

УДК 550.34 (574):504.064.36(100)

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НЯЦ РК: РАЗВИТИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ

Беляшова Н.Н., Михайлова Н.Н.

Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

При поддержке международных организаций в Казахстане создана и успешно функционирует система мониторинга ядерных испытаний и землетрясений, являющаяся частью международных систем мониторинга. Приводятся хроника создания, краткая характеристика и перспективы развития и использования этой системы.

За последнее десятилетие в Казахстане создана новая современная система мониторинга ядерных взрывов и землетрясений, являющаяся неотъемлемой частью Международной системы мониторинга. Система включает в себя:

- сеть станций сейсмического мониторинга;
- станции инфразвукового мониторинга;
- Казахстанский национальный центр данных в г. Алматы;
- систему коммуникаций станций с национальными и Международными центрами данных.

Начало созданию системы было положено в 1994 г., когда в состав Национального ядерного центра Республики Казахстан были переданы станции службы специального контроля бывшего СССР, ставшие основой будущей сети. Ниже приведены основные даты становления системы наблюдений НЯЦ РК,

находящейся под управлением Института геофизических исследований (ИГИ НЯЦ РК) (Таблица).

Создание современной высокотехнологичной системы мониторинга в столь короткие сроки было бы невозможно без тесной кооперации с целым рядом зарубежных и международных организаций. В числе основных партнеров ИГИ НЯЦ РК: Временный технический секретариат Организации ДВЗЯИ, Агентство прикладных технологий воздушных сил США (AFTAC), Американский национальный центр данных (US NDC), Международный консорциум сейсмологических институтов (IRIS), Ламонт–Дохертская Земная обсерватория Колумбийского Университета США (LDEO), Норвежский сейсмологический центр (NORSAR), Комиссариат по атомной энергии Франции (CEA/DASE).

На рисунке 1 представлена схема расположения станций, входящих с систему мониторинга НЯЦ РК.

Таблица. Хронология создания системы наблюдений НЯЦ РК

Годы	События
1994	Передача в НЯЦ РК станций Боровое, Курчатов, Маканчи, Актюбинск
1994	Размещение на территории Казахстана совместно с международным консорциумом IRIS широкополосных цифровых станций [1].
1994 – 1996	Установка в Казахстане 3-х станций системы IRIS/IDA и IRIS/GSN (Боровое, Курчатов, Маканчи) [1].
1996	Подписание Казахстаном Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ), согласно которому на территории Казахстана запланировано создание 5 объектов Международной системы мониторинга (МСМ).
1997 – 2000	Установка по проекту К-63 Международного научно – технического центра 4-х широкополосных сейсмических станций в Боровом, Чкалово, Восточном, Зеренде [2].
1999	Открытие в г. Алматы Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации [3].
1999 – 2000	Строительство и ввод в эксплуатацию сейсмической группы первичной сети МСМ - PS23-Маканчи, МКАР (станция сертифицирована в январе 2002 г.) [4].
2000 – 2001	Строительство и ввод в эксплуатацию совместно с AFTAC (США) сейсмической группы Каратау, ККАР [4, 5].
2001 – 2002	Строительство и ввод в эксплуатацию сейсмической группы, запасной к первичной сети МСМ - AS057-Боровое, BVAR (станция сертифицирована в декабре 2002 г.) [6].
2001	Строительство и ввод в эксплуатацию инфразвуковой станции – IS3I-Актюбинск (станция сертифицирована в ноябре 2004 г.) [7].
2002 – 2003	Строительство и ввод в эксплуатацию совместно с AFTAC (США) сейсмической группы Акбулак, АВКАР [8].
2002 – 2004	Строительство и ввод в эксплуатацию 3-х компонентной сейсмической станции вспомогательной сети МСМ AS059-Актюбинск, АКТО (станция сертифицирована в ноябре 2005 г.)
2006	Строительство и ввод в эксплуатацию сейсмической группы вспомогательной сети МСМ - AS058- Курчатов, KUR (станция сертифицирована в ноябре 2006 г., но требуется завершение ее модернизации).

