

**ДОКЛАД СПЕЦИАЛЬНОЙ ГРУППЫ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ КОНФЕРЕНЦИИ  
ПО РАЗОРУЖЕНИЮ ОБ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ТЭГНЭ-3 И ЕГО ЗНАЧИМОСТИ ДЛЯ  
СЕЙСМИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА  
ПО ДОГОВОРУ О ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

## Резюме

На протяжении последних нескольких лет Специальная группа научных экспертов (ГНЭ) разрабатывает экспериментальную глобальную систему сейсмического мониторинга, предназначенную для апробирования концепций на предмет возможного использования в будущей Международной системе мониторинга (МСМ) ДВЗИ. Эта деятельность, известная как третий технический эксперимент ГНЭ (ТЭГНЭ-3), проводилась на основе предыдущего опыта ГНЭ и осуществлялась с участием 60 стран.

Осуществление полномасштабных операций в рамках эксперимента ТЭГНЭ-3 началось с 1 января 1995 года и продолжается до сих пор. В настоящем докладе приводится всеобъемлющий обзор результатов и выводов по итогам первых полутора лет проведения ТЭГНЭ-3. В докладе также излагаются конкретные рекомендации по итогам экспериментов. Эти рекомендации могли бы быть использованы для облегчения плавного и упорядоченного перехода от ТЭГНЭ-3 к намечаемой МСМ.

## Общие концепции

Опыт ТЭГНЭ-3 позволил подтвердить жизнеспособность и эффективность концепций Международной системы сейсмического мониторинга, первоначально изложенных в документе CD/1254. Эти концепции включают: единый централизованный Международный центр данных (МЦД); специально спроектированную высококачественную сейсмографическую сеть в составе примерно 50 первичных станций и 100-150 вспомогательных станций; национальные центры данных (НЦД) в участвующих странах; а также современную систему связи для обеспечения обмена данными между этими элементами.

Хотя основное внимание в ходе ТЭГНЭ-3 уделяется сейсмическому мониторингу, практические эксперименты показали, что схема построения системы является достаточно гибкой для включения в нее сбора, обработки, архивации и распространения данных от других технологий мониторинга. Таким образом, система ТЭГНЭ-3 может обеспечить инфраструктуру, необходимую для радионуклидного, гидроакустического и инфразвукового мониторинга, как это намечается для МСМ. В сущности, эти концепции отражены в предлагаемом тексте договора ДВЗИ (CD/NTD/WP.330/Rev.2).

## Сеть станций и связь

Для проведения эксперимента ТЭГНЭ-3 участвующие страны создали и эксплуатируют как первичные, так и вспомогательные станции. В работе сети ТЭГНЭ-3 в общей сложности приняли участие 43 первичные и 90 вспомогательных станций. Первичные и вспомогательные сейсмографические сети, описанные в предлагаемом тексте договора, эволюционировали из частичных сетей, созданных для эксперимента ТЭГНЭ-3, а также на основе дискуссий Специального комитета по запрещению ядерных испытаний. В предлагаемую МСМ включаются не все станции сети ТЭГНЭ-3. Однако в настоящее

время эксплуатационная сеть ТЭГНЭ-3 включает 32 из 50 предлагаемых первичных станций МСМ и 38 из 120 предлагаемых вспомогательных станций МСМ.

Специальная группа предприняла два шага по упорядоченному переходу от сети ТЭГНЭ-3 к предлагаемой сейсмической сети МСМ: 1) исключение из участия некоторых станций ТЭГНЭ-3, которые не входят в состав предлагаемой МСМ; и 2) продолжение усилий по поощрению присоединения к эксперименту ТЭГНЭ-3 дополнительных стран, имеющих станции в составе предлагаемой МСМ (CD/1398). Участие в ТЭГНЭ-3 дополнительных станций, не намечаемых для МСМ, было полезным в плане обеспечения временных подмен для пока еще отсутствующих станций МСМ и имело существенно важное значение для обеспечения требуемого для разработки МЦД реалистичного уровня нагрузки по обработке данных.

Специальная группа разработала технические спецификации для сейсмографических станций МСМ и в ходе ТЭГНЭ-3 апробировала эффективность этих спецификаций. Группа пришла к выводу о том, что следует уделять пристальное внимание как техническим спецификациям оборудования, так и соображениям в связи с подбором станционных площадок.

ТЭГНЭ-3 позволил получить обширный опыт в плане создания и содержания тех типов каналов связи, которые требуются для передачи данных. Эти типы связи включают самые разные специализированные спутниковые цепи, специализированные наземные цепи, микроволновые и радиорелейные каналы, которые были созданы на двусторонней, индивидуальной основе между НЦД и МЦД. Однако системы передачи данных для целей ТЭГНЭ-3 не были спланированы и реализованы оптимальным образом с точки зрения затрат или эффективности.

В ходе ТЭГНЭ-3 сбор данных от вспомогательных сейсмических станций производился с использованием двух видов связи: по запросу через (автоматические) телефонные линии и посредством запросов, препровождаемых через компьютерную сеть Интернет. Хотя в ходе ТЭГНЭ-3 на экспериментальной основе было произведено выгодное использование Интернет как с точки зрения расходов, так и с точки зрения эффективности, могли бы иметь место кое-какие сомнения относительно ее использования в рамках будущего договора по соображениям защищенности, своевременности и надежности в оперативной ситуации.

#### **Национальные центры данных (НЦД)**

В ходе ТЭГНЭ-3 национальные центры данных играют важнейшую роль в плане эксплуатации и содержания надежных станций и каналов связи и служат эффективным связующим звеном между МЦД ТЭГНЭ-3 и участвующими государствами, которое позволяет производить выборку и оценку данных и продуктов.

Помимо своих основных функций, связанных с представлением данных от сейсмографических станций, НЦД играли активную роль в оценке результатов ТЭГНЭ-3. Многие НЦД представляли дополнительную информацию о сейсмических явлениях на основе анализа данных от национальных или региональных сетей. Такие национальные вклады могли бы оказаться полезными в МСМ, например, с точки зрения содействия калибровке сети МСМ.

#### **Международный центр данных (МЦД)**

После длительной и сложной подготовки для ТЭГНЭ-3 был создан экспериментальный Международный центр данных. С 1 января 1995 года МЦД ТЭГНЭ-3 функционировал непрерывно, за исключением лишь незначительных перерывов, выступая в роли объекта по сбору, обработке и распространению данных для всей сети ТЭГНЭ-3. В ходе эксперимента повышалась и значительно расширялась эффективность МЦД ТЭГНЭ-3. Лишь за несколькими исключениями, были решены крупные технические проблемы.

ТЭГНЭ-3 показал, что единый МЦД такой структуры и таких размеров, какие были установлены для эксперимента, может успешно выполнять задачи, предусматриваемые в рамках МСМ, включая следующие:

- получение и архивацию сейсмических данных в объеме, ожидаемом для МСМ по ДВЗИ;
- своевременный анализ этого большого объема данных на текущей основе;
- выработка и распространение определенных стандартных продуктов, полезных для мониторинга и оценки системы.

Многие из функций, предусматриваемых для МСМ МЦД, уже реализованы в МЦД ТЭГНЭ-3. Вместе с тем требуются дополнительные усовершенствования, особенно в таких сферах, как повышение избыточности и защищенности данных.

#### **Сейсмологическая эффективность**

В ходе ТЭГНЭ-3 было продемонстрировано устойчивое повышение сейсмологической эффективности по мере развертывания ТЭГНЭ-3. Из-за ограниченности ресурсов в ходе ТЭГНЭ-3 уделялось мало внимания внедрению новых сейсмологических концепций. Основной акцент был сделан на выработке всеобъемлющего ежедневного бюллетеня с использованием традиционных сейсмологических методов. Результаты оценки эффективности задокументированы во всеобъемлющем докладе (GSE/CRP/262), в котором также указаны конкретные сферы, в которых требуется дополнительная работа. Значительный вклад в повышение эффективности внесли новые программные средства, рассчитанные на повышение автоматизации и эффективности обнаружения сигналов и

ассоциирования фаз; однако все еще требуются усовершенствования в других процедурах, как, например, определение глубины и магнитуды.

Несмотря на желательность высокой степени автоматизации эффективной обработки данных, следует признать, что нужно будет во всех случаях осуществлять обзор и (при необходимости) пересмотр силами интерпретаторов. Следует продолжать усилия по совершенствованию и доводке автоматических процедур и по сокращению потребностей во вмешательстве интерпретаторов в эти процедуры, а также в корректировке их результатов.

Весьма неоднородны в настоящее время возможности сети ТЭГНЭ-3 как в плане обнаружения, так и в плане местоопределения. Сетевое имитационное моделирование показало, что такое положение будет улучшаться по мере приближения сети к схеме построения МСМ. Однако для достижения возможностей в плане обнаружения и местоопределения, ожидаемых от эксплуатационной МСМ, потребуется произвести доводку и калибровку сети.

#### **Документация**

ГНЭ разработала обширный комплект документации по ТЭГНЭ-3. Эта документация включает подробное описание плана ТЭГНЭ-3, подробные инструкции по всем аспектам операций ТЭГНЭ-3, информацию по объектам, входящим в состав ТЭГНЭ-3, а также процедуры и результаты оценки эксперимента. Эта документация, насчитывающая примерно 1000 печатных страниц, имеется как в виде распечаток, так и в электронной форме. Однако из-за ограниченности ресурсов эта документация пока еще не завершена. Кроме того, есть необходимость в разработке дополнительной документации, которая потребовалась бы для будущих оперативных руководств по МСМ.

Опыт ТЭГНЭ-3 показал, что такая подробная документация имеет существенное значение. Особо полезной оказалась электронная версия документации, поскольку она облегчает распространение и позволяет постоянно обновлять информацию. Значительные разделы этой документации имеют прямое отношение к документации, которая потребуется в намечаемых оперативных руководствах по МСМ.

#### **Рекомендации по переходу к МСМ**

На основе обширного опыта, накопленного в ходе проведения ТЭГНЭ-3, прослеживается ряд результатов, которые могли бы оказаться полезными при создании и эксплуатации будущей МСМ. Эти рекомендации могли бы быть использованы в качестве ориентира для осуществления плавного перехода от ТЭГНЭ-3 к МСМ.

#### **Рекомендуемые технические изменения**

- Следует обеспечить упорядоченный переход от ТЭГНЭ-3 к сети МСМ с включением станций, предусмотренных для МСМ, по мере их выделения.

- Следует обеспечивать проведение непрерывной оценки материалов, поступающих от первичных и вспомогательных станций, и выносить соответствующие рекомендации относительно замен.
- Следует провести полный обзор технических спецификаций сейсмографических станций МСМ на основе опыта ТЭГНЭ-3.
- Следует провести оценку и реализацию процедур аутентификации данных.
- Следует провести оценку технических характеристик и надежности станций и каналов связи и по мере необходимости повысить их уровень.
- Необходимо выработать концепцию передачи данных МСМ, которая была бы более затратоэффективной по сравнению с использовавшейся в ходе ТЭГНЭ-3.
- Необходимо повысить избыточность и защищенность во всех звеньях системы (станции, связь, НЦД и МСМ/МЦД).
- Надлежит разработать продукты МЦД с акцентом на функциональность, надежность и удобство в пользовании.
- МСМ/МЦД следует разработать усовершенствованные процедуры апробирования программных средств обработки данных.
- Данные, получаемые при помощи других технологий мониторинга, должны по-прежнему интегрироваться в систему МЦД ТЭГНЭ-3.

**Рекомендуемые усовершенствования применительно к сейсмологическим процедурам**

- Следует осуществлять постоянную доводку применяемых в МСМ/МЦД процедур автоматической обработки данных, включая обнаружение, фазовую идентификацию и фазовое ассоциирование.
- В целях сокращения числа ложных явлений требуются усовершенствованные автоматические проверки на предмет соответствия.
- Следует осуществлять калибровку сетевых процедур местоопределения явлений в соответствии с планом, намеченным ГНЭ.
- Требуется внесение усовершенствований применительно к расчету и спецификации погрешностей в местоопределении явления.
- Требуется наличие усовершенствованных программ выборки данных со вспомогательных станций.

- Следует пересмотреть и усовершенствовать методы оценки сейсмических магнитуд (включая  $M_s$ ).
- Необходимо рассмотреть и усовершенствовать методы оценки глубины явления; следует рассмотреть альтернативные методы.
- Следует апробировать и внедрить методы расчета параметров характеристики источника.

#### **Рекомендуемые организационные положения**

- Следует разработать такой формат документации ТЭГНЭ-3, чтобы ее можно было использовать в качестве полных и обновленных операционных руководств по МСМ и справочных руководств для целей обеспечения качества и для целей подготовки кадров. Следует обеспечить возможность предоставления новой документации в электронной форме, как и в ходе ТЭГНЭ-3.
- В рамках МСМ должен быть разработан и внедрен план обеспечения качества.
- Потребуется наличие плана создания эксплуатационного МСМ/МЦД, который следует разработать на основе опыта ТЭГНЭ-3.
- Необходимо полнее определить функции НЦД в отношении МСМ/МЦД, в том числе в следующих областях: обеспечение своевременного и полного доступа к данным, передача данных, дистанционный мониторинг и обслуживание станций, и обеспечение качества.
- Следует проводить периодическую оценку научных и технических процедур и продуктов МСМ/МЦД с привлечением независимой внешней группы квалифицированных специалистов.
- Требуется план подготовки персонала будущего МСМ/МЦД и, по соответствующему запросу, НЦД.
- Необходимо координировать проведение региональных рабочих совещаний и осуществление других мероприятий и следует и далее поощрять деятельность в рамках МСМ.

#### **1. Введение**

На протяжении последних нескольких лет Специальная группа научных экспертов (ГНЭ) Конференции по разоружению разрабатывает экспериментальную глобальную систему сейсмического мониторинга, предназначенную для апробирования концепций возможного использования в будущей Международной системе мониторинга (МСМ) ДВЗИ. Эта

деятельность, кульминацией которой стал третий технический эксперимент ГНЭ (ТЭГНЭ-3), основывается на многолетнем опыте исследований в области сейсмического мониторинга, в том числе в рамках двух предыдущих глобальных технических экспериментов, проводившихся ГНЭ в 1984 и 1991 годах.

Полномасштабная экспериментальная эксплуатация системы ТЭГНЭ-3 началась 1 января 1995 года. В настоящем докладе проводится всеобъемлющий обзор текущих результатов и опыта ТЭГНЭ-3 по итогам первых полутора лет успешного осуществления. В нем содержатся также конкретные рекомендации по итогам экспериментов. Эти рекомендации могли бы быть использованы для облегчения плавного и упорядоченного перехода от системы ТЭГНЭ-3 к намечаемой МСМ.

Основные цели ТЭГНЭ-3 состоят в следующем:

- разработка и апробирование новых концепций в экспериментальной Международной системе сейсмического мониторинга на основе прежнего опыта;
- создание практической основы для обеспечения Конференции по разоружению своевременной технической информацией;
- разработка экспериментальной системы, способной эволюционировать и адаптироваться для удовлетворения будущих потребностей.

Для достижения этих целей ГНЭ в ходе ТЭГНЭ-3 разрабатывает и апробирует экспериментальную систему сейсмического мониторинга, состоящую из трех основных компонентов:

- сеть высокочувствительных первичных и вспомогательных сейсмических станций, распределенных по всему миру и эксплуатируемых в соответствии с международно согласованными правилами;
- национальные центры данных (НЦД) в участвующих странах, ответственные за эксплуатацию станций и оперативное предоставление данных в международную систему;
- экспериментальный Международный центр данных (ЭМЦД), ответственный за сбор, обработку и архивацию зарегистрированных данных, а также за своевременное обеспечение участников данными и аналитическими результатами.

Составной частью ТЭГНЭ-3 было использование и оценка каналов связи, соединяющих ЭМЦД с национальными объектами. К их числу относились как каналы высокоскоростной непрерывной передачи данных, так и, в соответствующих случаях, каналы для передачи данных по запросу.



ТЭГНЭ-3 представляет собой беспрецедентную глобальную попытку реалистичного в эксплуатационном плане апробирования ключевых аспектов глобальной системы сейсмического мониторинга, включая:

- оперативное получение и обработку данных от глобальной сети станций на центральном объекте обработки данных;
- оперативное и удобное предоставление надежных данных всем участвующим государствам;
- максимально возможную автоматизацию процедур сбора, обработки и распространения данных;
- постоянную архивацию всех данных, собранных или генерированных системой;
- контроль обеспечения защищенности и качества;
- архитектуру, которая позволит вносить изменения и усовершенствования, когда таковые будут сочтены целесообразными.

Хотя в ходе ТЭГНЭ-3 основное внимание уделялось сейсмическому мониторингу, схема построения системы оказалась достаточно гибкой для включения в нее сбора, архивации и распространения данных, получаемых за счет несейсмических методов, например мониторинга радиоактивности, гидроакустики и инфразвукового метода.

## **2. Сейсмографические сети**

Первичная и вспомогательная сейсмографические сети, описанные в предлагаемом тексте договора (CD/NTB/WP.330/Rev.1), эволюционировали из частичных сетей, созданных для ТЭГНЭ-3, а также на основе дискуссий Специального комитета по запрещению ядерных испытаний. Цель настоящего раздела состоит в том, чтобы описать нынешнее состояние сети ТЭГНЭ-3, резюмировать типы станций и аппаратуры, имеющих в составе сети, описать эффективность различных типов станций и влияние условий на площадке, а также сопоставить сеть ТЭГНЭ-3 с предлагаемой сетью МСМ. Настоящий раздел завершается рекомендациями, которые могут быть полезными при довершении сейсмографического компонента сети намечаемой МСМ.

### **2.1 Первичная и вспомогательная сейсмографические сети ТЭГНЭ-3 и их вклад в сети МСМ**

Сейсмографические станции, входящие в состав первичной и вспомогательной сейсмографических сетей ТЭГНЭ-3, перечислены соответственно в таблицах 1 и 2 приложения 1. В таблицах 1а и 2а приведены перечни первичных и вспомогательных

станций МСМ с указанием того, какие из этих станций участвуют в ТЭГНЭ-3 по состоянию на август 1996 года; в таблицах 1b и 2b приведены перечни дополнительных станций, которые участвуют в ТЭГНЭ-3, но не входят в состав сетей МСМ.

В ТЭГНЭ-3 в целом пока приняли участие 43 первичных и 90 вспомогательных сейсмических станций в 49 странах. Кроме того, несколько стран вносили свой вклад иным образом, например посредством предоставления дополнительных данных от своих национальных сетей, так что в целом в ТЭГНЭ-3 приняли участие 60 стран.

На рис. 2.1 приведена карта первичной сейсмографической сети МСМ с нанесенными на нее условными обозначениями, указывающими отдельно сейсмогруппы и трехкомпонентные станции, и показано, какие станции в настоящее время эксплуатируются в рамках ТЭГНЭ-3. В ТЭГНЭ-3 участвуют сегодня 32 из 50 первичных станций МСМ.

