

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО РАЗОРУЖЕНИЮ

CD/1254
25 March 1994

RUSSIAN
Original: ENGLISH

ДОКЛАД СПЕЦИАЛЬНОЙ ГРУППЫ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРТОВ ПО РАССМОТРЕНИЮ
МЕЖДУНАРОДНЫХ СОВМЕСТНЫХ МЕР ПО ОБНАРУЖЕНИЮ И ИДЕНТИФИКАЦИИ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОМУ КОМИТЕТУ ПО ЗАПРЕЩЕНИЮ
ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ О МЕЖДУНАРОДНОМ СЕЙСМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ И
ЭКСПЕРИМЕНТЕ ТЭГНЭ-3

Содержание

	<u>Стр.</u>
Резюме	3
Глава 1: Общие сведения	6
Сейсмология	6
Обнаружение и местопределение сейсмических явлений	7
Обнаружение	7
Местопределение	7
Идентификация	8
Группа научных экспертов (ГНЭ) КР	8
Глава 2: Общая концепция ТЭГНЭ-3	9
Введение	9
Общая концепция построения	10
Сеть станций глобального мониторинга	10
Международный центр данных	12
Национальные центры данных	13
Глава 3: Функции и компоненты ТЭГНЭ-3	14
Введение	14
Элементы ТЭГНЭ-3	14
ТЭГНЭ-3: Нынешнее состояние и планы на будущее	15
Что может дать ТЭГНЭ-3 Комитету по запрещению ядерных испытаний	16
Глава 4: Вопросы организации и расходов	18
Организация ТЭГНЭ-3	18
Смета расходов на ТЭГНЭ-3	18
Приложение 1: Технические характеристики стандартной станции МССМ	20
Приложение 2: Доклады ГНЭ Конференции по разоружению	23
Рисунки: 1-5	

Резюме

В соответствии с просьбой Специального комитета по запрещению ядерных испытаний Специальная группа научных экспертов завершила доклад по обобщению знаний и опыта в связи с предстоящим третьим техническим экспериментом ГНЭ (ТЭГНЭ-3). Конкретная просьба касалась разработок в отношении следующего:

- общей концепции ТЭГНЭ-3;
- функции и компонентов системы;
- вопросов организации и расходов.

Специальная группа научных экспертов (ГНЭ) несколько раз представляла Конференции по разоружению доклады о своей деятельности по разработке и апробированию концепций международной системы сейсмического мониторинга (МССМ) для обнаружения сейсмических сигналов, вызываемых производимым под землей ядерным взрывом. В совокупности эта деятельность известна как ТЭГНЭ-3, или третий Технический эксперимент ГНЭ. Этот обширный эксперимент, который уже проходит этап осуществления, станет реальным апробированием в глобальном масштабе новых концепций МССМ. К числу этих новых концепций относится следующее: единый централизованный Международный центр данных; специально выделенная высококачественная сейсмографическая сеть; и современная коммуникационная система, поставляющая непрерывные данные в централизованный центр.

Как планируется, этот эксперимент будет охватывать более 100 сейсмологических станций, распределенных по всему миру более чем в 40 странах, а также централизованный Международный центр данных (МЦД). ТЭГНЭ-3 должен обеспечить практический опыт и инфраструктуру, которые могут быть использованы Конференцией по разоружению с целью создания системы сейсмического мониторинга для ДВЗИ. Крупными компонентами разрабатываемой и апробируемой инфраструктуры являются сеть сейсмологических станций и Международный центр данных.

