

## Оборудование сейсмологической станции IRIS KIEV и программный интерфейс доступа к сейсмологическим данным

**И. Ю. Михайлик, А. З. Ганиев, К. В. Петренко, Т. А. Амашукели, 2019**

Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина  
Поступила 16 сентября 2019 г.

Спостереження за небезпечними природними процесами з метою оцінювання ризиків для населення і промислових об'єктів та забезпечення безпеки стало відправною точкою для створення відповідних систем моніторингу. Розвиток сучасної апаратурної бази викликало необхідність розробки методів обробки безперервного потоку інформації у режимі реального часу. Основною тенденцією розвитку у сфері сейсмологічного моніторингу є впровадження інформаційних технологій, автоматизації процесів збору та нагромадження інформації.

Найбільшою і розгалуженою, з існуючих на цей час систем сейсмологічного моніторингу в світі є IRIS GSN — мережа, яка активно взаємодіє з більшістю міжнародних стандартів і національних сейсмологічних систем (Консорціумом Дослідних Інститутів сейсмології). Ця сучасна мережа сейсмологічних спостережень використовує новітні інформаційні технології. Одним з її основних досягнень є стандартизація даних і результатів досліджень.

Сейсмологічна станція IRIS KIEV, яка експлуатується Інститутом геофизики НАН України спільно із сейсмологічною лабораторією Геологічної служби США (м. Альбукерке), є базовою станцією для спостережень на платформній частині території України. У статті описано функціональну схему обладнання, об'єднаного в комплекс — сейсмологічна станція IRIS KIEV. Описано можливі способи отримання даних від сейсмічної станції IRIS KIEV, які пропонуються через Інтернет-ресурс Інституту геофизики НАН України. Результати сейсмологічних досліджень становлять значний науковий інтерес для вивчення глибинної структури літосфери, сучасної геодинаміки, сеймотектоніки, регіональної сейсмічності та інженерної сейсмології.

**Ключові слова:** сейсмологічна станція, інформаційне забезпечення, землетрус, сейсмічний моніторинг, мережа IRIS KIEV.

**Введение.** Необходимость мониторинга сейсмической активности территории Украины обусловлена, в первую очередь, необходимостью обеспечения безопасности населения и промышленных объектов от последствий землетрясений и сопровождающих их опасных вторичных явлений, а также с целью долгосрочной оценки сейсмической опасности и сейсмического риска. Результаты сейсмологических исследований представляют существенный научный интерес для изучения глубинной структуры литосферы, современной геодинамики, сеймотектоники, региональ-

ной сейсмичности и инженерной сейсмологии.

Самой крупной и разветвленной из существующих в настоящее время систем сейсмологического мониторинга в мире является IRIS-сеть (Incorporated Research Institutions for Seismology), которая активно взаимодействует с большинством интернациональных и национальных сейсмологических систем. Эта современная сеть сейсмологических наблюдений использует новейшие информационные технологии.

Цифровая сейсмическая станция IRIS KIEV, которая была создана в 1994 г. и

обновлена в 2017 г., входит в состав Глобальной сейсмической сети IRIS. Сейсмическая станция была поставлена Альбукеркской сейсмологической лабораторией Геологической службы США (Albuquerque Seismological Laboratory US Geological Survey) в соответствии с соглашением между лабораторией и Институтом геофизики НАН Украины.

**Цель.** Организация непрерывной работы сейсмической станции IRIS KIEV, сбор, хранение данных. Построение инфраструктуры доступа к сейсмологическим данным для комплексного информационно-аналитического обеспечения деятельности сейсмологического центра.

**Программные средства сбора первичных материалов наблюдений со станции IRIS KIEV.** Сейсмологическая станция IRIS KIEV с координатами 29.2242 в.д., 50.7012 с.ш. эксплуатируется Институтом геофизики НАН Украины совместно с сейсмологической лабораторией г. Альбукерке, Геологической службы США. Она является базовой станцией для наблюдений на платформенной части территории Украины. Помимо высококлассного оборудования данная станция уникальна своим территориальным расположением с тихим сейсмологическим фоном в шахте на глубине 36 м, 16 из которых — гранитные породы (рис. 1, 2).

Сейсмологическая станция IRIS KIEV представляет собой комплекс оборудования, объединенного в интранет (локальную) сеть с выходом в интернет интерфейсами, обеспечивающими как доступ к сейсмологическим данным, так и возможность администрирования и контроля работы оборудования. На рис. 3 представлена функциональная схема сейсмической станции IRIS KIEV.