На рис. 2.2 приведена карта вспомогательной сейсмографической сети МСМ с нанесенными на нее условными обозначениями, указывающими отдельно трехкомпонентные станции и сейсмогруппы, и показано, какие станции эксплуатируются в рамках ТЭГНЭ-3 в настоящее время. Сейчас в ТЭГНЭ-3 участвуют 38 из 120 вспомогательных станций. Хотя в ТЭГНЭ-3 участвовали 90 вспомогательных станций, причины нынешнего относительно слабого участия вспомогательных станций МСМ в ТЭГНЭ-3 носят двоякий характер: 1) ТЭГНЭ-3 отличался высокой концентрацией (более чем необходимо) вспомогательных станций в Северной Америке, Европе и Австралии просто потому, что эти станции имелись в наличии и оказались полезными для получения практического опыта; и 2) эксперты по МСМ значительно сократили число вспомогательных станций в этих регионах и попытались добиться довольно единообразного охвата других континентальных районов, т.е. тех регионов планеты, где, в частности, имеются трудности с обеспечением связи и где могло участвовать небольшое число станций.

Специальная группа предприняла два шага к упорядоченному переходу от сети ТЭГНЭ-3 к предлагаемой сети МСМ: 1) исключение из участия тех станций ТЭГНЭ-3, которые не входят в состав предлагаемой МСМ; и 2) продолжение усилий по привлечению к эксперименту ТЭГНЭ-3 дополнительных стран, имеющих станции в составе МСМ (CD/1398).

## **2.2 Типы станций, приборы и стандарты наличия данных**

Шестнадцать первичных станций, действующих сегодня в рамках ТЭГНЭ-3, представляют собой станции группирования, причем 14 из них включены в первичную сеть МСМ; в первичную сеть МСМ должно быть добавлено 17 дополнительных станций (таблица 1a), которые, как намечается, будут станциями группирования. Существующие станции группирования существенно отличаются друг от друга по масштабам и форме и варьируются от широкоапертурных телесеизмических сейсмогрупп до сейсмогрупп со средней и малой апертурой, каждая из которых имеет свою собственную геометрическую конфигурацию и индивидуальный комплект приборов. Сейсмогруппы вносят основной вклад

в обеспечение глобального потенциала обнаружения, как это отмечено ниже, и применительно к сейсмогруппам МСМ нет необходимости устанавливать конкретную конфигурацию схемы построения, поскольку каждая из них спроектирована с учетом конкретных местных условий и характера распределения сейсмических явлений, которые она призвана обнаруживать.

Трехкомпонентные станции в составе сети отличаются большей степенью стандартизации в том смысле, что на большинстве из них имеется по три ортогональных широкополосных сейсмометра на одной площадке; однако эти станции отличаются широким разнообразием в плане оснащенности сейсмометрами и электронной аппаратурой.

Ранее Специальная группа разработала технические спецификации для сейсмографических станций МСМ (CD/1211) и на своей сорок четвертой сессии начала дискуссии по пересмотру этих спецификаций на основе опыта ТЭГНЭ-3. Однако в ходе ТЭГНЭ-3 было констатировано, что станции, не соответствующие строгим техническим спецификациям, внесли значительный вклад в эксперимент. Группа по-прежнему полагает, что следует уделять пристальное внимание как техническим спецификациям оборудования, так и соображениям в связи с подбором площадок.

В ходе ТЭГНЭ-3 осуществлялся тщательный учет наличия в ЭМЦД данных от каждой первичной станции и как со стороны НЦД, так и со стороны ЭМЦД предпринимались попытки установить причины утери данных. Специальная группа рекомендовала в качестве разумной цели 99-процентный уровень наличия данных в ЭМЦД (см. GSE/CRP.243); однако будет важно установить, является эта цель затратноэффективной, и это является задачей на будущее. Многие каналы, соединяющие станции с ЭМЦД, продемонстрировали высокую надежность связи в ходе ТЭГНЭ-3, и предполагается, что для МСМ вполне можно обеспечить надежную связь (см. ниже). Во многих случаях причины утраты данных были связаны со станционными проблемами: перебои с энергопитанием, удары молний, сбои в работе оборудования и т.д. Чтобы гарантировать 99-процентное наличие данных, потребуется значительно повысить надежность станций в этих аспектах, оснастить их низкоэнергетичным оборудованием, организовать оперативную доставку запасных частей и обеспечить наличие технического персонала, готового экстренно выезжать на отдаленные станции для проведения ремонтных работ, причем все это скажется на стоимости станций.

### **2.3 Эффективность станций и модификации сети**

В ходе ТЭГНЭ-3 велась статистика по количеству сейсмических явлений, местоположение которых было определено при помощи каждой из станций. В определенной мере это количество зависит от частотности землетрясений и других сейсмических явлений, например взрывов, в пределах дистанций обнаружения, обеспечиваемого станциями, и от степени настройки автоматических детекторов, однако наиболее важное значение имеют такие факторы, как тип станции (сейсмогруппа или трехкомпонентная станция) и локальный уровень фонового шума.

Восемь наиболее эффективных с точки зрения количества зарегистрированных явлений первичных станций ТЭГНЭ-3 – это станции группирования, причем все они дислоцированы в сейсмически спокойных районах. Некоторые из первичных станций ТЭГНЭ-3 были относительно неэффективными, что было обусловлено в основном высокими уровнями фонового шума. В ходе ТЭГНЭ-3 не принималось никаких решений относительно исключения неэффективных станций из участия в эксперименте, за исключением тех случаев, когда серьезные проблемы в обеспечении связи приводили к неполучению данных. В рамках же МСМ качество вклада станций будет находиться под постоянным наблюдением и будут иметься возможности предлагать модификации сети.

#### **2.4 Аутентификация данных**

Специальная группа рекомендовала (CD/1185) осуществлять аутентификацию данных, собираемых с первичных станций и, возможно, со вспомогательных станций, с тем чтобы повысить уверенность в том, что данные не были подвергнуты фальсификации. Это может быть обеспечено посредством снабжения данных индивидуализированной сигнатурой. Специальной группе было доложено о позитивных результатах практического апробирования концепции аутентификации данных, которые подтвердили жизнеспособность данного метода. Апробированная система позволяет легко выявлять попытки фальсификации данных и попытки получения доступа к датчикам и аппаратуре аутентификации. Для дальнейшего апробирования и уточнения этих концепций требуется более широкое международное сотрудничество. Этот процесс однозначно будет сопряжен с финансовыми последствиями ввиду необходимости дополнительного оснащения станций аппаратурой аутентификации данных.

#### **2.5 Связь**

ТЭГНЭ-3 позволил получить обширный опыт в плане создания и содержания тех типов каналов связи, которые требуются и имеются в наличии для целей передачи как сплошных, так и фрагментированных данных. Механизмы передачи данных от первичных станций, разработанные для целей ТЭГНЭ-3 (см. GSE/CRP/262), не были спланированы и реализованы оптимальным образом с точки зрения затрат или эффективности, а скорее были созданы в основном на двусторонней, индивидуальной основе между НЦД и ЭМЦД. Были использованы самые разнообразные средства связи между станциями и НДС и ЭМЦД, включая специализированные спутниковые цепи, специализированные наземные телефонные цепи, микроволновые и радиорелейные каналы. Во многих случаях комбинировались несколько разных методов. Поскольку для ТЭГНЭ-3 отсутствовал общий единообразный план связи, в целях экономии и использования преимуществ существующей маршрутизации данных НДС в Норвегии, Российской Федерации и Соединенных Штатах использовались в качестве временных центров ретрансляции данных для препровождения данных, собранных от других стран, участвующих в ТЭГНЭ-3.

В большинстве случаев поток данных со станции в ЭМЦД проходит через НЦД. Однако в ряде случаев поток данных со станции в ЭМЦД проходит через центр передачи данных, минуя НЦД. Имеются также случаи, когда через центры передачи данных проходят данные со станций в тех странах, которые не эксплуатируют НЦД. В рамках ТЭГНЭ-3 нет ни одного случая, когда данные с первичной станции проходили бы непосредственно в ЭМЦД.

Уровень безотказности каналов связи между НЦД и ЭМЦД довольно высок. Общий уровень наличия данных в ЭМЦД, выраженный в виде доли от совокупного возможного уровня, варьируется в широких пределах, но за продолжительный период времени превышает 99 процентов лишь в двух случаях (Франция и Япония).

Во многих странах были внедрены протоколы и форматы, разработанные для ТЭГНЭ-3. Применительно к первичным данным был разработан протокол для восполнения пробелов в данных, которые обусловлены сбоями в работе каналов связи или компьютерной аппаратуры на каком-либо из концов соединения и которые порой охватывают до нескольких дней. В целом короткие перерывы в функционировании каналов связи не приводят к потере данных, но отражаются на своевременности получения данных в ЭМЦД. В числе причин возникновения сбоев в работе этих каналов связи наиболее частой является ненадежность систем электропитания.

ТЭГНЭ-3 обеспечил возможность для использования и апробирования новой разработки в области спутниковой связи – систем терминала с очень малой апертурой (ТОМА). Система связи ТОМА уже используется в нескольких национальных сетях передачи данных (Канада, США, Франция, Израиль), а также на нескольких региональных линиях в рамках сети ТЭГНЭ-3. Поскольку будущая сеть связи МСМ будет, как ожидается, обеспечивать передачу в два или три раза большего объема сплошных сейсмических данных по сравнению с тем объемом, который имел место в рамках ТЭГНЭ-3, представляется целесообразным рассмотреть вопрос об использовании специализированных систем связи, таких, как система ТОМА. Имеющиеся сегодня станции ТОМА, отличающиеся низким уровнем энергопотребления, позволяют использовать солнечную энергию, и поэтому такие системы оказываются весьма привлекательными, особенно для отдаленных и изолированных площадок. В целом они представляются высокорентабельными.

В ходе ТЭГНЭ-3 сбор данных от вспомогательных сейсмографических станций производился с использованием двух видов связи: по запросу через (автоматические) телефонные линии и посредством запросов, препровождаемых через компьютерную сеть Интернет на автоматический администратор запросов данных (автоАЗД). Последний представляет собой систему на базе электронной почты, которая вырабатывает автоматический ответ компьютера НЦД на полученный запрос относительно данных или другой информации, хранимой в НЦД. Вариант автоматической телефонной связи, используемый в основном в тех пунктах, где нет соединения с сетью Интернет, может оказаться весьма дорогостоящим в силу высокой стоимости дальней телефонной связи.

Этой системой, которая отличается меньшей надежностью по сравнению с Интернет, пользуются около 24 станций в 21 стране, однако необходимо учитывать то обстоятельство, что большинство площадок, где используется автоматическая телефонная связь, находятся в отдаленных пунктах в странах с менее развитыми инфраструктурами связи. Системы автоАЗД, несколько отличающиеся друг от друга в различных НЦД, продемонстрировали довольно высокую эффективность и являются рентабельными с учетом нынешней низкой стоимости соединений в рамках Интернет. Этим способом в ЭМЦД передавались данные более чем с 50 вспомогательных станций. Хотя ТЭГНЭ-3 выгодно использовал Интернет как с точки зрения расходов, так и с точки зрения эффективности выборки вспомогательных сейсмических данных на экспериментальной основе, могли бы возникнуть определенные сомнения относительно ее использования в рамках будущего договора по соображениям защиты, своевременности и надежности в оперативной ситуации.

Расходы по большинству международных каналов связи, используемых для обеспечения непрерывной передачи данных в ЭМЦД, являются высокими и в среднем составляют 100 000 долл. США в год, причем они варьируется в широких пределах, что лишь в незначительной степени зависит от дальности передачи или объема передаваемых данных и зачастую обусловлено различиями в местных тарифных ставках. Применительно к вспомогательным данным услуги сети Интернет до сих пор предоставлялись пользователям на безвозмездной основе. Стоимость услуг автоматических телефонных станций обычно составляет несколько долларов США в минуту, и при средней продолжительности каждого соединения порядка 5 минут ежемесячные расходы на некоторых станциях превышают 5 000 долл. США.

## **2.6 Рекомендации**

Исходя из опыта ТЭГНЭ-3, у Группы имеются следующие конкретные рекомендации в отношении сейсмографической сети и связи, которые могут оказаться полезными для Подготовительной комиссии:

- следует продолжить упорядоченный переход от первичной и вспомогательной сетей ТЭГНЭ-3 к предлагаемым сетям МСМ;
- следует окончательно уточнить технические спецификации для сейсмографических станций МСМ на основе опыта ТЭГНЭ-3;
- следует продолжить оценку вклада первичных и вспомогательных станций в обнаружение и местоопределение сейсмических явлений;
- следует предпринять международные усилия по продолжению апробирования и уточнения концепций аутентификации данных;

- следует провести всеобъемлющее изучение унифицированного подхода к глобальной связи применительно ко всем объектам в составе предлагаемой МСМ;
- следует взять на вооружение какую-то разновидность системы автоАЗД для осуществления выборки данных со вспомогательных станций в составе предлагаемой МСМ, если она будет совместимой с общей концепцией глобальной связи;
- следует изучить влияние тарифов и сборов на коммуникационные расходы применительно к предлагаемым площадкам МСМ.

### **3. Национальные центры данных (НЦД)**

Национальные центры данных (НЦД) служат связующим звеном между участвующим государством и международным компонентом системы ТЭГНЭ-3. НЦД представляет собой своего рода шлюз, через который каждое участвующее государство предоставляет необработанные данные от станций сейсмографической сети и получает результаты обработки от ЭМЦД ТЭГНЭ-3.

Хотя в ходе ТЭГНЭ-3 большинство НЦД предоставляют данные от первичных и/или вспомогательных станций, предоставление данных от любого из этих двух источников не является предварительным условием для участия НЦД в ТЭГНЭ-3. Требование обеспечения равномерного географического распределения как первичных, так и вспомогательных станций привело к тому, что в некоторых странах не требуется наличия каких-либо станций. НЦД обеспечивает контакт между участвующим государством и международной системой независимо от того, предоставляет ли НЦД данные от сейсмографических станций.

В качестве альтернативы в ходе ТЭГНЭ-3 были созданы двусторонние или иные механизмы, с помощью которых данные от первичных или вспомогательных станций передавались в ЭМЦД по какому-либо иному маршруту, минуя НЦД. Например, данные передаются непосредственно в ЭМЦД через узел связи, который занимается сейсмическими данными от нескольких стран.

#### **3.1 Функции национального центра данных (НЦД)**

Основными обязанностями НЦД в ходе ТЭГНЭ-3 являются содержание первичных и вспомогательных станций, содержание каналов связи, передача сплошных первичных данных в ЭМЦД, передача запрошенных вспомогательных фрагментов волновых форм в ЭМЦД и доведение до сведения ЭМЦД любых проблем, отражающихся на качестве данных.

В менее формальном смысле НЦД предоставляли сейсмические бюллетени от своих национальных сетей (известные как дополнительные данные), а также вносили вклад и проводили исследования, которые повысили эффективность функционирования системы ТЭГНЭ-3 и способствовали проведению его обзора и оценки. Сюда относится предоставление данных, касающихся особенностей распространения сейсмических волн в пределах района вокруг каждой сейсмографической станции. Эти данные имеют очень важное значение при калибровке сейсмографической сети для обеспечения точного местоопределения и надежной оценки магнитуды сейсмических явлений.

Участие НЦД приветствуется даже в тех случаях, когда государство не имеет первичных или вспомогательных станций в составе сейсмографической сети ТЭГНЭ-3. Это участие может состоять в предоставлении дополнительных данных и/или помощи в оценке ТЭГНЭ-3 посредством проведения анализа и обеспечения обратной связи в отношении продуктов ЭМЦД.

Другие виды деятельности и обязанности НЦД будут варьироваться в зависимости от потребностей конкретной страны. К числу этих потребностей могут относиться, например, подробная интерпретация продуктов ЭМЦД, осуществление выборки и анализа дополнительных данных от ЭМЦД, интегрирование данных, получаемых из других источников, и предоставление результатов другим национальным органам. Специальная группа решила, что сейсмические данные, полученные в ходе ТЭГНЭ-3, будут предоставляться другим заинтересованным национальным участникам через их соответствующий НЦД.

Состав объектов, используемых НЦД ТЭГНЭ-3, широко варьируется в зависимости от потребностей каждого государства в тех или иных видах деятельности конкретного НЦД. Требования в отношении конкретного оборудования или персонала НЦД ТЭГНЭ-3 не существует.

### 3.2 Оценка НЦД ТЭГНЭ-3

В тех случаях, когда на НЦД была возложена ответственность за содержание сейсмографических станций, эта задача выполнялась эффективно, насколько это позволяли ресурсы. Некоторые НЦД имели ограниченную возможность для усовершенствования своих станций и систем связи из-за недостатка финансовой поддержки. Вопросы надежности станций и систем связи подробно освещаются в главе 2.

Имелось несколько случаев, когда НЦД не уведомлял ЭМЦД о проблеме, возникшей на конкретной станции. ЭМЦД должен получать сообщения о любых технических сбоях, отражающихся на передаче данных в ЭМЦД, в кратчайшие возможные сроки. Были случаи, когда при возникновении проблемы на первичной станции ЭМЦД сталкивался с трудностями в установлении контакта с персоналом НЦД в нерабочее время.



Хотя 34 страны обязались представлять бюллетени по национальным сетям (дополнительные данные), число стран, действительно посылающих эти данные в ЭМЦД в рамках ТЭГНЭ-3, возросло очень медленно, и, по самым последним сведениям, их число составляет 23.

Лишь очень немногие НЦД предоставляли информацию о времени локального и регионального распространения и о кривых ослабления амплитуды сейсмических волн в регионе своих станций. Сегодня ЭМЦД работает непосредственно с НЦД на индивидуальной основе в интересах получения этой информации.

Национальным центрам данных было предложено принять участие в оценке ТЭГНЭ-3 по нескольким направлениям. Некоторые НЦД завершили свои собственные оценочные исследования и привели результаты в документах, представленных на заседаниях специальной группы. Во многих из этих исследований даны сопоставления координат сейсмических явлений, полученных системой ТЭГНЭ-3, с данными соответствующей национальной сети, и эти результаты оказались весьма полезным подспорьем для оценки ТЭГНЭ-3. Были также представлены документы с результатами различных исследований по тем или иным аспектам системы ТЭГНЭ-3, и эти документы оказались полезным подспорьем для ЭМЦД в ходе оценки осуществляемой им обработки и применяемых процедур.

### 3.3 Рекомендации

НЦД можно рассматривать в качестве технического контактного центра для любого государства, который будет взаимодействовать с Международной системой мониторинга (МСМ). Очень важно, чтобы МЦД МСМ имел необходимую информацию, позволяющую ему устанавливать контакт с любым НЦД по техническим вопросам, связанным со станцией (станциями) последнего, в нерабочее время.

НЦД должны рассматривать содержание станций и каналов связи в качестве своего главного приоритета и всемерно обеспечивать высокий уровень наличия данных как от первичных, так и от вспомогательных станций. МЦД МСМ должен оперативно уведомляться о технических проблемах, отражающихся на этих данных. Важное значение имеет линия связи между НЦД и МЦД МСМ, и она должна использоваться для того, чтобы постоянно информировать МЦД МСМ о состоянии станций и каналов связи. Эта линия должна также использоваться МЦД МСМ для обратной связи с НЦД по всем эксплуатационным вопросам.

