсч/с. На рисунке 1а приведены АЧХ сейсмометра К-213-С.

По Договору ВЗЯИ, подписанном Казахстаном в 1996г., станция Курчатов-Крест включена в сеть сейсмического мониторинга МСМ как вспомогательная станция (AS-058). В соответствии с требованиями к станциям МСМ в 2006 г. на всех пунктах сейсмической группы установлено новое оборудование в тех же приборных сооружениях, что и в старой системе. На пунктах 1-20 установлены однокомпонентные сейсмометры CMG-3V, на пункте 21 - трехкомпонентный сейсмометр CMG -3ТВ (рисунок 1 б). Станция регистрации - Europa-T фирмы Nanometrics. Частота оцифровки 40 отсч/с. Привязка по времени системой GPS. С 26 июля 2006г. она начала работу как станция международного мониторинга в тестовом режиме. 18 декабря 2006 г. станция сертифицирована международной комиссией в качестве станции международного мониторинга. Сбор информации в центр системы (CRF) и пункт обработки данных (TS2) осуществляется посредством радиомодемов VIP 110-24. Полученные на станции данные по спутниковому каналу от CRF передаются в МЦД, Вена. Из МЦД данные в реальном времени поступают в Центр данных ( КНЦД ) в г.Алматы.

а) б)



а) К-213-С, б) CMG3TB, CMG3V

Рисунок 1- Амплитудно-частотные и фазовые характеристики сейсмометров

Географическое положение станции удобно как для контроля за подземными ядерными взрывами (ядерные полигоны Азии находятся на региональных расстояниях от станции - полигон Лобнор, 1400 км, Чагай, 2670 км, Похаран, 2670 км, рисунок 2), так и для изучения сейсмичности Алтая и Восточного Казахстана.

