

УДК 550.34.064

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДАННЫХ В ЦЕНТРЕ СБОРА И ОБРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Сейнасинов Н.А., Гордиенко Д.Д.

Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Описана созданная в Центре данных Института геофизических исследований НЯЦ РК и успешно функционирующая система автоматизированного контроля за работой каналов регистрации, каналов связи со стационарными геофизическими станциями, а также за своевременностью поступления и обменом данных. Новым элементом работы системы контроля является реализованный мониторинг по параметрам сейсмических шумов. Приведены примеры применения такого метода контроля.

Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) был подписан в 1996 г., однако проблема контроля исполнения Договора пока полностью не решена: основной элемент ДВЗЯИ - Международная система мониторинга (МСМ), - находится в стадии доработки; не введены в строй все запланированные станции МСМ, проводятся исследования по методическому и программному обеспечению Международного центра данных (МЦД) и т.д. Одной из главных технических задач, подлежащих решению как на международном, так и на национальном уровнях, является обеспечение бесперебойного поступления данных от всех наблюдательных станций МСМ в Международный центр данных и контроль качества этих данных.

Строгие требования к качеству данных предъявляют все международные Центры данных, осуществляющие обработку, хранение и обмен сейсмических данных. В конце 80-х годов прошлого столетия для стандартизации и успешного обмена данными была создана международная Федерация цифровых сейсмических сетей (FDSN). В FDSN разработан стандарт для хранения и обмена данными – SEED (Standart for the Exchange of Earthquake Data), а также требования к качеству данных, таких, как дина-

мические параметры сейсмограмм, точность привязки по времени и др.

В Казахстане с середины 1990-х годов создана современная цифровая сеть станций НЯЦ РК, данные которой используются различными мировыми агентствами и исследователями (рисунок 1). Для сети очень актуальна задача непрерывного контроля качества данных, осуществление сейсмических калибровок с использованием новейших методик и международных требований.

В Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации (ЦСОССИ) Института геофизических исследований (ИГИ) НЯЦ РК в г. Алматы данные поступают с 14 наблюдательных станций сети, из которых 8 являются сейсмическими группами. Данные поступают по 136 каналам от инфразвуковой и сейсмических станций, при этом объем поступающих данных в режиме реального времени составляет около 1300 Мбайт в сутки (рисунок 2). Контролю подлежат как объемы данных по каждому каналу, так и их качество и своевременность прихода. Схема коммуникаций Центра данных со станциями и международными центрами показана на рисунке 3.

Данные поступают по спутниковым каналам, уходят из Центра по каналам Интернет и спутниковым каналам.