Помимо своих основных функций, связанных с предоставлением данных от сейсмографических станций, НЦД должны играть активную роль в калибровке сети МСМ посредством предоставления информации локального характера и высококачественных дополнительных данных из бюллетеней своих национальных сетей с целью содействовать корректировке сейсмографической сети. В частности, НЦД должны сотрудничать с МЦД МСМ в отборе очень точно локализованных явлений, обнаруженных как сетью МСМ, так

и национальной сейсмографической сетью, которые могли бы быть использованы в целях накопления информации, требующейся для калибровки сети и подлежащей обработке в МЦД МСМ.

В ходе ТЭГНЭ-3 становилось все более очевидно, что в настоящее время режим работы НЦД не соответствует намечаемому рабочему режиму – т.е. они функционируют в основном в обычное рабочее время и имеют такую систему обслуживания аппаратуры, которая не гарантирует своевременного ремонта оборудования. Такой режим работы может приводить к возникновению крупных пробелов в поставке данных, которые обусловлены сбоями в системе. Для обеспечения высокого рабочего потенциала МСМ потребуется предусмотреть резервное оборудование и оплату экстренной и сверхурочной работы персонала НЦД и станций. Это нужно будет учитывать при рассмотрении вопроса об объеме расходов.

#### **4. Экспериментальный международный центр данных ТЭГНЭ-3 (ЭМЦД)**

ЭМЦД представляет собой координационный центр системы ТЭГНЭ-3, выступающий в роли объекта по сбору, обработке и распространению данных для всей сети. ЭМЦД предоставляет продукты и услуги всем участникам и выступает в качестве объекта по хранению всех данных, собранных в рамках глобальной системы. ЭМЦД осуществляет также надзор за общим функционированием глобальной сети станций. В разделе 4.1 настоящей главы резюмируются задачи ЭМЦД, в разделах 4.2-4.5 рассматривается эффективность ЭМЦД, а в разделе 4.6 предлагаются наиболее важные требующиеся усовершенствования.

##### **4.1 Основные функции**

Основными функциями ЭМЦД в ходе ТЭГНЭ-3 были следующие:

- **Получение данных.** ЭМЦД получает необработанные данные от станционных сетей и дополнительные данные от НЦД. Все данные должны предоставляться в соответствии со стандартными форматами и протоколами связи. Для решения этой задачи ЭМЦД располагает большим количеством каналов связи.
- **Архивация.** Все полученные данные и все продукты ЭМЦД архивируются в ЭМЦД посредством использования системы управления базой данных. Объем ежегодно архивируемых данных составляет величину порядка 1 млн. мегабайт.
- **Автоматическое обнаружение сигналов.** ЭМЦД обрабатывает необработанные данные и определяет характеристики обнаруженных сигналов, уровень которых превышает уровень фонового шума. В рамках этой обработки качество необработанных данных подвергается проверке и производится отбраковка низкокачественных данных.

- Автоматическое местоопределение и характеристика явлений. На основе использования обнаруженных сигналов ЭМЦД выработывает перечни явлений. По мере получения все большего количества данных и их обработки в ЭМЦД выработывается несколько все более уточненных вариантов. По каждому явлению рассчитываются характеристические параметры. Проводится оценка неопределенностей в отношении параметров.
- Выборка вспомогательных данных. Первый вариант автоматического перечня явлений основан только на первичных данных, тогда как в последующих вариантах используются и вспомогательные данные. На основе автоматически зарегистрированных явлений ЭМЦД осуществляет автоматическую выработку данных от тех вспомогательных станций, которые вероятнее всего внесут значительный вклад в местоопределение и характеристику явлений.
- Интерактивный анализ. Интерпретаторы проводят обзор необработанных данных и результатов автоматической обработки в целях повышения качества перечня явлений. Окончательным продуктом анализа является пересмотренный бюллетень явлений – ПБЯ.
- Выработка других продуктов ЭМЦД. ЭМЦД начнет выработывать резюме и оценки по потенциалу системы в виде картины хронологической вариации порога обнаружения в различных регионах (пороговый мониторинг).
- Распространение. Данные и продукты распространяются среди НЦД. Другие пользователи, например научные учреждения, получают данные через НЦД. НЦД могут получать данные на основе постоянной подписки, построенной с учетом их конкретных потребностей, и могут также представлять одноразовые запросы. Можно также устанавливать связь с ЭМЦД через Всемирную сеть и осуществлять просмотр продуктов и некоторых данных.
- Мониторинг системы. ЭМЦД осуществляет мониторинг состояния всех станций, каналов связи и систем ЭМЦД и выработывает ежедневное резюме показателей эффективности. Проблемы фиксируются в регистрационных файлах и в базе данных.
- Обеспечение документации. Все функции ЭМЦД должны быть полностью задокументированы, с тем чтобы НЦД могли воспроизводить результаты работы ЭМЦД.

#### **4.2 Операции по обработке данных**

Многие функции, намечаемые для будущего МЦД МСМ уже осуществляются в ЭМЦД ТЭГНЭ-3. После более чем трех лет разработок и экспериментального осуществления ТЭГНЭ-3, включая последние полтора года полномасштабных непрерывных операций, основные проблемы решены, и функции осуществляются должным образом, не считая нескольких исключений. Опыт ТЭГНЭ-3 показывает, что для решения всех сопутствующих проблем после внедрения новой функции обычно требуется до одного года.

#### **4.2.1 Общий эксплуатационный опыт**

Полномасштабное функционирование ЭМЦД на круглосуточной и ежесуточной основе началось 1 января 1995 года. В мае 1995 года ЭМЦД не функционировал в течение 7 дней из-за отказа дисков, содержащих оперативную базу данных, и последующего отказа системы зеркальных дисков. За этим единственным исключением, ЭМЦД обрабатывал и анализировал данные по каждому дню передачи данных и в течение 1995 года выработал информацию по 20 224 явлениям, пересмотренным интерпретаторами. Однако в те дни, когда наблюдалась чрезвычайно высокая сейсмическая активность или возникали серьезные проблемы с аппаратурой, полный анализ в ЭМЦД не производился.

Заключительным и одним из самых продолжительных этапов анализа, осуществляемого в ЭМЦД, является сканирование необработанных данных о волновых формах по явлениям, пропущенным автоматической системой. В течение 1995 года этот этап иногда не проводился из-за нехватки времени, но с 22 января по 10 июня 1996 года анализ в принципе осуществлялся полностью по всем дням передачи данных, хотя в период февральской крупной серии афтершоков ЭМЦД проводил так называемый укороченный анализ афтершоков. ЭМЦД перешел 15 июня на пятидневный график интерактивного анализа, сохраняя при этом ориентацию на проведение анализа по всем дням передачи данных.

В рамках осуществления операций и деятельности, связанной с разработками в области сейсмической технологии, в ЭМЦД сегодня работает около 50 человек, в том числе 8-10 международных внештатных специалистов. Значительная часть деятельности, связанной с разработками, осуществляется за пределами ЭМЦД.

#### **4.2.2 Получение и архивация данных и обращение с данными**

Большинство функций ЭМЦД, такие, как получение, архивация и распространение данных, сегодня полностью автоматизированы и требуют лишь осуществления мониторинга и перезапуска/реконфигурации в случае ошибки в программном обеспечении или в работе аппаратуры. Эта автоматизация необходима с целью избежать чрезмерных затрат и обеспечить предоставление оперативных услуг на постоянной основе. Весьма значительные экспертные усилия требуются лишь при проведении анализа на этапе после первоначальной автоматической обработки.

ЭМЦД получал сплошные данные более чем от 40 первичных станций, многие из которых являются сейсмогруппами, лишь с незначительными проблемами, несмотря на сложность программного обеспечения. Вместе с тем, все еще не завершена разработка некоторых конструктивных особенностей, намечаемых для этого программного обеспечения, таких, как обработка калибровочных сигналов и усовершенствованный пользовательский интерфейс.

Средства автоматизации процедур обращения с данными в целом функционировали хорошо. Большинство проблем были связаны с недостаточной мощностью и надежностью использовавшегося ранее массового запоминающего устройства, которое было заменено в мае 1996 года. Прежнее массовое запоминающее устройство могло содержать лишь 3-4-месячный объем данных, и его быстродействие было слишком низким для оперативной обработки запроса. Новое устройство имеет в 24 раза больший объем оперативно-доступной памяти и, как ожидается, должно быть намного более надежным. Данные за период до мая 1996 года по-прежнему хранятся в старой системе. Было также признано, что несовершенство программных средств, обеспечивающих обработку сообщений, может приводить к утере сообщений и, например, к игнорированию запросов от НЦД. В декабре 1995 года система обработки сообщений была усовершенствована, и после этого не было выявлено ни одного случая утраты сообщений.

#### 4.2.3 Автоматическое обнаружение сигналов и определение местоположения явлений

Высокое качество первоначального, автоматического анализа имеет важное значение по следующим причинам:

- автоматические бюллетени представляют интерес для НЦД, поскольку они вырабатываются в течение 10 часов с момента происхождения явления; можно было бы сократить число требующихся специалистов-интерпретаторов;
- относительно неплохое первоначальное местоопределение привело бы к оптимизации запросов на данные от вспомогательных станций;
- ограничение числа ложных и пропущенных явлений привело бы к снижению рабочей нагрузки на специалистов-интерпретаторов;
- автоматические бюллетени дают объективную (хотя и не всегда точную) информацию об аномальном явлении.

В рамках ТЭГНЭ-3 вырабатывается три разных автоматических перечня явлений: ПАЯ, основанный на первичных данных, ПАБЯ и ЕПЯ, который содержит также вспомогательные данные. ЕПЯ - это наилучший автоматический перечень явлений, который вырабатывается приблизительно через 10 часов с момента происхождения явлений, и он используется в качестве отправной точки для интерактивного анализа. Качество автоматической обработки, которое обсуждается ниже, зависит от качества ЕПЯ.

В ходе ТЭГНЭ-3 была проделана большая работа по повышению качества автоматической обработки. Для первого этапа - обнаружения сигналов - была разработана и в январе 1996 года внедрена новая программа, именуемая ОВП - обнаружение и выделение признаков. ОВП обеспечивает значительно более эффективный контроль за качеством данных о волновых формах, и после ее внедрения количество ложных обнаружений значительно уменьшилось. Очень больших затрат времени требует решение

такой задачи, как корректировка автоматических детекторов для достижения оптимального уровня обнаружения. Эта задача сопряжена с выбором частотных диапазонов, направлений ориентации сейсмогрупп и пороговых уровней обнаружения индивидуально для каждой станции. Тем не менее около одной трети всех вступлений, указываемых в ПБЯ, добавляются интерпретаторами и, следовательно, пропускаются автоматическими детекторами. Для обеспечения точного местоопределения явления необходимы точные данные о времени вступления. В течение 1995 года лишь 20% автоматически полученных данных о времени вступления были одобрены интерпретаторами. После внедрения ОВП эта цифра увеличилась до 50%.

На основе данных о времени вступления и фазовой идентификации обнаружений можно устанавливать наличие явлений и определять их местоположение. Была разработана и в марте 1996 года внедрена новая программа, именуемая ГА – глобальное ассоциирование. Главным достоинством ГА является ее высокая производительность в плане осуществления вычислительных операций, которая позволит без каких-либо задержек обрабатывать данные от полных сетей МСМ даже в те дни, когда наблюдаются крупные серии афтершоков. Качество автоматических перечней явлений было повышено также отчасти благодаря ОВП и ГА. В настоящее время около половины явлений, фигурирующих в наилучших автоматических перечнях явлений (ЕПЯ), расцениваются интерпретаторами как ложные явления или явления, по которым не имеется достаточно данных. Из всех явлений, фигурирующих в ПБЯ, 15% добавляются интерпретаторами и, следовательно, пропускаются автоматической системой. Это является значительным достижением по сравнению с той ситуацией, которая существовала в 1995 году, когда добавлялось около 30% явлений. В ходе интерактивного анализа данные о глубине корректируются по 60% явлений, а данные о местоположении – по всем явлениям.

Для улучшения качества автоматических продуктов следует продолжить усилия по повышению эффективности обработки (что, возможно, потребует наличия 5–10 человек). Однако достижение такого высокого качества автоматической обработки, чтобы можно было сократить число интерпретаторов, остается очень долгосрочной целью (если ее вообще можно будет достичь).

#### 4.2.4 Выборка вспомогательных данных

Задача вспомогательной сети состоит в повышении точности местоопределения и характеристики источников явлений, обнаруженных первичной сетью. При составлении первого автоматического перечня явлений используются лишь данные от первичных станций, но затем направляются автоматические запросы относительно дополнительных данных на избранное число вспомогательных станций. Эти станции отбираются с учетом явлений, фигурирующих в первом перечне. Затем производится корректировка координат явлений на основе данных от вспомогательных станций. Этот процесс повторяется, и дополнительные запросы, если в них возникает потребность, строятся на основе явлений, фигурирующих во втором перечне, после чего составляется третий автоматический перечень явлений.

Отбор вспомогательных станций – это один из наиболее часто совершенствуемых процессов в ЭМЦД. Цель процесса отбора состоит в том, чтобы получить все полезные вспомогательные данные по явлению, сохраняя издержки на связь на как можно более низком уровне посредством минимизации объема запрашиваемых данных. В течение последних шести месяцев 1995 года ЭМЦД направил около полумиллиона запросов на вспомогательные данные. В ходе ТЭГНЭ-3 возникло немало проблем, в результате чего местоположение 37 процентов всех явлений в ПБЯ было определено без использования вспомогательных данных:

- Отбор проводится на основе автоматических перечней явлений, в которых содержится немало ложных или неверно локализованных явлений. Кроме того, многие подлинные явления упускаются системами автоматической обработки и должны добавляться в перечень интерпретаторами в ходе интерактивного анализа. Применительно к добавленным явлениям или явлениям, в определении местоположения которых были допущены серьезные ошибки, в целом нельзя будет использовать данные от вспомогательных станций, поскольку по ним не будет никаких запросов в контексте интерактивного анализа. С другой стороны, по ложным явлениям будут составляться бесполезные запросы, и это приведет к увеличению издержек ЭМЦД на связь. Качество автоматических перечней явлений было повышено, и это несколько улучшило ситуацию, но довольно незначительно. Для полного использования потенциала вспомогательной сети следует также предусмотреть процедуру окончательной выборки вспомогательных данных на основе явлений, пересмотренных интерпретаторами, за которой должен следовать второй этап интерактивного анализа.
- Имелось немало технических проблем на этапе осуществления выборки данных от вспомогательных станций. В ходе ТЭГНЭ-3 эта ситуация значительно улучшилась, хотя здесь все же возникло несколько проблем, особенно с вновь добавленными или удаленными станциями. В настоящее время удастся получить ответы приблизительно на 90% всех запросов.
- Алгоритм, используемый в ЭМЦД для отбора вспомогательных станций, был улучшен, но он все же нуждается в дальнейшем усовершенствовании. Выборка вспомогательных данных в ЭМЦД до сих пор была ориентирована на повышение точности местоопределения, однако задача улучшения характеристики источника является не менее важной. Для ее решения, возможно, потребовалось бы уделять больше внимания выборке S-фаз, глубинно-зависимых фаз и поверхностных волн.

#### **4.2.5 Интерактивный анализ**

В первые месяцы 1996 года рассмотрением результатов автоматической обработки и выработкой ПБЯ занимались 11 сейсмологов. По всей видимости, это – минимальное число опытных интерпретаторов, требующееся для выработки ПБЯ в течение 48 часов с момента окончания дня передачи данных. Интерактивный анализ абсолютно необходим для получения высококачественного продукта.

Качество конечного продукта анализа в ЭМЦД – ПБЯ – во многих отношениях было очень высоким. Сопоставления с региональными бюллетенями, когда таковые имеются, показывают, что почти все явления, фигурирующие в ПБЯ, соответствуют реальным сейсмическим явлениям. В регионах, где были предприняты детальные расследования на основе информации, полученной от плотных местных сетей, некоторые (но очень немногие) явления, указанные в ПБЯ, оказались ложными. Методы установления параметров явления рассматриваются более подробно в последующих разделах.

#### **4.2.6 Местоопределение явлений**

ТЭГНЭ-3 позволил провести первоначальную проверку точности местоопределения сейсмических явлений при помощи экспериментальных процедур, используемых в ЭМЦД. В настоящее время в рамках процедуры местоопределения рассчитывается оценка точности координат эпицентра, которая сообщается в ПБЯ. Эту расчетную величину не следует смешивать с точностью местоопределения, которая отражает фактическую погрешность местоопределения в случае явлений с известными координатами. Точность оценивалась посредством сопоставления местоположения, определенного ЭМЦД при помощи данных от первичных и вспомогательных станций, участвующих в ТЭГНЭ-3, и местоположений, определенных отдельно, – либо известных местоположений (например, промышленные взрывы на известных горнопромышленных объектах), либо местоположений сейсмических явлений, указанных местными или региональными сетями. В большинстве случаев неопределенность местоопределений в ходе ТЭГНЭ-3 превышает 1000 кв.км. Крупные погрешности в определении местоположений в рамках ТЭГНЭ-3 обусловлены двумя основными причинами: сеть ТЭГНЭ-3 не обеспечивает единообразного или оптимального охвата, и сеть ТЭГНЭ-3 не откалибрована. В районах, где сеть ТЭГНЭ-3 близка к параметрам сети МСМ, проводились отдельные мелкомасштабные калибровочные эксперименты. Калибровочная информация, полученная в ходе этих экспериментов, позволила значительно повысить точность местоопределения.

#### **4.2.7 Определение глубины**

В настоящее время большинству явлений в ПБЯ, независимо от их истинной глубины, присваивается заданная глубина ноль километров, но с точки зрения характеристики источника это нецелесообразно. Калибровка сетей должна позволить производить определение глубины по большему числу явлений, но вместе с тем необходимо и разработать более совершенные методы определения глубины, например путем обнаружения большего числа фаз глубины за счет сложения волновых форм, за счет использования длиннопериодных спектров и за счет использования трехмерных моделей скорости. Однако Специальная группа признает, что здесь имеются свои ограничения.



#### 4.2.8 Амплитуды и магнитуды

Измерение амплитуд производится автоматически. Обычно интерпретаторы не вносят изменений в автоматические измерения. И поэтому бывает трудно оценить, насколько добротнo выполнено автоматическое определение. В настоящее время нет возможности определять амплитуды по фазам, добавляемым в ходе интерактивного анализа. Но такая возможность появится с реализацией в рамках новой программы ОВП варианта на базе явлений. В силу того, что для характеристики источника важное значение имеют амплитуды, следует уделять больше внимания получению надежных амплитуд по всем фазам.

Используя амплитуды и периоды, ЭМЦД в настоящее время рассчитывает магнитуды трех разновидностей:  $M_L$ ,  $m_b$  и  $M_w$ . Ставятся цели получить магнитуды, которые могут автоматически и надежно рассчитываться в ЭМЦД, будучи сопоставимы с продуктами сейсмических учреждений, а также выступая в качестве величайшего подспорья для выполнения центрами НЦД своей задачи в области проверки. Уже предпринимаются усилия с целью урегулирования этой проблемы, ей и впредь требуется уделять внимание.