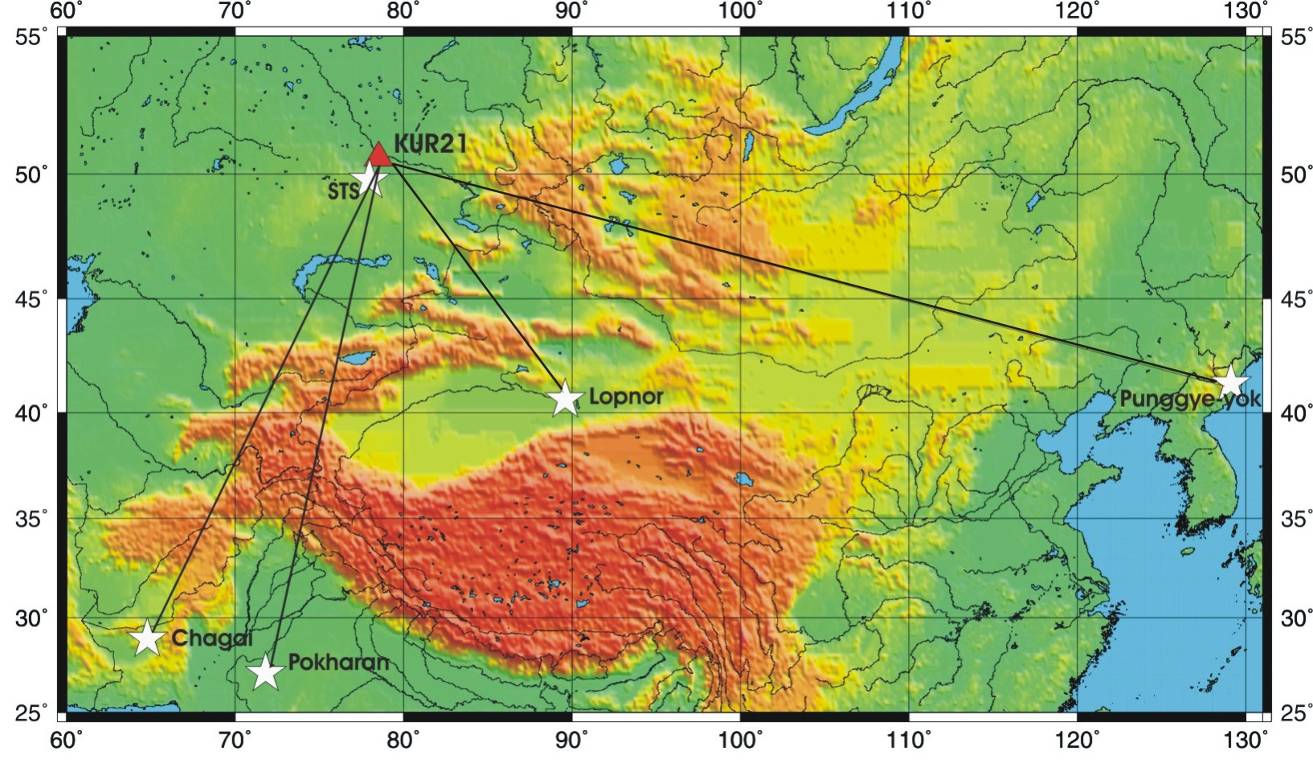


Рисунок 2 - Карта расположения испытательных ядерных полигонов Азии относительно сейсмической группы Курчатов-Крест

**Динамические параметры сейсмического шума**

Для того, чтобы оценить возможности станции по обнаружению сигналов, следует изучить количественные характеристики сейсмического шума. Известно, что чем ниже уровень сейсмического шума, тем выше эффективная чувствительность станции и способность к обнаружению сигналов.

Для изучения сейсмического шума были использованы записи станции за 2007 г. и 1996 г. Структура микросейсмических помех изучалась путем построения спектров плотности сейсмического шума для всех трех компонент. Методика такого анализа подробно описана в работах [3-5]. Выбирались 10- минутные отрезки без сейсмических событий или коды предшествующих сильных событий, для анализа использовались каталоги по глобальным мировым сетям NEIC (USGS) и REB (CTBTO), а также региональный интерактивный сейсмический бюллетень Центра данных. Отдельно выбирались фрагменты записей за ночное (17-18 ч GMT) и дневное время (7-8 ч GMT), а также отдельно анализировались шумы, рассчитанные для каждого сезона. Из рассмотрения исключались фрагменты записи техногенных помех типа движения поезда. Для анализа создавались выборки, состоящие из 20 фрагментов сейсмических записей, по которым строились медианные спектры.

На рисунках 3,а и б представлены результативные графики спектральной плотности (медианные спектры) для дневного и ночного времени для Z- компоненты центрального пункта KUR21 для 1996 г. и 2007 г.

Для 1996 г. спектральные кривые сейсмического шума для дня и ночи практически совпадают, уровень шума в диапазоне периодов от 0.3 до 5 с тяготеет к нижнеуровневой модели сейсмического шума Петерсона [6], однако для периодов менее 0.3 с, наблюдается резкий рост уровня шума, связанный с аппаратурными шумами.

Спектральные кривые шума, рассчитанные за период времени 2007 г., также тяготеют к нижнеуровневой модели сейсмического шума Петерсона [6], однако обращает на себя внимание различие в спектрах для дневного и ночного времени в высокочастотной области. Для периодов более 0.5 с уровень спектральной плотности сейсмического шума для дня и ночи практически совпадает. В диапазоне периодов 0.06 – 0.5с между уровнями спектральных плотностей дневного и ночного сейсмического шума наблюдается существенное различие. Так, для периода 0.4с эта разница составляет 9 дБ. Это связано с тем, что в районе расположения сейсмической группы в настоящее время активно развивается промышленность, ведется строительство и транспортное движение.

На рисунке 3 в проведено сопоставление спектральных кривых сейсмического шума за ночной период за 1996 и 2007 гг. В диапазоне периодов от 0.2 до 9 с значения спектральной плотности сейсмического шума практически совпадают, максимальное различие достигается для периода 0.4 с и составляет 4 дБ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| а) | б) | в) |

а)1996 г., б)2007 г., в) сопоставление сейсмического шума за ночной период за 1996 и

2007 гг.

Рисунок 3- Спектральные кривые сейсмического шума для дня и ночи по

Z- компоненте центрального пункта KUR21

На рисунке 4 представлены спектральные кривые сейсмического шума для Z- компоненты, рассчитанные для ночного времени четырех сезонов - лета, зимы, осени, весны. Никаких сезонных вариаций сейсмических шумов для станции не наблюдается, это связано с установкой сейсмометров в глубокой скважине, где температура, влажность и давление практически постоянны.



Рисунок 4- Спектральные кривые сейсмического шума ночного времени для

Z-компоненты, для четырех сезонов - лето, зима, осень, весна

По результатам сравнения динамических характеристик уровня сейсмических шумов за периоды времени 1995-2000 гг. (до модернизации) и 2007-2010 гг. (после модернизации) можно сделать вывод, что цифровые данные, полученные за период времени 1995-2000 г. хорошего качества. В рабочем диапазоне периодов станция обладала хорошими возможностями для регистрации сейсмических событий, как на региональных, так и на телесейсмических расстояниях.

