

УДК [550.34:681.324]:621.398(574)

КАЗАХСТАНСКИЙ ЦЕНТР СБОРА И ОБРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ: ФУНКЦИИ, ЗАДАЧИ, СИСТЕМА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ, БАЗЫ ДАННЫХ

Михайлова Н.Н., Комаров И.И., Синева З.И., Соколова И.Н.

Институт геофизических исследований НЯЦ РК

В работе приводятся сведения об основных функциях созданного в 1999 г. Центра сейсмических данных Института геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан. Описана технология сбора, обработки и хранения данных. Перечислены основные создаваемые базы данных.

Казахстанский Центр сейсмических данных создан в 1999г. как представительство ИГИ НЯЦ РК в г. Алматы. Официальное название Центра – "Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации".

Необходимость организации такого Центра была предопределена несколькими факторами.

- В 1994 г. Казахстану были переданы станции Актюбинск, Боровое, Курчатова и Маканчи, входившие ранее в службу специального сейсмического контроля бывшего СССР. Для централизованного сбора и обработки данных был необходим Центр данных, которого в Казахстане не было. Исходные записи сигналов хранились на станциях наблюдения, копии отсылались в сотрудничающие организации: Ламонт-Дохертскую земную обсерваторию Колумбийского университета США (LDEO), в Калифорнийский университет в Сан-Диего США (UCSD), в Лабораторию Альбукерке Геологической службы США (ASI USGS). Республика Казахстан заинтересована в информации о происходящих на её территории землетрясениях, о проводимых ядерных испытаниях вблизи её территории, в оперативном оповещении республиканских органов об этих событиях. Этой цели должен отвечать Казахстанский Центр сейсмических данных.
- В течение 1994-1996г.г. с помощью консорциума IRIS (США) было проведено техническое переоснащение сейсмических групп Боровое и Курчатова, трехкомпонентных станций Актюбинск и Маканчи, что обеспечило включение их в Глобальную сеть сейсмических наблюдений (GSN), проведение экспериментов совместно с Ламонт-Дохертской земной обсерваторией Колумбийского Университета (США). В мае 1997г. в Вашингтоне был подписан Протокол совещания представителей Министерства наук – Академии наук Республики Казахстан и Консорциума IRIS (США), в котором отражена принципиальная договоренность сторон о создании в Алматы совместного казахстанско - американского Центра сейсмических данных JSDC (со стороны США – LDEO, UCSD, USGS, IRIS, со стороны Казахстана – НЯЦ РК).
- В 1996г., согласно Протоколу к Договору о Всеобъемлющем Запрещении Испытаний Ядерного

оружия (СТВТ), четыре станции НЯЦ РК включены в Международную Систему Мониторинга (IMS СТВТО). Согласно выбранной топологии, кроме строительства станций, в Казахстане должен быть организован Центр данных, выполняющий функции Национального Центра данных в системе IMS с задачами - обмен данными с Международным Центром данных IDC PTS и работа в тесной взаимосвязи с ним.

Таким образом, созданный Казахстанский Центр сейсмических данных одновременно должен осуществлять функции Совместного казахстанско-американского Центра, а также Казахстанского Национального Центра данных. Основными задачами Центра является сбор, обработка и хранение данных сейсмической сети НЯЦ РК, а также обмен данными с другими Международными и Национальными центрами данных, исследовательскими лабораториями.

СБОР ДАННЫХ

Сбор данных, получаемых казахстанскими станциями наблюдения, в Центре данных в г. Алматы происходит по следующей схеме, приведенной на рис.1.

Сейсмическая группа Боровое. На четырех пунктах - Боровое, Восточное, Зеренда, Чкалово, - в 1999г. в рамках проекта МНТЦ К-063-97 с помощью зарубежных коллабораторов проекта - сотрудников LDEO, установлены станции Quanterra Q680 для сбора данных с локальных сейсмических подгрупп "ожерелье" в центры подгрупп. По телеметрическим каналам все данные с центров подгрупп "ожерелье" передаются в центр сейсмической группы Боровое. Затем из Борового по спутниковому каналу данные передаются в Центр сейсмических данных в г. Алматы. Из Центра по каналам Internet данные доставляются в LDEO, IRIS-DMC.