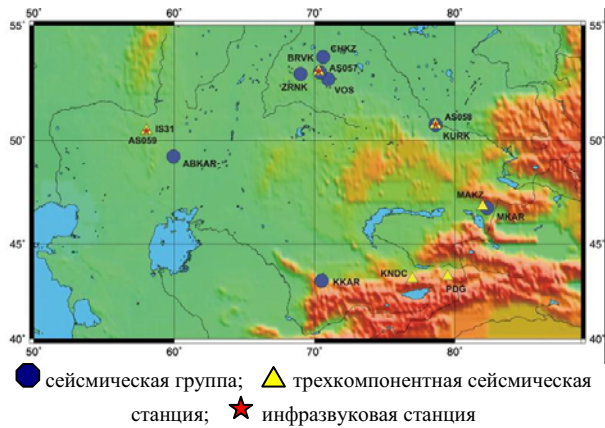


Рисунок 1. Схема расположения сейсмических и инфразвуковых станций НЯЦ РК

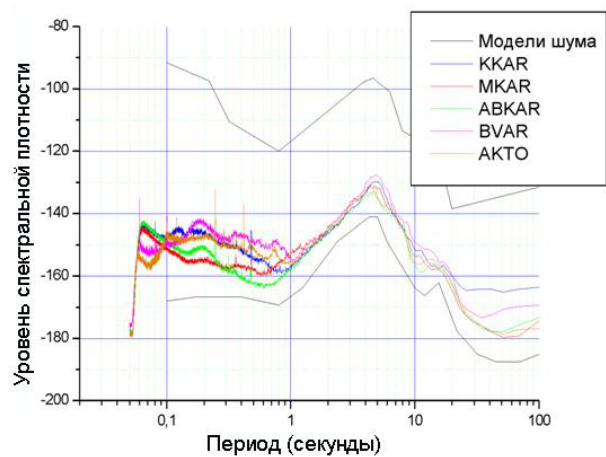
Всего в систему входят 8 сейсмических групп, 6 трехкомпонентных сейсмических станций и 3 инфразвуковые станции.

СИСТЕМА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Созданная система сейсмического мониторинга характеризуется рядом особенностей относительно других сейсмических сетей, работающих в странах Центральной Азии. Во-первых, большинство станций НЯЦ РК являются сейсмическими группами, а не отдельными трехкомпонентными станциями. Во-вторых, станции расположены преимущественно по периметру территории Казахстана, а не сконцентрированы вблизи каких-либо отдельных сейсмоактивных районов. В-третьих, станции оснащены первоклассным скважинным оборудованием, обеспечено комплексирование в одной группе широкополосной и короткопериодной измерительной аппаратуры. В-четвертых, практически все станции передают данные в Центр в режиме реального времени. Места размещения станций выбирались по результатам специальных исследований, проведенных для выявления соответствия предполагаемых площадок ряду критериев по геологическим признакам и уровню сейсмических шумов [6, 9]. В результате все станции обладают достаточно высокой чувствительностью к обнаружению сигналов от региональных и телсейсмических событий. О высокой эффективности станций свидетельствуют модели сейсмического шума, рассчитанные для всех станций (рисунок 2).

Эмпирические спектральные кривые уровня шума по всем станциям на рисунке 2 сопоставлены с мировыми моделями шума [10]. Как видно, все кривые шумов станций НЯЦ РК тяготеют к нижеуровневой модели шума.

Реализованный подход к выбору мест расположения станций и их аппаратному оснащению позволил успешно использовать систему как в рамках национального, так и международного сейсмического мониторинга.



По оси ординат – $10 \text{ LOG } M^{**2}/S^{**4}/\text{Гц}$. Черные сплошные линии – верхне- и нижеуровневые мировые модели шума по [10].

Рисунок 2. Спектральные кривые сейсмического шума станций НЯЦ РК

СТАНЦИЯ ИНФРАЗВУКОВОГО МОНИТОРИНГА IS31- АКТЮБИНСК

В советское время на территории Казахстана для целей ядерного мониторинга были созданы и долгое время функционировали две инфразвуковые станции – в Боровом и Курчатове. В настоящее время эти станции, хотя и продолжают работать, но требуют значительной модернизации. В рамках работ по созданию Международной системы мониторинга построена и открыта новая станция IS31 – Актюбинск. На рисунке 3 показана конфигурация этой станции, включающая 8 элементов – четыре высокочастотных (H_1-H_4) и четыре длиннопериодных (L_1-L_4). Станция регистрирует сигналы от широкого класса источников – карьерных взрывов, сильных землетрясений, пролетов ракет и др.