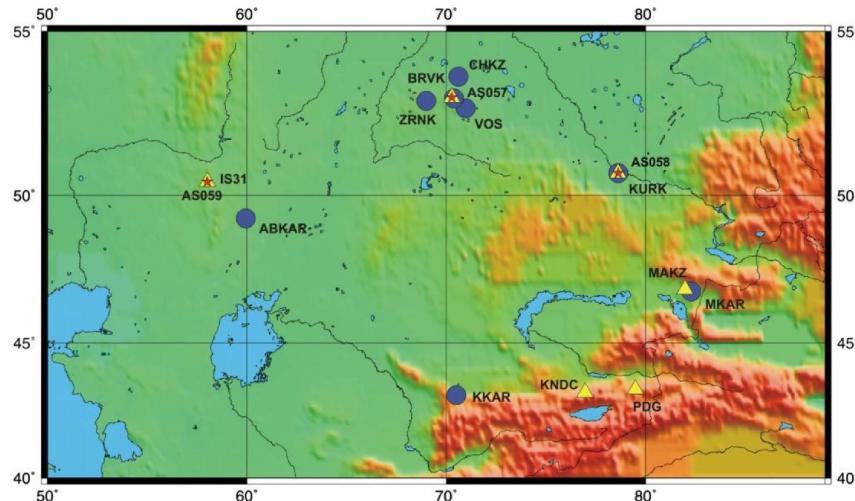


Рисунок 1. Сеть сейсмических станций Национального ядерного центра РК

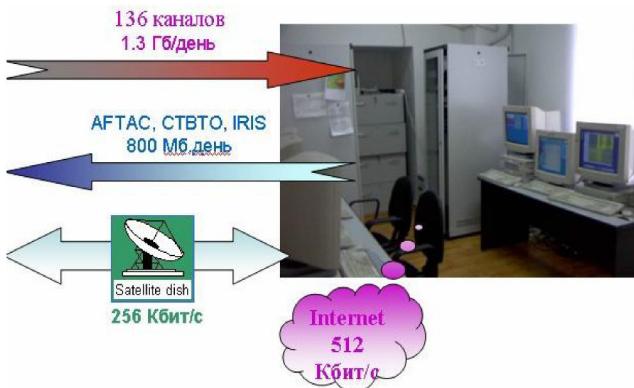


Рисунок 2. Объем поступающей информации в режиме реального времени

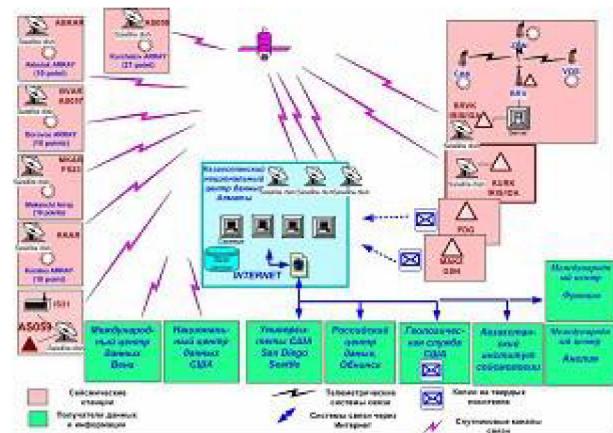


Рисунок 3. Общая схема системы связи в ЦСОССИ

ЗВУКОВОЕ И ВИЗУАЛЬНОЕ ОПОВЕЩЕНИЕ О ПРОБЛЕМАХ В СИСТЕМЕ

В помощь дежурным аналитикам создано программное обеспечение визуального отображения состояния работы системы. Обеспечено постоянное цветовое отображение состояния поступления и отправки данных в режиме реального времени в сети станций НЯЦ РК (рисунок 4).

При отображении статуса полученных данных зеленый цвет обозначает, что последний пакет данных получен/отослан в течение последних 20 мин; желтый - последний пакет получен/отослан (20 мин – 4 ч) назад; красный - последний пакет получен/отослан (4 – 24) ч назад; серый - последний пакет получен/отослан более 24 ч назад; оранжевый – база данных не обновлялась по каким-либо причинам в течение более чем 20 мин. Дежурный аналитик ЦСОССИ имеет возможность следить за ситуацией по приему и передаче данных. Кроме того, создано программное обеспечение, работающее с

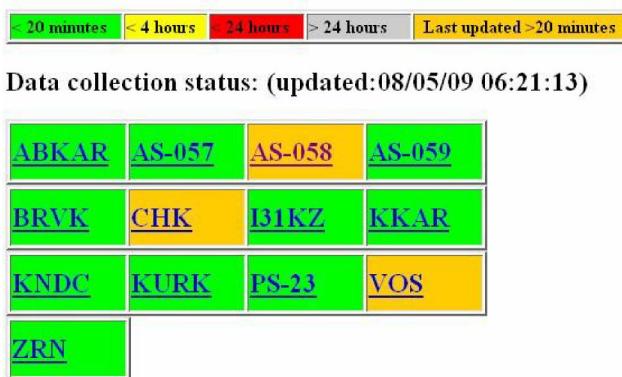


Рисунок 4. Отображение статуса прихода данных по станциям

данными в режиме реального времени, с помощью которого автоматически подаются голосовые сообщения об отсутствии данных или отсутствии обработки данных по конкретной станции. Обеспечена возможность слежения за работой спутниковых каналов связи: при наличии связи кнопка с названием станции – зеленая, при отсутствии связи – красная. Одновременно на систему мониторов выведены сейсмические записи по каждой станции (рисунок 5), что позволяет увидеть возможные проблемы по реальным записям. Следжение за объемом поступающих данных осуществляется путем систематического расчета статистики (таблица 1).