Сейсмическая группа Курчатова. Данные сейсмической группы Курчатова – "Крест" должны по радиотелеметрическим каналам собираться в центре группы, затем по спутниковому каналу передаваться в Центр сейсмических данных в г.Алматы. В настоящее время в Центр поступают только данные трехкомпонентной станции IRIS/IDA. По каналу Internet они передаются в LDEO, IRIS.

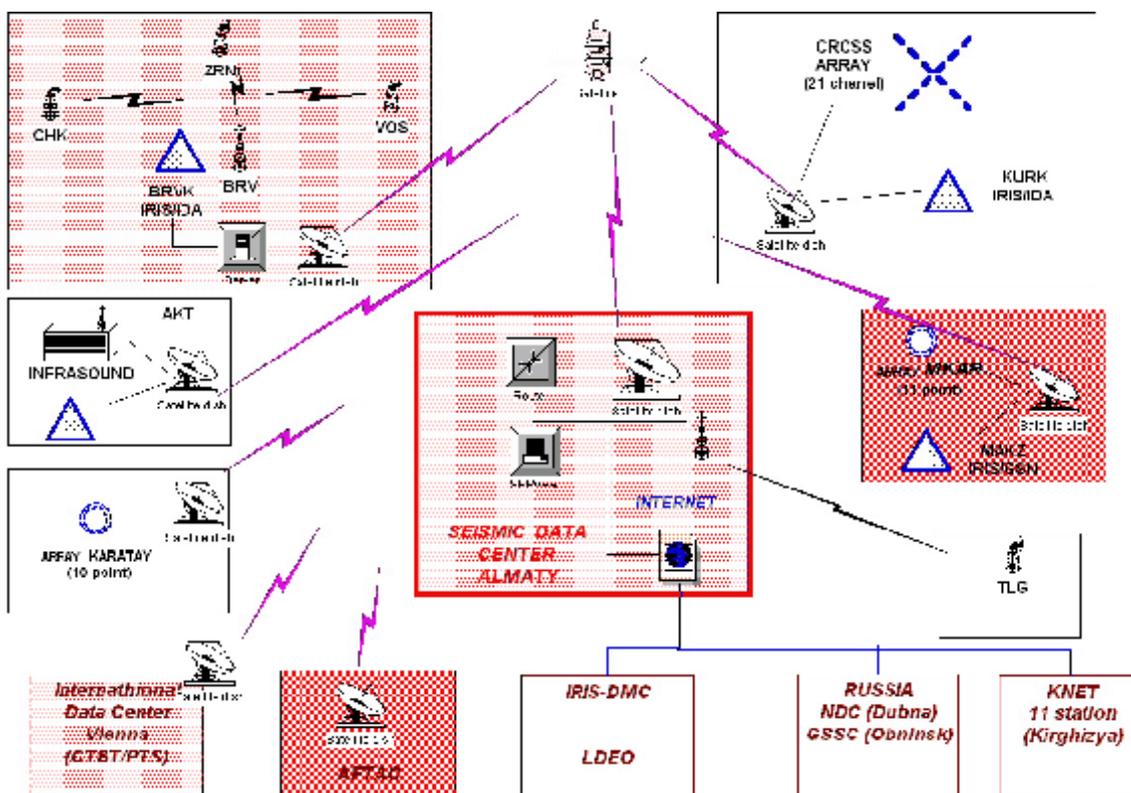


Рис.1. Схема телекоммуникационной структуры сбора данных казахстанских станций наблюдения

Сейсмическая группа Маканчи. Введенная в строй в июне 2000г. сейсмическая группа Маканчи осуществляет непрерывную регистрацию сейсмических колебаний на десяти пунктах. Данные по спутниковому и радиорелейному каналу передаются в Центр сейсмических данных в г. Алматы. Из г. Алматы по спутниковому каналу данные уходят в AFTAC (США), в IDC (Вена, Австрия).