Регистрируемые сейсмоприемниками волновые формы записываются сеймостанциями Q330. Регистратор Quanterra Q330 — это широкополосный 24-битный сейсмический цифровой преобразователь данных. Сеймостанции оснащены системами хранения данных Baler PB44 с твердотельной памятью на 16 Гб, которые

обеспечивают автономность работы комплекса.

Slate, специализированный компьютер, который получает данные от сеймостанций, синхронизирует их с системой позиционирования и времени стандарта GPS и подготавливает мультиплексированные пакеты сейсмологических данных в формате SeedLink для публикации в интернет.

Система мониторинга Falcon осуществляет контроль за электропитанием, влажностью, температурой и другими параметрами комплекса.

В качестве регистраторов сейсмологических сигналов комплекс использует:

- группу из трех сверхширокополосных сейсмометров STS-1;
- высокопроизводительный портативный широкополосный трехкомпонентный сейсмометр STS-2.5;
- трехкомпонентный широкополосный форс-балансный акселерометр Epi-Sensor ES-T.

Все элементы комплекса объединены в интранет (локальную) сеть, маршрутизатором Cisco 2811. Маршрутизатор обеспечивает доступ из интернет к данным сейсмологического комплекса и предоставляет возможность удаленного администрирования и контроля функционирования систем.

**Инфраструктура доступа к сейсмологическим данным станции IRIS KIEV.** Политика эксплуатации сеймостанции IRIS KIEV не предполагает непосредственного доступа к сейсмическим данным станции для пользователей. Это обусловлено необходимостью снижения нагрузки на оборудование станции и безопасности.

Несмотря на то, что Сейсмологическая служба лаборатории ASL предоставляет интерфейс доступа к данным через свой интернет ресурс [iris.washington.edu](http://iris.washington.edu), специалистами центра сбора и обработки информации Института геофизики НАН Украины отработаны и протестированы еще несколько удобных способов доступа к данным сеймостанции IRIS KIEV.

Учитывая высокую вероятность того, что пользователь в своей работе с сейсмо-

## Station IU KIEV

Kiev, Ukraine

IU KIEV commences operations on: 1995,030



<b>Host</b>	Institute of Geophysics, National Academy of Sciences
<b>Network</b>	IU
<b>Latitude</b>	50.701
<b>Longitude</b>	29.224
<b>Elevation</b>	180
<b>Datalogger</b>	Q680
<b>Broadband</b>	STS-1V/VBB
<b>Accelerometer</b>	FBA-23
<b>Telemetry Status at the NEIC</b>	▲ Last data in less than 10 minutes

Рис. 1. Расположение станции IRIS KIEV (<https://earthquake.usgs.gov/monitoring/operations/stations/IU/KIEV/>)