Определяется относительное количество данных, пришедших в ЦСОССИ, к объему, который должен быть получен. Подготовлены и функционируют два комплекса программ - по оперативному и окончательному расчету статистики поступивших данных. Оперативный расчет производится по данным, поступившим за текущие сутки.

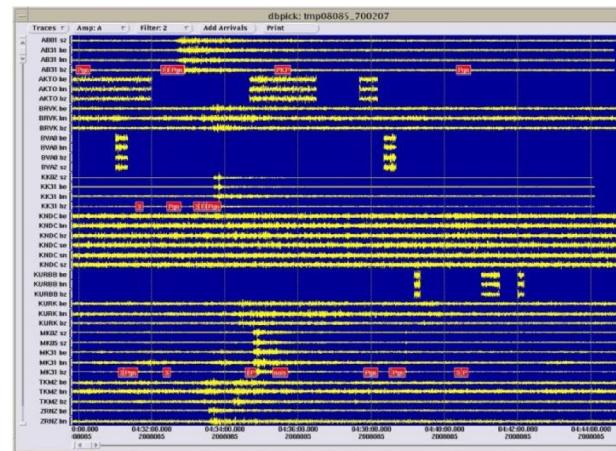


Рисунок 5. Отображение поступающих данных

Таблица 1. Фрагмент таблицы с информацией, поступившей в ЦСОССИ за сутки

Код станции	Канал	Кол-во сегментов	Дата начала сегмента	Время Начала сегмента	Дата конца сегмента	Время Конца сегмента	Кол-во данных
AB08	sz	18	02/17	00:00:00.000	02/17/08	23:59:59.975	100.00%
AB09	sz	18	02/17	00:00:00.000	02/17/08	23:59:59.975	100.00%
AB31	be	18	02/17	00:00:00.000	02/17/08	23:59:59.975	100.00%
	bn	18	02/17	00:00:00.000	02/17/08	23:59:59.975	100.00%
	bz	18	02/17	00:00:00.000	02/17/08	23:59:59.975	100.00%
BRVK	be	6	02/17	00:00:00.005	02/17/08	23:59:59.990	100.00%
	bn	6	02/17	00:00:00.005	02/17/08	23:59:59.990	100.00%
	bz	6	02/17	00:00:00.005	02/17/08	23:59:59.990	100.00%
BVA0	be	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
	bn	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
	bz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
BVA1	sz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
BVA2	sz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
BVA3	sz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
BVA4	sz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
BVA5	sz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
BVA6	sz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
BVA7	sz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%
BVA8	sz	1	02/17	00:00:00.013	02/17/08	23:59:49.988	98.10%

ПРИНЦИПЫ КАЛИБРОВКИ СТАНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ

Для технического мониторинга работы станций с использованием методики оценки сейсмических шумов предварительно тщательно изучены параметры сейсмического шума по каждой станции. На основе таких данных получены реальные модели шума и его естественных вариаций для широкого диапазона частот [2].

На рисунке 6 приведен пример спектральных кривых по станции Карагату, полученных за 3 месяца, когда станция работала нормально (октябрь - декабрь 2006 год).

