

УДК 550.34

О РЕГИОНАЛЬНОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ В ОБЛАСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Михайлова Н.Н.

Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

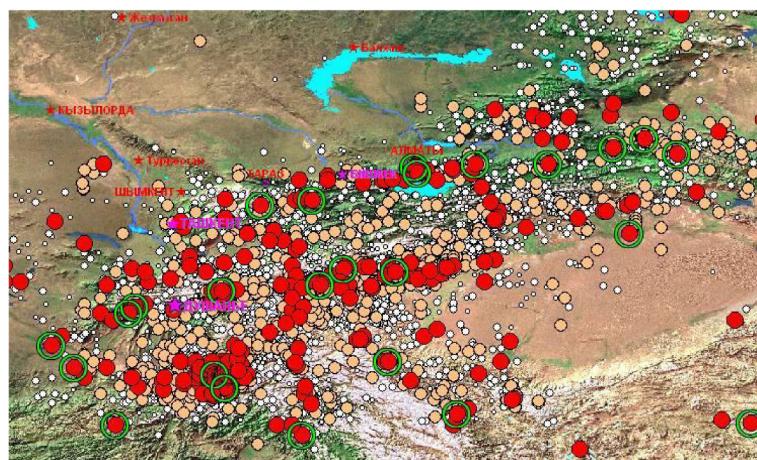
Рассмотрены история и современное состояние регионального сотрудничества постсоветских стран Центральной Азии в области сейсмического мониторинга. Описаны меры по налаживанию обмена данными в регионе, предпринимаемые при содействии и помощи международных и зарубежных организаций.

Среднеазиатская сейсмическая область относится к Средиземноморско-Азиатскому поясу и представлена в рельфе основном как высокогорная и сильно расчлененная территория. Основные горные сооружения – Тянь-Шань, Памир, Копетдаг. Сейсмическая история всех пяти постсоветских стран Центральной Азии: Казахстан, Киргызстан, Узбекистан, Таджикистан, Туркменистан, - чрезвычайно богата событиями, которые, к сожалению, принесли сотни тысяч жертв и страшные разрушения. За последние немногим более ста лет здесь зафиксированы четыре землетрясения с магнитудой более 8. При этом интенсивность сотрясений в эпицентральной области составляла 10 - 11 баллов. Это - Красноводское землетрясение 1895 г. с $M=8,2$ в Туркменистане, Чиликское 1889 г. с $M=8,3$ в Казахстане, Кеминское 1911 г. с $M=8,2$ в приграничной области Киргызстана и Казахстана, Кашгарское 1902 г. с $M=8,2$ вблизи границы Киргызстана и Китая. Сильными землетрясениями были разрушены г. Верный (ныне Алматы) при 9 - 10 балльном Верненском землетрясении 1887 г., г. Ашхабад в 1948 г. при 9 - 10 балльном землетрясении, г. Ташкент в 1966 г. при 8-9 балльном землетрясении. Широко известны такие сейсмические катастрофы региона, как 9-балльное Беловодское землетрясение 1885 г., 9-балльное Андижанское 1902 г., два 9-балльных Карагандинских землетрясения в 1907 г., 9-балльное Сарезское 1911 г., 9-балльное Чаткальское 1946 г.,

9 - 10 балльное Хантское 1949 г., 9-балльные Газийские 1976 и 1984 г.г., 9-балльное Суусамырское 1992 г.

Глядя на карту сильнейших землетрясений территории Центральной Азии (рисунок 1), можно отметить единство всей системы сейсмоопасных зон, имеющих трансграничное простиранье. Такие протяженные зоны имеют единые закономерности сейсмического режима, определяемые масштабными геодинамическими процессами. Исследованиями последних лет неопровергнуто доказана связь процессов подготовки сильных землетрясений в различных сейсмоопасных зонах, находящихся на значительных расстояниях друг от друга. Поэтому для понимания законов геодинамики, успешного продвижения в решении вопросов прогноза землетрясений и правильной оценки сейсмической опасности, успешного решения задач ядерного мониторинга необходимо объединять усилия разных стран, осуществлять обмен данными разных сетей наблюдений, координировать работы по сейсмическому мониторингу в Центральной Азии.

В советское время, особенно после Ташкентского землетрясения 1966 г., началось более тесное сотрудничество между организациями сейсмологического профиля в регионе. На первом этапе координацию работ по изучению землетрясений в Средней Азии и Казахстане осуществлял Институт сейсмологии АН Узбекистана.



Зеленый кружок - сильнейшее землетрясение с магнитудой более 7.