Концепция МССМ на основе глобальной сети станций предусматривает двухслойную систему. Наиболее важный слой состоит из самых высококачественных станций, расположенных, по мере возможности, на тщательно выбранных площадках, отличающихся очень низким фоновым шумом (который ограничивает обнаружение сигналов). Эти станции именуются как альфа-станции, и данные с этих станций будут непрерывно передаваться в МЦД. Для ТЭГНЭ-3, чтобы охватить все континенты, было выявлено в общей сложности 57 таких площадок, причем соответствующие станции имеются в 34 странах, а также в Антарктике. В большинстве случаев на этих площадках уже имеются высококачественные станции. Выбор этих станций производился исходя из того, чтобы они отвечали установленным ГНЭ критериям в отношении чувствительности, работоспособности и географического распределения.

Второй слой образуют так называемые бета-станции, которые в принципе оснащены более простыми датчиками, но тем не менее как можно ближе соответствуют тем же высоким стандартам, что и альфа-станции. Они выступают в качестве дополнения к альфа-станциям и призваны прежде всего поставлять дополнительные сейсмологические данные, необходимые для того, чтобы повысить точность местоопределения сейсмического возмущения, обнаруженного

первоначально альфа-сеть. Доступ к данным с бета-станций будет осуществляться автоматически только в том случае, если они потребуются центру МЦД. Как предполагается, число бета-станций по всему земному шару превысит число альфа-станций.

Концепция ТЭГНЭ-3 также предусматривает привлечение других дополнительных данных от сетей национальных сейсмографических станций, не предназначенных конкретно для обнаружения ядерных взрывов, а используемых, скорее, для наблюдения за землетрясениями в пределах или вблизи национальных территорий. Данные от этих сетей представлялись бы национальными органами на добровольной основе. По просьбе МЦД участники, эксплуатирующие такие национальные сети, вполне могли бы предоставлять сведения о небольших локальных сейсмических возмущениях.

Международный центр данных является узловым звеном системы ТЭГНЭ-3, выступающим в качестве объекта для сбора и распространения данных по всей сети. МЦД на равной основе предоставлял бы продукты и услуги всем участникам ТЭГНЭ-3. Двумя такими важными продуктами являются необработанные первичные данные датчиков со всех станций сети и перечень всех сейсмических явлений по всему земному шару, обнаруженных системой, с указанием времени происхождения, местоположения и другой информации для характеристики явления. МЦД также осуществлял бы постоянное хранение всех данных, собираемых в рамках системы. МЦД также осуществляет надзор над общим функционированием глобальной сети станций.

Для организации эффективной управленческой системы концепция МССМ предусматривает, что участвующие государства создадут национальные центры данных (НЦД), которые будут служить в качестве стыковочного звена между сейсмической сетью и МЦД. Через эти центры каждое участвующее государство будет получать от МЦД данные и обработанные результаты.

ГНЭ планирует апробировать экспериментальную МССМ таким образом, чтобы это как можно теснее согласовывалось с вышеизложенными проективными концепциями. За последний год был достигнут существенный прогресс в создании объектов и начале операций для эксперимента. Был достигнут быстрый прогресс в налаживании и начале функционирования МЦД, дислоцированного в Арлингтоне, Виргиния, Соединенные Штаты. Как ожидается, в ходе ТЭГНЭ-3 МЦД будет располагать международным персоналом численностью 40-50 человек. Весь эксперимент проводится поэтапно, и начиная с января 1995 года планируется перейти к полномасштабным операциям. В настоящее время имеется большинство альфа-станций, и посредством национальных или совместных международных усилий создается ряд новых станций. Как для альфа-, так и для бета-станций сети нужно будет наладить современные коммуникационные узлы.

Будучи введена в строй, полномасштабная альфа-сеть ТЭГНЭ-3 дала бы возможность обнаруживать сейсмические возмущения магнитудой до 3-3 1/2 баллов по шкале Рихтера. Для достижения целей ТЭГНЭ-3 существенное значение имеет сеть с широким глобальным охватом. В настоящее время принимающими странами выделено лишь 20 из 57 альфа-станций (12 станций в 34 странах). И поэтому весьма важно, чтобы те страны, большинство из которых являются членами или наблюдателями на Конференции по разоружению, которые пока еще не взяли соответствующих обязательств, как можно скорее предоставили требуемые объекты для ТЭГНЭ-3. Страны могут посредством двустороннего или многостороннего сотрудничества предоставлять техническую или финансовую помощь другим странам, чье участие имеет существенное значение.

