

УДК 550.83(574)

## СИСТЕМА ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, СОЗДАННАЯ В НАЦИОНАЛЬНОМ ЯДЕРНОМ ЦЕНТРЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН, И ЕЕ ВОЗМОЖНОСТИ

<sup>1)</sup>Тухватулин Ш.Т., <sup>1)</sup>Тихомиров Л.Н., <sup>2)</sup>Беляшова Н.Н., <sup>2)</sup>Михайлова Н.Н., <sup>2)</sup>Демин В.Н., <sup>2)</sup>Марченко В.Г., <sup>2)</sup>Комаров И.И.

<sup>1)</sup>Национальный ядерный центр РК

<sup>2)</sup>Институт геофизических исследований НЯЦ РК

В составе Национального ядерного центра Республики Казахстан создана современная система сейсмических и инфразвуковых станций для контроля за ядерными испытаниями и землетрясениями. Часть станций входит в Международную систему мониторинга, создаваемую организацией Договора о Всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, другая - в глобальные сети сейсмических наблюдений. Центр данных в г. Алматы осуществляет сбор, обработку, хранение и обмен данными по этим станциям с Международными и Национальными Центрами данных. Результаты мониторинга используются для решения различных практических и научно-исследовательских задач.

В национальных интересах, в интересах развития регионального и международного сотрудничества в Республике Казахстан создана и развивается система контроля за проведением ядерных испытаний.

Система включает восстановленные, модернизированные и заново построенные в период 1994-2002 гг. геофизические станции, систему коммуникаций, а также созданный в 1999 г. Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации (ЦСОССИ).

В настоящее время в систему наблюдений входит несколько сейсмических групп: большебазовая группа Боровое (BRVK, CHK, ZRN, VOS), новые

группы AS057 «Боровое», PS023 «Маканчи» Международной системы мониторинга, Курчатов (KURR), Каратау (KKAR), трехкомпонентные сейсмические станции Маканчи, Актюбинск, Талгар и Подгорное.

Кроме сейсмических, в систему наблюдения входят инфразвуковые группы - в Курчатове, Боровом, а также новая инфразвуковая группа IS31 «Актюбинск» Международной системы мониторинга.

На рисунке 1 показано расположение действующих станций наблюдения Национального ядерного центра Республики Казахстан.

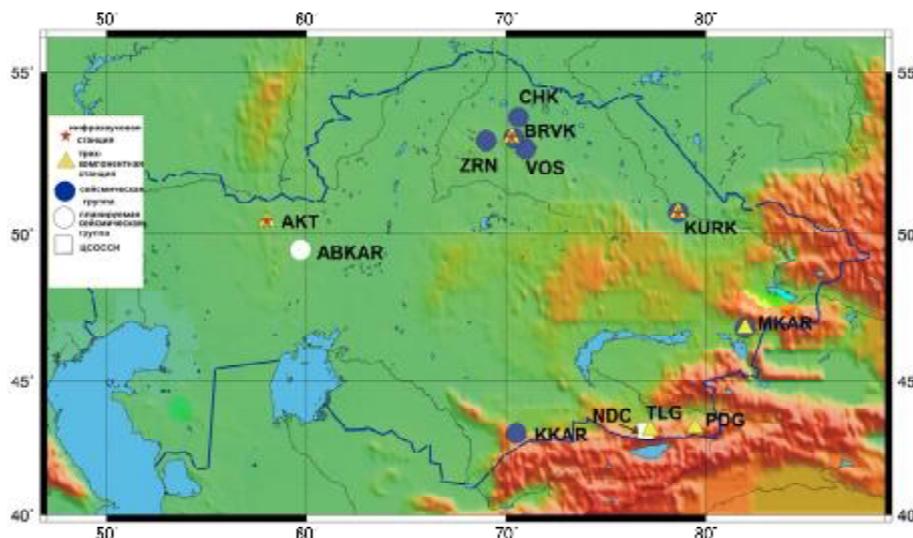


Рисунок 1. Схема расположения сейсмических станций Национального ядерного центра Республики Казахстан

Казахстанские станции Боровое, Курчатов, Маканчи, Актюбинск были созданы в советское время специально для контроля за ядерными испытаниями, проводимыми в различных районах земного шара. Эти станции широко известны в мире из-за уникальных сейсмогеологических условий их размещения, которые обеспечили чрезвычайно высокую чувствительность станций, позволяющую регистрировать

даже очень слабые сейсмические сигналы. Станции были переданы Казахстану в 1994 г. и явились основой будущей сети мониторинга НЯЦ РК.