Рисунок 1. Карта эпицентров сильных землетрясений ($M=4-8$) в Центральной Азии с исторических времен

Создавались общие каталоги землетрясений, велись совместная активная работа по созданию карты общего сейсмического районирования территории СССР. Безусловно, большую роль в этом сотрудничестве имело методическое руководство Института физики Земли АН СССР и его специалистов.

Новый импульс сотрудничеству был придан в конце 70-х – в 80-х годах прошлого столетия, когда был создан Центр по прогнозу землетрясений Средней Азии и Казахстана, располагавшийся в г. Душанбе на базе ТИССС (Таджикского института сейсмостойкого строительства). Таджикистан был избран не случайно для создания на его территории регионального Центра. В Таджикистане в те годы были сосредоточены и научные исследования по прогнозу землетрясений на специально созданном советско-американском полигоне по прогнозу землетрясений в Гарме, где работали замечательные специалисты СССР и США. Все среднеазиатские республики бывшего СССР самым активным образом включились в работу Центра. Этот региональный Центр, в свою очередь, в методическом плане

тесно сотрудничал с Единой системой сейсмологических наблюдений СССР, что обеспечивало унификацию подходов к обработке данных и параметризации очагов землетрясений в рамках всего Советского Союза. Благодаря работам регионального Центра выпускался ежедекадный оперативный каталог землетрясений территории Средней Азии и Казахстана, составлялся сводный каталог основных параметров землетрясений, каталог параметров механизмов очагов. Были проведены работы по созданию магнитудной калибровочной зависимости для классификации землетрясений в Центральной Азии (региональная шкала MPVA). Функционировали рабочие группы по разным методическим направлениям – оценке представительности сети наблюдений, магнитудной классификации, сильным движениям, макросейсмике и др. Научные статьи и результаты сейсмических наблюдений публиковались в систематических сборниках (рисунок 2), которыми пользуются сейсмологи Центральной Азии до сих пор.

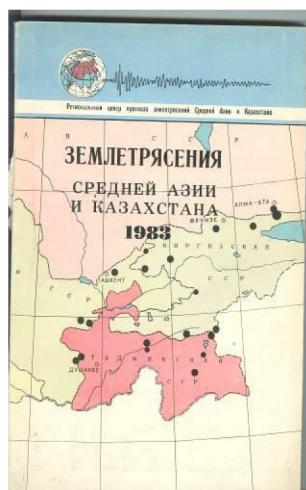


Рисунок 2. Сборники, регулярно издававшиеся региональным Центром по прогнозу землетрясений Средней Азии и Казахстана в 70-х – 80-х годах прошедшего века

В начале 90-х годов прошлого столетия на территории стран Центральной Азии бывшего Советского Союза в силу известных причин произошли события, негативные для изучения сейсмологии региона. Резко сократилось число сейсмических станций в некоторых странах. Прекратил свою работу среднеазиатский Центр по прогнозу землетрясений в г. Душанбе. Было прервано составление ежедекадных оперативных сейсмических бюллетеней Средней Азии и Казахстана и сводных каталогов для всей территории. Прекратился обмен данными между странами на разных уровнях оперативности. Существовавшие до этого унифицированные подходы и методики претерпели изменения. Последствия этих изменений не преодолены до сих пор.

С другой стороны, в 90-х годах начали происходить и положительные перемены. При поддержке



зарубежных организаций началось внедрение цифровых методов регистрации в практику сейсмологических наблюдений. Стали строиться новые станции, оснащенные современными цифровыми приборами мирового уровня, модернизироваться старые. В отдельных странах началась интеграция с глобальными сетями наблюдений, кооперация с Международными Центрами данных. Создавались новые системы коммуникаций для оперативного сбора данных и обмена ими (интернет и спутниковые каналы связи). Это открыло новые перспективы для анализа данных при решении самых различных задач сейсмологии и геодинамики.

Важным положительным аспектом является то, что все страны Центральной Азии являются странами-подписанцами Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗИ). В соответ-

ствии с этим договором после 1999 г. в некоторых из них построены станции и созданы Национальные центры данных (НЦД). Основная задача НЦД – содействие Международному центру данных в мониторинге ядерных взрывов и землетрясений. Однако не все из них работают в полную силу, в некоторых странах их пока просто нет.

Создание цифровых сетей потребовало новых подходов к обработке данных, их хранению и обмену. В процессе работ с новыми данными стало понятно, что в каждой стране региона необходимо стремиться:

- к унификации форматов получаемых данных с мировыми форматами данных, позволяющей обмениваться исходными данными в режиме реального времени или близком к нему;
- к использованию единых программных пакетов для обработки данных, позволяющих в конечном итоге формировать сейсмические бюллетени в едином формате;
- к созданию баз данных «сырых» записей и продуктов обработки, пригодных для обмена не только в рамках региона, но и мира.

