

УДК 550.344

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ СТАНЦИЙ НЯЦ РК ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ КАЗАХСТАНА

Михайлова Н.Н.

Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

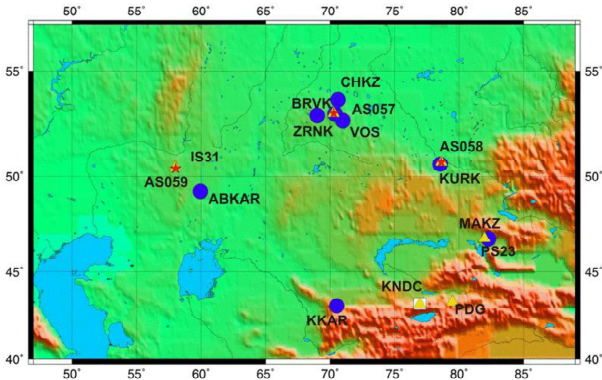
Приводится обзор принципиально новых результатов в отношении сейсмичности территории Казахстана и оперативного сейсмомониторинга по данным сети НЯЦ РК. Главным достижением за годы работы сейсмической системы НЯЦ РК является новое представление о сейсмической активности ряда районов Казахстана, ранее считавшихся асейсмичными, и плодотворное сотрудничество с международными центрами данных по оперативному слежению за сейсмической ситуацией на всей территории Центральной Азии.

За последнее десятилетие усилиями НЯЦ РК и ряда международных и зарубежных организаций на территории Казахстана сформирована новая сейсмическая сеть – сеть станций НЯЦ РК. По расположению, оснащению, режиму работы сеть имеет ряд отличий от ранее существовавших в Казахстане станций. *Во-первых*, станции сети НЯЦ РК расположены, в основном, по периметру территории Республики и их расположение не связано со степенью сейсмической активности отдельных частей территории (рисунок 1). Ранее станции старались установить в местах с высоким уровнем сейсмичности, поэтому они были сконцентрированы на юге, юго-востоке и, частично, на востоке Казахстана (сеть Сейсмологической опытно-методической экспедиции, СОМЭ МОН РК). *Во-вторых*, большинство станций НЯЦ РК – это сейсмические группы, а не отдельные станции. В группу входят от 10 до 21 элемента, оснащенных одно- и трехкомпонентными сейсмометрами. *В-третьих*, все сейсмометры размещены в скважинах глубиной от 30 до 80 м, что обеспечивает пониженный уровень сейсмических шумов и высокую чувствительность станций. *В-четвертых*, все новые станции НЯЦ РК являются частью глобальных сетей наблюдений (Международной сети мониторинга, ОДВЗЯИ, АФТАС, IRIS). Благодаря этому все получаемые данные соответствуют современным международным стандартам, а станции соответствуют требованиям, предъявляемым к станциям международного мониторинга. Такая интеграция в мировую сеть позволила поднять технический и научный уровень наблюдений и исследований, обеспечить надежный обмен данными в единых форматах. Ранее ни одна станция Казахстана не входила ни в одну международную сеть наблюдений. *В-пятых*, создана система коммуникаций в пределах сети с помощью радиотелеметрических и спутниковых каналов, что сделало возможным сбор и передачу данных в режиме реального времени. Это дало возможность повысить оперативность получения решений о происходящих событиях как непосредственно только по казахстанским данным, так и в международных центрах с использованием казахстанских данных. Таким образом, казахстанская сеть станций НЯЦ РК стала полноценной и неотъемлемой частью глобального мониторинга.

Казахстанские станции международного мониторинга могли бы стать просто поставщиком сейсмических и инфразвуковых данных в Международные центры данных в соответствии с подписанными Республикой Казахстан международными Договорами и Соглашениями. Но в 1999 г. было решено в рамках национальной системы мониторинга создать Центр данных, в функции которого входила бы обработка всех получаемых данных, их хранение, использование для научных исследований в интересах Казахстана. Таким центром стал Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации (ЦСОССИ) в г. Алматы, являющийся подразделением Института геофизических исследований НЯЦ РК.