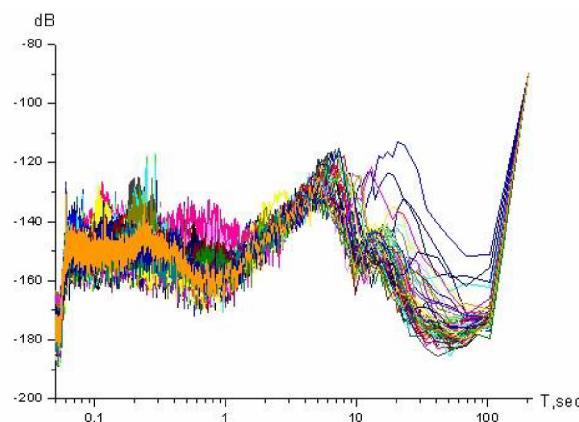


Рисунок 6. Спектральные кривые сейсмического шума. Станция Карагату. Период наблюдений - три месяца

Максимальный и минимальный уровни, описывающие вариации сейсмического шума, принимались в качестве нормальной модели шума для станции. В процессе мониторинга постоянно рассчитываются кривые шума за текущий день и сравниваются с полученными моделями. По расхождениям, выявляемым между ними, устанавливаются возникающие проблемы, связанные с работой аппаратуры, что способствует оперативному устранению неполадок.

На рисунке 7 приведены графики изменения уровня шума за период январь-март 2007 г. для трех значений периодов: 0,1 с, 1 с, 10 с.

Видно, что имеются дни, когда уровень шума превосходил нормальный уровень. Такие ситуации рассматривались специально. Первоначально анализировались те отрезки записей, которые были использованы для расчета шумов. Установлено, что в некоторых из них содержались записи слабых сейсмических событий (рисунок 8).

После выявления причин аномально высоких значений сейсмического шума, был произведен перерасчет уровня шумов по другим участкам сейсмической записи, что нормализовало их значение.

Кроме задачи контроля качества данных, рассчитанные спектральные плотности сейсмического шума используются для различных научных задач, например, для изучения временных вариаций сейсмического шума в связи с подготовкой сильных землетрясений, изучения сезонных вариаций сейсмических шумов, оценки влияния техногенных помех на качество данных и др.

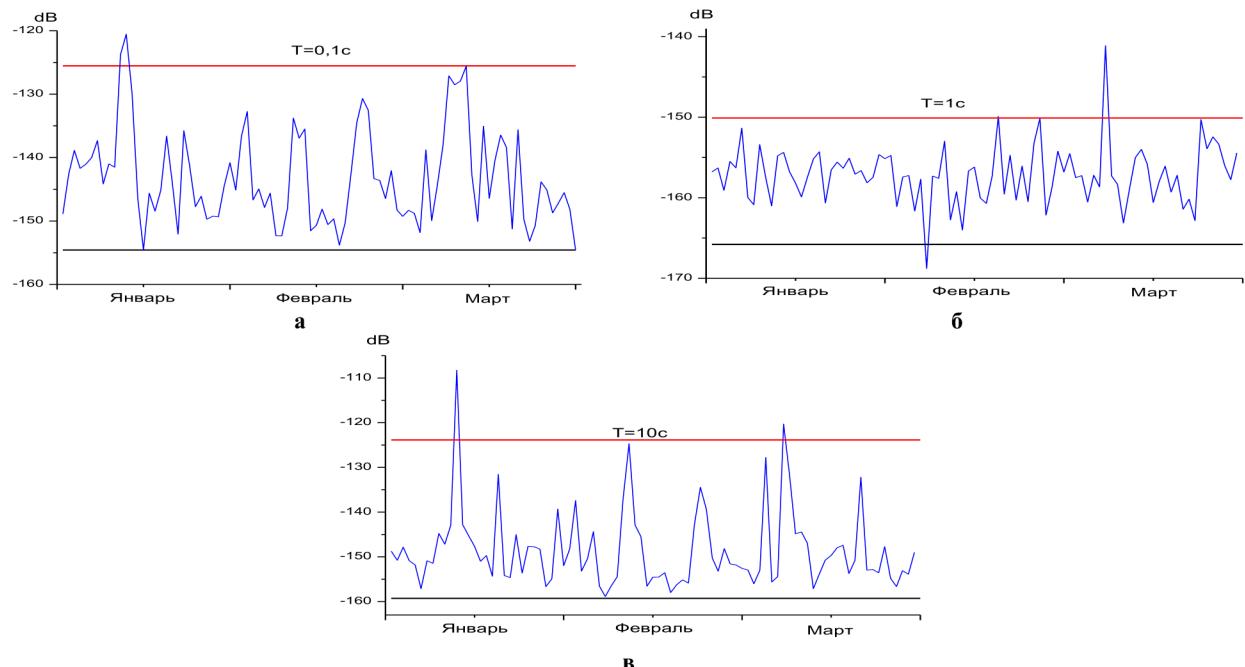
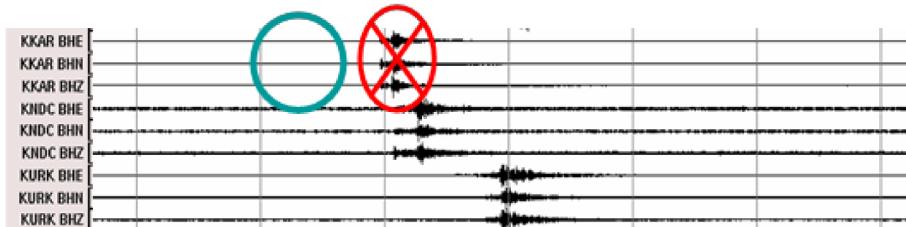