Были произведены значительные инвестиции в развитие объектов, которые будут использоваться в ходе ТЭГНЭ-3. До сих пор такие инвестиции составляют в общей сложности около 150 млн. долл. США (100 млн. долл. США - альфа-станции; 10 млн. долл. США - бета-станции; 10 млн. долл. США - коммуникации; и 30 млн. долл. США - МЦД). В ближайшем будущем новые инвестиции на объекты ТЭГНЭ-3 планируются в размере в общей сложности около 27 млн. долл. США. Годовые эксплуатационные расходы на ТЭГНЭ-3 составят около 26-30 млн. долл. США, причем расходы на альфа-сеть, связь и МЦД будут распределяться примерно одинаково.

Есть ряд способов, для того чтобы эксперимент ТЭГНЭ-3 мог внести вклад в переговоры в рамках Специального комитета по запрещению ядерных испытаний. ТЭГНЭ-3 мог бы дать, среди прочего, следующую информацию, имеющую отношение к будущей системе сейсмического мониторинга:

- разработанная для ТЭГНЭ-3 станционная сеть могла бы заложить основы для построения МССМ;
- функции и продукты, разработанные для экспериментального МЦД, могли бы послужить в качестве ориентира для функций и продуктов, требующихся для целей мониторинга;
- подробные инструкции и процедуры, разработанные для ТЭГНЭ-3, могли бы заложить хорошую основу для эксплуатационных наставлений по компонентам МССМ;
- объекты (МЦД, сейсмологические станции сетей) могли бы обеспечить ценную инфраструктуру, которая позволила бы облегчить быструю реализацию МССМ по договору;
- эксперименты в рамках ТЭГНЭ-3 могли бы оказаться полезными при оценке возможностей системы, расходов и кадровых потребностей.

Ввиду этих соображений ГНЭ рассчитывает, что ТЭГНЭ-3 внесет крупный вклад в утверждение прототипной эксплуатационной МССМ. И тем не менее важно отметить, что, будучи экспериментальной системой, эксплуатируемая в ходе ТЭГНЭ-3 глобальная сеть не обеспечит всех возможностей, каких могла бы потребовать система сейсмического мониторинга по будущему ДВЗИ.

Глава 1

Общие сведения

Сейсмология

Сейсмология есть наука о землетрясениях, включающая изучение сейсмических волн от таких источников, как землетрясения и взрывы. Запись сейсмических волн сейсмографическими станциями и их изучение позволяют сейсмологам определять природу и местоположение сейсмического источника и изучать внутреннее строение Земли. Наилучшим способом обнаружения полностью камуфлетного подземного ядерного взрыва (взрыва, при котором не происходит прорыва радиоактивных материалов на поверхность) является регистрация генерируемых сейсмических волн. И поэтому в рамках сейсмической системы, которая будет создана в качестве подспорья для проверки соблюдения запрещения подземных ядерных испытаний, существенным элементом станет сеть сейсмических станций. Однако сейсмические средства позволяют производить обнаружение ядерных взрывов и в других средах, например под водой.

В начальный период текущего столетия развитие исследования землетрясений шло медленно, опираясь на созданные на рубеже века первые глобальные сейсмографические сети. В значительной мере в качестве первоначального импульса послужила необходимость уяснения причин крупных катастрофических землетрясений: назовем лишь два таких землетрясения – в Сан-Франциско, США, в 1906 году и в Кванто, Япония, в 1923 году. Во многих странах создание первых сейсмографических сетей стало реакцией на разрушительные землетрясения. К 50-м годам нашего века сейсмологическими исследованиями занималось несколько учреждений, действовавших самостоятельно на каждом основном континенте, причем они практиковали разовые процедуры обмена данными после очень крупных, разрушительных землетрясений. Между тем необходимость наблюдения за подземными ядерными испытаниями на рубеже 1960 года привела к крупному скачку в развитии этой науки. Были созданы глобальные сети стандартизированных приборов – сначала с аналоговой записью, а затем, чтобы облегчить проведение обработки и анализа данных при помощи компьютеров, – с цифровой.

