

УДК 550.34

*Алтынбек уулу Т. (1), Сейталиев М. М. (1),
Абдылдаева Ф. С. (1), Асминг В.Э. (2)**Институт сейсмологии НАН КР, г. Бишкек (1)
Кольский филиал Геофизической службы РАН, г. Апатиты (2)*

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕЙСМОСТАНЦИЙ В ПРАКТИКУ РАБОТ ИНСТИТУТА СЕЙСМОЛОГИИ НАН КР

Аннотация: В статье представлены данные о конфигурации используемой цифровой аппаратуры, особенностях её установки и структуре программного обеспечения, применяемого на сейсмостанции. Приводятся примеры обработки сейсмических данных.

Ключевые слова: цифровая аппаратура, сейсмостанция, программное обеспечение, сейсмическая запись, установка.

КР УИАНЫН СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТУНУН ИШТӨӨ ПРАКТИКАСЫНДА САНАРИПТИК СЕЙСМОСТАНЦИЯЛАРДЫ КОЛДОНУУГА КИРГИЗҮҮ

Кыскача мазмуну: Макалада колдонулуучу санариптик аппаратуралардын конфигурациясы, аны орнотуу өзгөчөлүктөрү жана программалык камсыздоонун түзүлүшү тууралуу маалыматтар берилген. Сейсмологиялык маалыматтарды иштеп чыгуу үлгүлөрү келтирилген.

Түйүндүү сөздөр: санариптик аппаратура, сейсмостанция, программалык камсыздоо, сейсмикалык жазуу, түзүлүш.

THE INTRODUCTION OF DIGITAL SEISMIC STATIONS IN PRACTICE OF THE INSTITUTE OF SEISMOLOGY NAS KR

Abstract: Configuration data of digital seismic stations used by the IS NAS KR, features of its installation, software structure and examples of seismic data processing are presented in the paper.

Keywords: digital equipment, seismic station, software, seismic record, mounting.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках сотрудничества Организации Договора о Всеобъемлющем Запрещении Ядерных Испытаний (ОДВЗЯИ (СТВТО)) в 2007 году Министерство Иностранных дел Норвегии и Сейсмологическая служба Норвегии NORSAR предоставила Институту сейсмологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики (ИС НАН КР) 10 комплектов цифровой аппаратуры, которая включала: трёхкомпонентные сейсмометры - CMG-3ESP, устройства оцифровки данных (дигитайзеры) - CMG-DM24 фирмы «Guralp», GPS-приёмники (рисунок 1). Специалисты NORSAR совместно с сотрудниками Института установили данные комплекты аппаратуры на сейсмостанциях ИС НАН КР. Кроме того, было проведено обучение сотрудников Института сейсмологии по работе с аппаратурой и соответствующему программному обеспечению.

Институт сейсмологии НАН КР ведёт сейсмологические наблюдения на территории Кыргызстана уже свыше 50 лет и располагал обширной сетью аналоговых сейсмостанций, которая к 2000-му году технически устарела. В течение 2007-2010 гг. в Кыргызстане было установлено 12 современных цифровых сейсмических станций (в местах расположения аналоговых станций), которые были зарегистрированы в Международной Федерации

Цифровых Сейсмографических Сетей (FDSN) как KRNET (Kyrgyz Republic Digital Network) – Кыргызская сеть цифровых сейсмических станций (рисунок 2) [4].



Рисунок 1. Комплект цифровой станции «Guralp».