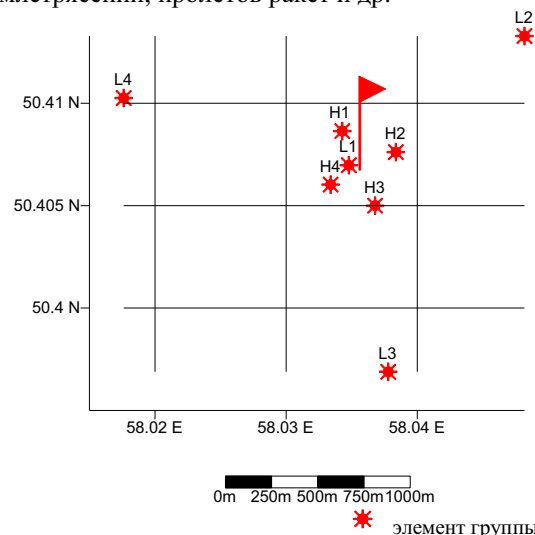


Рисунок 3. Схема расположения элементов инфразвуковой станции IS31-Актюбинск.

ЦЕНТР СБОРА И ОБРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Основными задачами Центра являются:

- сбор и передача данных со станций НЯЦ РК;
- обработка поступающих сейсмических и инфразвуковых данных;
- хранение и обмен данными с другими национальными и международными центрами;
- проведение научных исследований в поддержку мониторинга.

Центр данных оснащен компьютерным и коммуникационным оборудованием, обеспечивающим выполнение перечисленных задач. Данные со всех станций наблюдений поступают в режиме реального времени в объеме примерно 800 Мб за сутки и передаются в порядке обмена в другие организации в объеме 600 Мб в день. Создана и успешно работает автоматизированная система контроля за поступлением и передачей данных. Регулярно ведется расчет статистических параметров объема поступающих и передаваемых данных по каждой компоненте каждой станции. Все результаты заносятся в специальную базу данных, доступ к которой возможен через веб-сайт Центра данных.

В Центре организована круглосуточная работа специалистов - аналитиков. Ведется обработка данных в разных режимах оперативности. В Центре данных создаются следующие виды сейсмологических бюллетеней:

1. Автоматический сейсмологический бюллетень.
2. Оперативный интерактивный сейсмологический бюллетень.
3. Сводный оперативный сейсмологический бюллетень по данным ИГИ НЯЦ РК и СОМЭ МОН РК.
4. Каталоги землетрясений и взрывов (после распознавания источников).
5. Автоматический бюллетень инфразвуковых событий.

За год в пределах Центральной Азии регистрируется и обрабатывается 12 000 – 14 000 сейсмических событий. На рисунке 4 приведена карта эпицентров событий по данным интерактивного бюллетеня за 2006 г.

Информация по сейсмичности территории Казахстана и Центральной Азии используется для решения задач прогноза землетрясений и оценки сейсмической опасности.

Центр данных ведет большую работу по обмену данными с другими организациями и Центрами. Так, например, исходные сейсмические данные в режиме реального времени передаются в Международный центр данных в Вену, в Американский национальный центр данных во Флориду, в Центр международного консорциума IRIS. Автоматический сейсмологический бюллетень передается в Европей-

ский средиземноморский центр (EMSC) в Париж (Франция). Заключительный интерактивный сейсмологический бюллетень поступает в Международный сейсмологический центр (ISC) в Англию; сводки по сильным землетрясениям мира передаются в Центр геофизической службы России в г. Обнинск. По запросу данными Центра пользуются специалисты разных стран. В то же время специалистам Центра ИГИ НЯЦ РК доступна любая информация, имеющаяся в Международных центрах данных, как непосредственно по исходным данным станций мира, так и по продуктам обработки. Это позволяет повысить эффективность научных разработок в области сейсмологии и ядерного мониторинга.

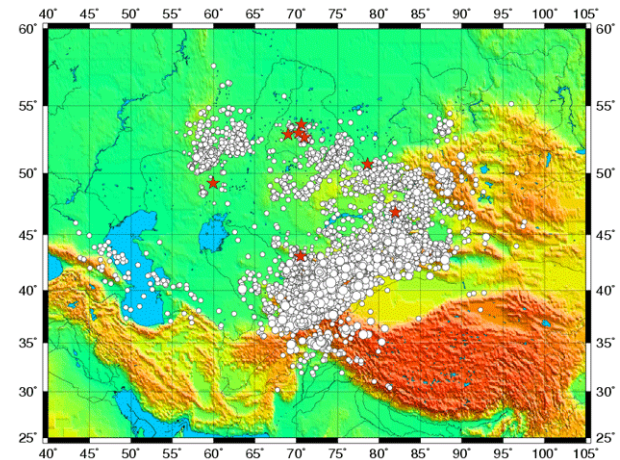


Рисунок 4. Эпицентры сейсмических событий по данным бюллетеня Центра данных ИГИ НЯЦ РК за период с 1 января по 31 декабря 2006 г. (всего 13 553 событий)