В среднем в мире происходит более 7 000 землетрясений в год с магнитудой сейсмической объемной волны более 4 (рис. 1). Возмущение с магнитудой 4 достаточно для того, чтобы люди могли ощущать толчки на расстоянии в пределах около 100 км от источника землетрясения. Такая сейсмическая магнитуда имеет место и в результате полностью камуфлетного подземного взрыва с энергопереходом, осуществляемого в скальной породе и имеющего мощность около 1 килотонны. При каждом уменьшении на одну единицу магнитуды число естественных землетрясений возрастает примерно в 8 раз (т.е. в год могло бы наблюдаться около 60 000 землетрясений с сейсмической магнитудой выше 3 баллов). Возможность обнаружения более слабых землетрясений неодинакова в различных районах мира. Некоторые национальные сейсмографические сети могут обнаруживать сейсмические явления в пределах своего охвата до уровня небольших магнитуд, но на земном шаре есть много районов, где имеется слишком мало сейсмографических станций для производства обнаружений при магнитуде примерно до 4,5 балла.

Обнаружение и местопределение сейсмических явлений

Обнаружение

Современные сейсмометры (чувствительный компонент сейсмографа) способны обнаруживать движения Земли, соизмеримые с расстоянием между атомами, и, таким образом, они в принципе могут обнаруживать сейсмические волны от очень малых сейсмических явлений. Однако причиной колебаний Земли могут быть не только интересующие нас явления. Естественные процессы, такие, как ветер и океанические волны, а также человеческая деятельность, такая, как автомобильное движение и функционирование предприятий, генерируют непрерывные колебания - "сейсмический шум", - которые также регистрируются сейсмографами. Представляющее интерес явление может быть "обнаружено" только в том случае, если сигнал, производимый его сейсмическими волнами, превысит сейсмический шум. Характер и уровень сейсмического шума будет претерпевать значительные вариации в зависимости от местоположения. Самые спокойные площадки для размещения сейсмографов находятся поблизости от центров крупных континентов, вдали от влияния океанических волн и за десятки километров от районов значительной человеческой активности. На Земле есть много таких площадок, и именно здесь находятся сейсмографы, обладающие наибольшим потенциалом обнаружения сейсмических явлений в глобальном масштабе.

Возможность обнаружения сейсмических волн можно повысить и за счет обработки сигнала, особенно применительно к записям сейсмогрупп. Сейсмогруппа представляет собой комплекс сейсмометров, распределенных по небольшой площади, размером от нескольких километров и примерно до 20 км в поперечнике. В ходе обработки данных сейсмогруппа может быть подобно антенне "настроена" на определение направления прихода и скорости сейсмической волны, что в свою очередь может позволить оценить местоположение сейсмического источника. Сложение сигналов от отдельных сейсмометров позволяет улучшить возможности обнаружения за счет повышения уровня сигнала относительно шума. Обычно сейсмогруппа позволяет снизить порог обнаружения по крайней мере на 0,5 единицы магнитуды по сравнению с обычной сейсмографической станцией. Применительно к мощности взрыва это соответствует снижению порога примерно в три раза, а то и более.