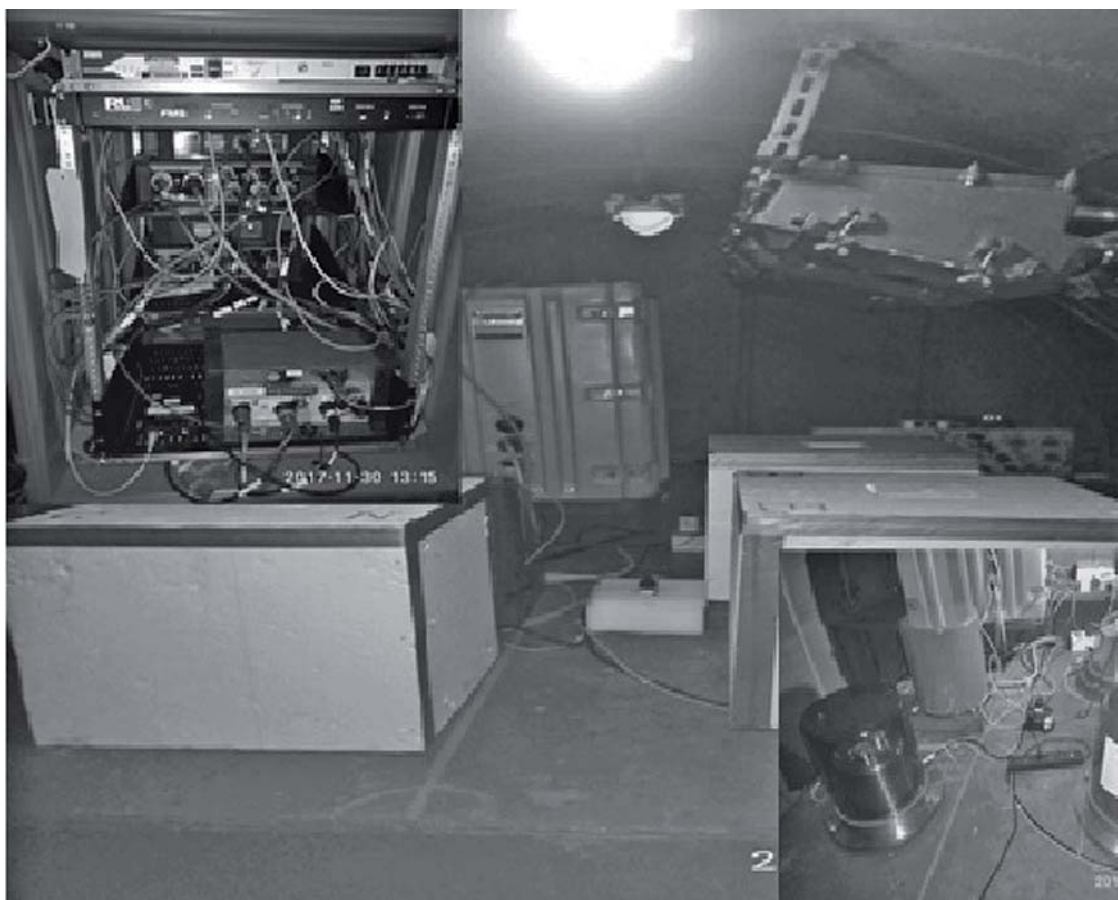


Рис. 2. Вид помещения и размещенного в нем оборудования.



Рис. 3. Функциональная схема сейсмической станции IRIS KIEV.

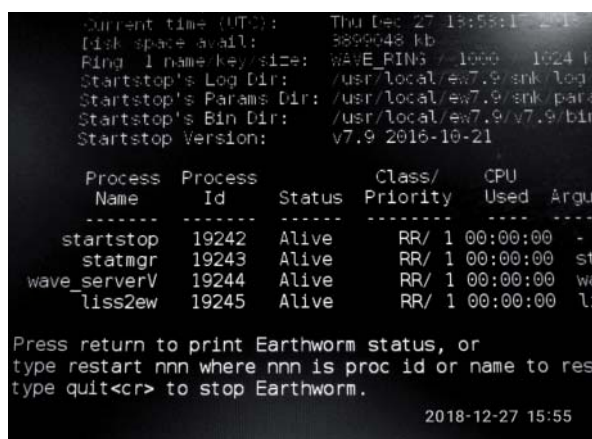


Рис. 4. Информационное сообщение системы Earth-Worm.

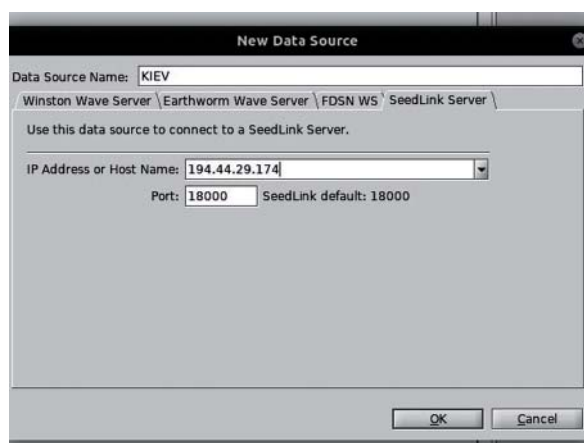


Рис. 6. Настройка программы Swarm при подключении к серверу RingServer.

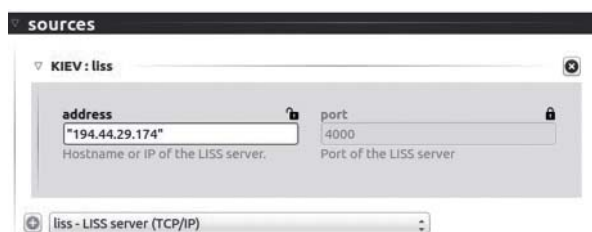


Рис. 5. Подпрограмма sconfig, окно настройки соединения с программой LISS.

логическими данными будет использовать универсальные программные продукты, такие как EarthWorm, Seiscomp3 или, для визуализации сейсмических данных, про-

грамму Swarm, был организован доступ к данным с применением продуктов программного обеспечения LISS и RingServer. Доступ к этим серверам возможен через любой браузер по IP адресу: 194.44.29.174.