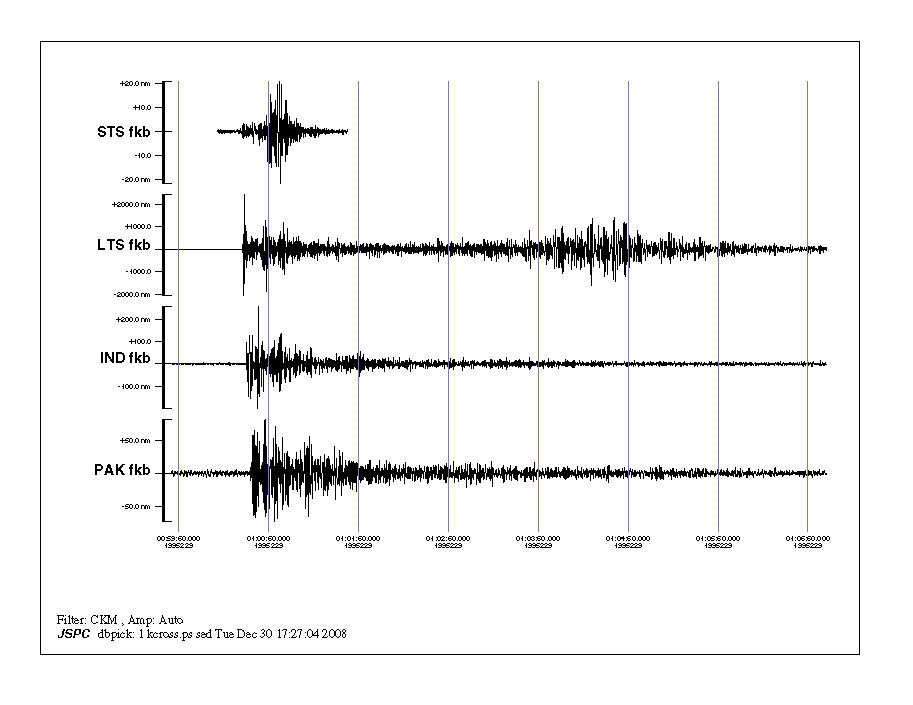
Из рассмотрения экспериментальных данных о характеристиках сейсмического шума сделан вывод о достаточно хороших возможностях в обнаружении как в период с 1995- 2000гг., так и в последние годы. Этот вывод подтверждается анализом, регулярно проводимым в Международном Центре данных (IDC) в Вене. Станция Курчатов – Крест по количеству ассоциируемых и детектируемых вступлений сейсмических волн от событий всего мира входит в пятерку самых лучших станций вспомогательной сети международной системы мониторинга.

**Особенности регистрации ПЯВ сейсмической группой Курчатов-Крест.**

Сейсмическая группа Курчатов-Крест имеет особые условия для регистрации событий на территориях ядерных полигонов Азии. Как видно из рисунка 2, из четырех полигонов один (СИЯП) находится на близком и три (Лобнор, Чагай и Похаран) – на региональных расстояниях от станции. На рисунке 5 представлены сейсмограммы взрывов с этих полигонов.

Северокорейское испытание 9 октября 2006г. сейсмическая группа Курчатов-Крест зарегистрировала, когда работала в тестовом режиме. На записях этой группы обнаружены сигналы, соответствующие этому событию. На рисунке 6 показаны записи сейсмической группы Курчатов – Крест по 21 элементу и результаты f-k-анализа. Наблюденный азимут и расчетный азимут на эпицентр взрыва достаточно хорошо согласуются (85.06º и 85.31º).

В таблице 1 приведены расчетные и истинные азимуты для событий из районов полигонов мира. Для полигонов СИЯП, Чагай, Лобнор и Муруроа наблюдается небольшая ошибка в вычислении азимута. Для полигона Похаран и Северокорейского испытательного полигона эта поправка незначительна [1-2].