Местопределение

По обнаружении сейсмического явления нужно установить и его точное местоположение. Хотя одиночная сейсмогруппа и может дать оценку местоположения сейсмического источника, обычно эта оценка отличается значительной неопределенностью, если источник находится на "телесеизмическом" расстоянии, т.е. в 3 000-10 000 км от сейсмогруппы. Чаще всего принято оперировать с местоположением, определяемым на основе расчетов с использованием времени регистрации сейсмических волн как минимум тремя-четырьмя станциями или сейсмогруппами. Делать обобщения относительно достижимой точности определения местоположения сейсмических явлений довольно трудно, поскольку она зависит как от числа станций и сейсмогрупп, обнаруживающих явления, так и от того, насколько точно известны скорости распространения сейсмической волны в различных и зачастую сложных геологических структурах Земли. За счет данных с ряда близлежащих станций адекватное местопределение можно произвести с точностью более 5 км; если же используются лишь данные с отдаленных станций, то адекватное местопределение может быть произведено с точностью около 20 км. Высокая точность местопределения сейсмических явлений может быть обеспечена и сейсмогруппой при ее соответствующей откалиброванности. Это приобретает важное значение в

процессе проверки, ибо тем самым можно получать представление о том, какого размера территория может быть охвачена инспекцией на месте.

Идентификация

Вот уже более 30 лет как ведутся сейсмологические исследования по разграничению землетрясений и подземных взрывов. Нужно подчеркнуть, что задача идентификации сейсмических явлений носит очень сложный характер и пока еще не получила детального обсуждения в ГНЭ.

В ходе ТЭГНЭ-3 Международный центр данных (МЦД) будет компилировать и предоставлять участникам на предмет их национальной оценки ряд параметров, которые могут быть полезны для идентификации сейсмических явлений. Наличие в МЦД данных о форме сейсмических волн будет иметь ключевое значение для предоставления этой информации.

Группа научных экспертов (ГНЭ) КР

В 1976 году Совещание Комитета по разоружению учредило "Специальную группу научных экспертов по рассмотрению международных совместных мер по обнаружению и идентификации сейсмических явлений", широко известную ныне как "ГНЭ". Группе было предложено "точно определить характеристики международной системы контроля, включая... расходы в случае создания международной системы наблюдения". Группа "попытается сделать оценку способности такой международной системы сотрудничества производить обнаружение и идентификацию... однако Группа не должна давать оценку достаточности такой системы для проверки соблюдения всеобъемлющего запрещения испытаний".

В 1984 году ГНЭ провела свой первый глобальный технический эксперимент, который состоял в обмене исходными параметрическими данными о сейсмических явлениях с использованием слабопропускных коммуникационных сетей Всемирной метеорологической организации. Эта система оказалась неэффективной и чересчур уж ограничительной с точки зрения объема информации, которую удалось собрать и проанализировать.

На основе опыта ТЭГНЭ-1 ГНЭ провела в 1991 году свой второй эксперимент с использованием более современных коммуникационных средств для обмена избранными фрагментами данных о волновых формах с 60 сейсмографических станций в 34 странах. Эти данные подвергались анализу одновременно в четырех центрах. Эксперимент продемонстрировал необходимость тщательного выбора сети станций исходя из конкретных технических требований и показал, что нет надобности в четырех аналитических центрах.

Запланированный ТЭГНЭ-3 основывается на результатах первых двух экспериментов и использует рекомендации и опыт этих экспериментов. Этот обширный эксперимент, который уже проходит этап осуществления, станет реальным апробированием в глобальном масштабе новых концепций. К числу этих новых концепций относится следующее: единый централизованный Международный центр данных; специально выделенная высококачественная сейсмографическая сеть; и современная коммуникационная система, поставляющая непрерывные данные в международный центр.

ГНЭ подготовила для Конференции по разоружению ряд всеобъемлющих консенсусных докладов, освещающих предпринятую Группой работу и результаты проведенных Группой крупных и более мелких экспериментов. Библиография докладов Группы приобщается в приложении 2.