Существуют различные программные протоколы (AutoDRM, LISS, NRTS), позволяющие в режиме реального времени или близком к реальному времени (с задержкой до 10 мин) передавать цифровые сейсмические записи. На станции IRIS KIEV используется протокол LISS.

**LISS.** The *Live Internet Seismic Server (LISS)*, разработчик продукта — сейсмо-



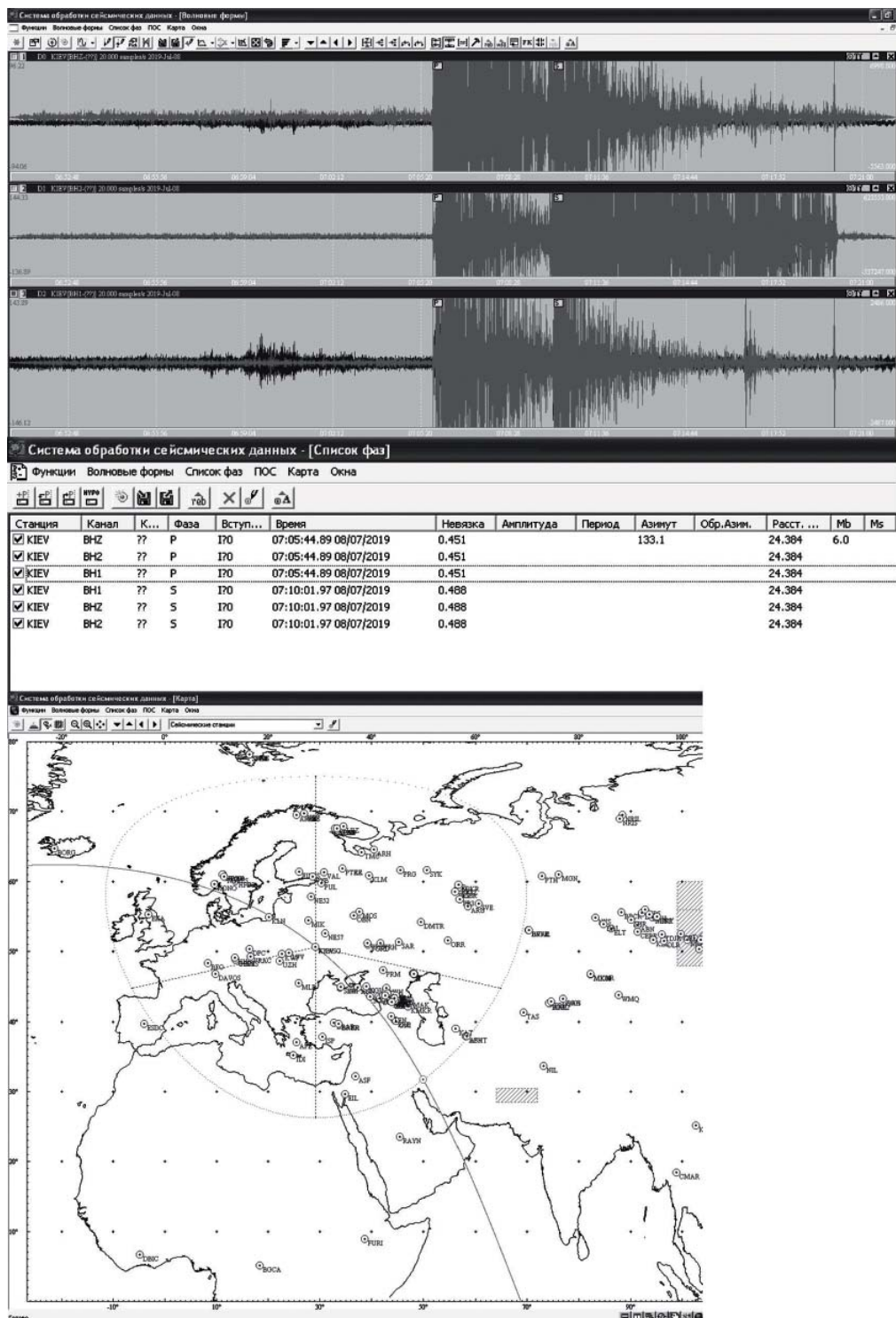


Рис. 7. Землетрясение в Иране 2019/07/08,  $T_0=07:00:32$  (UTC) с  $M=6,0$  (координаты: 31.83N, 49.55E). Сейсмические записи и результаты обработки программой WSG по станции IRIS KIEV.