1 – калибровочный взрыв на площадке Балапан (СИЯП), 31.08.1997 г., t0= 07-08-39.2,

ϕ=49.8837°, λ=78.8148°, 2- ядерный взрыв полигон Лобнор, 17.08.1995 г., t0=00-59-57.7,

ϕ=41.560°, λ=88.800°, 3- ядерный взрыв полигон Похаран, 28.05.1998 г., t0=10-16-15.2,

ϕ=28.902°, λ=69.789°, 4- ядерный взрыв полигон Чагай, 11.05.1998 г., t0=10-13-41.7,

ϕ=27.105°, λ=71.802°

Рисунок 5- BEAM сейсмических записей станции Курчатов-Крест

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| а) | б) |

а) –записи взрыва, фильтр 1.25 Гц. б) - f-k анализ группы P-волн по данным СГ Курчатов-Крест. Кажущаяся скорость 12,09 км/c, азимут 85.31°

Рисунок 6- Данные по Северокорейскому подземному ядерному взрыву 09.10.2006 г. по станциям сейсмической группы Курчатов-Крест (AS058)

Таблица 1- Расчетные и наблюденные азимуты для событий из районов испытательных полигонов

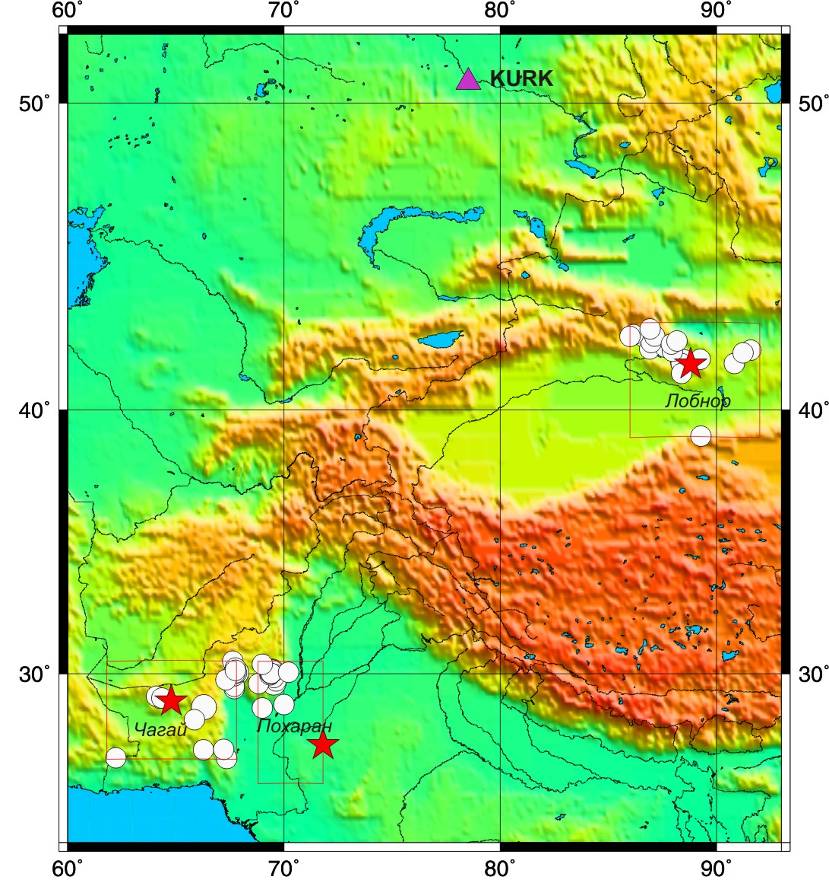
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Полигон | Расчетный азимут, град | Наблюденный азимут, град | Кажущаяся  скорость, км/с | Расстояние, км |
| Лобнор | 130.96 | 138.02 | 8.87 | 1406 |
| Чагай | 196.64 | 210.33 | 14.42 | 2674 |
| Похаран | 190.47 | 194.47 | 11.81 | 2673 |
| СИЯП (Балапан) | 155.55 | 161.57 | 12.12 | 82 |
| Северная Корея | 85.31 | 85.06 | 12.09 | 3974 |
| Муруроа | 59.53 | 53.50 | 43.72 | 15450 |

**Оценка качества распознавания ПЯВ и землетрясений.**

Для исследования качества распознавания сейсмических событий различной природы (ПЯВ и землетрясения) из районов испытательных полигонов Лобнор, Чагай, Похаран за 1995-2010 гг. были выбраны записи событий в формате CSS3.0. На рисунке 7 представлена карта расположения эпицентров событий.

Для района СИП создана база данных калибровочных химических взрывов за 1997-2000 гг., произведенных на площадках Балапан и Дегелен [7], землетрясений, близких к району СИП, а также сильных карьерных химических взрывов из района площадки Балапан на СИП. Для полигона Пунгери (2006, 2009 гг.) собраны данные только подземных ядерных взрывов, так как полигон расположен на телесейсмическом расстоянии.