#### 4.2.9 Длиннопериодные данные

В течение 1995 года ЭМЦД начал также использовать длиннопериодные данные для расчета магнитуды поверхностной волны -  $M_w$ . Эта магнитуда имеет большую ценность для характеристики явлений, но она с трудом поддается определению по слабым явлениям. В настоящее время эта магнитуда рассчитывается менее чем по 10 процентов явлений, и следует усовершенствовать методы обнаружения и ассоциирования поверхностных волн с явлениями. Для дальнейшего увеличения числа явлений, сопряженных с ассоциированными поверхностными волнами, можно было бы использовать данные по региональным расстояниям, и работа в этом отношении уже ведется.

### 4.3 Операции в рамках системы

#### 4.3.1 Соблюдение графиков

Повышение эффективности автоматической обработки позволило ЭМЦД соблюдать строгий график, причем даже в периоды повышенной сейсмической активности, например в случае серии афтершоков. Однако сбои в работе аппаратуры, затрагивающие ключевые компоненты, все же могут приводить к задержкам. В рамках работоспособной системы требуется обеспечить более высокую степень резервной избыточности аппаратуры.

При расширении сети станций до объема полной сети МСМ потребовались бы дополнительные ресурсы для обеспечения соблюдения установленного графика. Внедрение новых программных средств для автоматической обработки данных по явлениям должно обеспечить соблюдение графика по крайней мере в рамках автоматической части обработки.

Применительно к объединению данных от различных технологий в один окончательный продукт и влиянию этого процесса на график работы имеется лишь весьма ограниченный опыт.

#### 4.3.2 Абонементы и услуги по распределению данных

В настоящее время НЦД могут производить подписку на автоматические перечни явлений (за исключением ЕПЯ) и ПБЯ, а также на доклады о состоянии каналов связи и станций. Кроме того, НЦД могут получать в режиме квазиреального времени все сплошные данные о волновых формах, которые получает ЭМЦД.

В ходе ТЭГНЭ-3 передача сплошных данных в НЦД проходила с переменным успехом, хотя из-за необходимости оперировать большим объемом данных с заявками на такого рода абонемент обращались лишь очень немногие НЦД. В передающем программном обеспечении было выявлено и исправлено много мелких дефектов. Основное планируемое усовершенствование состоит в отслеживании имеющихся пробелов в сплошных данных, с тем чтобы восполнить такие пробелы на более позднем этапе. Необходимо также обеспечить возможность передачи вспомогательных данных.

В ходе ТЭГНЭ-3 неплохо зарекомендовали себя другие абонементные услуги, которые были дополнены кое-какими полезными вариантами, например возможностью отбора явлений только в определенных регионах. Остается обеспечить НЦД фрагментами волновых форм, ассоциированных с явлениями в ПБЯ, а также добавить бюллетень характеристики, имеющий параметры характеристики источника по каждому явлению. Эти дополнительные продукты необходимы на тот случай, если НЦД будут наделены способностью выполнять свои задачи по проверке. НЦД должны также иметь возможность получать такие продукты не один раз в сутки, а немедленно.

Значительному усовершенствованию были подвергнуты и в настоящее время считаются весьма полезными содержание и компоновка информации, поставляемой по Всемирной сети (World Wide Web). НЦД, располагающие опытом использования языка запросов по базе данных, установили, что прямой доступ к базе данных МЦД является очень оперативным способом получения информации, хотя этот метод и не очень удобен для пользователя.

Для эксплуатационного ЭМЦД было бы неприемлема отмечавшаяся в 1995 году реализация такой функции ЭМЦД, как АвтоАЗД, которая использовалась для ответа на специальные запросы. Имело место игнорирование запросов, распространенным явлением были многочасовые задержки, да и ЭМЦД иногда стирал ответы до того, как НЦД могли прочитать их. Чрезмерные временные задержки были, вероятно, обусловлены аппаратными ограничениями массового запоминающего устройства, которое было заменено в мае 1996 года. Не была реализована возможность получения фрагментов волновых форм, ассоциированных с конкретным явлением, в связи с чем запрос данных оказался для НЦД более обременительным делом. В настоящее время разрабатывается архив

фрагментированных данных, который должен позволить удовлетворять большинство запросов по явлениям. Недостает и некоторых других полезных вариантов, например запросов в отношении всех обнаружений даже в том случае, если они не ассоциированы центром ЭМЦД с каким-то явлением. В 1995 году ЭМЦД направил около 5000 ответов с общим объемом данных 2 гигабайта. Можно ожидать, что эта величина существенно возрастет, когда система станет работоспособной, а использование запросов станет более удобным для пользователей.

#### 4.3.3 Системный мониторинг

Абонентным НЦД регулярно направлялись ситуационные доклады. Во ВС (www) имеется диаграмма рабочего процесса, дающая в режиме квазиреального времени картину обработки в ЭМЦД, что позволяет НЦД в течение нескольких минут выявлять проблемы с обработкой по их станциям. Пример такой диаграммы приведен на рис. 4.1. ЭМЦД также осуществляет обстоятельный внутренний мониторинг, который следует еще больше усовершенствовать, с тем чтобы можно было производить немедленное выявление и урегулирование проблем.

#### 4.4 Процедуры, требующие дополнительного апробирования

В ЭМЦД пока еще по-прежнему не внедрены несколько функций, намечаемых для МЦД МСМ, или же они внедрены столь недавно, что сегодня имеется лишь весьма ограниченный опыт в плане возможных проблем, связанных с их осуществлением. К числу этих функций относятся следующие:

- Аутентификация. Концепция добавления цифровой сигнатуры к данным при помощи секретного ключа и последующей проверки данных при помощи открытого ключа была апробирована на одном датчике и оказалась эффективной, но широкое применение еще не обеспечено.

- Характеризация явлений. Была проведена первоначальная разработка текущих процедур вычисления всеобъемлющего набора параметров характеризации явления. Однако эти текущие процедуры были внедрены в процесс обработки данных и выработки продуктов в ЭМЦД на столь позднем этапе, что НЦД практически не имеют опыта в плане возможных проблем, связанных с этими рутинными процедурами, и в плане полезности параметров. Для повышения степени полезности, возможно, потребуется иметь некоторые дополнительные параметры и добавить коррективы по дальности и региональной специфике. Новым продуктом ЭМЦД будет бюллетень характеризации явлений.

- Отфильтрованный бюллетень отобранных явлений. Эта концепция предполагает применение набора стандартных критериев для отбора тех явлений, которые, как предполагается, соответствуют природным явлениям или неядерным явлениям антропогенного происхождения. Была проведена практическая демонстрация концепции,

однако ее полезность в значительной мере зависит от параметров характеристики явления, и поэтому сегодня имеется очень незначительный практический опыт в отношении этого продукта ЭМЦД.

- Резюме. Эта концепция предполагает составление высококачественных сжатых резюме по данным, продуктам и рабочему состоянию МЦД. Концепция была продемонстрирована, но пока еще не апробирована в рабочем режиме.

- Пороговый мониторинг. В данном случае речь идет о методе проведения постоянной оценки верхнего предела магнитуды любого сейсмического явления, которое могло бы произойти в определенное время и в определенном месте. Был разработан и продемонстрирован экспериментальный вариант, рабочий же вариант этой функции ЭМЦД пока еще не внедрен.

- Другие технологии. ЭМЦД недавно приступил к обработке данных от других технологий, используя опыт применения процедур обработки, которые были разработаны применительно к сейсмическим данным. Процедуры обработки гидроакустических данных наиболее близки к процедурам сейсмической обработки, и был начат процесс их интегрирования в систему. Однако еще предстоит проделать большой объем работы, особенно в плане интегрирования данных от всех четырех технологий в единый сводный бюллетень.

- Вопросы документации обсуждаются в главе 6 настоящего доклада.

#### **4.5 Персонал и подготовка кадров**

##### **4.5.1 Кадровые требования ЭМЦД ТЭГНЭ-3**

Штат ЭМЦД укомплектован специалистами высочайшей квалификации. В настоящее время в ЭМЦД работают 65 человек. Следует подчеркнуть, что для большинства постов требуются специальные знания и опыт. Интерпретаторы имеют степень бакалавра в области геофизики или аналогичную подготовку, а также опыт нескольких лет работы в области сейсмического анализа. Специалисты по аппаратуре и программному обеспечению имеют степень бакалавра в области вычислительной техники. Для многих других постов требуются более высокие степени в области геофизики.

##### **4.5.2 Подготовка кадров**

В ходе ТЭГНЭ-3 подготовку на рабочем месте по разным аспектам операций ЭМЦД получили 7 привлеченных международных специалистов, а еще 11 экспертов приняли участие в разработке и оценке ЭМЦД.

Все привлеченные международные специалисты обладали солидной подготовкой в области сейсмологии и обширным опытом работы в отечественных учреждениях. Для эффективной работы в ЭМЦД им требовалось получить дополнительную подготовку продолжительностью, в зависимости от должности, от шести недель до шести месяцев.

#### 4.6 Рекомендации

В результате ТЭГНЭ-3 значительно эволюционировала сейсмическая обработка в ЭМЦД, и сейчас она во многих отношениях близка к тому, чего можно ожидать от эксплуатационного МЦД МСМ. Вместе с тем необходимы дальнейшие усовершенствования. В долгосрочной перспективе в ЭМЦД необходимо вести неуклонные разработки с целью использования научно-технических достижений. Необходимо непрерывно производить оценку эффективности системы, с тем чтобы обеспечить качество и полезность ее продуктов. Для удовлетворения предполагаемых потребностей эксплуатационного МЦД МСМ нужно будет расширить программу подготовки кадров. ЭМЦД может также внести важный вклад в подготовку кадров для национальных объектов в контексте подготовки к эксплуатации МСМ.

Временами качество функционирования ЭМЦД снижалось в результате аппаратных и программных сбоев. Важно, чтобы эксплуатационный МЦД МСМ обладал достаточной аппаратной избыточностью, с тем чтобы функционирование могло продолжаться без перебоев или возобновляться без потери данных. Хотелось бы надеяться, что этому будет способствовать новая версия зеркальных дисков, но все-таки следует предпринять дополнительные меры. Например, станции МСМ или соответствующие НЦД должны, согласно спецификациям, располагать буферными устройствами с запасом данных за одну неделю. За счет этого, даже в случае серьезного сбоя в МЦД МСМ, всегда должна быть возможность произвести выборку утраченных данных путем обращения к станциям/НЦД с запросом на ретрансляцию. Однако надо будет разработать программное обеспечение для автоматического выполнения этой операции; в настоящее время ЭМЦД трудно использовать буферы станции/НЦД. Данные в МЦД МСМ, как первичные, так и вспомогательные, должны отличаться такой же полнотой, как и данные на станциях/в НЦД.

Все программное обеспечение, подлежащее использованию в МЦД МСМ, должно пройти широкое апробирование до его реализации в рамках эксплуатационной системы. Как показывает опыт ТЭГНЭ-3, даже в случае широкого апробирования бывает трудно обнаружить все дефекты нового программного обеспечения.

Как указывалось в предыдущем разделе, необходимо дальнейшее развитие ЭМЦД. Необходимо добавить такие важнейшие новые функции, как калибровка сети, широкая характеристика источника и аутентификация. Следует также сделать так, чтобы НЦД было легче получать фрагменты волновых форм и параметры характеристики источника применительно к каждому явлению, будь то по подписке либо по отдельным запросам. Обширных разработок требует слияние четырех технологий для получения интегрированного

бюллетеня явлений. Можно было бы также усовершенствовать существующие функции ЭМЦД, например подборка вспомогательных станций, определение глубины и использование длиннопериодных данных. Следует произвести дальнейшую доводку автоматической обработки. Для ЭМЦД, а также в будущем для работоспособного МЦД МСМ, возможно, было бы полезно запрашивать технические предложения от НИЦ и рассматривать такие предложения с целью совершенствования стандартных процедур.

Основной результат ТЭГНЭ-3 в отношении точности местоопределения явлений имеет два аспекта: во-первых, важно создать полную сеть предлагаемых первичных и вспомогательных станций МСМ для обеспечения значительно лучшего глобального охвата по сравнению с тем, что является достижимым при нынешней сети ТЭГНЭ-3; во-вторых, это - признание того, что процесс повышения точности местоопределения, обеспечиваемой сетью, потребует обширной порегиональной калибровки всей сети МСМ. С учетом масштабов предлагаемой сейсмической сети МСМ это было бы крупным, но необходимым мероприятием. Программа калибровки сети потребовала бы использования информации, имеющейся в настоящее время в рамках индивидуальных национальных программ мониторинга землетрясений. В сейсмически активных районах (включая горнопромышленные районы) калибровка должна быстро привести к повышению точности местоопределения после завершения создания сети МСМ. Калибровка, особенно в районах с низкой сейсмичностью, будет неуклонно совершенствоваться по мере получения более подробных истинных данных или более детальных региональных моделей Земного шара. Использование информации о крупных промышленных химических взрывах значительно ускорило бы этот процесс и позволило бы быстро повысить точность местоопределения, обеспечиваемую сетью МСМ в этих районах.

##### **5. Сейсмологическая эффективность и возможности**

В данной главе проводится оценка ТЭГНЭ-3 с точки зрения его сейсмологической эффективности. В частности, в ней рассматриваются продукты ЭМЦД в статистическом отношении и в сопоставлении с принятой сейсмологической практикой, а также с другими источниками сейсмологических данных. Из-за ограниченности ресурсов, имевшихся в ходе ТЭГНЭ-3, новым сейсмологическим концепциям было уделено не так много внимания. Основной упор был сделан на выработке всеобъемлющего ежедневного бюллетеня с использованием традиционных сейсмологических методов. В ходе такого рассмотрения поочередно разбираются основные этапы обработки в ЭМЦД. Обзору каждого этапа сопутствует комментарий в отношении уровня и направления усилий, которые потребуются для достижения эксплуатационного уровня, совместимого с намечаемыми целями будущего МЦД МСМ. ТЭГНЭ-3 начался 1 января 1995 года, и в ходе этого эксперимента были произведены существенные усовершенствования; поэтому в ходе данного обзора будут рассматриваться только результаты, полученные в период между 1 января и 31 мая 1996 года.

## 5.1 Нынешнее состояние и осуществление сейсмологических методов

### 5.1.1 Обнаружение сигналов

В конце января 1996 года в ЭМЦД в начальном звене цикла обработки данных было реализовано новое программное обеспечение для автоматического обнаружения. Позднее доводка параметров обработки данных обнаружения по каждой станции позволила добиться улучшений в плане эффективности детекторов и ликвидации ложных обнаружений, вызванных паразитными данными. Тем не менее в рассматриваемый период с явлениями, фигурирующими в Пересмотренном бюллетене явлений (ПБЯ), были в конечном счете ассоциированы в среднем лишь 6,4 процента обнаружений на первичных сейсмогруппах и 6,8 процента обнаружений на первичных трехкомпонентных станциях. На автоматическое обнаружение приходится 67 процентов всех вступлений, сообщенных в ПБЯ. Из них 35 процентов поступили от первичных сейсмогрупп, 22 процента – от первичных трехкомпонентных станций и 10 процентов – от вспомогательных станций. 33 процента обнаружений добавляются интерпретаторами вручную.

Комментарий: Хотя автоматическую обработку обнаружений никак нельзя сделать абсолютно безошибочной и эффективной, нынешняя система требует значительно более обстоятельной разработки. На каждой отдельной станции требуется производить точную настройку процессора обнаружений. Кроме того, повысить эффективность могли бы позволить альтернативные алгоритмы обнаружения.

### 5.1.2 Обработка после обнаружения

С внедрением нового программного обеспечения заметно улучшились автоматическое хронирование и идентификация сейсмических фаз. Сократилось повторное хронирование автоматических "пиков" в ручном режиме, которое сейчас затрагивает около 50 процентов автоматических обнаружений по ПБЯ. Улучшилась также фазовая идентификация, результаты которой показаны в следующей таблице, где производится сопоставление фазовых идентификаций по ПБЯ (колонки) в процентном отношении с фазовыми идентификациями, произведенными в автоматическом режиме (ряды). Например: 92 процента фаз, идентифицированных автоматически как РКР, указываются как РКР и в ПБЯ; 4 процента – квалифицируются как на Р и т.д. Следует иметь в виду, что здесь приводятся только основные фазы, обнаруженные в окончательном бюллетене, и процентные величины свыше 1,0. (Рх, Sx и Tx соответственно означают неидентифицированные фазы Р, S и телесеismicического типа.)

ТАБЛИЦА 5.1

АВТО ПБЯ	P	PKP	S	Pn	Pg	Sn	Lg	Rg
P	97%	4%	8%	31%	2%	-	-	-
PKP	-	92%	-	-	-	-	-	-
S	-	-	14%	-	-	6%	-	-
Pn	1%	-	4%	66%	18%	-	-	-
Pg	-	-	-	3%	68%	-	-	-
Sn	-	-	13%	-	-	61%	8%	-
Lg	-	-	2%	-	-	2%	61%	8%
Rg	-	-	-	-	-	-	-	64%
Px	-	-	-	-	10%	2%	2%	-
Sx	-	-	50%	-	1%	25%	27%	28%
Tx	1%	3%	8%	-	-	3%	-	-

Комментарий: Применительно к телесеismicким фазам типа P отмечается превосходное качество автоматической идентификации фаз. Применительно к региональным фазам такая эффективность постепенно снижается, и правильная идентификация имеет место примерно в двух третьих случаев. Наиболее низкие результаты – лишь 14% успешной идентификации – получены в автоматическом режиме по телесеismicким фазам типа S. Необходима дальнейшая работа по доводке и настройке программного обеспечения для фазовой идентификации применительно к региональным фазам и фазам типа S.

### 5.1.3 Определение явлений

Критерии определения явлений базируются либо на числе фаз типа P, либо на взвешенном подсчете таких квалифицирующих параметров обнаруженных seismicких фаз, как время вступления, азимут и медленность. В ходе ТЭГНЭ-3 такие критерии определения не претерпели изменений. В случае автоматических бюллетеней эти критерии носят менее ограничительный характер (взвешенный счет превышает или равен 3,6), чем в случае ПБЯ, который требует либо трех первых фаз вступления на первичных seismicкогруппах, либо взвешенного счета свыше или на уровне 4,6.

В рассматриваемый период интерпретаторы отбраковали 45 процентов всех автоматически сформированных явлений и добавили в ПБЯ 25 процентов явлений. Однако



недавняя реализация нового программного обеспечения для ассоциирования явлений позволила сократить число явлений, добавляемых интерпретаторами (см. раздел 4.3.3).

**Комментарий:** Программное обеспечение для ассоциирования явлений нуждается в дальнейшей доводке. В автоматическом режиме формируется слишком много ложных явлений и, что более важно, слишком много явлений пропускается при автоматической обработке, и интерпретаторам приходится их добавлять.

#### 5.1.4 Выборка вспомогательных данных

Увеличение числа вспомогательных станций и улучшения системы выборки вспомогательных данных в ходе ТЭГНЭ-3 позволили повысить число явлений, локализованных с использованием данных от таких станций. Сейчас с использованием некоторых данных от вспомогательных станций определяется местоположение 63 процента явлений в рамках ПБЯ. Среднее число вспомогательных станций, при помощи которых производится местоопределение этих явлений, составляет 3,5. Как статистические данные, так и специализированные исследования свидетельствуют о том, что подборка вспомогательных станций, с которых производится выборка данных, является субоптимальной с точки зрения максимизации точности местоопределения.