гическая лаборатория г. Альбукерке США. Сама программа позволяет в околореальном режиме времени транслировать данные, получаемые от сейсмо станций. Для

визуализации и анализа данных, получаемых от LISS, можно пользоваться любым программным обеспечением, способным читать MiniSeed пакеты в TCP/IP сети.

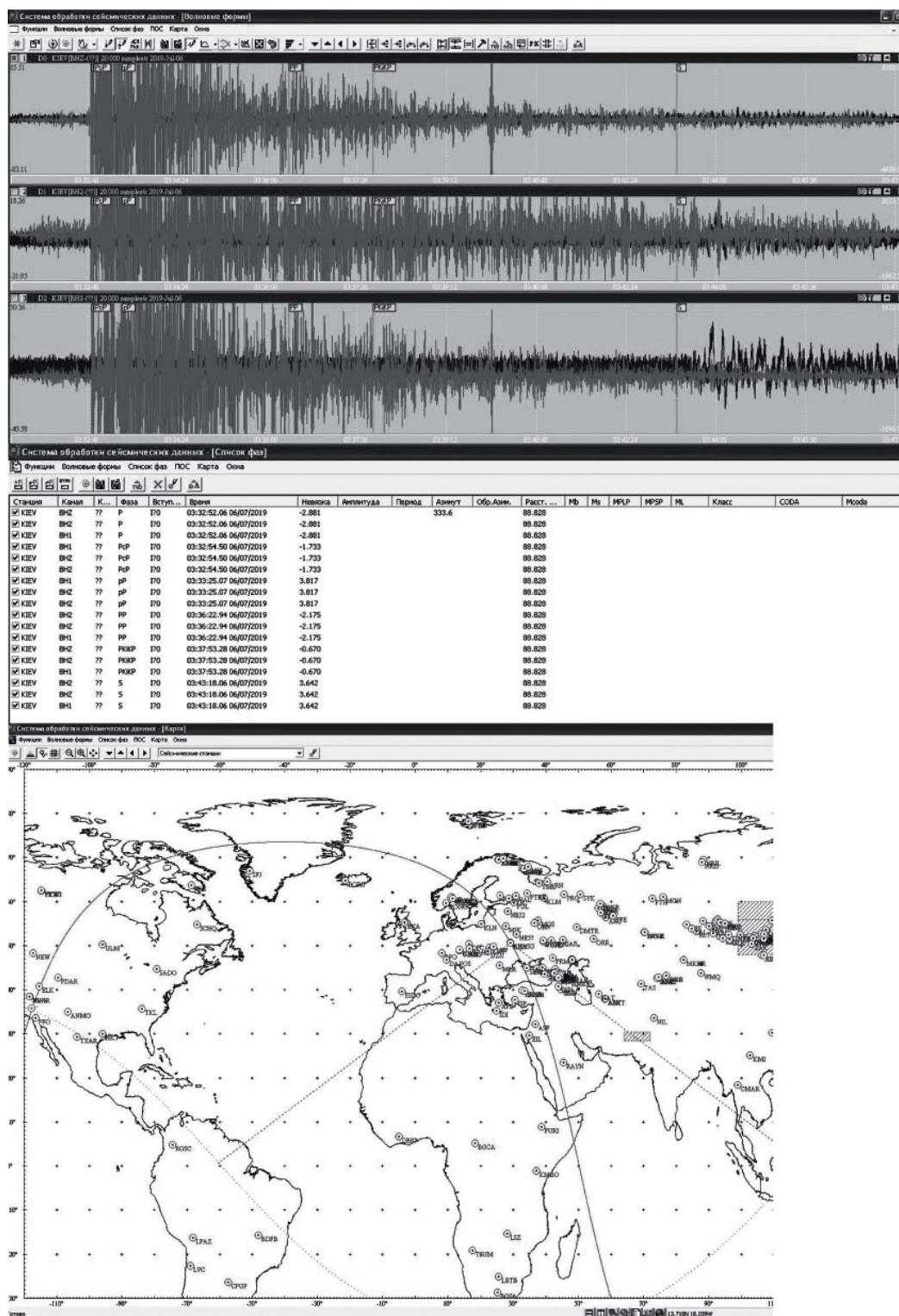


Рис. 8. Землетрясение в Южной Калифорнии (США) 2019/07/06,  $T_0=03:19:57$  (UTC) с  $M=7,1$  (координаты: 35.79N, 117.58W). Сейсмические записи и результаты обработки программой WSG по станции IRIS KIEV.