Глава 2

Общая концепция ТЭГНЭ-3

Введение

В ходе своей работы Группа научных экспертов разработала несколько концепций международной системы сейсмического мониторинга (МССМ) и провела два технических эксперимента для оценки действенности этих концепций. В рамках своего третьего технического эксперимента (ТЭГНЭ-3) Группа развила и уточнила эти концепции и сейчас приступает к реалистичному и эксплуатационному апробированию этого нового поколения концепций. В данной главе описываются общие концепции, развитие и апробирование которых являются составной частью ТЭГНЭ-3. Дополнительные сведения о концепции содержатся в документах, представленных ГНЭ Конференции по разоружению, и в том числе CD/1211 (август 1993 года) и CD/1245 (март 1994 года).

ТЭГНЭ-3 преследует три дополнительных цели, которые отличают его от предыдущих экспериментов. Эти цели состоят в следующем:

- a) разработка и апробирование новых концепций экспериментальной международной системы сейсмического мониторинга на основе прежнего опыта;
- b) создание практической основы для обеспечения Конференции по разоружению своевременной технической информацией;
- c) разработка экспериментальной системы, способной эволюционировать и адаптироваться для удовлетворения будущих потребностей, которые могут быть определены для Международной системы сейсмического мониторинга.

Международная система сейсмического мониторинга нацелена прежде всего на обнаружение сейсмических сигналов от ядерных взрывов, проводимых под землей.

Основные особенности МССМ заключаются в следующем:

- обеспечение оперативного получения данных от глобальной сети сейсмических датчиков и обработки этих данных на центральном объекте по обработке данных;
- обеспечение оперативного распространения всех данных среди всех участвующих государств для их национальных целей проверки;
- обеспечение максимально возможной автоматизации сбора, обработки и распространения данных;
- обеспечение постоянной архивации всех данных, собранных или выработанных МССМ;
- обеспечение защиты данных и контроля качества;
- предоставление рентабельного обслуживания всем участвующим государствам;

- обеспечение достаточно гибкой архитектуры системы мониторинга, для того чтобы она позволяла вносить любые технические изменения и усовершенствования, какие могут потребоваться в будущем.

Общая концепция построения

МССМ включает интегрированную сеть высокоэффективных сейсмических датчиков, современную коммуникационную сеть, Международный центр данных и национальные центры данных для сбора и распространения данных мониторинга. Вся система должна быстро и надежно выполнять свои функции мониторинга и давать результаты на рентабельной основе. Поэтому в рамках МССМ должна быть обеспечена высокая степень автоматизации ее операций. Основными компонентами международной системы сейсмического мониторинга являются следующие:

- сеть сейсмографических станций для глобального мониторинга, отвечающих согласованным строгим техническим спецификациям. Станции этой сети специально спроектированы и размещены таким образом, чтобы обеспечивать обнаружение сейсмических явлений во всем мире. Функционирование станций рассчитано на то, чтобы обеспечивать непрерывные потоки достоверных данных, причем даже со станций, расположенных в отдаленных районах;
- Международный центр данных (МЦД), который получает данные от сети мониторинга, применяет к этим данным стандартные методы обработки и вместе с другими "стандартными услугами" предоставляет эту информацию национальным центрам данных участвующих государств. Все данные, полученные в МЦД, и информационные продукты, произведенные МЦД, архивируются и предоставляются любому участвующему государству в режиме открытого доступа;
- национальные центры данных (НЦД), создаваемые в участвующих государствах. НЦД могут получать любые или все данные, собранные в МЦД, и продукты стандартных услуг, предоставляемых МЦД. НЦД также компилируют дополнительные национальные данные о сейсмической активности и могут представлять эту информацию в МЦД.

Сеть станций глобального мониторинга

Глобальная сеть сейсмического мониторинга представляет собой двухслойную сеть, состоящую из альфа- и бета-станций. Первый слой станций, или альфа-станции, должен состоять в основном из групп датчиков и нескольких трехкомпонентных станций, которые обеспечивали бы на глобальной основе обнаружение и первоначальное местопределение сейсмических явлений для МССМ. Второй слой станций, или бета-станции, поставлял бы дополнительные данные, что позволило бы повысить точность местопределения явлений, обнаруженных альфа-станциями.