Система наблюдений требует как технического, так и методического развития. Для повышения точности локации эпицентра события и снижения магнитудного порога представительных землетрясений на территории Казахстана необходимо построить современную сейсмическую группу в Центральном Казахстане, предположительно в районе г. Жезказган. Желательно также открытие дополнительной трехкомпонентной станции в Западном Казахстане. Требуют модернизации большебазовая система в Боровом с тремя ее подгруппами Восточное, Чкалово, Зеренда, а также две инфразвуковые станции в Боровом и Курчатове. Важное направление - продолжение научно - методических работ по калибровке сейсмических групп и внедрению результатов калибровки в практику рутинной обработки.

Все это будет способствовать совершенствованию контроля за выполнением Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний в рамках Международной системы мониторинга, а также обеспечению сейсмической безопасности на территории Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляшова, Н.Н. Сейсмологическая сеть Национального ядерного центра Республики Казахстан как составная часть Международной системы мониторинга ядерных испытаний / Н.Н. Беляшова, М.Н. Малахова // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2000. - Вып. 2. - С. 13 – 16.
2. Мониторинг за соблюдением Договора о всеобщем запрещении ядерных испытаний и мониторинг землетрясений в Казахстане (с 1 марта 1997 г. по 31 августа 2000 г.) / Заключительный технический отчет по проекту МНТЦ К-063-97 // Менеджер проекта Беляшова Н.Н. – Курчатов: Институт геофизических исследований НЯЦ РК. – 278 с.
3. Михайлова, Н.Н. Казахстанский Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации: функции, задачи, система телекоммуникаций, базы данных / Н.Н. Михайлова Н.Н. [и др.] // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2001. - Вып.2. – С. 21 – 26.
4. Варнум, Р. Б. Совместная программа мониторинга ядерных испытаний АФТАС – НЯЦ РК / Р.Б. Варнум // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2003. - Вып. 2. – С. 43 - 46.
5. Марченко, В.Г. Новая сейсмическая группа «Каратау» в Казахстане / В.Г. Марченко, А.И. Неделков, И.И. Комаров // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК. – Курчатов: НЯЦ РК, 2002. - Вып. 2. – С. 9 – 13.
6. Синева, З.И. Обоснование апертуры новой сейсмической группы «Боровое» на основе корреляционного анализа сейсмических данных / З.И. Синева, Н.Н. Михайлова // Геофизика и проблемы нераспространения. Вестник НЯЦ РК, 2001. - Вып.2. – С. 55 – 59.
7. Демин, В.Н. Новая инфразвуковая станция Международной системы мониторинга в Казахстане IS31-Актюбинск / В.Н. Демин, В.Г. Кунаков, А.А. Смирнов // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2002. – Вып. 2. – С. 14 – 18.
8. Тейнор, Л. Новая сейсмическая группа Акбулак: выбор места размещения, аппаратура, система коммуникаций / Л. Тейнор [и др.] // Вестник НЯЦ РК, 2004. – Вып.2 (18). – С. 5 – 12.
9. Неделков, А. И. Исследования по выбору площадок для новых сейсмических групп на территории Казахстана / А.И. Неделков // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2001. - Вып.2. – С. 48 - 54.
10. Peterson, J. Observations and modeling of seismic background noise. Albuquerque / J.Peterson // New Mexico, 1993.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЯДРОЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ЯДРОЛЫҚ
СЫНАУЛАР МОНИТОРИНГІНІҢ ЖҮЙЕСІ: ДАМУЫ МЕН МҮМКІНШІЛІКТЕРІ**

Беляшова Н.Н., Михайлова Н.Н.

ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Халықаралық ұйымдардың қолдауымен Қазақстанда, халықаралық мониторинг жүйесінің бөлшегі болып табылатын, ядролық сынаулар мен жерсілкінулер мониторингі жүйесі құрылып табысты іс-қимыл жасайды. Құру хроникасы, қысқаша сипаттамасы және геофизикалық мониторингтің бұл жүйесі дамуы мен пайдалану перспективалары келтірілген.

THE NNC RK NUCLEAR TEST MONITORING SYSTEM: EVOLUTION AND POTENTIAL

N.N. Belyashova, N.N. Mikhailova

Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

Monitoring system of nuclear explosions and earthquakes in the framework of International Monitoring System (IMS) was established and successfully operates in Kazakhstan. This paper gives the information about the creation, a brief description and prospects of the development, and the using of this geophysical monitoring system.