Всего база данных содержит 80 событий, зарегистрированных на локальных, региональных и телесейсмических расстояниях за 1995-2010 гг.



Треугольник – центральная точка KUR21, кружки – землетрясения, звездочки подземные ядерные взрывы

Рисунок 7 – Карта расположения сейсмических событий в районах испытательных полигонов Азии, зарегистрированных сейсмической группой Курчатов-Крест за 1995-2010 гг.

Для событий из районов испытательных полигонов Азии на локальных и региональных расстояниях проведены замеры максимальных амплитуд основных региональных фаз (Pn, Pg, Sn и Lg). Замеры проводились на сейсмограммах BEAMа сейсмической группы. Использование BEAM связано с тем, что за период времени 1995-2000 гг. работали не все элементы группы Курчатов-Крест, часто отсутствовали записи центрального пункта KUR21. Методика обработки включала измерение десятичного логарифма отношений максимальных амплитуд поперечных и продольных волн после узкополосной фильтрации Sn/Pn и Lg/Pg. Использовались фильтры с центральными частотами 0.6, 1.25, 2.5, 5 Гц и полосой пропускания 2/3 октавы на уровне –3 дБ от максимума. В целом методика замеров аналогична методике, которая использовалась для нахождения параметров распознавания ядерных взрывов и землетрясений для испытательных полигонов Центральной и Южной Азии [8,9].

Для оценки качества распознавания рассматривались следующие характеристики логарифмов амплитудных отношений:

- средние выборочные значения для взрывов и землетрясений;

- дисперсии по выборке;

- коэффициент качества разделения:,

где  и  - средние выборочные значения, а и - дисперсии для землетрясений и взрывов соответственно (очевидно, что чем выше абсолютная величина коэффициента качества разделения, тем соответственно меньше вероятность ошибки).

Для китайского испытательного полигона Лобнор [8] рассматривался район, ограниченный координатами 40°-43°с.ш. и 86°-91°в.д. Было обработано 15 записей землетрясений с эпицентральными расстояниями от 1060 до 1370 км и магнитудами mb от 3.8 до 5.9 и одного ПЯВ 17.08.1995 г. на расстоянии 1280 км. На рисунке 7 показано расположение эпицентров событий из района полигона Лобнор, записи которых использовались для замеров. На рисунке 8 приведено распределение спектральных отношений Sn/Pn.Уверенное разделение параметров наблюдается для фильтра с центральной частотой 5 Гц, коэффициент качества распознавания для этого параметра KSn/Pn>1 (таблица 3.5). Для параметра Lg/Pg разделения параметров не наблюдается KLg/Pg<1.

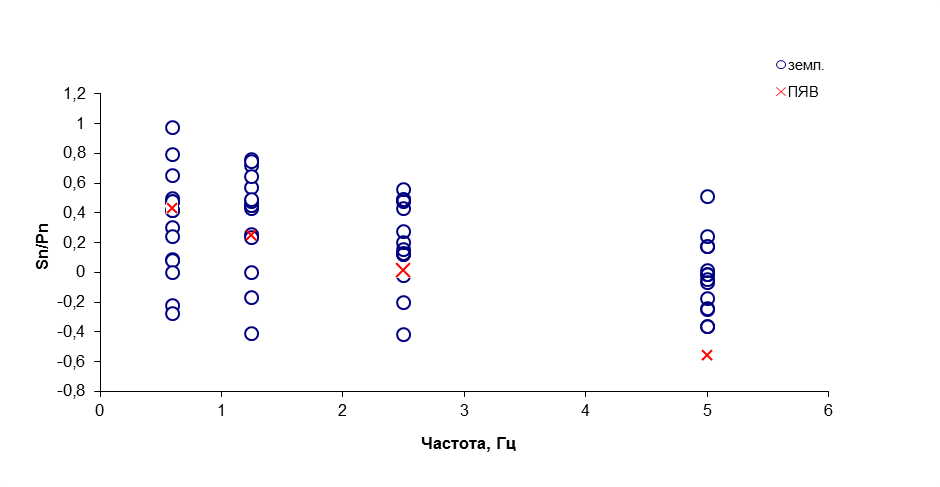


Рисунок 8 – Распределение спектральных отношений Sn/Pn для района полигона Лобнор

Таблица 2– Средние значения спектральных отношений Sn/Pn, Lg/Pg и коэффициенты качества распознавания для района испытательного полигона Лобнор