Участвующие государства могут также предоставлять дополнительные данные от национальных и региональных сетей, которые официально не входят в состав МССМ. Эта национальная информация именуется как гамма-данные.

Общая концепция альфа-сети состоит в следующем:

- оборудование альфа-станций отвечало бы установленным минимальным техническим спецификациям в отношении чувствительности, приборных характеристик, регистрирующей аппаратуры и программного обеспечения, а также эксплуатации и управления. Эти спецификации были избраны потому, что они подходят для обнаружения сигналов от подземных ядерных взрывов. ГНЭ определила те спецификации, которым должны отвечать эти "стандартные станции МССМ". Это не означает, что эти объекты должны состоять из идентичных компонентов; но компоненты этих систем должны отвечать исходным функциональным и техническим требованиям. Если технические компоненты отвечают этим критериям, приборы могут компоноваться посредством многочисленных конфигураций, и поэтому стандартные станции МССМ могут быть приспособлены к местным условиям на площадке и сопряжены с общей конфигурацией сети для обеспечения адекватных возможностей глобального мониторинга. Стандартные технические характеристики оборудования альфа-станции приводятся в приложении 1. Эксплуатация станций могла бы быть максимально автоматизирована;
- станции альфа-сети должны подвергаться глобальному распределению таким образом, чтобы учесть районы с хорошими условиями записи сигналов и обеспечивать общий глобальный охват для обнаружения подземных ядерных взрывов. Концепция МССМ предусматривает, что "костяк" глобальной сети должен составлять по меньшей мере 50 станций этого типа. В принципе станции должны размещаться на "спокойных площадках", т.е. на площадках, где отмечаются минимальные шумовые помехи. Это число (по меньшей мере 50) станций определено на основе вполне обоснованных сейсмологических соображений и исходя из того, что, по мере возможности, станции должны равномерно распределяться по земному шару. На основе опыта технических экспериментов, результатов компьютерного моделирования и обширных технических исследований альфа-сеть первоначально была определена в составе 53 станции (см. рис. 2), что и будет апробировано в ходе ТЭГНЭ-3;
- каждая из станций альфа-сети имела надежную систему связи для передачи данных в МЦД. Данные о волновых формах со станций альфа-сети телеметрическим способом постоянно передавались бы в МЦД - либо непосредственно, либо на непрерывной основе через НЦД. Эти станции также обеспечивались бы резервной регистрацией на месте на случай коммуникационных сбоев.

Общая концепция бета-сети состоит в следующем:

- бета-станции представляют собой преимущественно трехкомпонентные станции, но здесь есть и несколько сейсмогрупп. Бета-станции, насколько это возможно и практически осуществимо, должны соответствовать техническим спецификациям и стандартам альфа-станций;
- данные от бета-станций должны немедленно предоставляться МЦД. Несмотря на отсутствие непрерывной телеметрической передачи данных в МЦД, МЦД может производить автоматическую выборку фрагментов волновых форм с бета-станций или из архивов национальных центров данных, содержащих сплошные данные от бета-станций. Это требование предполагает также наличие надежной системы связи, для того чтобы по соответствующей заявке обеспечивать доступ к данным от этих станций;

- ГНЭ рекомендовала включить в общую сеть МССМ по крайней мере 100 станций такого типа.

Предварительная концепция гамма-данных состоит в следующем:

- участвующие государства могут также предоставлять в МЦД дополнительные данные от национальных и региональных сетей, которые эксплуатируются этими государствами и которые официально не входят в состав МССМ;
- национальные и региональные сети, из которых черпаются такие гамма-данные, эксплуатируются в соответствии с отдельными стандартами для национальных или региональных сетей;
- гамма-данные могут также предоставляться по запросу, но оперативность ответа в разных национальных или региональных сетях может быть неодинакова.