**Комментарий:** Для того чтобы полностью реализовать потенциал в плане местоопределения, заложенный в концепции первичных/вспомогательных станций, необходимо по каждому явлению произвести оптимизацию азимутального охвата на региональном расстоянии. С этой целью следует уделить больше внимания надежности вспомогательных станций, алгоритму отбора данных от вспомогательных станций и оценке отношения "сигнал-шум" по вспомогательным станциям. Быть может, целесообразно также избрать поэтапный подход к выборке вспомогательных данных, основывая выбор станции на ступенчатом уточнении местоопределения. Это дало бы интерпретаторам возможность запрашивать и рассматривать данные от вспомогательных станций.

#### 5.1.5 Местоопределение явлений

Используемый в настоящее время в ЭМЦД алгоритм местоопределения явлений реализует нелинейную инверсию времени распространения волны, а также присущие сейсмогруппе величины азимута и медленности для определения местоположения и глубины сейсмических явлений. Он также предусматривает оценку неопределенности (или точности) местоопределения в виде эллипса погрешности, т.е. участка поверхности Земли, в пределах которого имеется 90-процентная вероятность нахождения расчетного эпицентра. Однако в отсутствие калибровки истинное местоположение явления может не укладываться в пределы теоретического эллипса погрешности, как это было показано многими национальными вкладами в ходе ТЭГНЭ-3. В общем плане, неопределенность местоположения любого данного явления выше в тех случаях, когда имеет место слабый азимутальный охват станций, используемых при местоопределении. Соответственно, как

показал опыт ТЭГНЭ-3, данные от хорошо распределенных вспомогательных станций способствуют существенному сокращению размера эллипса погрешности, и особенно по континентальным районам.

В последующей таблице (5.2) приводится процент явлений в различных диапазонах магнитуды с разбивкой по точности местоопределения. Например, в диапазоне магнитуды 4,0-4,5 28 процентов явлений имеют эллипсы погрешности менее 1 000 квадратных километров (кв. км), 46 процентов имеют эллипсы погрешности в пределах 1 000-10 000 кв. км и т.д. Имеет место четкая взаимосвязь между магнитудой явления и размером эллипса погрешности; более крупные явления обычно регистрируются более значительным количеством станций при большем азимутальном распределении. Из-за неравномерного распределения станций неопределенности местоопределения отмечаются значительными вариациями от региона к региону; однако, исходя из этой таблицы, можно извлечь несколько общих выводов. Например, в результате сложения количеств явлений в соответствующих рядах можно вычислить, что примерно 21 процент всех явлений имеют эллипсы погрешности менее 1 000 кв. км; примерно у 35 процентов явлений эллипсы погрешности превышают 10 000 кв. км. Аналогичным образом если ограничить расчеты явлениями с магнитудой ( $m_b$ ) более 4.0, то получается, что 35 процентов имеют эллипсы погрешности менее 1 000 кв. км и 23 процента имеют эллипсы погрешности более 10 000 кв. км.

**ТАБЛИЦА 5.2. Процент явлений в каждом диапазоне магнитуды в зависимости от размера эллипса погрешности. Абсолютные количества даны в скобках. Данные за период с 1 января 1996 года по 31 мая 1996 года**

Размер эллипса погрешности в кв. км	<4,0 $m_b$	4,0-4,5 $m_b$	4,5-5,0 $m_b$	5,0-5,5 $m_b$	>5,5 $m_b$
<1 000	15% (1 129)	28% (808)	57% (344)	91% (101)	100% (25)
1 000 - 10 000	43% (3 238)	46% (1 347)	32% (193)	6% (7)	- (0)
10 000 - 100 000	30% (2 255)	19% (549)	9% (53)	3% (3)	- (0)
>100 000	12% (909)	7% (211)	2% (12)	- (0)	- (0)

Точная оценка глубины является частью процесса местоопределения явлений и имеет важное значение в контексте "фильтрации" явлений в МЦД МСМ по ДВЗИ. В ходе ТЭГНЭ-3 глубина явлений определялась одним из следующих методов (в порядке уменьшения надежности): ограничение с помощью глубинных фаз (7 процентов явлений в ПБЯ за рассматриваемый период), автоматическое определение в ходе процесса местоопределения (23 процента), произвольное фиксирование или ограничение либо за счет процесса местоопределения явлений, либо интерпретатором (70 процентов).

Комментарий: Отмечается лишь медленное улучшение потенциала местоопределения, измеряемого по числу явлений, местоопределение которых произведено с неопределенностью менее 1000 кв. км. Предстоит провести большую работу, даже исходя из допущения о предусматриваемом для МСМ более однородном распределении станций. Что касается явлений с магнитудой выше 4, местоопределение с эллипсом погрешности менее 1 000 кв. км было произведено приблизительно 35 процентов случаев. При фильтрации явлений в МЦД МСМ очень важное значение будет иметь точная оценка глубины. А между тем в рассматриваемый период установление глубины производилось произвольно - либо автоматически, либо интерпретатором - по 70 процентов явлений, фигурирующих в ПБЯ. Очень важно, чтобы ЭМЦД приступил к реализации своего плана улучшения местоопределения явлений за счет калибровки, первоначальный вариант которого приведен в приложении 2 документа CD/1398, и за счет использования других процедур.

#### 5.1.6 Параметры источника

В ПБЯ почти по 99 процентам явлений приводятся оценка магнитуды - либо  $m_b$ , либо  $M_L$ . Примерно по 10 процентам явлений, сообщенных в ПБЯ, отсутствуют магнитуды объемной волны -  $m_b$ , и обусловлено это главным образом тем, что в настоящее время расчет  $m_b$  производится только по явлениям, применительно к которым имеется хотя бы одно телесейсмическое Р-фазовое обнаружение. Локальные магнитуды  $M_L$  рассчитываются только по явлениям, которые регистрируются хотя бы одной станцией в пределах 2000 километров от источника, и такие магнитуды сообщаются примерно по 41 проценту явлений, фигурирующих в ПБЯ. Ряду явлений вообще не были присвоены никакие магнитудные значения, и связано это с тем, что в настоящее время в ЭМЦД отсутствует соответствующая постаналитическая обработка.

Сопоставление с такими внешними бюллетенями, как "Предварительное определение эпицентров" (ПОЭ) - еженедельный бюллетень, публикуемый Национальным центром информации о землетрясениях в Баулдере, Колорадо, стало менее исчерпывающим, так как ПОЭ начал включать почерпнутые от ТЭГНЭ-3 измерения амплитуд и периодов. Однако оценки магнитуды, приводимые в ПОЭ, основываются на большом объеме независимых данных. Как правило, значения  $m_b$ , приводимые в ПБЯ, примерно на 0,21-0,25 магнитудных единиц ниже, чем в ПОЭ. Эта систематическая погрешность ведет к завышенным оценкам количества малых явлений в ПБЯ и к оптимистической оценке потенциала ТЭГНЭ-3 в плане обнаружения, если такая оценка основывается на

магнитудно/частотном соотношении. И наоборот, ПБЯ тяготеет к завышенной оценке магнитуды  $M_L$ , особенно в Европе, при сопоставлении значений  $M_L$  по ПБЯ с данными от национальных сетей. В отдельных случаях эта ошибка может доходить до целой магнитудной единицы.

При фильтрации явлений в МЦД МСМ важное значение будет иметь магнитуда поверхностной волны -  $M_s$ . За рассматриваемый период ассоциированные значения  $M_s$  имелись менее чем для 8 процентов явлений ПБЯ, а менее чем по 5 процентам - имелись значения  $M_s$ , рассчитанные на основе данных от двух или более станций.

Комментарий: в ЭМЦД были внедрены новые процедуры расчета магнитуд, и для оценки эффекта этих новых процедур, быть может, потребуется больше времени. Однако центру ЭМЦД следует предпринять активные усилия к тому, чтобы выяснить, почему сообщаемые им значения  $m_b$  и  $M_L$  отличаются от значений, сообщаемых в других бюллетенях по тем же явлениям. Процедуры сообщения  $M_s$ , использовавшиеся в ходе ТЭГНЭ-3, требуют больше внимания с учетом того, что  $M_s$  предлагается в качестве параметра для использования при фильтрации явлений.

## 5.2 Общая сейсмологическая эффективность в ходе ТЭГНЭ-3

Эффективность является мерой того, насколько сеть соответствует своему предназначению, а именно обнаружению и точному местоопределению сейсмических явлений. Определение эффективности можно произвести только в регионах, в которых отмечается высокая сейсмичность и по которым имеются сейсмические справочные бюллетени. Потенциально наибольшей точностью отличаются локальные или региональные справочные бюллетени, представляемые НЦД в качестве дополнительных данных ("гамма-бюллетени"), но они пока еще довольно разнородны по охвату, качеству и срокам подготовки. Для наблюдения долгосрочных явлений в глобальном масштабе самым полезным является сопоставление ПБЯ ТЭГНЭ-3 и ПОЭ. Этот подход, результаты которого представлены на рис. 5.1, дает значения, усредненные по глобальной сейсмичности, как она сообщается в ПОЭ, а не значения, усредненные по земной поверхности, что, пожалуй, было бы предпочтительнее.

Как показали региональные исследования, в плане малых магнитуд ПБЯ стал гораздо более полным, нежели ПОЭ в рамках всего Тихоокеанского региона. И поэтому наблюдаемое на рис. 5.1 крутое снижение порогов обнаружений с декабря 1995 года репрезентативно в основном для таких регионов, как Аляска, Калифорния, Европа и Центральная Америка, где станционный охват ТЭГНЭ-3 существенно улучшился по отношению к сети ПОЭ. В частности, он уже не является репрезентативным в отношении тихоокеанской сейсмичности. С другой стороны, приведенная на рис. 5.1 диаграмма средней эффективности местоопределения (с использованием всех явлений, общих для ПБЯ и для ПОЭ) осталась довольно стабильной, а это отчасти отражает тот факт, что сейчас в

общем наборе данных имеется гораздо больше малых явлений. Следует, однако, отметить, что с мая 1995 года, когда ПОЭ начал интегрировать вступления по ПБЯ, диаграмма местоопределения будет, пожалуй, тяготеть к несколько позитивному смещению.

Эти оговорки нужно иметь в виду при интерпретации рис. 5.1. На нем показаны наблюдаемые пороги обнаружения, а в качестве критерия точности местоопределения - эквивалентные окружности, полученные за счет избрания в качестве радиусов дифференциальных векторов местоопределения (в качестве целевого значения для МСМ упоминалась эквивалентная окружность площадью 1 000 кв. км).

Следует отметить, что медианные (или 50-процентные) значения имеют то достоинство, что на них меньшее влияние оказывают выбросы, тогда как 90-процентные значения ближе к общепринятым представлениям о надежности. Пороги обнаружения, приводимые на рис. 5.1, основаны на магнитудах  $m_b$  по ПОЭ. Как упоминалось выше в разделе 5.1.6, значения  $m_b$  по ПБЯ имеют устойчивое негативное смещение примерно на -0,25 единиц по сравнению с ПОЭ.

### 5.3 Расчетный потенциал ТЭГНЭ-3

Потенциал является мерилем того, насколько сеть способна производить обнаружение и местоопределение сейсмических явлений, где бы они ни происходили. В целях интерполяции наблюдаемой эффективности на несейсмические регионы была произведена калибровка кода вероятностной сетевой имитации по отношению к наблюдаемой эффективности в ряде регионов. Карта на рис. 5.2а показывает интерполируемый сетевой потенциал в плане обнаружения, рассчитанный по состоянию на март 1996 года, исходя из 90-процентного порога обнаружения. Существовавшая на тот момент первичная сеть ТЭГНЭ-3 показана точками. В северо-западной Европе, Северной Америке, Центральной Азии и Австралии порог обнаружения составляет около  $m_b$  3,6 или ниже. В большей части Южной Америки он ниже  $m_b$  4,2, а в большей части океанических регионов южного полушария - от 4,2 до 4,6. На рис. 5.2б показан интерполированный сетевой потенциал в плане местоопределения, оцененный по состоянию на март 1996 года исходя из радиуса 90-процентной эквивалентной окружности применительно к явлению с магнитудой 4. Существовавшая на тот момент комбинированная первичная и вспомогательная сеть ТЭГНЭ-3 показана точками. Примечательно, что радиус около 17 км соответствует поставленной для МСМ цели на уровне 1 000 кв. км. По Европе, Северной Америке и Австралии получены радиусы эквивалентных окружностей менее 30 км (районы площадью до 2 800 кв. км.); по всем континентальным районам выше 40° северной широты такие радиусы составляют менее 50 км (районы площадью до 7 800 кв. км.). В Юго-Восточной Азии, Индии, Африке, Южной и Центральной Америке потенциал местоопределения отличается довольно значительными вариациями, причем по всем континентальным районам соответствующий радиус значительно ниже 200 км (125 000 кв. км.), а по большинству южных океанов и Антарктике - выше 400 км (500 000 кв. км.).

Комментарий: В настоящее время потенциалы как в плане обнаружения, так и местоопределения весьма разнородны. Сетевое имитационное моделирование показало, что это положение будет улучшаться по мере того, как по своей конфигурации сеть будет приближаться к МСМ. Однако потребуются доводка и калибровка сети для того, чтобы довести пороги обнаружения и ложного местоопределения до таких уровней, какие ожидаются от эксплуатационно пригодной МСМ.

#### 5.4 Рекомендации

В приведенных выше конкретных комментариях можно найти подробные рекомендации относительно того, на чем нужно сосредоточить дальнейшую работу. К числу этих областей относятся следующие: использование вспомогательных станций, оценки местоположения и глубины, определение магнитуды, обеспечение качества и общая калибровка сети. К этим же проблемам привлекалось внимание в предыдущих докладах Рабочей группы ТЭГНЭ-3 по оценке. Решение этих проблем будет нелегким делом и потребует значительной работы и внимания к деталям.

Кроме того, ниже излагаются более общие рекомендации. Реализация этих рекомендаций позволит плавно перенести функции ЭМЦД на МЦД МСМ.

Общие рекомендации:

1. ЭМЦД следует подумать о концентрации ограниченных ресурсов на совершенствовании своих процедур и продуктов, а не на составлении текущего ежедневного бюллетеня. В длительной перспективе усилия, затраченные сейчас на усовершенствования, будут иметь гораздо больший эффект, чем усилия, затрачиваемые на составление ежедневного бюллетеня.
2. В соответствии с вышеизложенной рекомендацией ЭМЦД следует направить дополнительные ресурсы на осуществление плана ГНЭ по калибровке сети, первоначальный вариант которого приводится в приложении 2 документа CD/1398.
3. Необходимо предпринять более активные усилия по доводке автоматической обработки в целях сокращения объема нагрузки на интерпретаторов.
4. Чтобы сократить число ложных явлений следует апробировать автоматические проверки на предмет соответствия.
5. Для МСМ следует разработать официальный план обеспечения качества, а для будущего МЦД МСМ следует выделить ресурсы, требующиеся для его осуществления.

6. Как показал эксперимент ТЭГНЭ-3, была бы желательна независимая научная обзорная группа. Эта группа могла бы периодически собираться для обзора процедур МЦД, МСМ, результатов и практики обеспечения качества, для вынесения рекомендаций и для оценки эффекта от реализации этих рекомендаций.

7. Настоятельно рекомендуется более широкое использование данных от вспомогательных станций. Более широкое использование данных от этих станций позволит улучшить местоопределения явлений, определения глубины, а также оценки магнитуды.

## 6. Документация

Важной составной частью ТЭГНЭ-3 является составление исчерпывающей технической документации по всем объектам и процедурам, а также по внедрению аппаратных и программных средств. ГНЭ разработала и ведет обширный комплект документации, которая имеется как в печатном виде, так и в электронной форме. Опыт ТЭГНЭ-3 продемонстрировал существенное значение такой детальной документации.

### 6.1 Структура документации

Документация ТЭГНЭ-3 содержится в документе зала заседаний Группы № 243 и включает четыре основных тома с многочисленными техническими приложениями:

#### Том 1: План

Этот том документации остался в неизменном виде с его выпуска в июле 1995 года. Таблицы и рисунки с указанием участвующих станций регулярно обновлялись в ходе проведения ТЭГНЭ-3 и включались в доклады о ходе работе ГНЭ.

#### Том 2: Операции

По просьбе членов ГНЭ в ту часть документации по операциям, которая имеет отношение к ЭМЦД, недавно было внесено несколько изменений, самым последним из которых является пересмотренная глава по расчету магнитуды, составленная в мае 1996 года. Описание базы данных подверглось тщательному пересмотру, с тем чтобы облегчить пользование этим документом.

"Имеется необходимость в дальнейшем обновлении таких разделов этой документации, как Руководство для пользователей МЦД" и "Форматы сообщений и протоколы".

#### Том 3: Объекты

В этом документе содержится обновленная информация о станциях, входящих в настоящее время в состав сети ТЭГНЭ-3.

## Том 4: Оценка

Эта часть документации обновляется по мере поступления новых результатов от Рабочей группы по оценке. В настоящее время в нее включены три доклада по оценке.

### 6.2 Оценка документации

Вышеописанная обширная документация составила основу для оперативных руководств и процедур для ТЭГНЭ-3. Она также содержит технические резюме по операциям ЭМЦД и НЦД, а также итоги докладов по оценке. В июле 1995 года среди участников была распространена ее распечатка, насчитывающая примерно 1 000 печатных страниц, и с тех пор периодически подготавливаются ее обновленные варианты.

ЭМЦД обеспечивает доступность всей документации в электронном виде, и сейчас можно при помощи Интернет получать доступ к такой документации и производить ее обновление. В ходе ТЭГНЭ-3 электронный вариант документации оказался особенно полезен, ибо это позволяет обновлять информацию и обеспечивать к ней легкий доступ.

Хотя в последних выпусках были предприняты усилия в плане разъяснений, в ее нынешнем состоянии эта документация все еще нуждается в дополнительной работе. Некоторые разделы документации либо не отличаются свежей информацией, либо недостаточно детализированы. В частности, было трудно уследить за теми изменениями, которые происходят в ЭМЦД, в связи с выпусками нового программного обеспечения.

Том 2 документации потребует тщательного рассмотрения всех разделов; в настоящее время производится обновление некоторых разделов. В ЭМЦД были предприняты примечательные усилия по постоянному обновлению тома 3. Однако все еще недостает значительного объема информации, касающейся стационарных характеристик.

Центрам НЦД следует также контролировать обеспечение ими ЭМЦД всей требуемой информацией. В ЭМЦД имеется процедура, позволяющая НЦД в оперативном режиме обновлять такую информацию. Желательно также, чтобы аннотированные в документации компьютерные программы были задокументированы на аппаратурном и программном техническом уровне.

В рамках куста документации, включающего техническую информацию о новом программном обеспечении глобального ассоциирования, уже создан справочник в рамках тома 5. Необходимо как можно скорее включить в рамках аналогичной структуры другие модули программного обеспечения, включая программное обеспечение по сейсмическим технологиям, поскольку их данные уже подвергаются обработке в ЭМЦД.