Рисунок 7. Графики изменения значений уровня сейсмического шума по станции Каратай для трех периодов



В красном кружке – запись слабого сейсмического – причины повышенного уровня шума;
в голубом кружке – участок записи, по которому был произведен пересчет характеристик шума

Рисунок 8. Событие на сейсмограмме, обусловившее «выскок» значения сейсмического шума (рисунок 7)

ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ РАБОТЫ ВСЕХ СИСТЕМ

В ЦСОССИ создан постоянно действующий Web-сайт (www.kndc.kz), на котором отражаются результаты расчета объема информации, получаемой от наблюдательных станций в режиме реального времени. Это позволяет дистанционно следить за работой систем. Расчет осуществляется сначала в реальном времени, а позже, через 6 дней, производится окончательный расчет статистики. Если по каким-либо причинам имел место перерыв в приеме

данных и данные поступали с опозданием, это учитывается в окончательных расчетах. Формируется результирующий файл, содержащий сведения (в процентах) о работе за сутки станции и каждого ее канала. Для определения времени начала и конца перерывов в поступлении данных (если такие произошли), создана специальная программа, формирующая по регистрирующим каналам таблицу интервалов времени, в течение которых данные отсутствовали (таблица 2).

Таблица 2. Фрагмент таблицы с интервалами отсутствия данных

Код станции	Канал	Дата начала сегмента	Время начала сегмента	Время конца сегмента	Длительность сегмента
MK31	be	02/14/2008 00:00:00	07:59:40.000	08:00:00.000	20
MK32	se	02/14/2008 00:00:00	07:59:40.000	08:00:00.000	20
MK31	bn	02/14/2008 00:00:00	07:59:40.000	08:00:00.000	20
MK32	sn	02/14/2008 00:00:00	07:59:40.000	08:00:00.000	20
MK31	bz	02/14/2008 00:00:00	07:59:40.000	08:00:00.000	20
MK01	sz	02/14/2008 00:00:00	07:59:40.000	08:00:00.000	20
MK02	sz	02/14/2008 00:00:00	07:59:40.000	08:00:00.000	20
MK32	sz	02/14/2008 00:00:00	07:59:40.000	08:00:00.000	20

Аналогичным образом формируются файлы с объемом поступивших данных от каждой станции НЯЦ РК. По истечении месяца на основании файлов с данными за сутки формируется итоговый отчет о работе станций и каналов за месяц. В качестве примера в таблице 3 приведен фрагмент сводных статистических данных о работе станции PS23-Маканчи за февраль месяц 2008 г.

Для слежения за работой каналов связи каждые 10 мин из ЦСОССИ проводится опрос основных компьютеров, установленных на каждой сейсмической станции для сбора данных от элементов и для передачи этих данных в ЦСОССИ. О случаях пере-

боя в работе канала связи оператор информируется по электронной почте или звуковым сигналом. Пример сообщения о перебоях в работе канала связи приведен в таблице 4.