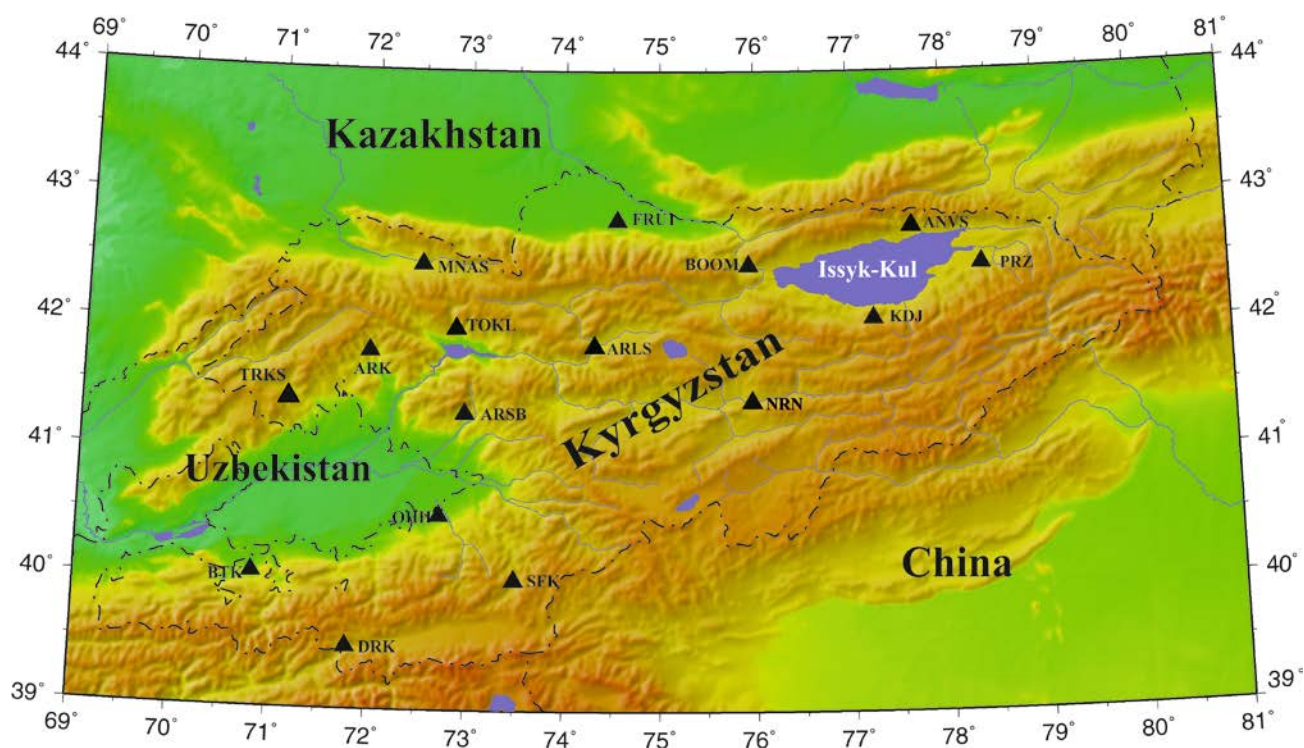


Рисунок 2. Схема расположения цифровых сейсмических станций сети «KRNET»
 На севере страны – это сейсмические станции «Нарын» (NRN), «Арал» (ARLS), «Боом» (BOOM), «Каракол» (PRZ), «Бишкек» (BIS), «Служба срочных донесений» (FRU), на юге - «Аркит» (ARK), «Баткен» (BTK), «Ош» (ООН), «Саломалик» (SALK), «Арсланбоб» (ARSB), «Токтогул» (ТОКЛ), и «Дараут-Коргон» (DRK).

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ АППАРАТУРЫ

В состав комплекта аппаратуры входит широкополосный трёхкомпонентный сейсмометр CMG-3ESP, который имеет плоскую по скорости амплитудно-частотную

характеристику в диапазоне от 0.003 до 50 Гц. Он способен полностью заменить аналоговые инструменты, так как обладает более высокой чувствительностью и более широким диапазоном регистрации. Датчики могут быть отцентрированы с помощью переносного устройства управления [3].

Аналоговый сигнал с датчиков поступает на вход дигитайзера (устройства оцифровки данных) CMG-DM24. Дигитайзер производит оцифровку сигналов и привязку их к точному времени с помощью подключённого к нему приёмника GPS. Устройство передаёт цифровые данные в персональный компьютер через последовательный порт. Оператор станции осуществляет сбор, хранение и первичную обработку поступающих сейсмических данных.

При установке аппаратуры на сейсмостанциях мы руководствовались следующими требованиями:

- Сейсмометры должны быть установлены на постаменте ниже уровня земли, чтобы уменьшить шумовой фон окружающей среды.
- Дигитайзеры должны быть расположены рядом с датчиками, далеко от электрических кабелей и приборов. В помещении должен быть установлен постоянный температурный режим.
- GPS должен быть размещён в пределах 15 м. от дигитайзера, в месте устойчивого приёма сигнала со спутника.