С 1994 г. в рамках Соглашения между Консорциумом университетов IRIS (США) и НЯЦ РК действовала Совместная Сейсмическая Программа (JSP). Основная идея Программы состояла в конструктивном использовании средств мониторинга

ядерных испытаний, оставленных в Казахстане после вывода из него воинских частей, и их модернизации. В течение 1994-1996 гг. в соответствии с JSP проведено техническое переоснащение, а, по существу, восстановление двух сейсмических и инфразвуковых групп - Курчатов и Боровое, и двух трехкомпонентных сейсмических станций - Актюбинск и Маканчи. В настоящее время из станций системы IRIS в Казахстане продолжают работу три станции: в Боровом и Курчатове - IRIS/IDA и в Маканчи - IRIS/GSN.

Сейсмическая группа «Курчатов» представляет собой систему «Крест», состоящую из 21 элемента, расположенных вдоль двух ортогональных линий. Расстояния между элементами группы 2, 25 км. Группа относится к среднебазовым, ее апертюра 22,5 км. Глубина скважин, в которых размещены датчики, - 35 - 55 м.

Сейсмическая группа «Боровое» представляет собой систему типа «треугольник», состоящую из трех подгрупп (так называемых ожерелий) - «Восточное», «Зеренда», «Чкалово», и центрального пункта «Боровое». Каждое из ожерелий - это шесть однокомпонентных вертикальных сейсмометров, расположенных по окружности диаметром 6 км с одной трехкомпонентной станцией в центре. Вся группа относится к классу большебазовых, поскольку ее апертюра превышает 100 км.

Новый этап в развитии Казахстанской системы мониторинга начался в 1996 г. после подписания Казахстаном ДВЗЯИ. По предложению Республики Казахстан казахстанские станции - четыре сейсмические и одна инфразвуковая, - были включены в перечень станций Международной Системы Мониторинга (МСМ), создаваемой для контроля ядерных испытаний в рамках ДВЗЯИ. С этого времени развитие казахстанской сети ведется в соответствии с требованиями, разработанными Организацией ДВЗЯИ.

Подписание Казахстаном ДВЗЯИ активизировало интерес международного сообщества к сотрудничеству с Казахстаном в области мониторинга ядерных испытаний. Весной 1997 г. НЯЦ РК подписал с МНТЦ крупный трехлетний контракт на модернизацию существующих сейсмических станций контроля и создание в Казахстане Центра данных. Осенью 1997 г. было подписано Соглашение между Казахстаном и США о строительстве и поддержке станций мониторинга ядерных испытаний в Казахстане. И, начиная с 1997 г, Казахстан очень тесно сотрудничает с Временным Техническим Секретариатом ОДВЗЯИ по всем направлениям деятельности, связанной с выполнением ДВЗЯИ.

В Казахстане, в числе одной из первых стран, начато строительство новых станций Международной системы мониторинга, которое идет достаточно быстрыми темпами. Так, в течение 1999 -2000 гг. построена (совместно с ВТС ОДВЗЯИ и АФТАС,

США), введена в эксплуатацию в режиме тестирования и в январе 2002 г. сертифицирована первичная площадная сейсмическая группа PS 023 «Маканчи» в Восточном Казахстане. Она расположена примерно в 25 километрах от старой сейсмической станции. Группа PS 023 «Маканчи» состоит из 9 элементов, расположенных по двум концентрическим окружностям. Апертюра группы - 4 км. В 9 скважинах на глубине примерно 30 м установлены однокомпонентные вертикальные сейсмометры. В одной скважине на глубине 61 м установлен трехкомпонентный сейсмометр. Такая же трехкомпонентная сейсмическая станция установлена на поверхности земли. Вся информация в пределах группы собирается в центральный пункт по радиотелеметрическим каналам, а затем по спутниковым каналам связи передается в ЦСОСЦИ в г. Алматы, а оттуда - в Международные центры данных.