Таблица 3. Объем данных, поступивших в ЦСОССИ за февраль месяц 2008 г. от станции PS23-Маканчи

Канал	%	Канал	%	Канал	%
MK01	98,46	MK02	97,92	MK03	97,91
MK04	90,76	MK05	98,45	MK06	97,94
MK07	97,33	MK08	97,73	MK09	97,96
M31e	96,99	M31n	96,99	M31z	96,99
M32e	99,69	M32n	99,69	M32z	99,69

Таблица 4. Сообщение об отсутствии связи по каналу

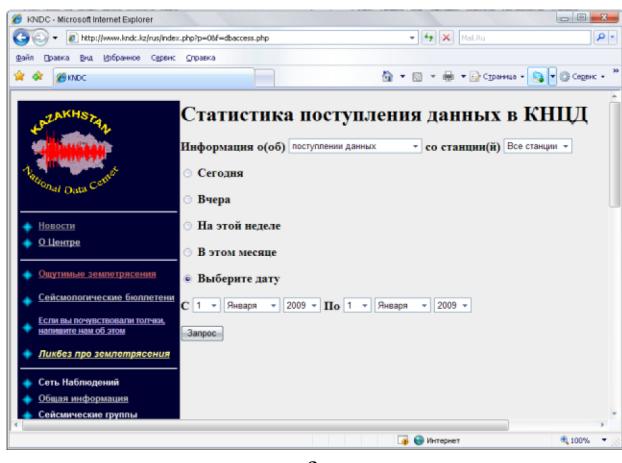
Имя станции	Дата	Имя станции	Дата
NO_KURK	02/15/08 03:43:58	NO_MkarRT	04/15/03 18:47:52
NO_MkarRT	02/15/08 18:25:52	NO_CHK	04/15/03 19:11:52
NO_MkarOW	02/15/08 18:25:52	NO_CHK	04/15/03 20:47:52

Кроме оперативного и окончательного расчетов статистики данных, поступивших в ЦСОССИ, имеется возможность сравнить их со сведениями, переданными в Национальный центр данных США и Международный центр данных ОДВЗЯИ (Вена).

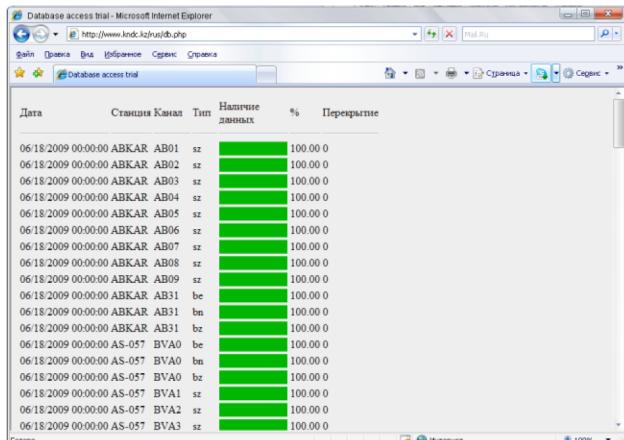
Для удобства пользователей, особенно удаленных от ЦСОССИ на Web-сайте (www.kndc.kz) доступ к данным мониторинга состояния станций и поступления данных реализован следующим образом. На первой странице навигационной панели (в русской и английской версиях) имеются две ссылки. Первая из них - «Статистика поступления данных» - направляет пользователя к странице, на которой можно сформировать запрос к базе данных и получить необходимый ответ (рисунок 10). Вторая ссылка - «Задержка поступления данных» открывает окно, в котором отображается время поступления последнего пакета данных и время отсылки последнего пакета данных в другие Центры. Цветовая кодировка, как показано на рисунке 4, информирует о

временном режиме посылки/получения последнего пакета данных. Частота обновления информации на Web-сайте составляет 12 ч.