К настоящему времени установлено **16** комплектов цифровой аппаратуры.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

На стационарном компьютере, подключённом к дигитайзеру, установлено программное обеспечение Scream 4.4, разработанное компанией Guralp. Оно осуществляет приём данные, поступающих с дигитайзера через последовательный порт. Программа позволяет сохранять эту информацию в формате GCF (внутренний формат Guralp), отображать данные графически и производить некоторые несложные операции, такие как цифровая фильтрация [1]. Кроме того, программа Scream 4.4 способна так же передавать поступившие данные другим (возможно удалённым) приложениям через сетевой протокол UDP.

Однако, возможностей программы Scream 4.4 недостаточно для организации полноценной обработки сейсмических событий. Поэтому, по просьбе специалистов NOR SAR, сотрудником Кольского филиала Геофизической службы РАН Асмингом В.Э. была разработана программа сбора и первичной обработки данных на сейсмостанциях - GcfUdp.

GcfUdp в реальном времени принимает данные, пересылаемые Scream 4.4 по UDP-протоколу. Поскольку UDP является сетевым протоколом, то, в принципе, GcfUdp может находиться на другом компьютере и принимать данные через Интернет. В настоящее время программа GcfUdp установлена на том же компьютере, на котором находится и программа Scream 4.4.

GcfUdp сохраняет поступающие данные в файлах формата CSS 3.0 (широко распространённый формат сейсмологических данных) для последующей обработки. Кроме того, программа производит детектирование сигналов с помощью критерия STA/LTA для различных полос частот. Обнаруженные вступления сейсмических волн ассоциируются. Применяется совместный поляризационный анализ пар вступлений, при котором для всех пар проверяется гипотеза, что первое вступление является Р-волной, а второе – S-волной от одного и того же события. Если какая-либо пара удовлетворяет критерию, считается, что обнаружено сейсмическое событие. По разности времен рассчитывается расстояние до события, по поляризации Р-волны – азимут [1].

Программа сохраняет записи отобранных таким образом событий в виде отдельных файлов в формате CSS 3.0 для дальнейшей обработки, а также создаёт базу данных событий.

В случае сильного превышения отношения сигнал/шум (сильного землетрясения) GcfUdp запускает звуковой сигнал, сообщающий персоналу сейсмостанции, что произошло ощутимое землетрясение (аналог сигналу тревоги, применявшегося на аналоговых сейсмостанциях).

Данные в формате CSS 3.0, сохраняемые программой GcfUdp (записи сейсмических событий и автоматически определённые времена вступлений P и S волн), собираются и передаются в Центр данных Института сейсмологии НАН КР для совместной обработки материала по всем сейсмическим станциям.

Для просмотра файлов в формате CSS 3.0 и локации сейсмических событий по нескольким станциям используется программа EL_WIN, разработанная В.Э.Асмингом. EL_WIN является универсальным инструментом для обработки сейсмологической информации и предоставляет пользователю нижеследующие возможности:

- Фильтрацию в произвольных диапазонах частот, в наборах полос частот; в полосовых, режекторных, адаптивных фильтрах и в фильтрах высоких и низких частотах;
- построение спектров и спектральных диаграмм (сонограмм);
- анализ поляризации волн по трёхкомпонентным станциям;
- конвертация записей скоростей в смещения; измерение амплитуд и периодов сигналов для расчёта магнитуд и энергетических классов.

Аналитическая локация сейсмических событий

Реализован формализованный метод засечек с автоматическим отображением на соответствующей карте. Дополнительно можно задать время прихода волн на прочие сейсмостанции, для которых нет цифровых записей. Координаты землетрясений и глубины гипоцентров уточняются градиентной минимизацией невязки оценки времени в очаге.

После определения координат сейсмособытий возможен расчёт их магнитуд и энергетического класса.

Ведение баз данных сейсмических событий.

При локации сейсмических событий с помощью EL_WIN генерируются «бюллетени», то есть, текстовые фрагменты, содержащие информацию о временах в очаге (T_0), координатах, глубинах, магнитудах событий и времени прихода волн на разные сейсмические станции. Эти бюллетени хранятся в базах данных совместно с волновыми формами. В них может быть добавлена и произвольная текстовая информация. В EL_WIN реализован язык логических выражений для поиска и выборки сейсмических событий, удовлетворяющих произвольным критериям. Результаты поисков отображаются в виде карт и таблиц.

Для локации сейсмических событий на территории Кыргызстана к программе EL_WIN подключена таблица времени пробега волн P и S, рассчитанная по горизонтально-слоистой скоростной модели [1].