### 6.3 Рекомендации

Всеобъемлющая и обновленная документация имеет существенно важное значение для надлежащего функционирования системы масштаба ТЭГНЭ-3. Понятно, что, учитывая график работы персонала ЭМЦД ТЭГНЭ-3, пока ведение документации не было приоритетной задачей, между тем необходимо предпринять усилия для доведения документации до уровня, приемлемого для будущей МСМ ДВЗИ. Специальная группа рекомендует следующее:

- следует продолжать работу по обеспечению большей полноты текущей документации, особенно в отношении информации о технических объектах и детальном описании компьютерной аппаратуры/программного обеспечения;
- в оперативных руководствах для технологий МСМ следует учитывать опыт, накопленный в ходе ТЭГНЭ-3, и соблюдать стандарты, установленные в ходе этого эксперимента;
- документация ТЭГНЭ-3 велась только на английском языке. При подготовке к МСМ следует рассмотреть вопрос о переводе частей этой документации на другие языки;
- будущую документацию по МСМ следует вести в электронном виде, обеспечивая участникам соответствующий доступ через Интернет или с помощью других подходящих носителей.

### 7. Рекомендации по переходу к МСМ

Цель ТЭГНЭ-3 состояла в разработке и апробировании экспериментальной Международной системы сейсмического мониторинга, которая была бы способна эволюционировать и адаптироваться для поддержки будущих потребностей, а также обеспечить КР техническим опытом, который может быть получен за счет этого эксперимента.

Сейчас на передний план постепенно выходит задача конструирования эксплуатационной Международной системы мониторинга. Опыт, накопленный в ходе эксперимента ТЭГНЭ-3, может дать ориентиры для плавного перехода к сейсмическому компоненту МСМ ДВЗИ.

При подготовке настоящего доклада имелось в виду способствовать этому переходу. В настоящей главе мы отмечаем в форме компрессированного перечня наиболее важные области предстоящей работы по преодолению разрыва между экспериментальной и эксплуатационной системой мониторинга. Одни из этих позиций для удобства в работе воспроизводят положения предыдущих глав, другие же – более общего характера – излагаются здесь дополнительно.

Перечень разбит на три раздела. В первом разделе перечисляются требуемые технические изменения, которые могут быть произведены довольно быстро по мере наличия ресурсов. Во втором разделе перечисляются желательные усовершенствования сейсмологических процедур, большинство из которых сопряжено с исследованиями, для чего потребуется время. И наконец, перечислены целесообразные организационные меры.

#### **7.1 Рекомендуемые технические изменения**

- Следует обеспечить упорядоченный переход от ТЭГНЭ-3 к сети МСМ с включением станций, предусмотренных для МСМ, по мере их выделения.
- Следует обеспечивать проведение непрерывной оценки материалов, поступающих от первичных и вспомогательных станций, и выносить соответствующие рекомендации относительно замен.
- Следует провести полный обзор технических спецификаций сейсмографических станций МСМ на основе опыта ТЭГНЭ-3.
- Следует провести оценку и внедрение процедур аутентификации данных.
- Следует провести оценку технических характеристик и надежности станций и каналов связи и по мере необходимости повысить их уровень.
- Необходимо выработать концепцию передачи данных МСМ, которая была бы более затратоэффективной по сравнению с использовавшейся в ходе ТЭГНЭ-3.
- Необходимо повысить избыточность и защищенность во всех звеньях системы (станции, связь, НЦД и МЦД МСМ).
- Надлежит разработать продукты МЦД с акцентом на функциональность, надежность и удобство в пользовании.
- МЦД МСМ должен разработать усовершенствованные процедуры апробирования программных средств обработки данных.
- Данные, получаемые при помощи других технологий мониторинга, должны по-прежнему интегрироваться в систему ЭМЦД.

#### **7.2 Рекомендуемые усовершенствования применительно к сейсмологическим процедурам**

- Следует осуществлять постоянную доводку применяемых в МЦД МСМ процедур автоматической обработки данных, включая обнаружение, фазовую идентификацию и фазовое ассоциирование.

- В целях сокращения числа ложных явлений требуются усовершенствованные автоматические проверки на предмет соответствия.
- Следует осуществлять калибровку сетевых процедур местоопределения явлений в соответствии с планом, намеченным ГНЭ.
- Требуется внесение усовершенствований применительно к расчету местоположения явлений и спецификации соответствующей неопределенности.
- Требуется наличие усовершенствованных программ выборки данных со вспомогательных станций.
- Следует пересмотреть и усовершенствовать методы оценки сейсмических магнитуд (включая  $M_b$ ).
- Необходимо рассмотреть и усовершенствовать существующие методы оценки глубины явления; следует рассмотреть альтернативные методы.
- Следует апробировать и внедрить методы расчета параметров характеристики источника.

### 7.3 Рекомендуемые организационные положения

- Следует разработать такой формат документации ТЭГНЭ-3, чтобы ее можно было использовать в качестве полного и обновленного оперативного руководства по МСМ и справочного руководства для целей обеспечения качества и для целей подготовки кадров. Следует обеспечить возможность предоставления новой документации в электронном виде, как и в ходе ТЭГНЭ-3.
- В рамках МСМ должен быть разработан и внедрен план обеспечения качества.
- Потребуется наличие плана создания эксплуатационного МЦД МСМ, который следует разработать на основе опыта ТЭГНЭ-3.
- Необходимо более полно определить функции НЦД в отношении МЦД МСМ, в том числе в следующих областях: своевременный и полный доступ к данным, передача данных, станционный мониторинг и обслуживание станций, а также обеспечение качества.
- Следует проводить периодическую оценку научных и технических процедур и продуктов МЦД МСМ с привлечением независимой внешней группы квалифицированных специалистов.
- Требуется план подготовки персонала будущего МЦД МСМ и, по соответствующему запросу, НЦД.
- Следует проводить региональные рабочие совещания и другие мероприятия, необходимые для координации и стимулирования деятельности в рамках МСМ.

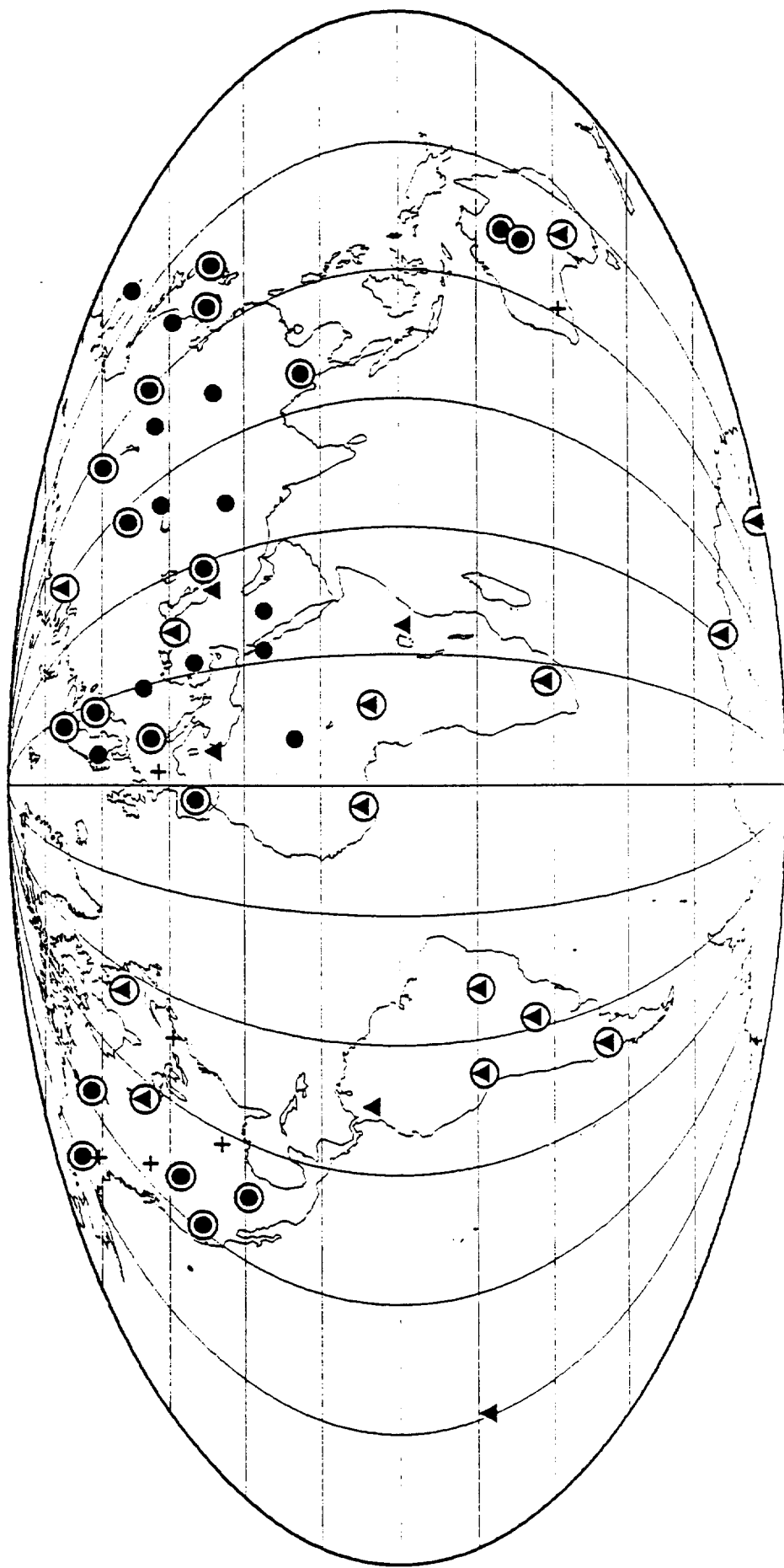


Рисунок 2.1. Первичные сейсмографические станции МСМ. Темными кружками показаны существующие и планируемые сейсмогруппы, а темными треугольниками – трехкомпонентные станции. Кружками отмечены первичные станции МСМ, которые в настоящее время принимают участие в ТЭГНЭ-3. Крестиками показаны перечисленные в таблице 1b первичные станции ТЭГНЭ-3, не предусмотренные для МСМ.

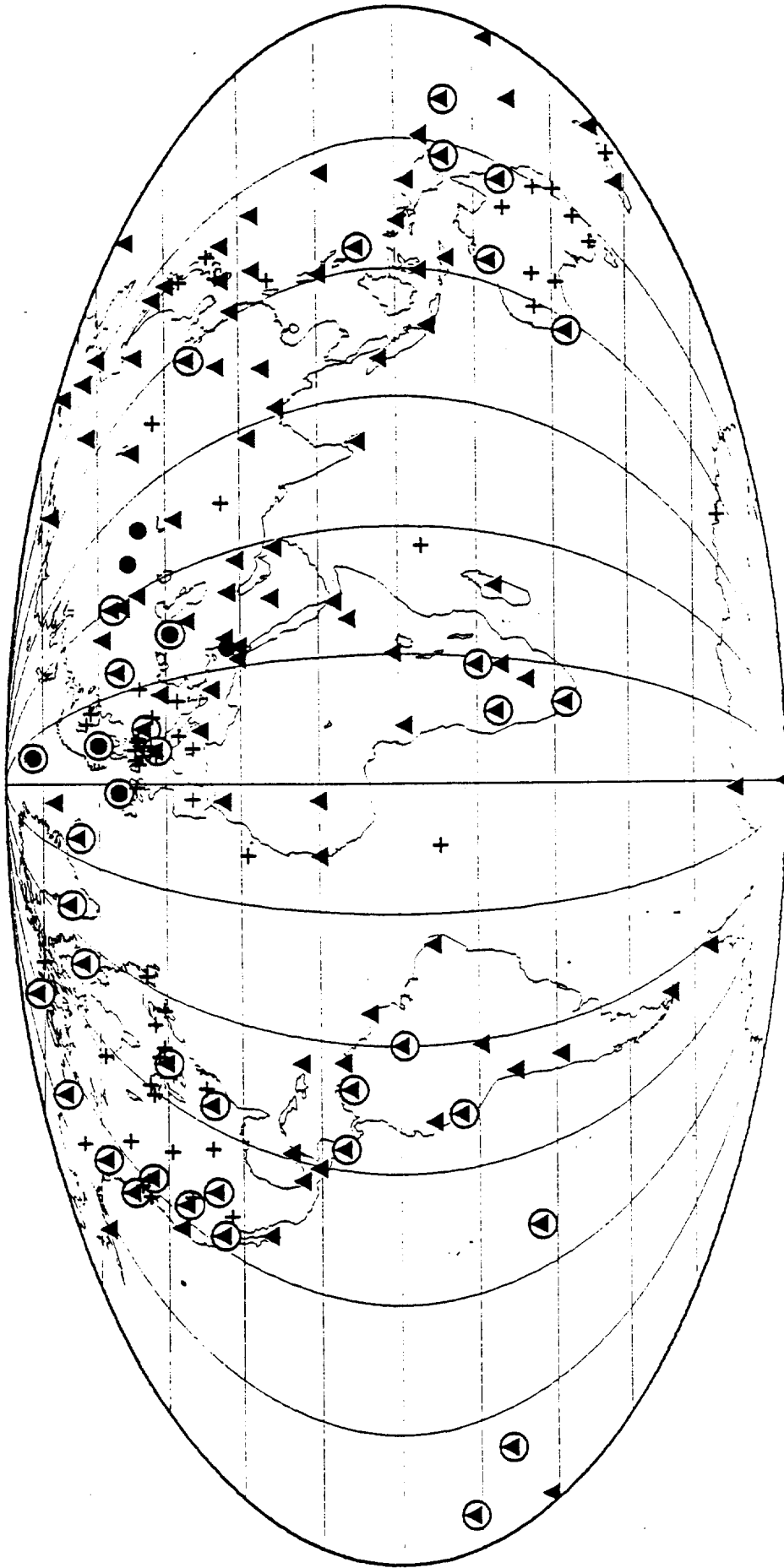


Рисунок 2.2. Первичные сейсмографические станции МСМ. Темными кружками показаны существующие и планируемые сейсмогруппы, а темными треугольниками – трехкомпонентные станции. Кружками отмечены первичные станции МСМ, которые в настоящее время принимают участие в ТЭГНЭ-3. Крестиками показаны перечисленные в таблице 2b первичные станции ТЭГНЭ-3, не предусмотренные для МСМ.



## Контроль рабочего потока

### Состояние альфа-станция

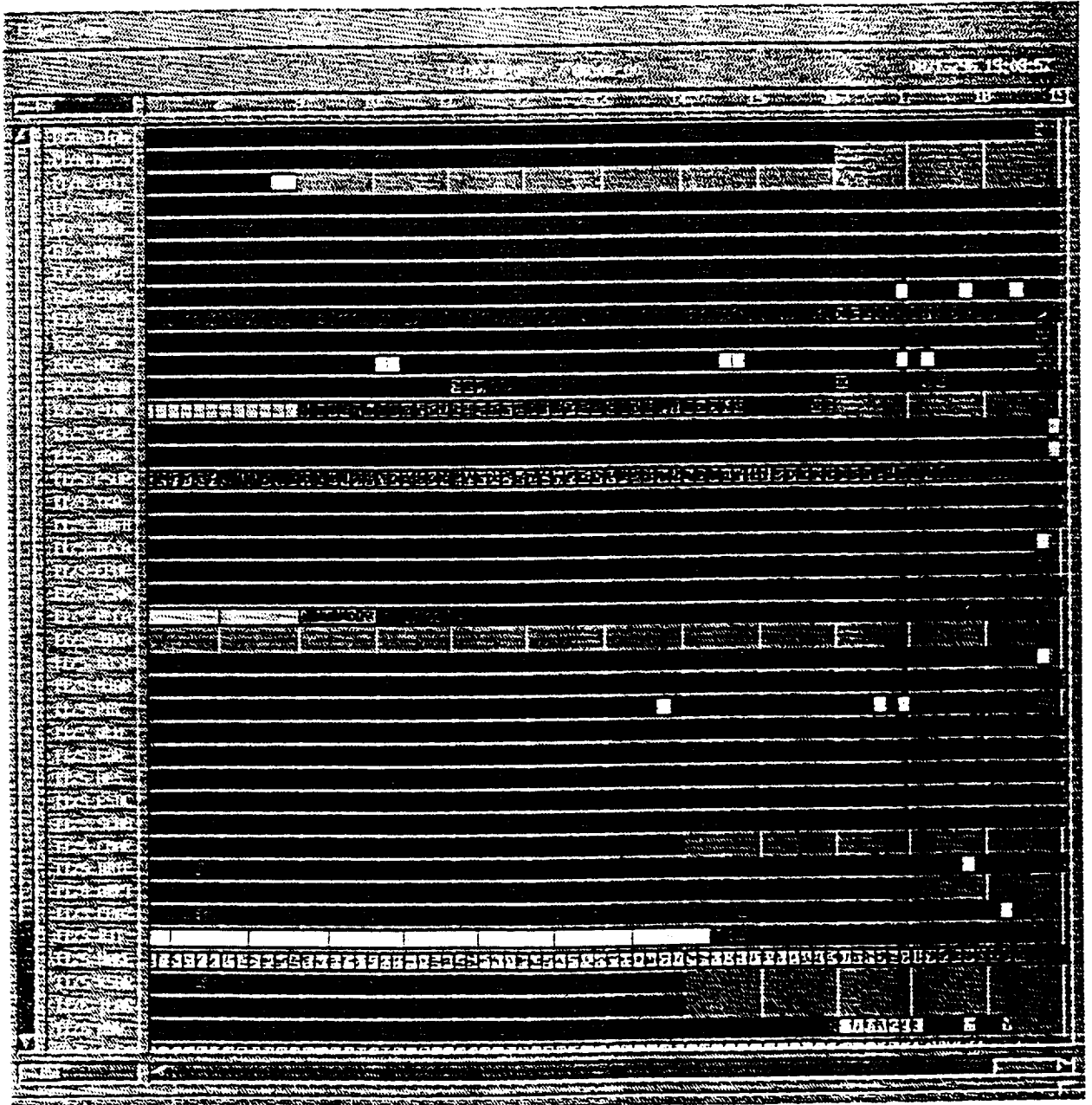


Рисунок 4.1. Пример диаграммы рабочего потока. Получение таких диаграмм производится электронным путем в режиме квазиреального времени в ЭМЦД, и они дают картину состояния обработки данных в ЭМЦД.