Станция Актюбинск. Планируется по спутниковому каналу передавать данные сейсмической и инфразвуковой станций в Центр сейсмических данных в г.Алматы.

Строящаяся новая сейсмическая группа Каратау. Эта станция будет аналогом станции Маканчи. Ее данные, также как данные сейсмической группы Маканчи, планируется передавать в Центр, в г. Алматы, по спутниковому и радиорелейному каналу связи, а затем – в AFTAC (США).

Станция Талгар. По радиомодему будет осуществляться передача данных в Центр со станции Талгар, где LDEO установлена цифровая сейсмическая станция PASSCAL.

После ввода в действие всей системы телекоммуникаций в Центр сейсмических данных в г. Алматы будут поступать данные с четырех сейсмических групп и двух трехкомпонентных станций в режиме реального времени. По состоянию на 2001 г. в Центр сейсмических данных в режиме реального времени поступают данные сейсмических групп Маканчи, Боровое, станции Курчатова. Данные сейсмической станции Актюбинск поступают по мере накопления

сейсмической информации на диске. Дополнительно поступают данные с сейсмических станций Талгар и Подгорное на магнитных лентах.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Для того, чтобы обрабатывать данные, поступающие с сейсмических групп и отдельных станций в режиме реального времени, в октябре 2000 г. в Центре сейсмических данных специалистами Норвежского сейсмического центра НОРСАР было установлено специальное программное обеспечение. В автоматическом режиме ведется обнаружение сейсмических сигналов и локализация источников, результаты обработки, также автоматически, заносятся на веб-сайт Центра. Далее, на основе критериев, разработанных в Центре, автоматические выбираются наиболее сильные события. При появлении такого события звучит звуковой сигнал, извещающий оператора о необходимости проведения дополнительной интерактивной обработки, в результате чего формируются и рассылаются сводки срочных донесений. В настоящее время в этом этапе обработки участвуют данные сейсмических групп Маканчи, Боровое, станции IRIS/IDA – Курчатова.

После сбора данных всех станций по ретроспективным данным проводится двухэтапная рутинная обработка. На первом этапе проводится контроль качества данных, выявляются и исправляются ошибки. Все потоки откорректированных сейсмических данных с отдельных станций интегрируются в единый формат, удобный для хранения и обмена.

Таким форматом в мировой практике является SEED-формат. Генерация SEED-архивов проводится в Центре данных по технологии, обучение которой сотрудники Центра прошли в LDEO и успешно используют в практической работе.

На втором этапе происходит совместная обработка данных всех станций с целью составления бюллетеня сейсмических событий. В 2000г. начал выпускаться бюллетень казахстанского Центра на ретроспективных данных 1999г. Формат бюллетеня соответствует форматам аналогичных бюллетеней других Центров. В него включены параметры источников, полученные в результате локализации событий, а также стационарные данные по всем станциям, зарегистрировавшим данное событие. В отличие от бюллетеней, например, Института сейсмологии МОН РК, в бюллетень Центра включаются как данные о землетрясениях, так и данные о химических, ядерных взрывах. Это необходимо для проведения будущих научных исследований, в частности, для разработки более совершенных методик идентификации сейсмических событий.

Обработка данных осуществляется программным комплексом DATASCOPE.

ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ

Все исходные записи, а также результаты их обработки подлежат долговременному хранению. В Центре создаются различные базы данных. Создан WEB-сервер, через который доступ к данным Центра имеют заинтересованные пользователи. На рис.2 показаны основные созданные базы данных казахстанского Центра сейсмических данных.

База данных исходных записей. Это SEED-архивы, создаваемые на CD. В Центре генерируются SEED-архивы по трем группам данных: стационарной сети НЯЦ РК (только трехкомпонентные станции), Тянь-Шаньской группы станций (установлены на территории Казахстана и Киргизии по проекту «Тянь-Шань» Ренселлеровским политехническим институтом США в 1997-2000г.г.), по сейсмической группе Курчатов - "Крест".

Состояние SEED-архивов исходных записей на 1.06.2001г. показано в табл. 1.