Приведем пример обработки сейсмического события – землетрясения, произошедшего 26.09.10 г. ($\varphi=40.9433$, $\lambda=74.9150$; T_0 - 06:37:45.7; $K=11,0$), эпицентр - в долине Арпа, с. Арпа [2].

ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

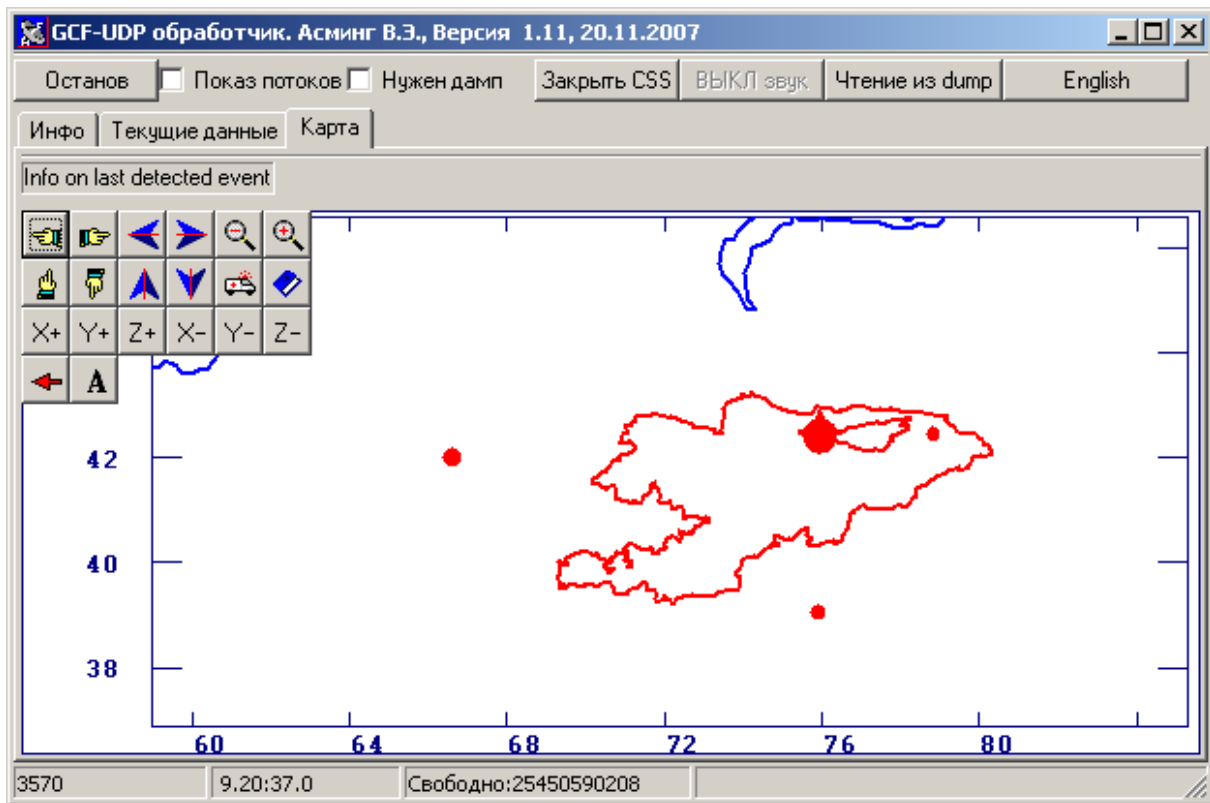


Рисунок 3. Программа GcfUdp детектировала и провела локацию события по сейсмической станции «Боом» (BOOM).