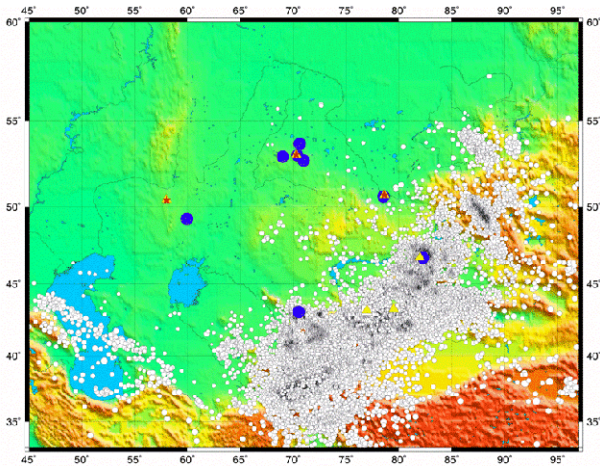
Со второй половины 2002 г. в ЦСОССИ начал систематически составляться интерактивный оперативный сейсмический бюллетень по данным станций НЯЦ РК. С 2003 г. по взаимной договоренности с СОМЭ МОН РК создается сводный бюллетень по данным двух сетей станций – НЯЦ РК и СОМЭ МОН РК. Составленный за каждые сутки бюллетень рассылается в СОМЭ МОН РК и Институт сейсмологии (ИС) МОН РК. Ведется служба срочных донесений Центра данных. Все происходящие сильные землетрясения обрабатываются в срочном порядке. Результаты сообщаются в СОМЭ МОН РК, а также по запросам областные подразделения Министерства по чрезвычайным ситуациям РК. Значительным шагом вперед явилось создание специализированного web-сайта Центра данных, где оперативно представляется фактическая информация о зарегистрированных сейсмических событиях: www.kndc.kz.

Получаемая в Центре данных информация отражает сейсмическую ситуацию на всей территории Центральной Азии (рисунок 2). Ранее обработка велась только в пределах Северного Тянь-Шаня и Джунгарии [1, 2] Публикация материалов обработки в открытой печати происходила с большим запаздыванием – сейчас это 6 лет. Причем, каталоги землетрясений публикуются в российских ежегодниках «Землетрясения Северной Евразии». К сожалению, в Казахстане последний раз каталоги землетрясений были опубликованы в 1990 г. [3].



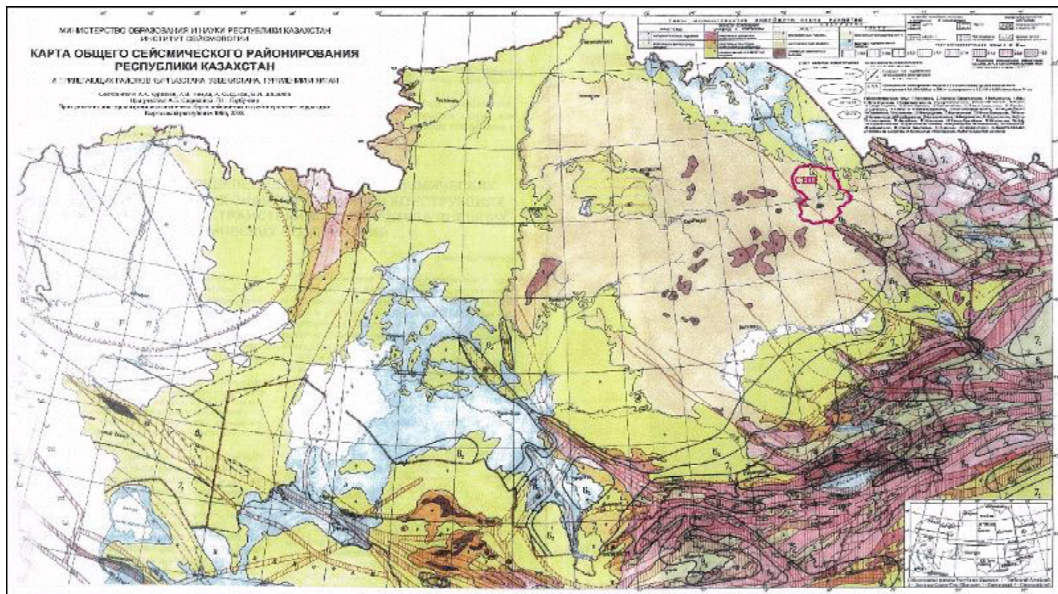
Синие кружки – сейсмические группы, треугольники – трехкомпонентные сейсмические станции, звездочки – инфразвуковые станции, квадрат – Центр данных в г. Алматы