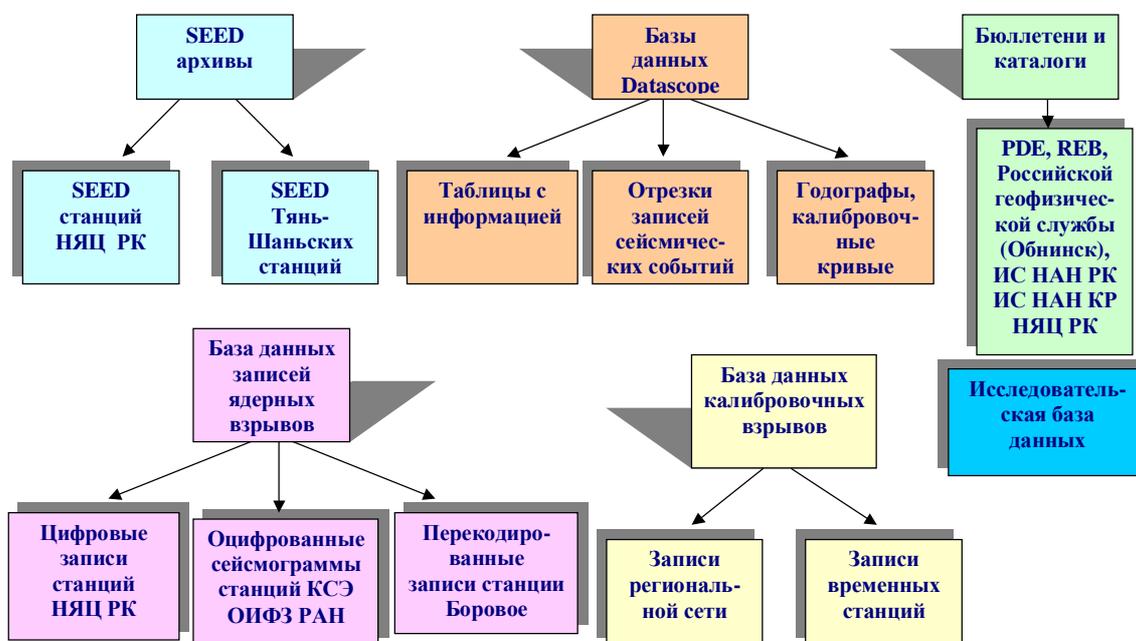


Рис. 2. Базы данных казахстанского Центра сейсмических данных

Табл. 1. Состояние SEED-архивов

| Сейсмическая сеть | Сейсмические станции | Период времени, за который созданы SEED-архивы | Объем базы данных (CD-дисков) |
|--------------------------------------|--|--|-------------------------------|
| НЯЦ РК | АКТК, BRVK, CHKZ, KURK, MAKZ, PDG, TLG, VOS, ZRNK | 04.1994-05.2001 | 341 |
| Тянь-Шаньская сейсмическая сеть | ANA, ARA, CHAT, DGE, KAI, KARL, KAR, KAZ, KDS, KENS, KHA, KSA, NRN, POGR | 09.1997-08.2000 | 88 |
| Сейсмическая группа Курчатов «Крест» | KUR01-KUR21 | 01.1999-12.1999 | 44 |

База данных DATASCOPE. Результаты обработки, накопленные при составлении бюллетеня сейсмических событий, формируют базу данных DATASCOPE. В ней в табличном виде содержится информация об источниках событий, ошибках определения параметров, невязках времен пробега относительно конкретных скоростных моделей и т.д. Там же хранятся отрезки исходных записей сейсмических событий, по которым проведена обработка. В табличном виде хранятся используемые годографы и калибровочные магнитудные кривые. База данных DATASCOPE создается на рабочей станции SUN.

Бюллетень сейсмических событий и каталог. Для формирования бюллетеня и каталога на персональном компьютере создана база данных ACCESS, в которой хранятся только те данные, которые необходимы для бюллетеня и каталога. Бюллетень ведется на русском и английском языках. Имеются бюллетени и каталоги других Центров и служб.