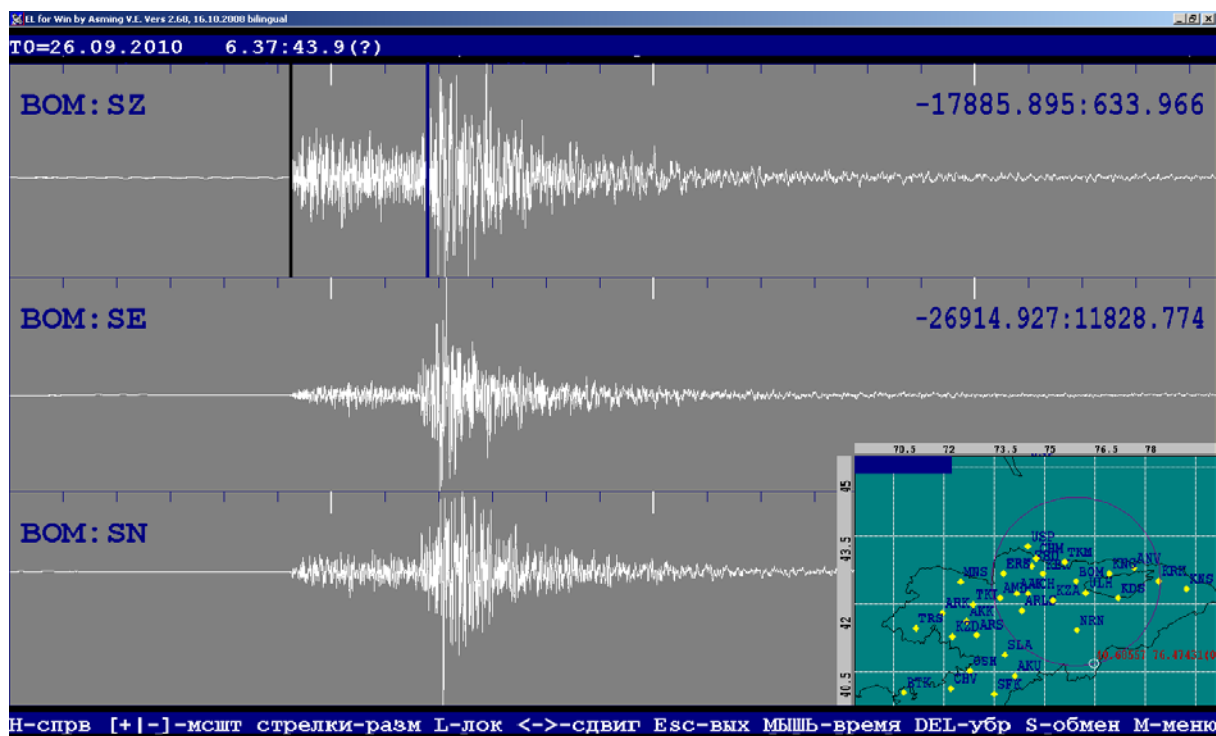


Рисунок 4. На рисунке показана локация GcfUdp – автоматическая расстановка приходов P- и S-волн и автоматически определенный гипоцентр.