Рисунок 1. Расположение станций НЯЦ РК на территории Казахстана



Обозначения - на рисунке 1

Рисунок 2. Эпицентры землетрясений за период с 2003 г. до середины 2007 г. по оперативным данным сети НЯЦ РК



Красный контур - Семипалатинский испытательный полигон

Рисунок 3. Карта общего сейсмического районирования Республики Казахстан из [1]

Сеть станций НЯЦ РК и Центр данных позволили повысить оперативность представляемых бюллетеней сейсмических событий, пространственно расширить изучаемую территорию сейсмомониторинга, сделать оперативную информацию открытой для специалистов-пользователей.

Уже первые годы работы Центра данных позволили получить важные результаты. Сейсмологи традиционно считали, что сейсмоактивной частью Казахстана являются ограниченные территории юга-востока Республики. Это представление нашло отражение в действующих строительных нормах и правилах Республики Казахстан [4], составной частью которых является карта общего сейсмического районирования территории Казахстана (рисунок 3).

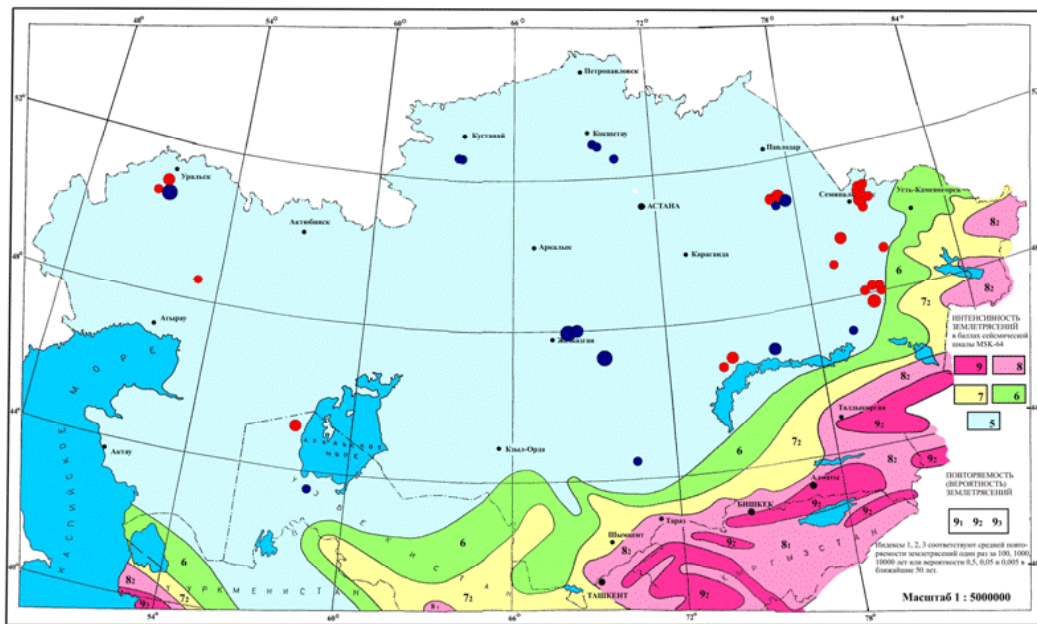
Из карты следует, что за пределами линий с ожидаемой интенсивностью сотрясений 6 баллов по шкале MSK64, опасных землетрясений, представляющих угрозу зданиям и сооружениям, быть не может.