Особенно остро проблемы региона проявились в процессе выполнения работ по проекту МНТЦ КР-1176 по управлению сейсмическим риском в Центральной Азии. Одной из задач проекта было создание сейсмологической базы данных территории Центральной Азии по событиям до 2005 г. Координация этих работ была возложена на Центр данных Института геофизических исследований НЯЦ РК. В работах по сбору данных разных стран, попытках их стыковки для единой базы данных стал четко виден разрыв в уровне современных сейсмических наблюдений между странами и в обработке данных, разрозненность сетей наблюдений, огромные трудности по сведению разнородных данных в единые базы данных вследствие различия используемых форматов, подходов и т. д.

Первый шаг к координации при обмене сейсмологическими данными в Центральной Азии (CADE) был сделан в апреле 2009 г., когда в г. Алматы по инициативе IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) /DMS на базе Казахстанского национального центра данных был проведен рабочий семинар с участием представителей 11 организаций из 7 стран мира, в том числе наиболее опытных и квалифицированных сейсмологов Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана (рисунок 3). Встречу проводил менеджер программ Центра IRIS доктор Тим Ахерн (США).



Рисунок 3. Апрель 2009 г. На встрече представителей стран Центральной Азии в Алматы

В результате этой встречи удалось получить общее представление о современных сетях цифровых наблюдений на территории Центральной Азии (рисунок 4) и выработать общий взгляд на развитие регионального сотрудничества.

Подтвердилось, что созданные в разных странах с помощью самых разных зарубежных организаций станции и сети наблюдений используют различные форматы данных.

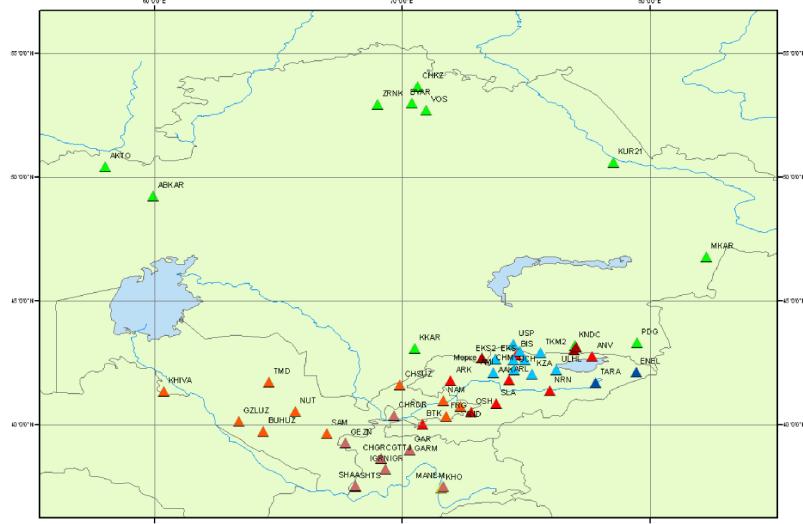


Рисунок 4. Современная сеть цифровых наблюдений на территории Центральной Азии по состоянию на апрель 2009 г.

При этом, форматы данных различаются не только в разных странах, но и в пределах одной страны в разных организациях, а также в пределах одной сети наблюдений на разных станциях. Например, в Казахстане сейсмический мониторинг осуществляется в основном двумя организациями: Сейсмологической опытно-методической экспедицией МОН РК и ИГИ НЯЦ РК. В ИГИ НЯЦ РК используются международные форматы данных CSS3.0 и SEED, в СОМЭ - формат данных WGSN и miniseed. Для создания общей базы данных при работе в рамках проекта CASRI пришлось создать специальную технологию преобразования форматов. Преобразование включало в себя следующие этапы: 1) с помощью специально написанной утилиты 'dimas2wfdi' осуществляется перевод данных из формата DIMAS ASCII в формат Geotool ASCII; 2) с помощью программы Geotool осуществляется перевод из формата Geotool ASCII в формат CSS3.0.