При подключении LISS сервера к системе EarthWorm необходимо настроить параметрический файл EarthWorm—liss2ew.d,

указав адрес и порт сервера, а также каналы сейсмических данных.

Пример параметрических файлов Earth-

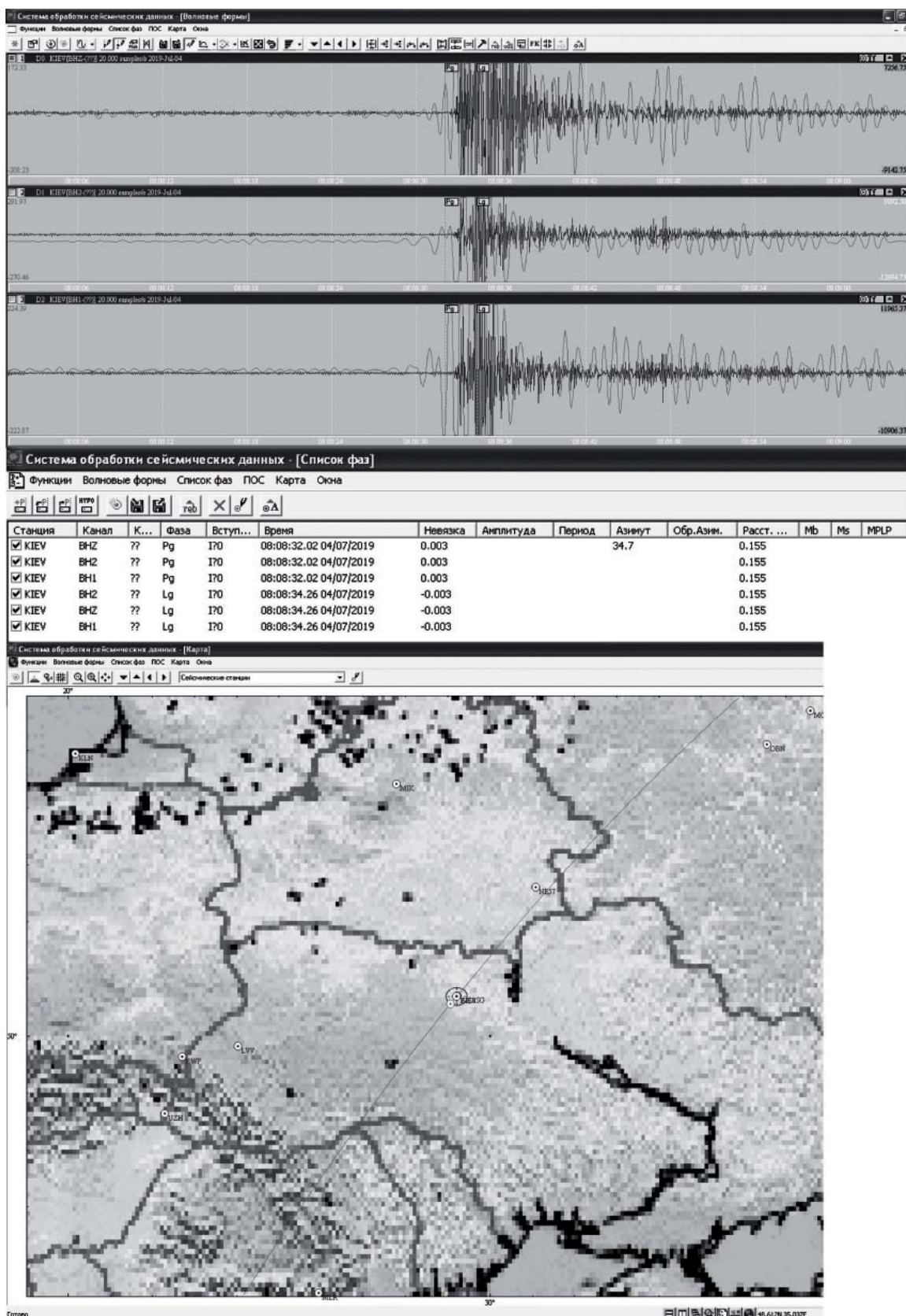


Рис. 9. Пример того, как выглядит взрыв на сейсмической записи и результат его обработки. Событие в районе карьеров Житомирской области 2019/07/04,  $T_0=08:08:32$  (UTC).