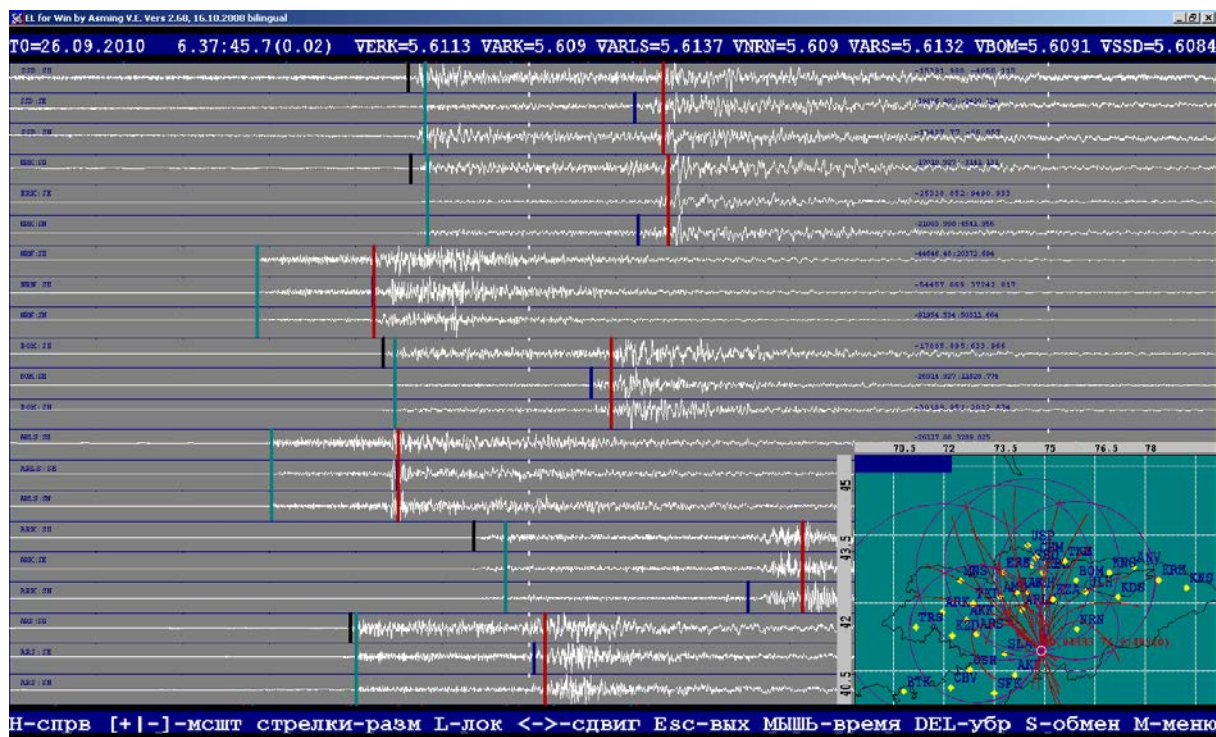


Рисунок 5. Окно компьютерной программы EL_WIN с проведенной локацией по данным сети «KRNET» землетрясения, произошедшего в 26.09.10 г., То - 06:37:45.7, $\varphi=40.9433$, $\lambda=74.9150$, $K=11.0$

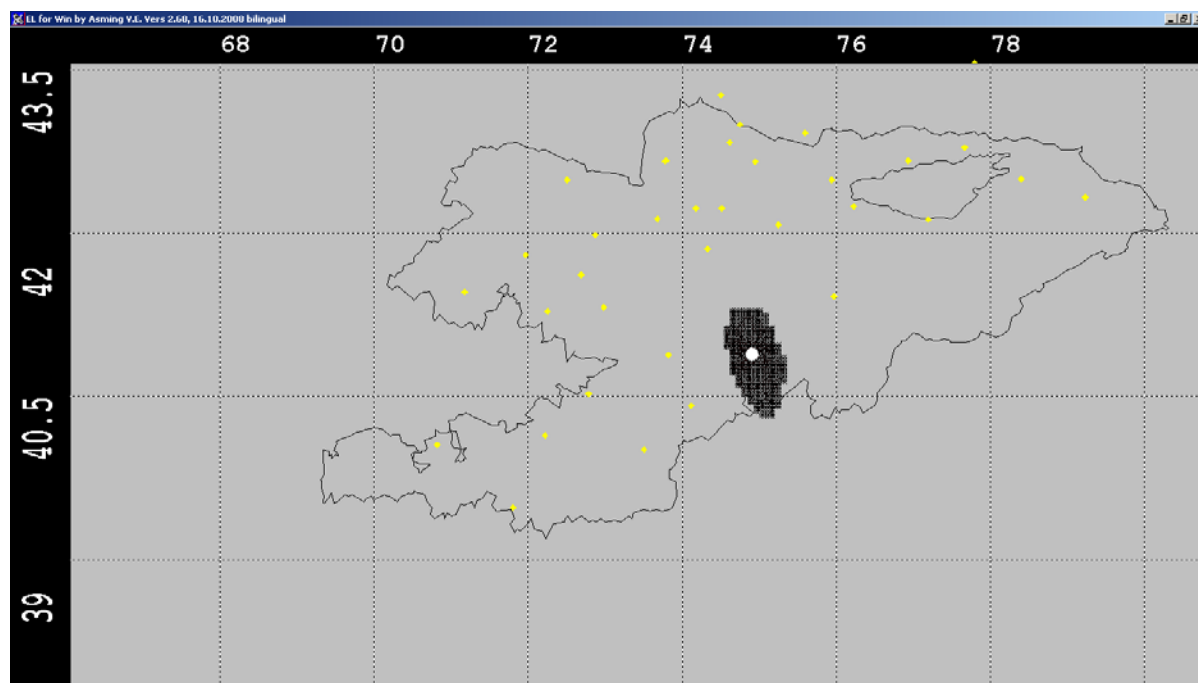


Рисунок 7. Эпицентр землетрясения, произошедшего в 26.09.10 г., То - 06:37:45.7, $\varphi=40.9433$, $\lambda=74.9150$, $K=11.0$