В 2001 г. произошло землетрясение, позволившее усомниться в правильности подобной трактовки сейсмичности. Речь идет о Шалгинском землетрясении 2001 г. в Центральном Казахстане. Это землетрясение было не только зарегистрировано станциями НЯЦ РК, но и детально изучено специальной экспедицией ИГИ НЯЦ РК [5]. По результатам изучения построены карта изосейст землетрясения, карта эпицентров афтершоков. Землетрясение ощущалось интенсивностью в эпицентральной зоне 6 баллов. Регистрация этого землетрясения положило начало специальному направлению исследований – сейсмологии слабоактивных областей Казахстана, ранее считавшихся «асейсмичными».

Исследования сейсмичности проводились в разных направлениях. Во-первых, собирались архивные исторические и современные данные из сейсмологических бюллетеней ряда известных Международных центров данных (ISC, NEIC, REB, GS RAS). Особое значение придавалось сбору цифровых сейсмических записей по найденным событиям. Проведенная работа имеет очень большое значение потому, что в слабоактивных районах нельзя полностью доверять любому найденному решению, необходимо доказать достоверность данного сейсмического события, а также установить природу его источника, т.е. установить, не является ли обнаруженное событие промышленным или ядерным взрывом, оценить точность определения параметров таких событий. В результате таких исследований обнаружены землетрясения, свидетельствующие о проявлении тектонической активности в ряде районов Восточного Казахстана, в Центральном, Западном и Северном Казахстане. Выявлены землетрясения в таких «экзотических» для сейсмологии Казахстана районах, как вблизи курорта Боровое, около г. Рудный, в районе г. Уральска. На рисунке 4 показана карта эпицентров землетрясений с магнитудой $m_b \geq 3$ на территории Казахстана, отнесенной к слабосейсмичной.

Выявленные сейсмические события свидетельствует о том, что назрела необходимость пересмотра карты общего сейсмического районирования территории Казахстана, неадекватно отражающей реальность сейсмического процесса.

Отдельным аспектом исследований является детальное изучение сейсмичности отдельных территорий, в частности, Семипалатинского испытательного полигона (СИП) и его окрестностей. Как можно видеть из рисунка 2, эта территория также считается «асейсмичной». Однако по ряду литературных источников, по историческим данным были найдены землетрясения непосредственно у границ полигона, самое сильное из которых имело магнитуду $m_b=5,8$. На территории СИП в течение полевых сезонов 2005 – 2008 гг. организованы полевые наблюдения сетью из 8 - 10 сейсмических станций, которые подтвердили вывод о том, что в этом районе имеют место землетрясения. Основным источником сейсмической опасности – Главный Чингизский разлом, пересекающий всю территорию СИП с юга-востока на северо-запад. Концентрация довольно сильных событий наблюдается в зоне пересечения Главного Чингизского разлома с Муржикским разломом у западной границы полигона (рисунк 5).



Красные кружки – исторические землетрясения, начиная с 19 века до 1994 г., синие кружки – землетрясения, зарегистрированные сетью НЯЦ РК за 1994 – 2007 гг.

Рисунок 4. Эпицентры землетрясений с $m_b \geq 3$ в «асейсмичных» районах на фоне карты общего сейсмического районирования Казахстана