Worm можно загрузить с адреса: ftp://194.44.29.174.

На рис. 4 показано нормальное поведение системы EarthWorm, получающей данные от LISS сервера.

**RingServer** <http://www.iris.edu/pub/programs/ringserver> IRIS DMC.

Ringserver читает записи Mini-SEED из файлов и вставляет их во внутренний кольцевой буфер.

Кольцевой буфер работает как FIFO очередь «первым пришел — первым обслужен». Клиенты могут получить доступ к данным в буфере, используя протокол SeedLink. Размер буфера фиксирован и напрямую связан с тем, сколько старых данных будет доступны для клиентов. RingServer поддерживает кольцевой буфер с сохранением состояния, отображая память в буфер по умолчанию, что позволяет остановить и перезапустить сервер без потери данных для клиентов.

Авторы используют поток данных, получаемый от программы RingServer для работы с системой Seiscomp3.

**Seiscomp3** — это информационно-аналитическая система мониторинга землетрясений <https://www.seiscomp3.org/>. Первоначальная разработка программного комплекса осуществлялась в компании GEMPA GmbH по заказу немецкого геофизического центра (German Research Center for Geosciences GFZ, г. Потсдам, Германия).

При подключении системы Seiscomp3 к станции IRIS KIEV первоначально необходимо подготовить файл настройки станции (inventory), упрощенная структура которого выглядит следующим образом:

```
<Inventory>
<station>
<name>»IRIS KIEV«>
<country>Ukraine</country>
<description>"описание станции"</description>
</name>
<latitude>49.9205</latitude>
<longitude>27.7576</longitude>
<elevation>260</elevation>
<digitizerModel>сейсмоприемник</digitizerModel>
```

```
<gain>настройка сейсмоприемника</gain>
<sampleRate>100</sampleRate>
<gainFrequency>1</gainFrequency>
<format>Steim2</format>
</station>
</Inventory>
```

Таким образом, файл настроек (inventory) описывает характеристики сейсмостанции. Этот файл импортируется в систему Seiscomp3, используя подпрограмму sconfig, где, собственно, и настраивается соединение с программой LISS (рис. 5).

Пример файла настроек для станции IRIS KIEV можно загрузить с ftp://194.44.29.174.

**EarthWorm.** Earthworm <http://www.earthwormcentral.org/> — пакет программного обеспечения для сбора и обработки сейсмических данных для автоматического определения местоположений и магнитуд землетрясений.

Существует возможность подключения к данным станции через экспортную систему EarthWorm, размещенную на сервере 194.44.29.174. Модули import\_generic, export\_generic системы EarthWorm обеспечивают обмен сообщениями между двумя или более системами Earthworm, т. е. import\_generic, export\_generic и export\_scp представляют модули дальней связи Earthworm, которые обеспечивают быстрый и безопасный обмен сообщениями между двумя или более Earthworm или другими системами обработки. Можно использовать любую ссылку, поддерживающую набор протоколов TCP/IP. Философия, лежащая в основе этих модулей, заключается в том, что они реализуют статическую долгосрочную связь между парами взаимодействующих установок. Предполагается, будто эта связь согласована обоими учреждениями и обе установки устанавливают соответствующие конфигурации, которые обеспечивают достаточно хорошую гарантию того, что только назначенные машины участвуют в связи и позволяют организовать каскадное включение системам Earthworm с доступом к данным станции IRIS KIEV.

Для программы **Swarm** настройка при



подключении к серверу RingServer заключается во включении нового соединения и указание его IP адреса.

Swarm <https://volcanoes.usgs.gov/software/swarm/index.shtml> — это Java-приложение, разработанное для отображения и анализа сейсмических сигналов в режиме реального времени.

На рис. 6 показано окно настройки программы Swarm при подключении к серверу RingServer.

Сервисы доступа к сейсмологическим данным станции IRIS KIEV, размещенные на сервере 194.44.29.174, администрируются сисадмином: [algan@ukr.net](mailto:algan@ukr.net).

Некоторые данные о производителях оборудования:

STS-1,

STS-2.5 — <https://kinematics.com/products/broadband-sensors>,

EpiSensor ES-T — [https://kinematics.com/post\\_products/episensor-es-t](https://kinematics.com/post_products/episensor-es-t),

Q330 — [https://kinematics.com/post\\_products/quanterra-q330/](https://kinematics.com/post_products/quanterra-q330/),

Slate — [https://kinematics.com/post\\_products/slate/](https://kinematics.com/post_products/slate/).