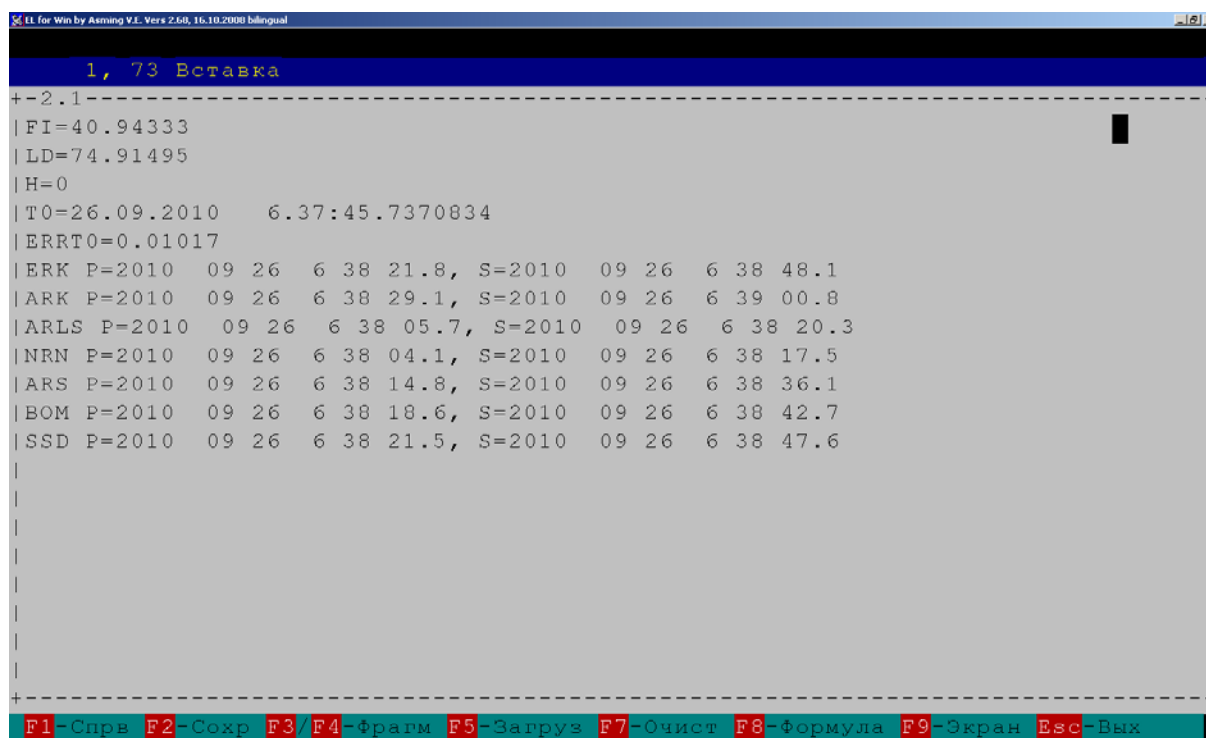


Рисунок 8. Бюллетень землетрясения 26.09.10 г. с внесением дополнительных данных с других сейсмических станций для уточнение координат (φ , λ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенный материал входит в список работ по программе сейсмического мониторинга, проводимого Институтом сейсмологии НАН КР. В дальнейшем планируется расширение сети цифровых станций «Guralp» (KRNET), усовершенствование программного обеспечения, методик обработки и анализа полученного сейсмологического материала.

Рецензент: доктор, г.-м.-н., проф. Абдрахматов К.Э.

Литература

1. Асминг В.Э. Создание программного комплекса для автоматизации детектирования, локации и интерпретации сейсмических событий и его использование для изучения сейсмичности Северо-западного региона. Диссер. канд. работа. Москва, 2004 136 с. РГБ ОД, 61:04-1/1202
2. Vanek J., A. Zatopek, V. Karnik, N. V. Kondorskaya, Y. V. Riznichenko, E.F. Savarensky, S.L. Soloviev, N. Shebalin. Standardization of magnitudes scales./ Bull.Acad.Sci.USSR Geophys. 1962, Ser., pp. 108-111.
3. Турдуматов Б.М. Метрологические характеристики и надёжность автономных установок с гальванометрической регистрацией.// Автореферат канд. дис. АН СССР, Москва, 1978, с.14.
4. Сейсмологические наблюдения в Кыргызстане. Отв. ред.: Ф. Н. Юдахин Бишкек: Илим, 1993, стр. 4-10.