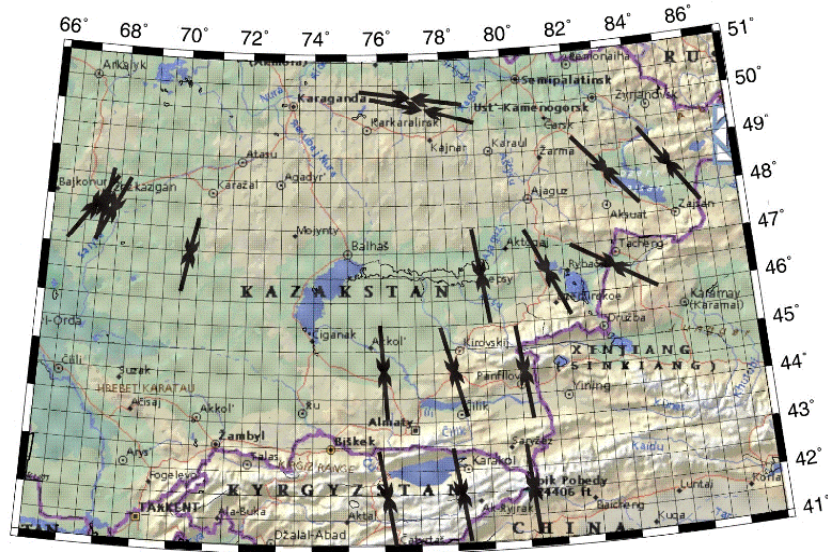


Рисунок 5. Карта направлений осей напряжений сжатия в очагах землетрясений в пределах территории Казахстана и прилегающих территорий

Магнитуда отдельных толчков превышала 5. Если учесть, что на территории СИП работают и планируется построить ряд ответственных объектов, эксплуатация которых связана с необходимостью обеспечения радиационной безопасности, то фактор сейсмической опасности приобретает особую важность. Необходимо срочно провести работы по организации не эпизодических, а стационарных сейсмических наблюдений, начать исследования по сейсмическому районированию территории СИП, результаты которого должны войти в действующие СНиП РК.

Следующей важной стороной деятельности по изучению сейсмичности является выделение из общего количества зарегистрированных сейсмических событий промышленных взрывов. Этому аспекту сейсмомониторинга ранее не уделялось должного внимания. Но известно, что все выводы о сейсмической активности не могут быть достоверными без исключения из каталогов сейсмических событий взрывов. Анализ архивных исторических данных по различным источникам показал, что в ряде достаточно авторитетных каталогов землетрясений содержались даже ядерные взрывы. В годы работы ЦСОССИ впервые на всей территории Казахстана начал проводиться мониторинг промышленных взрывов и составляться их каталог. Разработана специальная методика, распознавания, основанная на ряде совместно используемых критериев [6,7]. Для большинства взрывов определяется только факт того, что это взрыв. Для некоторых удается уточнить, к какому карьеру он относится. Одновременно

создается база данных эталонных взрывов, для которых известны как минимум точные координаты и мощность взрыва. Эти данные очень важны для работ по уточнению скоростных характеристик среды, а также для решения задач распознавания природы источника.

Данные станций НЯЦ РК явились удачным дополнением к данным СОМЭ МОН РК в определении механизмов очагов землетрясений на территории Казахстана, так как обеспечивают хорошее азимутальное окружение очагов и повышают точность определений. Удалось впервые определить механизмы очагов в зонах за пределами достаточно хорошо изученных Северного Тянь-Шаня и Джунгарии, оценить параметры системы действующих напряжений в пределах огромного региона [8, 9] (рисунок 5). Эти результаты важны как для исследований по геодинамике Центральной Азии, так и в исследованиях по прогнозу сейсмической опасности.

Небольшим по объему, но важным аспектом сейсмологических исследований является изучение сильных движений по цифровым записям акселерометров. Акселерометр сильных движений установлен в ЦСОССИ для изучения параметров сейсмических воздействий на этой площадке города. Цифровые записи осциллограмм на территории г. Алматы землетрясений в унифицированном виде заархивированы и обработаны. Пример такой обработки с использованием программы VIEWWAVE [10] приведен на рисунке 6.