Ввод в действие сейсмической станции PS 023 «Маканчи» явился очень важным событием для Казахстана, поскольку станций такого уровня в мире всего 50 и их информация является основой для мониторинга ядерных взрывов и землетрясений.

С осени 2000 г. проведено обследование и начато строительство новой сейсмической группы AS057 «Боровое». В ее составе также 9 однокомпонентных элементов, расположенных в скважинах и одна трехкомпонентная станция. Апертюра группы равна 3 км. Открытие станции состоялось в августе 2002 г. Эта станция входит в число 120 станций вспомогательной системы сейсмического мониторинга МСМ и является одной из 10 станций этой системы, определенных в качестве запасных станций для основной сети мониторинга.

В 2002 г. построена и начала работу в режиме тестирования новая инфразвуковая станция IS31 «Актюбинск». Таких станций в Международной системе мониторинга будет 60. IS31 «Актюбинск» представляет собой систему, состоящую из 8 элементов, апертюра группы 2 км.

По соглашению с правительством США создана сейсмическая группа «Каратау» в Южном Казахстане. Ее открытие состоялось в июне 2002 г. По своей конфигурации и аппаратурному оснащению станция «Каратау» является полным аналогом сейсмической группы PS023 «Маканчи».

В продолжение работ по созданию станций мониторинга совместно с США принято решение о строительстве новой сейсмической группы в Западном Казахстане. В 2002 г. проведено несколько этапов полевых исследований. С учетом геологических условий выбраны альтернативные площадки под размещение сейсмической группы, проведены регистрация сейсмических шумов и анализ результатов, установлены места для бурения аппаратурных скважин, проведено рекогносцировочное бурение.

Таким образом, сеть станций НЯЦ на территории Казахстана уже в настоящее время является доста-

**СИСТЕМА ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, СОЗДАННАЯ  
В НАЦИОНАЛЬНОМ ЯДЕРНОМ ЦЕНТРЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН, И ЕЕ ВОЗМОЖНОСТИ**

точно представительной, а после завершения строительства и сертификации новых станций Казахстан войдет в число стран, обладающих одной из самых современных систем геофизического мониторинга.

Органичной составной частью Казахстанской системы мониторинга является созданный в 1999

году и развиваемый Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации, расположенный в г. Алматы. На рисунке 2 показана схема системы коммуникаций ЦСОСЦИ и станций наблюдения НЯЦ РК.