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фильтр | Среднее lg(Sn/Pn(земл.)) | Среднее lg(Lg/Pg(земл.)) | Среднее lg(Sn/Pn(ПЯВ)) | Среднее lg(Lg/Pg(ПЯВ)) | KSn/Pn | KLg/Pg |
| 0.60 | 0.33 | 0.76 | 0.43 | 0.92 | - 0.17 | - 0.29 |
| 1.25 | 0.37 | 0.62 | 0.25 | 0.40 | 0.22 | 0.35 |
| 2.50 | 0.19 | 0.14 | 0.01 | - 0.26 | 0.33 | 0.76 |
| 5.00 | - 0.03 | 0.00 | - 0.56 | - 0.33 | 1.06 | 0.68 |

Для Индийского испытательного полигона Похаран [9] рассматривался район, ограниченный координатами 25.5°-30.5°с.ш. 68.8°-71.8°в.д. Было обработано 15 записей землетрясений с эпицентральными расстояниями от 2386 до 2690 км и магнитудами mb от 4.4 до 5.4 и одного ПЯВ 11.05.1998 г. на расстоянии 2673 км. На рисунке 7 показано расположениеэпицентров событий из района полигона Похаран, записи которых использовались для замеров. На рисунке 9 приведено распределение спектральных отношений S/P, разделения параметров не наблюдается KS/P<1.

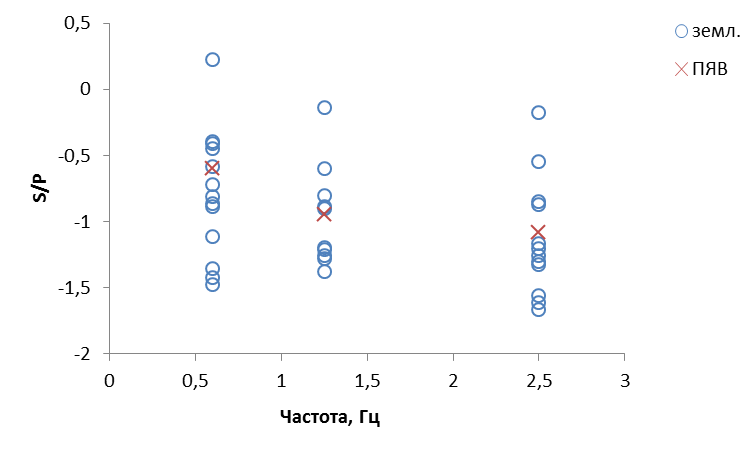


Рисунок 9 – Распределение спектральных отношений S/P для района полигона Похаран

Таблица 3 – Средние значения спектральных отношений S/P и коэффициенты качества распознавания для района испытательного полигона Похаран

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Фильтр | Среднее lg(S/P(земл.)) | Среднее lg(S/P(ПЯВ)) | KS/P |
| 0,6 | -0,79 | -0,60 | -0,40 |
| 1,25 | -0,97 | -0,94 | -0,03 |
| 2,5 | -1,13 | -1,09 | -0,09 |

Для Пакистанского испытательного полигона Чагай рассматривался район, ограниченный координатами 26.5°-30.5° с. ш. и 61.8°-67.8°в.д. Было обработано 10 записей землетрясений с эпицентральными расстояниями от 2434 до 2840 км и магнитудами mb от 4.4 до 6.0 и двух ПЯВ 28 и 30.5.1998 г. на расстоянии 2670 км. На рисунке 7 показано расположение эпицентров событий из района полигонаЧагай, записи которых использовались для замеров. На рисунке 10 приведено распределение спектральных отношений S/P, разделения параметров не наблюдается KS/P<1.