База записей ядерных взрывов. Хранятся несколько видов баз данных с записями ядерных взрывов. Во-первых, это цифровые записи стационарных станций НЯЦ РК. Поскольку станции в составе НЯЦ РК начали функционировать с 1994г., количество записанных ядерных испытаний невели-

ко. Это пять взрывов на полигоне Лобнор в Китае, последний из которых был проведен в июле 1996г., шесть взрывов на полигоне Муруроа, произведенные Францией, и взрывы в Индии и Пакистане, проведенные в мае 1998г. (табл.2).

Во-вторых, это оцифрованные аналоговые сейсмограммы станций Комплексной сейсмологической экспедиции - КСЭ ИФЗ АН СССР, полученные в советское время. Станции КСЭ были расположены в различных районах Советского Союза. Ими зарегистрировано большое количество военных и мирных взрывов. Характеристика информации представлена в табл. 3. Работа по оцифровке этих данных выполнялась в рамках проекта К-063-97. Оцифровка проводилась с помощью широкоформатного сканера и специального программного обеспечения, предоставленного LDEO.

В-третьих, это цифровой архив сейсмических записей станции «Боровое». В рамках работ по проекту К-063-97 выполнено копирование исходных данных с 35-мм магнитных лент на современные носители, декодированы и переформатированы данные цифровых станций КОД и СЦР-ТСГ. Данные об общем количестве событий в базе данных по этим записям представлены в табл. 4.

Табл. 2. База данных ядерных взрывов

| Дата | Время | Широта | Долгота | Полигон | Государство | мь | Коды станций |
|------------|------------|---------|----------|---------|-------------|-----|--|
| 10/07/1994 | 3:25:58.1 | 41.662 | 88.753 | Лобнор | Китай | 6.0 | BRVK, CHK, KUR, MAK, VOS, ZRN |
| 5/15/1995 | 4:05:57.8 | 41.603 | 88.820 | Лобнор | Китай | 6.1 | BRVK, AKT |
| 8/17/1995 | 0:59:57.7 | 41.559 | 88.800 | Лобнор | Китай | 6.0 | BRVK, CHK, AKT, KURK, VOS, ZRN |
| 9/05/1995 | 21:29:58.4 | -21.852 | -138.844 | Муруроа | Франция | 4.8 | AKT, CHK, KUR, BRVK, TLG, VOS, ZRN |
| 10/01/1995 | 23:29:57.9 | -22.250 | -138.745 | Муруроа | Франция | 5.4 | AKT, BRVK, CHK, KUR, MAK, TLG, VOS, ZRN |
| 10/27/1995 | 21:59:58.1 | -21.891 | -138.983 | Муруроа | Франция | 5.4 | AKT, BRVK, CHK, KURK, TLG, VOS, ZRN |
| 11/21/1995 | 21:29:58.0 | -21.879 | -139.032 | Муруроа | Франция | 4.8 | AKT, BRVK, KURK, TLG, VOS, ZRN |
| 12/27/1995 | 21:29:58.0 | -21.881 | -138.973 | Муруроа | Франция | 5.1 | BRVK, KURK, TLG, ZRN |
| 1/27/1996 | 21:29:57.7 | -22.236 | -138.815 | Муруроа | Франция | 5.3 | AKT, BRVK, CHK, KURK, TLG, VOS, ZRN |
| 6/08/1996 | 2:55:57.9 | 41.657 | 88.690 | Лобнор | Китай | 5.9 | AKT, BRVK, CHK, KURK, MAK, TLG, VOS, ZRN |
| 7/29/1996 | 1:48:57.8 | 41.824 | 88.420 | Лобнор | Китай | 4.9 | AKT, BRVK, CHK, MAK, TLG, VOS |
| 5/11/1998 | 10:13:41.7 | 27.105 | 71.802 | Похаран | Индия | 5.2 | BRVK, ZRNK, MAKZ, PDG, TLG, VOS, ZRN |
| 5/28/1998 | 10:16:15.2 | 28.902 | 64.789 | Чагай | Пакистан | 4.8 | BRVK, CHK, KUR, MAKZ, PDG, TLG, VOS, ZRN |
| 5/30/1998 | 6:54:54.9 | 28.493 | 63.731 | Чагай | Пакистан | 4.6 | BRVK, CHK, MAKZ, VOS, ZRN |