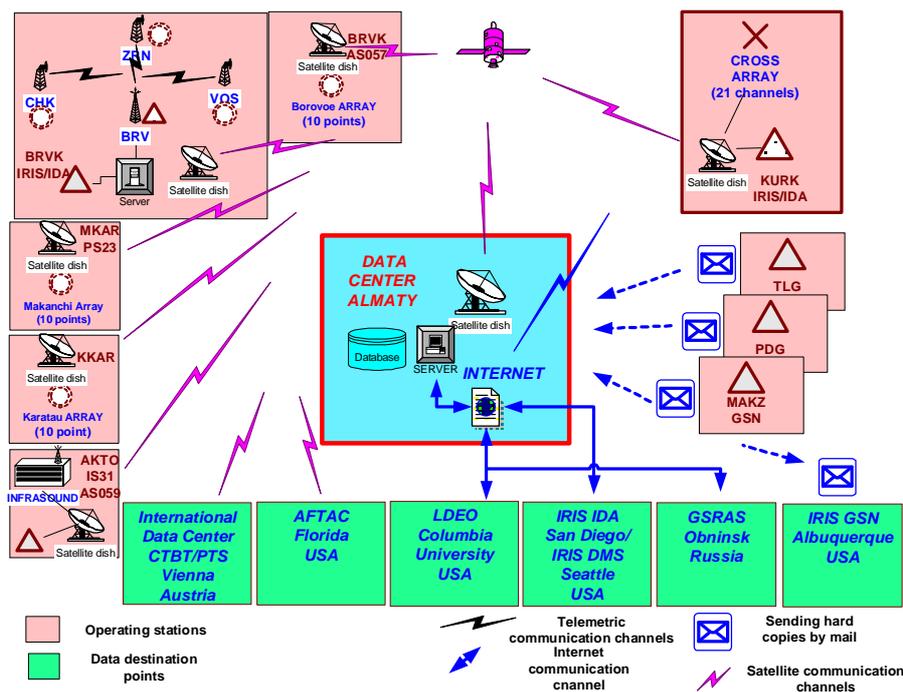


Рисунок 3. Схема коммуникаций системы мониторинга НЯЦ РК

Как видно из рисунка 2, уже сейчас ЦСОСЦИ с помощью спутниковых и радиорелейных каналов связан как со станциями наблюдений Боровое, Курчатов, Маканчи, Каратау, Актюбинск, так и с Международными и Национальными центрами данных. Станционные данные в режиме реального времени поступают в ЦСОСЦИ и передаются в Международные центры IDC (Вена, Австрия), IRIS/DMC, (Сиэтл, США), а также в AFTAC (Флорида, США). В режиме срочных донесений поддерживается тесная связь с центром данных Российской геофизической службы в г. Обнинске. В свою очередь, из Международных центров в ЦСОСЦИ поступают результаты совместной обработки данных всех станций мировой системы мониторинга в форме каталогов землетрясений, сейсмологических бюллетеней, имеется доступ к сейсмическим записям мировых систем мониторинга. Тем самым казахстанская система мониторинга ядерных испытаний реально интегрирована в мировую сеть сейсмического мониторинга и получает от этой системы своевременную информацию для анализа событий и научных исследований.

В ЦСОСЦИ осуществляется обработка всех данных, поступающих в режиме реального времени, с целью создания сейсмологического бюллетеня. Обработка данных производится в двух режимах – ав-

томатическом и интерактивном. Для автоматической обработки данных – автоматического детектирования и локализации событий, - используются программные комплексы, любезно предоставленные и установленные в ЦСОСЦИ специалистами Норвежского центра NORSAR. Результатом автоматической обработки данных является автоматический сейсмологический бюллетень, создаваемый сразу же после происшедшего события и помещаемый на web-страницу ЦСОСЦИ ([www.kndc.kz](http://www.kndc.kz)).

Интерактивная обработка данных проводится анализиками ЦСОСЦИ. Она осуществляется для территории Казахстана, Центральной и Южной Азии. Для этого используется программный пакет Seatools, предоставленный Национальным центром данных США. Результатом интерактивной обработки является оперативный сейсмологический бюллетень, создаваемый через 1-2 суток после события. Он также помещается на web-страницу и сопровождается соответствующей картой эпицентров событий.

Для исследовательских целей в ЦСОСЦИ создаются базы данных по различным аспектам сейсмического мониторинга. Прежде всего – это база исходных цифровых сейсмических записей за весь период работы станций в составе НЯЦ РК, начиная с 1994 г. База исходных данных создана в формате

SEED-архивов, удобном для хранения и обмена информацией. Кроме того, - это база данных записей ядерных взрывов (в том числе и архивных), база данных записей калибровочных взрывов 1997-2000г.г. на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне. На основе собранных данных ведутся совместные научные работы с зарубежными и международными организациями по методам распознавания сейсмических событий, увеличению достоверности и точности их локализации и др.

Благодаря пространственно распределенной системе наблюдений, использованию преимуществ сейсмических групп при обнаружении сигналов и локализации событий, станции НЯЦ РК обладают большими возможностями в достижении различных целей.

Во-первых, - по прямому назначению этих станций для решения проблем национальной безопасности страны и выполнения обязательств Республики перед мировым сообществом.