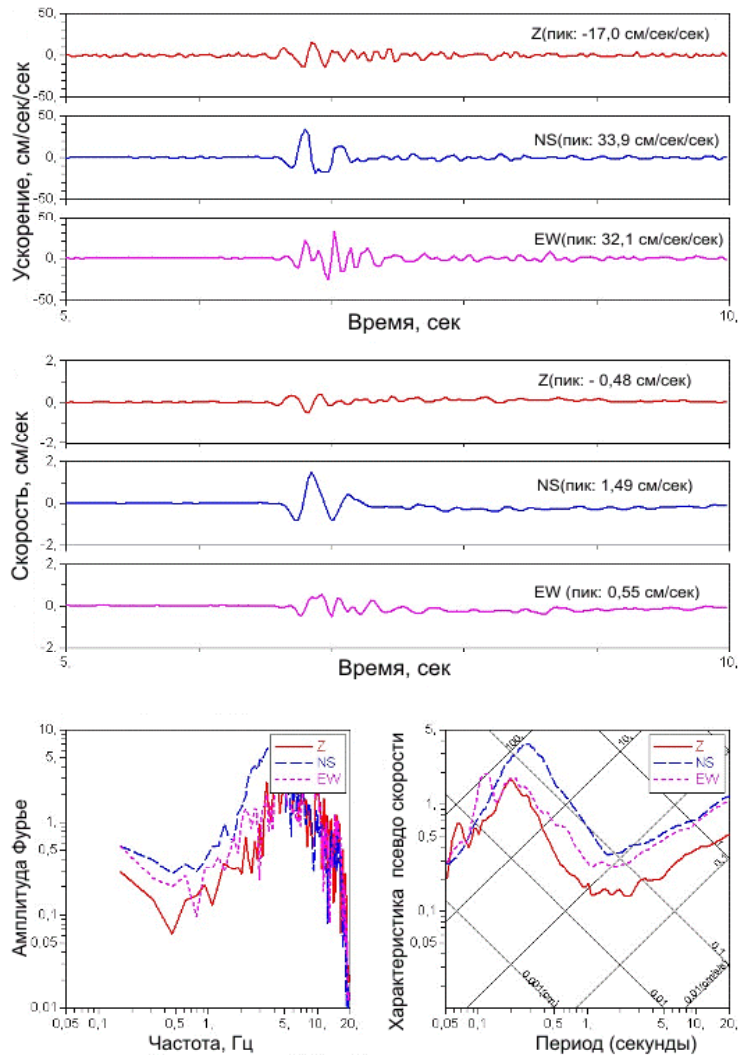


Рисунок 6. Пример обработки записи сильных движений землетрясения 29 декабря 2007 г., зарегистрированных станцией KNDC (г. Алматы)

На рисунке 6 приведены записи ускорения одного из самых сильных за последние годы землетрясений на территории г. Алматы, ощущавшегося с интенсивностью 4-5 баллов (только S-волны). Здесь же представлены результаты интегрирования ускорений – велосигramмы, по трем компонентам (средняя часть рисунка), спектры Фурье (внизу слева) и спектры реакции (внизу, справа). Все полученные спектры реакции по всем зарегистрированным записям станции KNDC использованы для построения спектральной кривой $\beta(T)$, которая была сравнена с нормативными кривыми динамичности $\beta(T)$. Получено удовлетворительное согласие с кривой для грунтов 2 категории по СНиП.

Каждая дополнительная точка в наблюдениях за сильными движениями важна для работ по сейсмическому микрорайонированию территории города Алматы. Поскольку приборов сильных движений на территории г. Алматы катастрофически мало, то данные станции KNDC будут важным дополнительным элементом к существующей сети сильных движений

ИС МОН РК для составления карты параметров воздействия.

Аналогичная работа выполнена и по данным акселерометра, установленного на станции Маканчи – IRIS/GSN в восточном Казахстане. Приборы сильных движений необходимы на всех станциях НЯЦ РК, а также на СИП для получения прямой информации о параметрах колебаний грунта.