Табл. 3. База данных оцифрованных сейсмических записей КСЭ ИФЗ (1964-1994)

| Полигон | Источник | Количество событий | Количество записей | Количество станций |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Похаран | подземные ядерные взрывы | 1 | 1 | 1 |
| Амчитка | подземные ядерные взрывы | 1 | 14 | 14 |
| Лобнор | воздушные ядерные взрывы | 11 | 35 | 8 |
| | подземные ядерные взрывы | 9 | 14 | 7 |
| | землетрясения | 8 | 24 | 17 |
| Семипалатинский испытательный полигон | подземные ядерные взрывы | 42 | 87 | 27 |
| Невада | подземные ядерные взрывы | 22 | 73 | 33 |
| Новая Земля | подземные ядерные взрывы | 9 | 14 | 10 |
| Мирные взрывы | химические взрывы | 26 | 37 | 12 |
| | подземные ядерные взрывы | 41 | 85 | 25 |
| Итого | | 170 | 384 | 54 |

Табл. 4. База записей взрывов станцией «Боровое»

| Тип станции | Всего событий | Туамоту | Лобнор | Новая Земля | Промышленные взрывы | СИП | Невада |
|-------------|---------------|---------|--------|-------------|---------------------|-----|--------|
| Код (б.у) | 204 | 0 | 1 | 9 | 26 | 64 | 104 |
| Код (м.у) | 74 | 0 | 0 | 8 | 11 | 48 | 7 |
| СС | 427 | 47 | 7 | 17 | 38 | 149 | 169 |
| ТСГ | 342 | 52 | 8 | 19 | 27 | 136 | 100 |
| Итого | 1047 | 99 | 16 | 53 | 102 | 397 | 380 |

**КАЗАХСТАНСКИЙ ЦЕНТР СБОРА И ОБРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ: ФУНКЦИИ, ЗАДАЧИ, СИСТЕМА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ, БАЗЫ ДАННЫХ**

База данных записей калибровочных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне. Собраны и приведены к формату CSS3.0 записи 15 калибровочных взрывов, произведенных на площадках Балапан и Дегелен, стационарными и временными сейсмическими станциями (табл. 5).

Кроме перечисленных, в Центре создаются и другие базы данных, необходимые для проведения научных исследований и формируемые в процессе их проведения.

Табл. 5. Информация о базе данных калибровочных взрывов

| Дата взрыва | Время в источнике | Масса заряда, кг | Станции, записи которых включены в базу данных | | | |
|-------------|-------------------|------------------|--|--|-------------------------------------|---|
| | | | ближней зоны | НЯЦ РК | Тянь-Шаньской сети | другие |
| 13.07.1997 | 08.11.08,799 | 5000 | S2, S3, S4, S7, S9 | CROSS-ARRAY | | |
| 03.08.1997 | 08.07.20,04 | 25000 | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9 | AKT, BRVK, CHK, KUR, MAK, TLG, VOS, ZRN, CROSS-ARRAY | | |
| 31.08.1997 | 07.08.39,179 | 25000 | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9 | AKT, BRVK, CHK, KUR, MAK, TLG, VOS, ZRN, CROSS-ARRAY | | BAY |
| 28.09.1997 | 07.30.15,126 | 25000 | S2, S3, S6, S7, S8, S9 | AKT, BRV, CHK, KUR, MAK, TLG, VOS, ZRN, CROSS-ARRAY | | BAY, KKL |
| 13.07.1998 | 10.44.56,363 | 2028 | S4, S7, S8, S9 | KUR, CROSS-ARRAY | | |
| 14.07.1998 | 05.11.35,570 | 2028 | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9 | KUR, CROSS-ARRAY | | |
| 14.07.1998 | 08.19.39,296 | 2028 | S2, S3, S4, S6, S7, S9 | KUR, CROSS-ARRAY | | |
| 14.08.1998 | 04.28.52,815 | 2028 | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9 | KUR, CROSS-ARRAY | | |
| 14.08.1998 | 05.39.24,970 | 2028 | S2, S3, S4, S7, S8, S9 | KUR, CROSS-ARRAY | | |
| 15.08.1998 | 02.40.59,116 | 2028 | S2, S3, S4, S6, S7, S9 | KUR, CROSS-ARRAY | | |
| 15.08.1998 | 05.05.11,156 | 2028 | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9 | KUR, CROSS-ARRAY | | |
| 22.08.1998 | 05.00.18,904 | 100000 | S2, S3, S4, S5, S6, S7 | AKT, BRVK, CHK, KUR, MAK, MAKZ, PDG, VOS, ZRN, CROSS-ARRAY | ANA, KSA, KDS | BAY, KKL, AKSU, DEG, ERMT, MAMA, STPN, KNET |
| 17.09.1998 | 07.19.40,551 | 25040 | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9 | AKT, BRVK, CHK, KUR, PDG, TLG, VOS, ZRN, MAKZ, CROSS-ARRAY | KHA, KSA | BAY, KKL, KNET |
| 25.09.1999 | 05.00.06,0 | 100000 | S3, S5, S6, S7 | BRVK, KUR, MAKZ, PDG, TLG, CROSS-ARRAY | ANA, ARA, KAI, KENS, KHA, KSA, KARL | KNET |
| 29.07.2000 | 06.10.04,25 | 100000 | S2, S3, S4, S5, S6, S7 | CHK, MAKZ, TLG, VOS, ZRN | | S145, S208, S79, S80, S82, S89 |