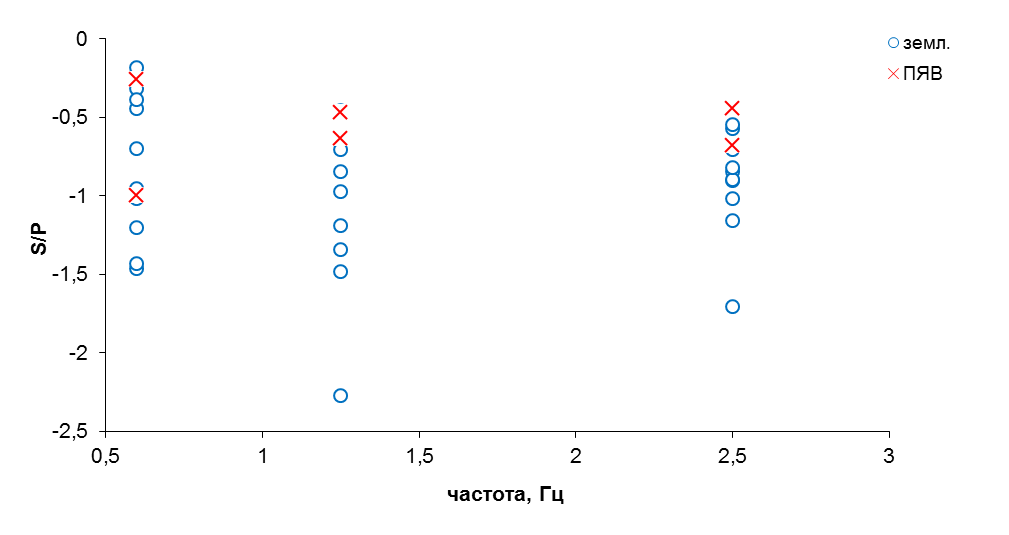
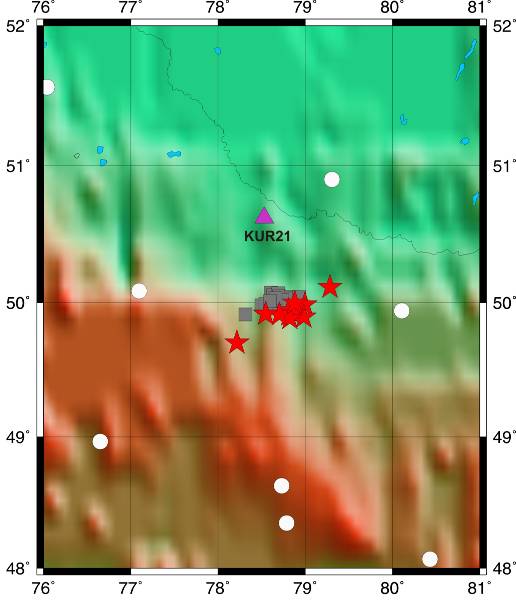


Рисунок 10 – Распределение спектральных отношений S/P для района полигона Чагай

Таблица 4 – Средние значения спектральных отношений S/P и коэффициенты качества распознавания для района испытательного полигона Чагай

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Фильтр | Среднее lg(S/P(земл.)) | Среднее lg(S/P(ПЯВ)) | KS/P |
| 0,60 | -0,81 | -0,63 | -0,18 |
| 1,25 | -1,16 | -0,55 | -0,89 |
| 2,50 | -0,92 | -0,56 | -0,71 |

Для СИП рассматривался район, ограниченный координатами 48°-52°с.ш. и 76°-81°в. д. Было обработано 7 записей землетрясений с эпицентральными расстояниями от 63 до 302 км и 12 калибровочных взрывов мощностью 2-100 т на расстояниях 71-98 км и записи 18 карьерных химических взрывов на расстояниях 61-80 км. На рисунке 11 представлена карта расположения эпицентров событий из района СИП, записи которых использовались для замеров. Проводилось сопоставление отдельно калибровочных взрывов и землетрясений и карьерных взрывов и землетрясений. На рисунке 12 приведено распределение спектральных отношений S/P, уверенное разделение параметров наблюдается для всех химических взрывов как карьерных, так и калибровочных (с компактным заложением заряда) для фильтра с частотой 5 Гц, KS/P>1.



Треугольник – центральная точка KUR21, кружки – землетрясения, звездочки - калибровочные химические взрывы, квадратики – карьерные взрывы.

Рисунок 11 – Карта расположения сейсмических событий в районе СИП, зарегистрированные сейсмической группой Курчатов-Крест за 1996-2010 гг.

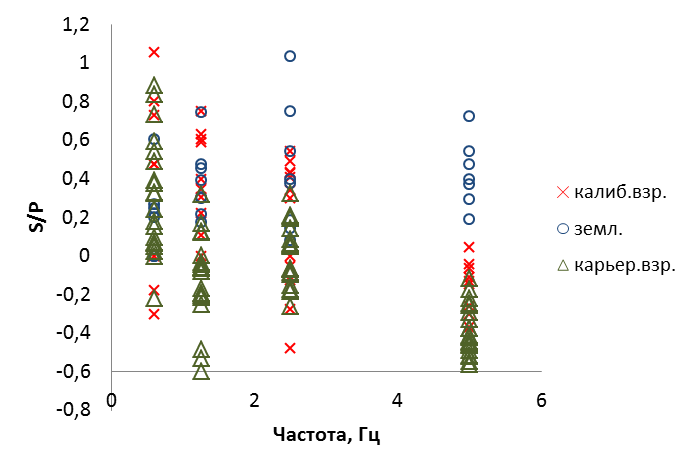


Рисунок 12 – Распределение спектральных отношений S/P для района СИП

Таблица 5 – Средние значения спектральных отношений S/P и коэффициенты качества распознавания для района Семипалатинского испытательного полигона