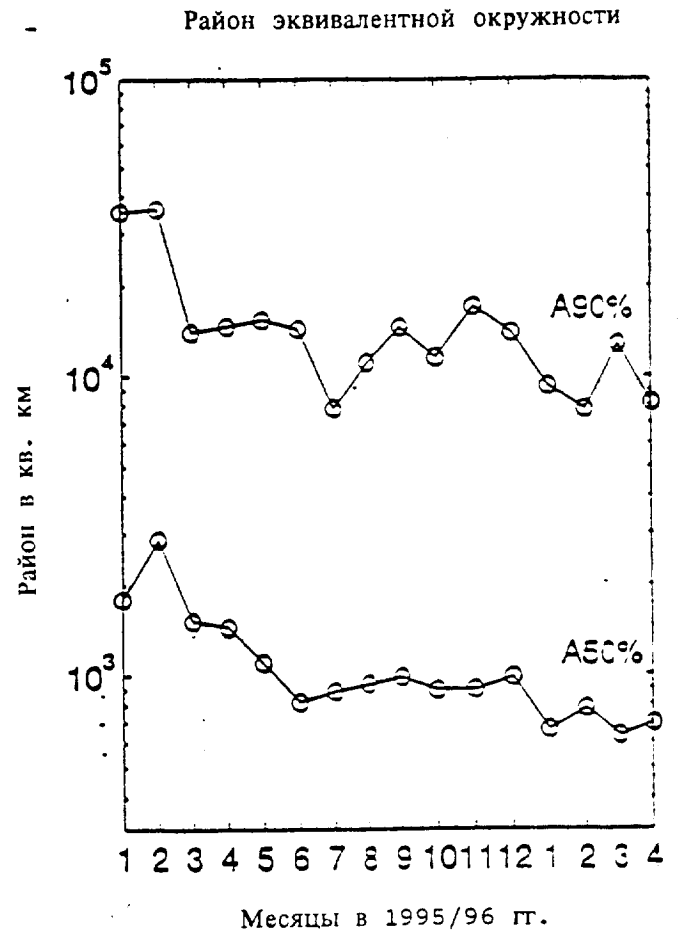
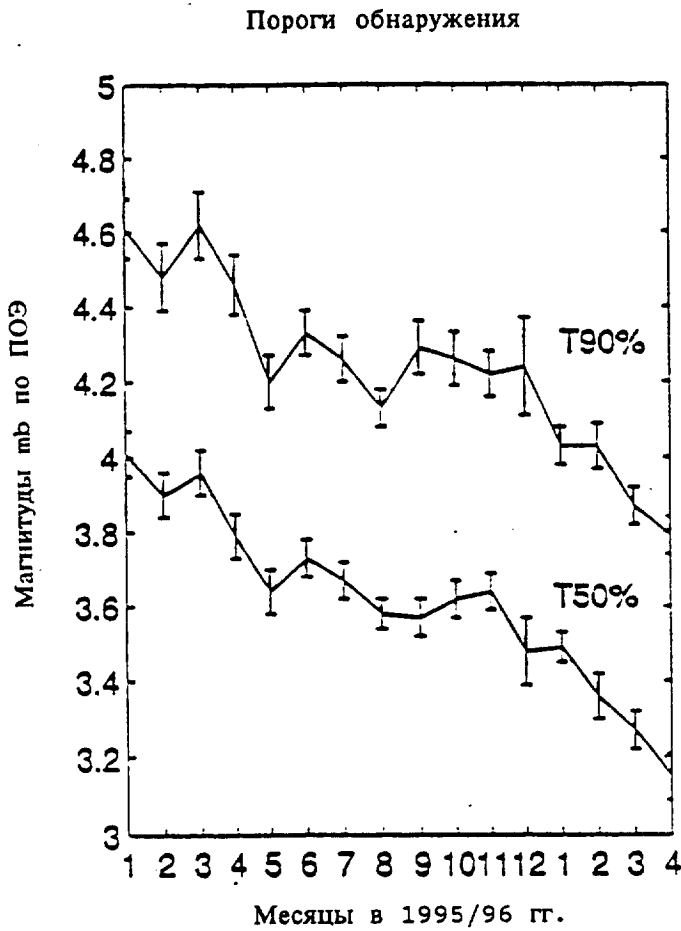


Рис. 5.1. Резюме эффективности обнаружения (слева) и эффективности местоопределения (справа) на ежемесячной основе в ходе ТЭГНЭ-3. Этот рисунок составлен на основе сопоставления с публикуемым в Соединенных Штатах бюллетенем "Предварительное определение эпицентров" (ПОЭ) и поэтому отражает усредненные величины мировой сейсмичности, как они приведены в ПОЭ.

Рис. 5.2 а) Потенциал обнаружения: СЕТЬ ТЭГНЭ-3 - март 1996 года

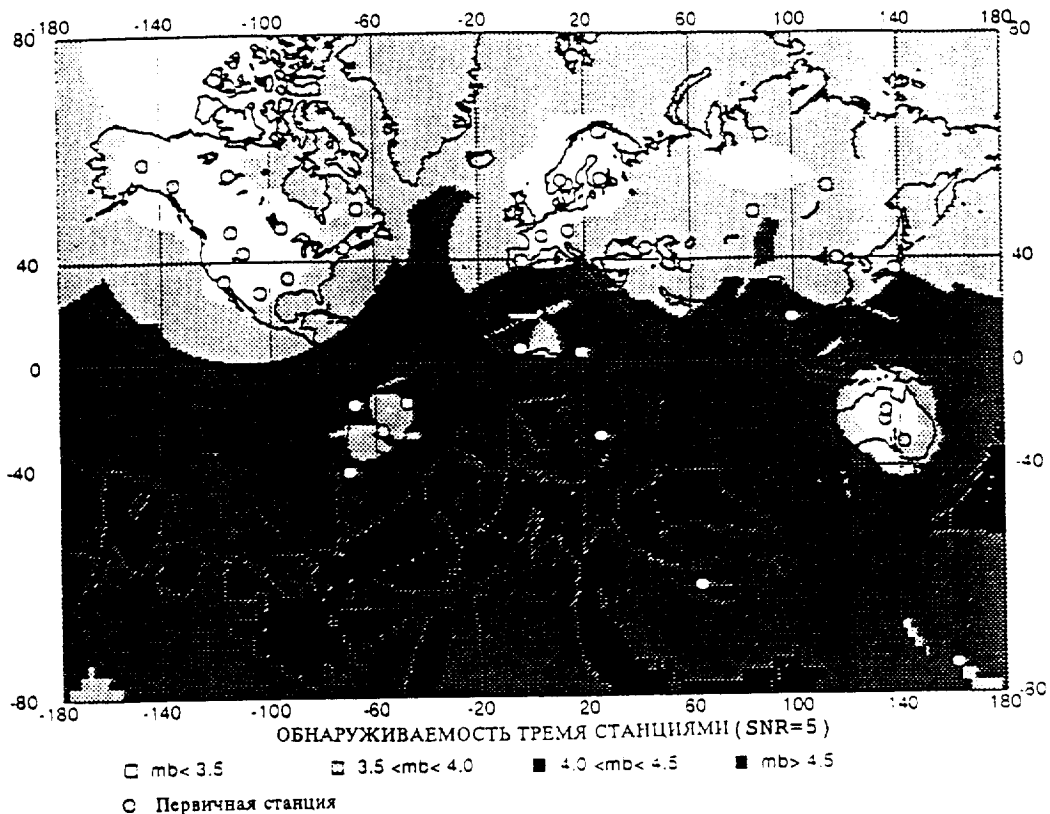
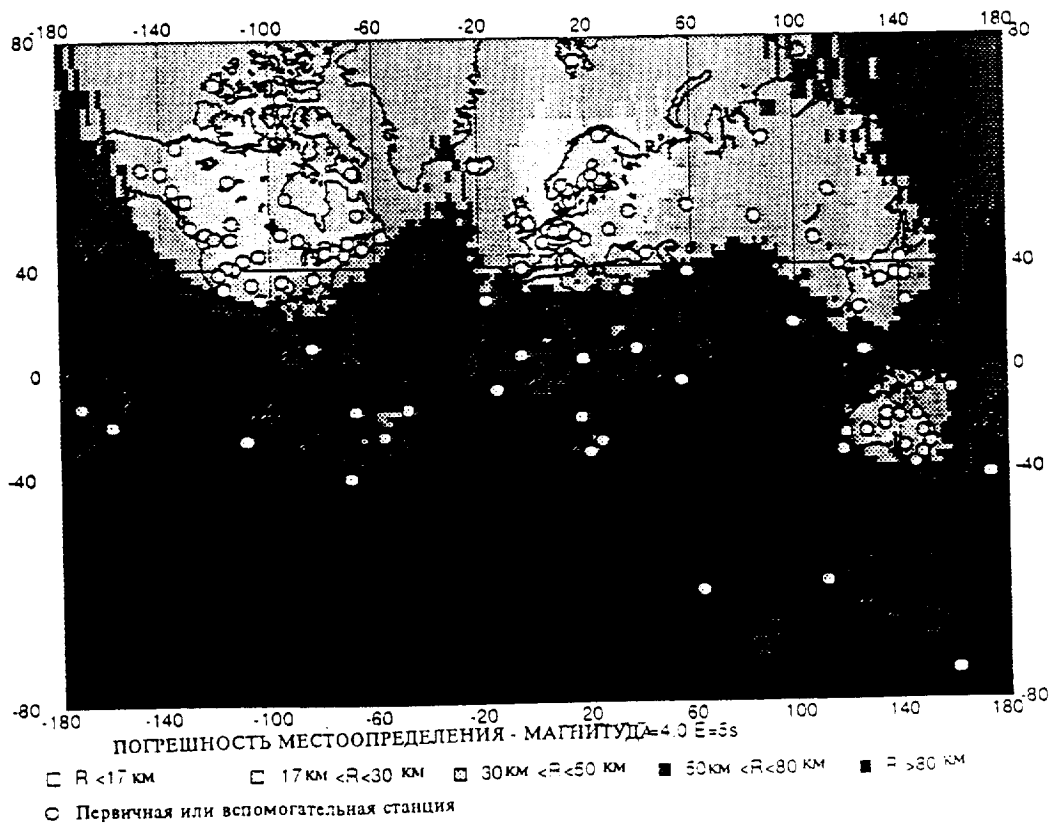


Рис. 5.2 б) Потенциал местоопределения: СЕТЬ ТЭГНЭ-3 - март 1996 года





ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1а: Перечень сейсмографических станций, составляющих первичную сеть МСМ

	Государство, ответственное за станцию	Местоположение	Широта	Долгота	Тип	В ТЭГНЭ-3 август 1996 года
1	Аргентина	PLCA Пасо-Флорес	40.7 ю.ш.	70.6 з.д.	3-К	да
2	Австралия	WRA Варрамунга, Северная территория	19.9 ю.ш.	134.3 в.д.	сейсмо- группа	да
3	Австралия	ASAR Алис-Спрингс, Северная территория	23.7 ю.ш.	133.9 в.д.	сейсмо- группа	да
4	Австралия	СТКА Стивенс-Крик, Южная Австралия	31.9 ю.ш.	141.6 в.д.	3-К	да
5	Австралия	MAW Моусон, Антарктика	67.6 ю.ш.	62.9 в.д.	3-К	да
6	Боливия	LPAZ Ла-Пас	16.3 ю.ш.	68.1 з.д.	3-К	да
7	Бразилия	BDFB Бразилиа	15.6 ю.ш.	48.0 з.д.	3-К	да
8	Канада	ULMC Лак-дю-Бонне	50.3 с.ш.	95.9 з.д.	3-К	да
9	Канада	YKAC Йеллоунайф, Северо-западные территории	62.5 с.ш.	114.6 з.д.	сейсмо- группа	да
10	Канада	SCN Шеффервилл, Квебек	54.9 с.ш.	66.8 з.д.	3-К	да
11	ЦАР	BGSA Банги	05.2 с.ш.	18.4 в.д.	3-К	да
12	Китай	HA1 Хайлар	49.3 с.ш.	119.7 в.д.	3-К > сейсмо- группа	да
13	Китай	LZH Ланьчжоу	36.1 с.ш.	103.8 в.д.	3-К > сейсмо- группа	нет
14	Колумбия	RSLC Эль-Росаль	04.9 с.ш.	74.3 з.д.	3-К	нет
15	Кот-д'Ивуар	DBIC Димбокро	06.7 с.ш.	04.9 з.д.	3-К	да
16	Египет	LXEG Луксор	26.0 с.ш.	33.0 в.д.	сейсмо- группа	нет
17	Финляндия	FINES Лахти	61.4 с.ш.	26.1 в.д.	сейсмо- группа	да

	Государство, ответственное за станцию	Местоположение	Широта	Долгота	Тип	В ТЭГНЭ-3 август 1996 года
18	Франция	РРТ Таити	17.6 ю.ш.	149.6 з.д.	3-К	нет
19	Германия	ГЕС2 Фрайунг	48.9 с.ш.	13.7 в.д.	сейсмо- группа	да
20	Подлежит определению	Подлежит определению	Подлежит определению	Подлежит определению	Подле- жит опреде- лению	нет
21	Иран (Исламская Республика)	ТНР Тегеран	35.8 с.ш.	51.4 в.д.	3-К	нет
22	Япония	МJAR Мацусиро	36.5 с.ш.	138.2 в.д.	сейсмо- группа	да
23	Казахстан	МАК Маканчи	46.8 с.ш.	82.0 в.д.	сейсмо- группа	нет
24	Кения	КМВО Килимамбого	01.1 ю.ш.	37.2 в.д.	3-К	нет
25	Монголия	ЈAVM Джавхлант	48.0 с.ш.	106.8 в.д.	3-К > сейсмо- группа	нет
26	Нигер	Новая площадка	Подлежит определению	Подлежит определению	3-К > сейсмо- группа	нет
27	Норвегия	NAO Хамар	60.8 с.ш.	10.8 в.д.	сейсмо- группа	нет
28	Норвегия	АРАО Карасйок	69.5 с.ш.	25.5 в.д.	сейсмо- группа	да
29	Пакистан	РРРК Пари	33.7 с.ш.	73.3 в.д.	сейсмо- группа	нет
30	Парагвай	СРУР Вилья-Флорида	26.3 ю.ш.	57.3 з.д.	3-К	да
31	Республика Корея	KSRS Вонджу	37.5 с.ш.	127.9 в.д.	сейсмо- группа	да
32	Российская Федерация	KBZ Хабаз	43.7 с.ш.	42.9 в.д.	3-К	да
33	Российская Федерация	ZAL Залесово	53.9 с.ш.	84.8 в.д.	3-К > сейсмо- группа	да
34	Российская Федерация	NR1 Норильск	69.0 с.ш.	88.0 в.д.	3-К	да
35	Российская Федерация	РDU Пеледуй	59.6 с.ш.	112.6 в.д.	3-К > сейсмо- группа	да

	Государство, ответственное за станцию	Местоположение	Широта	Долгота	Тип	В ТЭГНЭ-3 август 1996 года
36	Российская Федерация	РЕТ Петропавловск- Камчатский	53.1 с.ш.	157.8 в.д.	3-К > сейсмо- группа	нет
37	Российская Федерация	USK Уссурийск	44.2 с.ш.	132.0 в.д.	3-К > сейсмо- группа	нет
38	Саудовская Аравия	Новая площадка	подлежит определению	подлежит определению	сейсмо- группа	нет
39	Южная Африка	BOSA Босхоф	28.6 ю.ш.	25.6 в.д.	3-К	да
40	Испания	ESDC Сонсека	39.7 с.ш.	04.0 з.д.	сейсмо- группа	да
41	Таиланд	СМТО Чиангмай	18.8 с.ш.	99.0 в.д.	сейсмо- группа	да
42	Тунис	ТНА Тала	35.6 с.ш.	08.7 в.д.	3-К	нет
43	Турция	ВRTR Бельбаши. Сейсмогруппа подлежит передислокации в Кескин	39.9 с.ш.	32.8 в.д.	сейсмо- группа	нет
44	Туркменистан	GEYT Алибек	37.9 с.ш.	58.2 в.д.	сейсмо- группа	да
45	Украина	AKASG Малин	50.4 с.ш.	29.12 в.д.	сейсмо- группа	нет
46	Соединенные Штаты Америки	LJTX Лахитас, Техас	29.3 с.ш.	103.7 з.д.	сейсмо- группа	да
47	Соединенные Штаты Америки	MNV Мина, Невада	38.4 с.ш.	118.2 з.д.	сейсмо- группа	да
48	Соединенные Штаты Америки	PIWY Пайндейл, Вайоминг	42.8 с.ш.	109.6 з.д.	сейсмо- группа	да
49	Соединенные Штаты Америки	ELAK Эйелсон, Аляска	64.8 с.ш.	146.9 з.д.	сейсмо- группа	да
50	Соединенные Штаты Америки	VNDA Ванда, Антарктика	77.5 ю.ш.	161.9 в.д.	3-К	да

**Легенда:**

3-к > сейсмогруппа: Указывает на то, что на этой площадке операции в рамках Международной системы мониторинга могли бы начаться на базе трехкомпонентной станции с ее последующей модернизацией в сейсмогруппу.