Во-вторых, - в интересах Казахстана для регистрации землетрясений в местах, недоступных сети наблюдений Института сейсмологии МОН РК. Это позволяет составлять сейсмологический бюллетень для всей территории Республики и территории сопредельных стран. Благодаря этому только в по-

следние годы удалось выявить ряд сейсмически активных районов на территориях, традиционно считавшихся асейсмичными (вблизи курорта Боровое, в Центральном Казахстане, вблизи Семипалатинского испытательного полигона и др.). Эта информация важна для уточнения карт сейсмического районирования Казахстана, для обеспечения сейсмической безопасности наиболее ответственных объектов.

В-третьих, - для развития различных исследовательских программ. По данным мониторинга, хранящимся в созданных базах данных, уже сейчас получены важные результаты:

- уточнен годограф и скоростная модель для Центрального Казахстана;
- изучена связь энергетических и магнитудных характеристик с мощностью химических взрывов;
- изучена структура поля поглощения поперечных волн в земной коре и верхней мантии в районе Семипалатинского испытательного полигона;
- усовершенствованы методы распознавания землетрясений и взрывов и др.

Начаты научно-исследовательские работы по сейсмической калибровке новых станций мониторинга.

## **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЯДРОЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫНДА ҚҰРЫЛҒАН ГЕОФИЗИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГТІҢ ЖҮЙЕСІ ЖӘНЕ ОНЫҢ МҮМКІНШІЛІГІ**

<sup>1</sup>Ш.Т. Тухватулин, <sup>1</sup>Л.Н. Тихомиров, <sup>2</sup>Н.Н. Беляшова, <sup>2</sup>Н.Н. Михайлова, <sup>2</sup>В.Н. Демин, <sup>2</sup>В.Г. Марченко, <sup>2</sup>И.И. Комаров

<sup>1</sup>*Қазақстан Республикасы ұлттық ядролық орталығы, Курчатов қ.*  
<sup>2</sup>*ҚР ҰАО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов қ.*

Соңғы жылдарда Қазақстан Республикасы ұлттық ядролық орталығының құрамында ядролық сынауларды және жерсілкінулерін бақылау үшін қазіргі заманның сейсмикалық және инфрадыбыстық станцияларының жүйесі құрылған. Станциялардың бір бөлігі Ядролық сынауларға бәрін сыйдыратын тиым салу туралы Келісімнің ұйымы құрып жатқан Халықаралық мониторинг жүйесіне, екіншісі – сейсмикалық бақылауының глобалдік жүйесіне кіреді. Алматы қ. Дерктер орталығы сол станциялар бойынша деректер жинауын, өңдеуін, сақтауын, Халықаралық және өзге Ұлттық орталықтарымен айырбастасуын жүзеге асырады. Мониторинг нәтижелері әртүрлі қолданбалы және ғылыми-зерттеу мәселелерін шешу үшін пайдаланады.

## **GEOPHYSICAL MONITORING SYSTEM CREATED IN NATIONAL NUCLEAR CENTER OF REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND ITS CAPABILITIES**

<sup>1</sup>Sh.T. Tukhvatulin, <sup>1</sup>L.N. Tihomirov, <sup>2</sup>N.N. Belyashova, <sup>2</sup>N.N. Mikhailova, <sup>2</sup>V.N. Demin, <sup>2</sup>V.G. Marchenko, <sup>2</sup>I.I. Komarov

<sup>1</sup>*National Nuclear Center of RK, Kurchatov*  
<sup>2</sup>*Institute of Geophysical Research of NNC RK, Kurchatov*

Modern system of seismic and infrasound stations to control nuclear tests and earthquakes was created during last years as a part of National Nuclear Center of Republic of Kazakhstan. Some of these stations are included in International Monitoring System created by Comprehensive Test Ban Treaty Organization while others are included in global networks of seismic monitoring. Data Center in Almaty collects, process, stores, and exchanges these stations' data with international and other national data centers. Monitoring results are used for solving different practical and scientific research tasks.