Таким образом, за годы функционирования сети станций НЯЦ РК и Центра данных накоплены огромные массивы исходных записей и результатов их обработки, сформированы базы данных по различным аспектам исследований. Все данные хранятся в международных форматах. Они доступны казахстанским и зарубежным пользователям и уже используются в самых разных научных исследованиях. Важно, чтобы эти данные были использованы при разработке нормативных документов (карты сейсмического районирования, СНиП) для уменьшения ущерба и избежания человеческих жертв от будущих землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калмыкова, Н.А. Северный Тянь-Шань / Землетрясения Северной Евразии в 1995 году / Н.А.Калмыкова, Н.Н. Михайлова, Н.П. Неверова // М.: РАН – С. 59 - 61.
2. Неверова, Н.П. Каталог землетрясений Северного Тянь-Шаня / Землетрясения Северной Евразии в 1995 / Н.П. Неверова // М.: РАН, 2001. – С. 277 - 296.
3. Михайлова, Н.Н. Каталог землетрясений Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий / Н.Н. Михайлова, А.А. Власова. - Алма-Ата: Наука. – 1990. – С. 202.
4. Строительство в сейсмических районах (СНиП РК 2.03-30-2006). – Алматы: Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан. – 2006 – С. 80.
5. Михайлова, Н.Н. Шалгинское землетрясение 22 августа 2001 года с $M_w = 5,2$, $J_0 = 6$ (Центральный Казахстан / Землетрясения Северной Евразии в 2001 году / Н.Н. Михайлова [и др.]. – Обнинск: ГС РАН, 2007.- С. 317 - 330.
6. Соколова, И.Н. Исследования по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов, химических взрывов и землетрясений на Семипалатинском полигоне / И.Н. Соколова, Г.С. Султанова // Сборник трудов конференции конкурса молодых ученых. - Курчатов: ИАЭ НЯЦ РК, 2003. – С. 195.
7. Соколова, И.Н. Критерии распознавания сейсмических событий Семипалатинского испытательного полигона / И.Н. Соколова // Тезисы докладов третьей международной конференции «Мониторинг ядерных испытаний и их последствий», Боровое, Казахстан. – Курчатов: НЯЦ РК, 2004.
8. Михайлова, Н.Н. О механизмах очагов землетрясений Восточного Казахстана / Н.Н. Михайлова, Н.Н. Полешко // Вестник НЯЦ РК, 2005. - Вып. 2.
9. Михайлова, Н.Н. Тензоры моментов центроидов и механизмы очагов землетрясений Центральной Азии / Н.Н. Михайлова, Н.Н., Полешко // Известия НАН РК, серия геологическая, 2007. – № 6 – С. 87 - 90.
10. ViewWave software by T.Kashima (<http://iisee.kenken.go.jp/staff/kashima/viewwave.html>).

**ҚАЗАҚСТАН СЕЙСМОҚАУПСІЗДІГІНІҢ ПРОБЛЕМАЛАРЫН ШЕШУ
ҮШІН ҚАЗАҚСТАН СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРІ**

Михайлова Н.Н.

ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Қазақстан аумағының сейсмикалылығына қатысты негізінде жаңа нәтижелерінің және ҚР ҰЯО жүйесімен орындалған оперативтік сейсмомониторингтің шолуы келтірілген. ҚР ҰЯО сейсмикалық жүйесі жұмысының жылдарындағы басты табысы болып табылатыны бұрын асейсмикалық болып саналатын Қазақстанның бір қатар аудандарының сейсмикалық белсендігі туралы жаңа көзқарастар мен Орталық Азияның барлық аумағында сейсмикалық ахуалына оперативтік бақылау бойынша халықаралық деректер орталықтарымен жемісті ынтымақтастық.

**SEISMIC DATA OF KAZAKHSTANI STATIONS
TO SOLVE SEISMIC SAFETY PROBLEMS IN KAZAKHSTAN**

N.N. Mikhailova

Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

Review of update results in terms of seismicity within Kazakhstan and efficient seismic monitoring done by NNC RK network are given. The main achievement of NNC RK network is a new notion on seismic activity of a number of regions at Kazakhstan, which were earlier considered as non-seismic ones and fruitful cooperation with international data centers to monitor seismic situation over the whole territory of Central Asia