ОБМЕН ДАННЫМИ

Казахстанский Центр сейсмических данных работает во взаимодействии с другими Центрами данных и исследовательскими центрами. Во-первых, это IDC – Международный центр данных PTS. Центр получит доступ к данным IDC - результатам обработки, записям, другой информации. Во-вторых, это LDEO: Центр предоставляет LDEO SEED-архивы станций НЯЦ РК, бюллетени сейсмических событий Центральной Азии. Специалисты LDEO постоянно помогают Центру программным обеспечением, консультациями, участвуют в техническом переоснащении станций и Центра. Планируется проведение совместных научных работ. В третьих, это AFTAC. Через Центр идет передача данных сейсмической группы Маканчи и сейсмиче-

ской группы Каратау в AFTAC. В четвертых, это Российская геофизическая служба. Казахстанский Центр регулярно получает оперативные каталоги землетрясений и сейсмологические бюллетени. Станции НЯЦ РК передают сводки по сильным землетрясениям в Обнинск в Сейсмологический Центр Российской геофизической службы.

Работы, проводимые в Центре сбора и обработки специальной сейсмической информации, позволяют надеяться, что в скором будущем Центр станет одним из ведущих сейсмологических центров в Азии, обеспечивающим на мировом уровне сейсмический мониторинг в пределах территории Казахстана и вносящим весомый вклад в глобальный сейсмический мониторинг.

**ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АРНАУЛЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ АҚПАРАТЫН ЖИНАУ ЖӘНЕ ӨНДЕУ ОРТАЛЫҒЫ:
ФУНКЦИЯЛАРЫ, МІНДЕТТЕРІ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ЖҮЙЕСІ, ДЕРЕКТЕР БАЗАСЫ**

Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров, З.И. Синева, И.Н. Соколва

ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты

ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институтының Сейсмикалық деректер орталығының негізгі функциялары туралы мәліметтер келтірілген. Деректер жинау, өңдеу және сақтау технологиясы баяндалған. Орталықта құрастырылып жатқан деректердің негізгі базалары саналып өткен.

**KAZAKHSTAN CENTER FOR ACQUISITION AND PROCESSING OF SPECIAL SEISMIC
INFORMATION: FUNCTION, GOALS, TELECOMMUNICATION SYSTEM, DATABASES**

N.N. Mikhailova, I.I. Komarov, Z.I. Sinyova, I.N. Sokolova

Institute of Geophysical Research NNC RK

The paper summarizes the information about the basic functions of the Seismic Data Center IGR NNC RK, created in 1999. It describes the techniques of data acquisition, processing, and storage, and lists the main databases being created in the Center.