Созданный инструмент позволяет оперативно и удаленно от станций получать информацию о поступлении и пересылке пакетов данных. Сейсмическое событие также обрабатывается оперативно и данные о нем в течение 15 минут выставляют на Web – сайте в разделе «Ощущимые землетрясения». Указываются точные координаты информации об интенсивности землетрясения и его последствиях. Так как доступ к данным происходит через Web - сервер, то информацию можно получать при помощи любого браузера с любого компьютера, независимо от того, под управлением какой операционной системы он работает. Обработанные данные включаются в сейсмический бюллетень ЦСОССИ, сопровождаемый картой эпицентров землетрясений (рисунок 11). Сейсмологический бюллетень за 2008 год включил 17 078 событий.

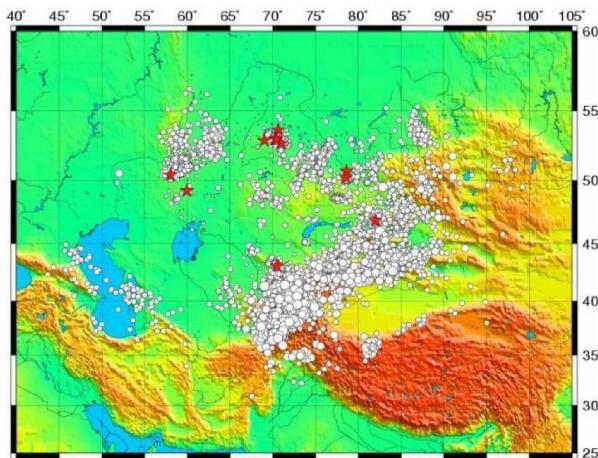


а



б

Рисунок 10. Страница запроса (а) и пример ответа на запрос (б) о поступлении данных в ЦСОССИ



*Рисунок 11. Сейсмический бюллетень ЦСОССИ
ИГИ НЯЦ РК за 2008 год*

Созданные в ЦСОССИ автоматизированные системы и технологии контроля объемов и качества данных позволили казахстанскому центру стать одним из лучших национальных центров в Международной системе мониторинга. Международные центры стабильно получают более 95 процентов данных, зарегистрированных станциями НЯЦ РК. Данные станций НЯЦ РК доступны и широко используются исследователями всех стран мира в интересах глобальной сейсмологии, а также в Казахстане для решения задач оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляшова, Н.Н. Система мониторинга ядерных испытаний НЯЦ РК: развитие и возможности / Н.Н. Беляшова, Н.Н. Михайлова // Вестник НЯЦ РК, 2007. – Вып. 2. – С. 5 – 8.
2. Михайлова, Н.Н. Спектральные характеристики сейсмического шума по данным Казахстанских станций мониторинга / Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров // Вестник НЯЦ РК, 2006. – Вып. 2. – С.19 – 26.

АРНАУЛЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ АҚПАРАТЫН ЖИНАУ ЖӘНЕ ӨҢДЕУ ОРТАЛЫҒЫНДА ДЕРЕКТЕР САПАСЫН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІ

Сейнасинов Н.А., Гордиенко Д.Д.

ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

ҚР ҰЯО Геофизикалық институтының Деректер орталығында жасалған және табысты іс-кимылдағы тіркеу арналардың, стационарлық сейсмикалық станциялармен байланыс арналардың жұмысын, деректер дер кезінде түсу және жіберілуіне автоматталған бақылау жүйесі сипатталған. Тіркеу жүйелер жұмысын бақылауының жаңа элементі болып табылатыны – сейсмикалық шулар параметрлерінің мониторингі. Бақылаудың сол әдісінің үлгілері көлтірілген.

QUALITY CONTROL SYSTEM AT THE CENTER OF ACQUISITION AND PROCESSING OF SPECIAL SEISMIC INFORMATION

N.A. Seinasinov, D.D. Gordienko

Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

A created automated control system was described that was successfully functioning in the Data Center of the Institute of Geophysical Research NNC RK to control recording and communication channels, timely data arrival and departure. One of the new elements of operation control is seismic noise monitoring parameters. Examples of the application of such approach were given.