**Таблица 1в: Перечень дополнительных сейсмографических станций, участвующих в первичной сети ТЭГНЭ-3, но не отобранных для сети МСМ**

	Государство, ответственное за станцию	Местоположение	Широта	Долгота	Тип
1	Австралия	WOOL Вулибар	31.1 ю.ш.	21.7 в.д.	3-К
2	Канада	WALA Уотертон-Лейкс	49.1 с.ш.	113.9 з.д.	3-К
3	Канада	WNU Уайтхорс	60.7 с.ш.	134.9 з.д.	3-К
4	Франция	LOR Лорме	47.3 с.ш.	3.9 в.д.	3-К
5	Норвегия	NORES Хамар	60.7 с.ш.	11.5 в.д.	сейсмогруппа
6	Соединенные Штаты	LBNH Лисбон	44.2 с.ш.	71.9 з.д.	3-К
7	Соединенные Штаты	MIAR Маунт-Айда	34.5 с.ш.	93.6 з.д.	3-К
8	Соединенные Штаты	NPO Норт-Пол	64.8 с.ш.	146.9 з.д.	3-К

Таблица 2а: Перечень сейсмографических станций, составляющих вспомогательную сеть МСМ

	Государство, ответственное за станцию	Местоположение	Широта	Долгота	Тип	В ТЭГНЭ-3 август 1996 года
1	Аргентина	CFA Коронель-Фонтана	31.6 ю.ш.	68.2 э.д.	3-К	нет
2	Аргентина	USNA Ушуая	55.0 ю.ш.	68.0 э.д.	3-К	нет
3	Армения	GNI Гарни	40.1 с.ш.	44.7 в.д.	3-К	нет
4	Австралия	СТА Чартерс-Тауэрс, Квинсленд	20.1 ю.ш.	146.3 в.д.	3-К	да
5	Австралия	FGZ Фицрой-Кроссинг, Западная Австралия	18.1 ю.ш.	125.6 в.д.	3-К	да
6	Австралия	NWAO Нарроджин, Западная Австралия	32.9 ю.ш.	117.2 в.д.	3-К	да
7	Бангладеш	CHT Читтагонг	22.4 с.ш.	91.8 в.д.	3-К	нет
8	Боливия	SIV Сан-Игнасио	16.0 ю.ш.	61.1 э.д.	3-К	нет
9	Ботсвана	LBTB Лобаце	25.0 ю.ш.	25.6 в.д.	3-К	нет
10	Бразилия	PTGA Питинга	0.7 ю.ш.	60.0 э.д.	3-К	да
11	Бразилия	RGNB Риу-Гранди-ду-Норти	6.9 ю.ш.	37.0 э.д.	3-К	нет
12	Канада	FRB Икалунт, Северо- Западные территории	63.7 с.ш.	68.5 э.д.	3-К	да
13	Канада	DLBC Дис-Лейк, Британская Колумбия	58.4 с.ш.	130.1 э.д.	3-К	да
14	Канада	SADO Садова, Онтарио	44.8 с.ш.	79.1 э.д.	3-К	да
15	Канада	BBB Белла-Белла, Британская Колумбия	52.2 с.ш.	128.1 э.д.	3-К	да
16	Канада	MBC Моулд-Бей, Северо- Западные территории	76.2 с.ш.	119.4 э.д.	3-К	да

17	Канада	INK Инувик, Северо- Западные территории	68.3 с.ш.	133.5 э.д.	3-К	да
18	Чили	RPN Остров Пасхи	27.2 ю.ш.	109.4 э.д.	3-К	да
19	Чили	LVC Лимон-Верде	22.6 ю.ш.	68.9 э.д.	3-К	нет
20	Китай	ВТ Байцзячжуан	40.0 с.ш.	116.2 в.д.	3-К	да, в качестве первичной
21	Китай	КМИ Кувьмин	25.2 с.ш.	102.8 в.д.	3-К	нет
22	Китай	SSE Шэсянь	31.1 с.ш.	121.2 в.д.	3-К	нет
23	Китай	XAN Сиань	34.0 с.ш.	108.9 в.д.	3-К	нет
24	Острова Кука	RAR Раротонга	21.2 ю.ш.	159.8 э.д.	3-К	да
25	Коста-Рика	JNS Лас-Хунтас-де- Абангарес	10.3 с.ш.	85.0 э.д.	3-К	да
26	Чешская Республика	VRAC Вранов	49.3 с.ш.	16.6 в.д.	3-К	да
27	Дания	SFJ Сёнре-Стрёмфьорд, Гренландия	67.1 с.ш.	50.6 э.д.	3-К	да
28	Джибути	ATD Арта-Танл	11.5 с.ш.	42.9 в.д.	3-К	нет
29	Египет	KEG Коттамия	29.9 с.ш.	31.8 в.д.	3-К	нет
30	Эфиопия	FURI Фури	8.9 с.ш.	38.7 в.д.	3-К	нет
31	Фиджи	MSVF Монасаву, Вити- Леву	17.8 ю.ш.	178.1 в.д.	3-К	нет
32	Франция	NOUC Порт-Лягер, Новая Каледония	22.1 ю.ш.	166.3 в.д.	3-К	нет
33	Франция	COG Куру, Французская Гвнана	5.2 с.ш.	52.7 э.д.	3-К	нет
34	Габон	BAMB Бамбей	1.7 ю.ш.	13.6 в.д.	3-К	нет
35	Германия/Южная Африка	VNA Станция САНАЭ, Антарктика	71.7 ю.ш.	2.9 э.д.	3-К	нет
36	Греция	IDI Анойя, Крит	35.3 с.ш.	24.9 в.д.	3-К	нет
37	Гватемала	RDG Рабир	15.1 с.ш.	90.5 э.д.	3-К	нет

38	Исландия	BORG Боргарнес	64.8 с.ш.	21.3 з.д.	3-К	да
39	Подлежит определению	Подлежит определению	Подлежит определению	Подлежит определению	Подлежит определению	нет
40	Индонезия	RACI Чибионг, Ява	6.5 ю.ш.	107.0 в.д.	3-К	нет
41	Индонезия	JAY Джалпура, Ириан-Джая (Зап. Ириан)	2.5 ю.ш.	140.7 в.д.	3-К	нет
42	Индонезия	SWI Соронг, Ириан-Джая (Зап. Ириан)	0.9 ю.ш.	131.3 в.д.	3-К	нет
43	Индонезия	PSI Парапат, Суматра	2.7 с.ш.	98.9 в.д.	3-К	нет
44	Индонезия	KAPI Капанг, Сулавеси	5.0 ю.ш.	119.0 в.д.	3-К	нет
45	Индонезия	KUG Купанг, Тимор	10.2 ю.ш.	123.6 в.д.	3-К	нет
46	Иран (Исламская Республика)	KRM Керман	30.3 с.ш.	57.1 в.д.	3-К	нет
47	Иран (Исламская Республика)	MSN Месджед-Солейман	31.9 с.ш.	49.3 в.д.	3-К	нет
48	Израиль	MBH Эйлат	29.8 с.ш.	34.9 в.д.	3-К	нет
49	Израиль	PARD Парод	32.6 с.ш.	35.3 в.д.	сейсмо-группа	нет
50	Италия	ENAS Энна, Сицилия	37.5 с.ш.	14.3 в.д.	3-К	нет
51	Япония	JNU Охита, Кюсю	33.1 с.ш.	130.9 в.д.	3-К	нет
52	Япония	JOW Кумигами, Окинава	26.8 с.ш.	128.3 в.д.	3-К	нет
53	Япония	JNJ Хатидзодзима, остров Изу	33.1 с.ш.	139.8 в.д.	3-К	нет
54	Япония	JKA Камикава-асахи, Хоккайдо	44.1 с.ш.	142.6 в.д.	3-К	нет
55	Япония	JCI Титисима, Огасавара	27.1 с.ш.	142.2 в.д.	3-К	нет
56	Иордания	-- Ашкоф	32.5 с.ш.	37.6 в.д.	3-К	нет
57	Казахстан	BRVK Боровое	53.1 с.ш.	70.3 в.д.	сейсмо-группа	нет
58	Казахстан	KURK Курчатов	50.7 с.ш.	78.6 в.д.	сейсмо-группа	нет
59	Казахстан	AKTO Актюбинск	50.4 с.ш.	58.0 в.д.	3-К	нет
60	Кыргызстан	AAK Ала-Арча	42.6 с.ш.	74.5 в.д.	3-К	нет
61	Мадагаскар	TAN Авананариву	18.9 ю.ш.	47.6 в.д.	3-К	нет

62	Мали	KOWA Кова	14.5 с.ш.	4.0 э.д.	3-К	нет
63	Мексика	TEYM Тепич, Юкатан	20.2 с.ш.	88.3 э.д.	3-К	нет
64	Мексика	TUVM Тузандепети, Веракрус	18.0 с.ш.	94.4 э.д.	3-К	нет
65	Мексика	LPBM Ла-Пас, Нижняя Калифорния Южная	24.2 с.ш.	110.2 э.д.	3-К	нет
66	Марокко	MDT Мидельт	32.8 с.ш.	4.6 э.д.	3-К	нет
67	Намибия	TSUM Цумеб	19.1 ю.ш.	17.4 в.д.	3-К	да
68	Непал	EVN Эверест	28.0 с.ш.	86.8 в.д.	3-К	нет
69	Новая Зеландия	EWZ Эрвхон, остров Южный	43.5 ю.ш.	170.9 в.д.	3-К	нет
70	Новая Зеландия	RAO Остров Рауль	29.2 ю.ш.	177.9 э.д.	3-К	нет
71	Новая Зеландия	URZ Уревера, остров Северный	38.3 ю.ш.	177.1 в.д.	3-К	нет
72	Норвегия	SPITS Шпицберген	78.2 с.ш.	16.4 в.д.	сейсмо- группа	да, в качестве первичной
73	Норвегия	JMI Ян-Майсн	70.9 с.ш.	8.7 э.д.	3-К	нет
74	Оман	WSAR Вади-Сарин	23.0 с.ш.	58.0 в.д.	3-К	нет
75	Папуа-Новая Гвинея	PMG Порт-Морсби	9.4 ю.ш.	147.2 в.д.	3-К	да
76	Папуа-Новая Гвинея	BIAL Биалла	5.3 ю.ш.	151.1 в.д.	3-К	нет
77	Перу	CAJP Кахамарка	7.0 ю.ш.	78.0 э.д.	3-К	нет
78	Перу	NNA Нана	12.0 ю.ш.	76.8 э.д.	3-К	да
79	Филиппины	DAV Давао, Минданао	7.1 с.ш.	125.6 в.д.	3-К	да
80	Филиппины	TGY Тагэйтэй, Лусон	14.1 с.ш.	120.9 в.д.	3-К	нет
81	Румыния	MLR Мувтеле-Росу	45.5 с.ш.	25.9 в.д.	3-К	нет
82	Российская Федерация	KIRV Киров	58.6 с.ш.	49.4 в.д.	3-К	нет
83	Российская Федерация	KIVO Кисловодск	44.0 с.ш.	42.7 в.д.	сейсмо- группа	да
84	Российская Федерация	OBN Обнинск	55.1 с.ш.	36.6 в.д.	3-К	да
85	Российская Федерация	ARU Арти	56.4 с.ш.	58.6 в.д.	3-К	да
86	Российская Федерация	SEY Сеймчан	62.9 с.ш.	152.4 в.д.	3-К	нет



87	Российская Федерация	ТЛ Тала	51.7 с.ш.	103.6 в.д.	3-К	нет
88	Российская Федерация	YAK Якутск	62.0 с.ш.	129.7 в.д.	3-К	нет
89	Российская Федерация	URG Ургал	51.1 с.ш.	132.3 в.д.	3-К	нет
90	Российская Федерация	ВЛ Билибино	68.0 с.ш.	166.4 в.д.	3-К	нет
91	Российская Федерация	ТХИ Тикси	71.6 с.ш.	128.9 в.д.	3-К	нет
92	Российская Федерация	YSS Южно-Сахалинск	47.0 с.ш.	142.8 в.д.	3-К	нет
93	Российская Федерация	MA2 Магадан	59.6 с.ш.	150.8 в.д.	3-К	нет
94	Российская Федерация	ZIL Зилим	53.9 с.ш.	57.0 в.д.	3-К	нет
95	Самоа	AFI Афиамалу	13.9 ю.ш.	171.8 з.д.	3-К	да
96	Саудовская Аравия	RAYN Эр-Райн	23.6 с.ш.	45.6 в.д.	3-К	нет
97	Сенегал	MBO Мбур	14.4 с.ш.	17.0 з.д.	3-К	нет
98	Соломоновы Острова	HNR Хониара, Гуадалканал	9.4 ю.ш.	160.0 в.д.	3-К	да
99	Южная Африка	SUR Сатерленд	32.4 ю.ш.	20.8 в.д.	3-К	да
100	Шри-Ланка	COC Коломбо	6.9 с.ш.	79.9 в.д.	3-К	нет
101	Швеция	HFS Хагфорс	60.1 с.ш.	13.7 в.д.	сейсмо- группа	да, в качестве первичной
102	Швейцария	DAVOS Давос	46.8 с.ш.	9.8 в.д.	3-К	да
103	Уганда	MBRU М'Барара	0.4 ю.ш.	30.4 в.д.	3-К	нет
104	Соединенное Королевство	EKA Эскдейлмуир	55.3 с.ш.	3.2 з.д.	сейсмо- группа	да
105	Соединенные Штаты Америки	GUMO Гуам, Марианские Острова	13.6 с.ш.	144.9 в.д.	3-К	нет
106	Соединенные Штаты Америки	PMSA Станция Палмера	64.8 ю.ш.	64.1 з.д.	3-К	нет
107	Соединенные Штаты Америки	TKL Тукаличи-Кавернс, Теннесси	35.7 с.ш.	83.8 з.д.	3-К	да
108	Соединенные Штаты Америки	PFCA Пивьон-Флет, Калифорния	33.6 с.ш.	116.5 з.д.	3-К	да, в качестве первичной
109	Соединенные Штаты Америки	YVN Уайрика, Калифорния	41.7 с.ш.	122.7 з.д.	3-К	нет
110	Соединенные Штаты Америки	KDC Остров Кадьяк, Аляска	57.8 с.ш.	152.5 з.д.	3-К	нет

111	Соединенные Штаты Америки	ALQ Альбукерк, Нью-Мексико	35.0 с.ш.	106.5 э.д.	3-K	да
112	Соединенные Штаты Америки	ATTU Остров Атту, Аляска	52.8 с.ш.	172.7 в.д.	3-K	нет
113	Соединенные Штаты Америки	ELK Элко, Невада	40.7 с.ш.	115.2 э.д.	3-K	да
114	Соединенные Штаты Америки	SPA Южный Полюс, Антарктика	90.0 ю.ш.	--	3-K	нет
115	Соединенные Штаты Америки	NEW Ньюпорт, Вашингтон	48.3 с.ш.	117.1 э.д.	3-K	да
116	Соединенные Штаты Америки	SIG Сан-Хуан, Пуэрто-Рико	18.1 с.ш.	66.2 э.д.	3-K	нет
117	Венесуэла	SDV Санто-Доминго	8.9 с.ш.	70.6 э.д.	3-K	да
118	Венесуэла	PCR Пуэрто-ла-Крус	10.2 с.ш.	64.6 э.д.	3-K	нет
119	Замбия	LSZ Лусака	15.3 ю.ш.	28.2 в.д.	3-K	да
120	Зимбабве	BUL Булавайо	должна быть сообщена	должна быть сообщена	3-K	нет

Таблица 2б: Перечень дополнительных сейсмографических станций, участвующих во вспомогательной сети ТЭГНЭ-3, но не отобранных для сети МСМ

	Государство, ответственное за станцию	Местоположение	Широта	Долгота	Тип
1	Австралия	ARMA Армидейл	30.4 ю.ш.	151.6 в.д.	3-К
2	Австралия	CSY Кейси	66.3 ю.ш.	110.5 в.д.	1-К
3	Австралия	FORT Форрест	30.8 ю.ш.	128.1 в.д.	1-К
4	Австралия	MEEK Микатарра	26.6 ю.ш.	118.5 в.д.	1-К
5	Австралия	QIS Маунт-Айза	20.6 ю.ш.	139.6 в.д.	1-К
6	Австралия	ROM Рома	26.5 ю.ш.	148.8 в.д.	1-К
7	Австралия	TOO Туланги	37.6 ю.ш.	145.5 в.д.	3-К
8	Австралия	WARB Уорбертон	26.2 ю.ш.	126.6 в.д.	3-К
9	Австралия	YOU Янг	34.3 ю.ш.	148.4 в.д.	3-К
10	Болгария	VTS Витоша	42.6 с.ш.	23.2 в.д.	3-К
11	Канада	LMN Каледония-Маунтин	45.9 с.ш.	64.8 з.д.	3-К
12	Канада	DAWY Доусон	64.1 с.ш.	139.4 з.д.	3-К
13	Канада	DRLN Дир-Лейк	49.3 с.ш.	57.5 з.д.	3-К
14	Канада	EDM Эдмонтон	53.2 с.ш.	113.4 з.д.	3-К
15	Канада	EEO Элди	46.6 с.ш.	79.1 з.д.	1-К
16	Канада	FCC Форт-Черчилл	58.8 с.ш.	94.1 з.д.	3-К
17	Канада	GAC Глен-Алманд	45.7 с.ш.	75.5 з.д.	3-К
18	Канада	LMQ Ла-Мальбе	47.5 с.ш.	70.3 з.д.	3-К
19	Канада	PGC Пасифик-Геосайенс	48.7 с.ш.	123.5 з.д.	3-К
20	Канада	PMV Пембертон	50.5 с.ш.	123.1 з.д.	3-К
21	Канада	PNT Пентиктон	49.3 с.ш.	119.6 з.д.	3-К

	Государство, ответственное за станцию	Местоположение	Широта	Долгота	Тип
22	Канада	RES Резольют-Бей	74.7 с.ш.	94.9 з.д.	3-К
23	Канада	TVO Тандер-Бей	48.6 с.ш.	89.4 з.д.	1-К
24	Эфиопия	AAE Аддис-Абеба	9.0 с.ш.	38.8 в.д.	3-К
25	Финляндия	KAF Кангасниemi	62.1 с.ш.	26.3 в.д.	3-К
26	Финляндия	VAF Илистаро	63.0 с.ш.	22.7 в.д.	3-К
27	Германия	BRG Бергтисхюбель	50.9 с.ш.	13.9 в.д.	3-К
28	Германия	BFO Блэк-Форест	48.3 с.ш.	8.3 в.д.	3-К
29	Германия	BUG Бохум	51.4 с.ш.	7.3 в.д.	3-К
30	Германия	CLZ Клаусталь-Целлерфельд	51.8 с.ш.	10.4 в.д.	3-К
31	Германия	CLL Кольм	51.3 с.ш.	13.0 в.д.	3-К
32	Германия	FUR Фюрстенфельдбрук	48.2 с.ш.	11.3 в.д.	3-К
33	Германия	GRFO Грефенберг	49.7 с.ш.	11.2 в.д.	3-К
34	Германия	MOX Мокса	50.6 с.ш.	11.6 в.д.	3-К
35	Германия	TNS Таунус	50.2 с.ш.	8.4 в.д.	3-К
36	Венгрия	PSZ Пискеш	47.9 с.ш.	19.9 в.д.	3-К
37	Израиль	BGIO Бар-Гийора	31.7 с.ш.	35.1 в.д.	3-К
38	Италия	AQU Л'Акуила	42.4 с.ш.	13.4 в.д.	3-К
39	Италия	VSL Вилласальто	39.5 с.ш.	9.4 в.д.	3-К
40	Япония	OGS Титисима	27.1 с.ш.	142.2 в.д.	3-К
41	Япония	ISG Исигаки	24.4 с.ш.	124.2 в.д.	3-К
42	Япония	KKJ Каминокуни	41.8 с.ш.	140.2 в.д.	3-К
43	Япония	SHK Сираки	34.5 с.ш.	132.7 в.д.	3-К
44	Япония	TSK Цукуба	36.2 с.ш.	140.1 в.д.	3-К

	Государство, ответственное за станцию	Местоположение	Широта	Долгота	Тип
45	Монголия	ULN Улан-Батор	47.5 с.ш.	107.0 в.д.	3-К
46	Нидерланды	HGN Хеймансгроаве	50.8 с.ш.	5.9 в.д.	3-К
47	Новая Зеландия	SNZO Саут-Карори	44.3 ю.ш.	174.7 в.д.	3-К
48	Пакистан	NIL Нилоре	33.7 ю.ш.	73.3 в.д.	3-К
49	Сейшельские Острова	MSEY Маэ	4.6 ю.ш.	55.5 в.д.	3-К
50	Испания	PAB Сан-Пабло-де-лос-Монтес	39.5 с.ш.	4.3 з.д.	3-К
51	Испания	TBT Табуриенте	28.7 с.ш.	17.9 з.д.	3-К
52	Швейцария	APL Альпнах	47.0 с.ш.	8.2 в.д.	3-К
53	Украина	KIEV Киев	50.7 с.ш.	29.2 в.д.	3-К
54	Соединенное Королевство	WOL Уолвертон	51.3 с.ш.	1.2 з.д.	3-К
55	Соединенное Королевство	ASCN Остров Вознесения	8.0 ю.ш.	14.4 з.д.	3-К
56	Соединенные Штаты	RSSD Блэк-Хилс	44.1 с.ш.	104.0 з.д.	3-К
57	Соединенные Штаты	BLA Блэксбург	37.2 с.ш.	80.4 з.д.	3-К
58	Соединенные Штаты	DUG Дагуэй	40.2 с.ш.	112.8 з.д.	3-К
59	Соединенные Штаты	EUMN Эли	47.9 с.ш.	91.5 з.д.	3-К
60	Соединенные Штаты	TUC Туксон	32.3 с.ш.	110.8 з.д.	3-К
61	Соединенные Штаты	TUL Тулса	35.9 с.ш.	95.8 з.д.	3-К

-----