Kinematics Inc. <https://kinematics.com>, США, являются ведущей фирмой в области разработки технологий, продуктов и решений для мониторинга землетрясений и их воздействия на людей и сооружения в мире.

**Результаты использования данных со станции IRIS KIEV.** В отделе сейсмической опасности используется автоматизированное рабочее место сейсмолога WSG. WSG представляет собой программный комплекс, включающий основной программный модуль WSG (Windows Seismic Grafer)

[Красилов, 2006]. Основные вычислительные процедуры, предназначенные для обработки сейсмических сигналов и получения оценок параметров гипоцентров сейсмических событий как по записям одной станции, так и по группе станций, сосредоточены в программном модуле WSG.

Особенности геологического строения территории Украины и сейсмической активности отдельных ее регионов объясняют сосредоточенность функционирующих в настоящее время пунктов сейсмологических наблюдений в Крымском и Карпатском регионах, так как именно в этих регионах существует более высокая сейсмическая активность. Наличие станции IRIS KIEV дает возможность для проведения сейсмического мониторинга и по центральной части Украины.

На рис. 7—9 приведены результаты обработки событий по одной станции IRIS KIEV. Особенность расположения сейсмической станции позволяет фиксировать не только землетрясения регионального и локального характера, небольшие землетрясения техногенного характера, но и взрывы.

Непрерывное поступление данных со станции IRIS KIEV и дальнейшая обработка сейсмических записей дает возможность постоянно пополнять компьютерную базу данных о мировых землетрясениях и сейсмических событиях, которые произошли в ближней зоне и непосредственно на территории Украины. Пополняются базы цифровых сейсмограмм сейсмических событий и микросейсмических колебаний, наблюдаемых на сейсмических станциях.

### Список литературы

Красилов С. А., Коломиец М. В., Акимов А. П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG. *Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Материалы Междунар. сейсмол. школы*. Обнинск: Изд. ГС РАН, 2006. С. 77—83.

About IRIS [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.iris.edu/hq/about\\_iris](http://www.iris.edu/hq/about_iris).

Cisco серии 2800. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cisco.com/>.

EarthWorm. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.earthwormcentral.org/>.

## Equipment of seismic station IRIS KIEV and software interface for access to seismological data

I. Yu. Mikhaylik, A. Z. Ganiev, K. V. Petrenko, T. A. Amashukeli, 2019

The monitoring hazardous natural processes in order to assess risks to the public and industrial facilities and ensure safety has become the starting point for the creation of appropriate monitoring systems. The development of a modern hardware base entailed the need to develop methods for processing a continuous stream of information in real-time. The main development trend in the field of seismological monitoring is the introduction of information technology and the automation of information collection and accumulation processes.

The largest and most extensive of the currently existing seismological monitoring systems in the world is the IRIS GSN, a network that actively interacts with most international and national seismological systems (the Consortium of Research Institutes in the Field of Seismology). This modern seismological observation network uses the latest information technology. One of its main achievements is the standardization of data and research results.

The IRIS KIEV seismological station, which is operated by the S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine with the US Geological Survey Seismological Laboratory (Albuquerque), is the base station for observations on the platform part of Ukraine.

The article provides a description of the functional scheme of the equipment, integrated into a complex — seismological station IRIS KIEV. The possible methods for obtaining data from the IRIS KIEV seismic station described through the Internet resource of S.I. Subbotin Institute of Geophysics are described.

The results of seismological studies are of significant scientific interest in studying the deep structure of the lithosphere, modern geodynamics, seismotectonics, regional seismicity, and engineering seismology.

**Key words:** seismological station, information support, earthquake, seismic monitoring, IRIS KIEV.

### References

- Krasilov S. A., Kolomiyets M. V., Akimov A. P. (2006). Organization of digital seismic data processing using the WSG software package. *Modern methods of processing and interpretation of seismological data: Proc. of the International Seismological School* (pp. 77—83). Obninsk: Edition of the Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences (in Russian).
- Cisco серии 2800. Retrieved from <https://www.cisco.com/>.
- EarthWorm. Retrieved from <http://www.earthwormcentral.org/>.
- Q330 и Slate. Retrieved from <https://kinemetrics.com/>.
- About IRIS. Retrieved from [http://www.iris.edu/hq/about\\_iris](http://www.iris.edu/hq/about_iris).
- Seiscomp3. Retrieved from <https://www.seiscomp3.org/>.