Участниками совещания в г. Алматы было принято решение, направленное на объединение усилий по созданию региональной в пределах Центральной Азии, системы обмена данными (CADE). В основе этого обмена – создание *унифицированной региональной сети сейсмических наблюдений*, начатое по трансграничному проекту GFZ (Германия), а также партнерами центрально-азиатских стран из Норвегии, Швейцарии, США, Японии, Китая. Очень важно, что все участники из разных стран признают, что *получаемые данные должны быть открыты и доступны* как для других стран в регионе, так и для международных центров данных, таких как IRIS и GFZ. Намечены следующие шаги для CADE на будущее:

- определить сейсмические станции, которые будут участвовать в региональной унифицированной сети Центральной Азии;
- подсоединить центры данных к высокоскоростному Интернету;
- принять и установить общую систему обработки во всех центрах данных;
- организовать проведение тренинга для сотрудников организаций Центральной Азии по использованию систем обработки и интересующим научным вопросам;
- поддержать обмен научными сотрудниками между странами, включая молодых специалистов. Способствовать взаимодействию научных сотрудников стран Центральной Азии и Европы, США и т.д.
- организовать выпуск оперативного регионального центрально-азиатского сейсмического бюллетеня.

В июле 2009 г. в г. Душанбе на региональной конференции по снижению сейсмического риска, посвященной 60-летней годовщине Хантского землетрясения в Таджикистане, которая была организована Представительством секретариата Международной стратегии уменьшения опасности бедствий

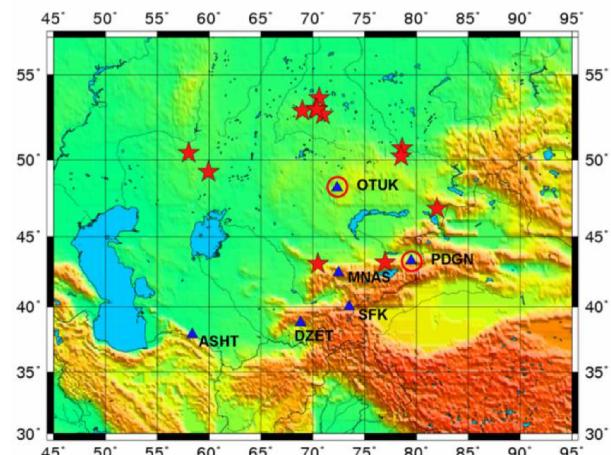
ООН в Центральной Азии и Кавказе, поддержанная инициатива по созданию в Центральной Азии регионального центра по обучению, совместной обработке сейсмических данных и обмену результатами.

Для реализации решений, принятых на двух региональных встречах, уже удалось многое сделать.

1. Создание опорной сети станций

ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Благодаря огромной работе специалистов Института им. Гельмгольца Центра изучения Земли (GFZ) Германии Анжелло Стролло, Дино Бинди и др. по проекту CASCADE (Central Asian Cross-border natural disaster prevention), начавшемся в июле 2008 г. и закончившемся в феврале 2010 г., на территории Центральной Азии создана новая сеть цифровых сейсмических станций CAREMON. В ее составе действуют шесть станций, расположенных в Туркменистане (одна станция - Ашгабат), Таджикистане (одна станция - Джерино), Киргизстане (две станции: Талас и Суфикурган), Казахстане (две станции: Орта и Подгорное). На всех станциях установлены широкополосные сейсмоприемники и акселерометры сильных движений. Важной особенностью сети этих станций является то, что их данные передаются в режиме реального времени как в национальные центры данных, так и в Центр данных GFZ. Благодаря вводу в эксплуатацию этой сети станций, в Центре данных ИГИ НЯЦ РК осуществляется прием данных мониторинга в режиме реального времени со всей сети CAREMON, которая достаточно хорошо может быть использована в качестве опорной для Центральной Азии (рисунок 5).



Синий треугольник – станция сети CAREMON

Рисунок 5. Сеть станций, данные которых в реальном времени поступают в Центр данных ИГИ НЯЦ РК в г. Алматы

Данные этих станций с помощью специальных программ начали обрабатываться совместно с данными других сейсмических станций ИГИ НЯЦ РК, что сделало более полным составляемый в Центре сейсмологический бюллетень Центральной Азии

2. ОБМЕН ДАННЫМИ С КИРГИЗСКОЙ ЦИФРОВОЙ СЕТЬЮ KRNET

Начат обмен данными с киргизской цифровой сетью KRNET, созданной на территории Кыргызстана при содействии норвежского сейсмического центра НОРСАР. Данные этой сети поступают в Центр данных ИГИ НЯЦ РК, где переводятся в формат SEED и представляются в Центр IRIS. Вместе с данными казахстанской сети станций KazNET и киргизской сети KNET данные новых станций сети KRNET становятся доступными через IRIS/DMC для любых пользователей мира. В дальнейшем планируется проведение процедуры генерации SEED –архивов по киргизской сети сотрудники ИС АН КР.

3. ОТКРЫТИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО УЧЕБНОГО ЦЕНТРА В ПОДДЕРЖКУ ДВЗЯИ

21 июня 2010 г. в г. Алматы состоялось открытие Международного учебного центра в поддержку ДВЗЯИ (рисунки 6, 7).

Международный учебный центр организован на базе Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации Института геофизических исследований Национального ядерного центра РК, выполняющего функции Казахстанского национального центра данных (КНДЦ) в международной системе мониторинга ОДВЗЯИ. На период открытия Учебного центра именно в Казахстане введен в эксплуатацию самый представительный в Центральной Азии сегмент Международной системы мониторинга (МСМ), создаваемой Организацией ДВЗЯИ. Согласно Приложению к ДВЗЯИ, открытому к подписанию в 1996 г., в Казахстане построены пять объектов: четыре сейсмические и одна инфразвуковая станция. На территории Кыргызстана работает одна трехкомпонентная станция МСМ, на территории Туркменистана создана одна сейсмическая группа МСМ.

С предложением о технической и методической поддержке Учебного центра выступил норвежский сейсмологический центр НОРСАР при финансовой поддержке Министерства иностранных дел Норвегии. НОРСАР имеет богатый опыт в работах по мониторингу ядерных испытаний, в нем ведут исследования опытные специалисты в области сейсмологии. В конце 2009 - начале 2010 г. в Центре данных в г. Алматы подготовлена техническая база для проведения лекций и практических занятий по изучению и освоению программных пакетов обработки цифровых записей и интерпретации получаемых результатов. Учебный центр призван помочь в подготовке специалистов для других национальных центров данных, в первую очередь, стран Центральной Азии. Будет достигнута унификация применяемых во всех странах форматов данных, методов обработки, а также начнется практический обмен данными для повышения эффективности мониторинга. Все это, безусловно, будет содействовать как решению задач мониторинга ядерных испытаний, так и сейсмической безопасности.



Рисунок 6. На открытии Учебного центра представитель МИД РК Б. Оспанов и координатор программ НОРСАР С. Миккелтвейт



Рисунок 7. Учебный центр в поддержку ДВЗЯИ открыт

**4. РАБОТЫ ПО ОЦИФРОВКЕ АРХИВНЫХ ЗАПИСЕЙ
ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ НА
РАЗНЫХ ПОЛИГОНАХ МИРА**

В ИГИ НЯЦ РК ведутся работы по оцифровке записей ядерных взрывов, произведенных на разных полигонах мира, из архивов сейсмограмм разных организаций Центральной Азии. Выполнение оцифровки архивных сейсмограмм также могут быть темой для сотрудничества. В архивах Институтов сейсмологии всех стран региона имеется большое количество уникальных записей как взрывов, так и землетрясений. Пока использованы ресурсы только архивов ИГИ НЯЦ РК, СОМЭ МОН РК, КСЭ ОИФЗ РАН, начаты работы с архивом ИС АН КР.

Сотрудничество сейсмологов стран Центральной Азии должно развиваться. В 2009 – 2010 гг., по существу, только начал новый этап этого сотрудничества. Нерешенных задач - очень много. Необходимы систематические встречи для решения насущных проблем по обмену данными, методам обработки и хранения данных. Необходимы совместные научные исследования, публикация результатов совместных научных работ и представление совместных докладов. Все это будет способствовать достижению целей ДВЗАИ, а также поможет решению такой важной проблемы, как снижение сейсмического риска на территории Центральной Азии.

**ОРТАЛЫҚ АЗИЯДА СЕЙСМИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГІ
САЛАСЫНДА ҮНТЫМАҚТАСТЫҚ ТУРАЛЫ**

Михайлова Н.Н.

КР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Орталық Азияның кеңес дәүірінен кейінгі елдерінде сейсмикалық мониторингі саласында аймақтық үнтымақтастықтың тарихі мен қазәргі күйі қарастырылған. Халықаралық және шетел ұйымдардың көмегімен аймақта деректермен алмасуын жолға салу бойынша іске асрылып жатқан шаралары сипатталған.

ON REGIONAL COOPERATION IN THE FIELD OF SEISMIC MONITORING IN CENTRAL ASIA

N.N. Mikhailova

Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

Current and past status of regional cooperation among post-Soviet Central Asian countries in the field of seismic monitoring was considered. Measures to develop data exchange in this region taken with the help of international and foreign organizations are described.