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фильтр | Среднее lg(S/P(калибр.)) | Среднее lg(S/P(земл.)) | Среднее lg(S/P (карьерн.)) | KS/P(калиб.) | KS/P (карьерн.) |
| 0,60 | 0,38 | 0,22 | 0,31 | - 0,23 | - 0,18 |
| 1,25 | 0,40 | 0,38 | - 0,12 | - 0,03 | 1,23 |
| 2,50 | 0,17 | 0,44 | 0,01 | 0,41 | 0,88 |
| 5,00 | - 0,15 | 0,43 | -0,38 | 1,89 | 2,71 |

**Заключение**

Оценка параметров сейсмического шума по станции «Курчатов-Крест» свидетельствует о хороших возможностях этой станции для мониторинга сейсмических событий различной природы. Уровень спектральной плотности сейсмического шума близок к нижнеуровневой мировой модели сейсмического шума.

Детально изучены возможности обнаружения и идентификации сейсмических событий различной природы из районов испытательных ядерных полигонов мира Лобнор, Чагай, Похаран, СИП, Пунгери по данным сейсмической группы Курчатов-Крест. После сопоставления значений расчетных и истинных азимутов для ядерных взрывов с полигонов мира выяснилось, что для полигонов СИЯП, Чагай, Лобнор наблюдается систематическая ошибка в вычислении азимута, которую следует учитывать при обнаружении и локализации событий. Для полигона Похаран и Северокорейского испытательного полигона эта ошибка незначительна.

Анализ спектральных отношений основных региональных сейсмических фаз для различных типов источников свидетельствует о том, что сейсмическая группа Курчатов-Крест эффективна для сейсмического распознавания природы событий – землетрясений и взрывов - как ядерных, так и химических - для полигонов Лобнор и СИП. Но следует отметить, что эти выводы сделаны на статистически недостаточном материале по ядерным взрывам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Соколова, И.Н. Сейсмическое распознавание северокорейского ядерного взрыва на региональных расстояниях / И.Н. Соколова // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. - 2007. № 4. - С. 88-93.

2 Михайлова Н.Н. Северокорейское ядерное испытание 25 мая 2009 г. по данным казахстанской системы мониторинга // Вестник НЯЦ РК. - 2009. - Вып. 3. - С. 17-21.

3 Синёва, З.И. Динамические характеристики сейсмического шума по цифровым записям станции Маканчи / З.И. Синёва, Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров // Вулканология и сейсмология. − 2001. − вып.4. − С. 48 - 59.

4 Синёва, З.И. Изучение динамических характеристик сейсмического шума по данным цифровых станций казахстанской сети / З.И. Синёва, Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров // «Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2000. − вып.2. − С. 24 - 30.

5 Михайлова, Н.Н. Спектральные характеристики сейсмического шума по данным Казахстанских станций мониторинга / Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров // Вестник НЯЦ РК, 2006. −Вып.2. −С. 19 - 26.

6 Jon Peterson, Observation and Modeling of Seismic Background Noise. / Open-File Report 93-322, Albuquerque, New Mexico.-1993.-р.42

7 Михайлова Н.Н., Германова Т.И., Аристова И.Л. Определения энергетических и магнитудных характеристик по сейсмическим записям химических взрывов 1997-2000 гг. на Семипалатинском полигоне // Геофизика и проблемы нераспространения. Вестник НЯЦ РК.- 2001. - Вып. 2.С. 90-95.

8 Копничев, Ю.Ф. Исследования по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов на полигоне Лобнор / Ю.Ф.Копничев, О.М. Шепелев, И.Н. Соколова// Физика Земли. - 2001.- № 12. - С.64-77.

9 Копничев, Ю.Ф. Исследования по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов и землетрясений на полигонах Индии и Пакистана / Ю.Ф. Копничев, О.М. Шепелев, И.Н. Соколова // Геофизика и проблемы нераспространения. Вестник НЯЦ РК.-2001.- Вып.2.- С.96-101.