Международный центр данных

Международный центр данных является узловым звеном МССМ, действующим в качестве объекта по сбору, обработке и распространению данных для сетей МЦД, обеспечивал бы упорядочение, архивацию данных и информационных продуктов в интересах всех участвующих государств.

- МЦД получал все сейсмические данные, передаваемые по каналам связи с альфа- и бета-станций. Он получал бы сплошные данные от альфа-станций посредством непрерывной телеметрической связи, а выборка фрагментов данных от бета-станций производилась бы МЦД автоматически.
- МЦД осуществлял бы обработку данных от альфа- и бета-станций и составлял бы глобальные перечни сейсмических явлений. Перечень явлений включал бы следующее: местонахождение, время наступления, глубину происхождения, масштабы (магнитуду) явления и другие стандартные сейсмологические параметры, необходимые для описания явления.
- Процедуры анализа данных в МЦД были бы максимально возможно автоматизированы. Процедуры должны быть утверждены, хорошо задокументированы и соответствовать жестким правилам и графикам. Все процедуры должны быть повторяемыми, с тем чтобы можно было воспроизводить полученные результаты. Стандартные аналитические процедуры МЦД и предоставляемые им "стандартные услуги" подлежали бы документированию.
- Все данные, получаемые в МЦД из сети МССМ, подвергались бы проверке на предмет качества и надежности и помещались бы в архив. Этот архив включал бы все полученные волновые формы и все информационные продукты, произведенные в МЦД, например перечни явлений, бюллетени и перечни обнаружений. МЦД также собирал бы и архивировал другую сейсмологическую информацию (гамма-данные), полученную от национальных центров данных. Объем данных, собираемых и архивируемых в МЦД, составлял бы значительную величину.

- МЦД осуществлял бы надзор за калибровкой альфа- и бета-станций и обеспечивал бы общий контроль качества данных МССМ. МЦД также осуществлял бы наблюдение за состоянием станций и систем связи и предоставлял бы НЦД информацию относительно качества.
- МЦД был бы открытым объектом, и все данные и результаты обработки были бы легко и свободно доступны для участвующих государств. Доступ к данным и результатам обработки давностью не более 15 дней должен обеспечиваться в оперативном режиме, а доступ к данным давностью более 15 дней должен предоставляться в течение 24 часов.
- Работа в МЦД велась бы на основе совместных международных усилий.

Национальные центры данных

Национальные центры данных выступают в качестве связующего звена между участвующим государством и международным компонентом МССМ. НЦД является тем "шлюзом", через который каждое участвующее государство получает от станций МССМ необработанные данные, а от МЦД - результаты обработки.

- НЦД создавались бы участвующими государствами для передачи данных в МЦД и получения данных от него.
- Альфа-данные непрерывно передавались бы в МЦД - либо непосредственно, либо через НЦД.
- Автоматический доступ к данным от бета-станций может обеспечиваться либо через НЦД, либо непосредственно на самих станциях.
- Гамма-данные компилировались бы в НЦД. Процедуры использования гамма-данных пока еще разрабатываются в ГНЭ.

Глава 3

Функции и компоненты ТЭГНЭ-3

Введение

ГНЭ намерена испытать в ходе ТЭГНЭ-3 экспериментальную МССМ, максимально приближенную к проектным концепциям, изложенным в главе 2. Важно постараться испытать все ключевые элементы и особенности концепции МССМ - если не повсеместно, то хотя бы в отдельных звеньях системы ТЭГНЭ-3.

Важный аспект ТЭГНЭ-3 состоит в том, чтобы спланировать и провести эксперимент таким образом, чтобы его можно было адекватно и эффективно оценить. В связи с этим система ТЭГНЭ-3 должна обеспечить данные, необходимые для подтверждения жизнеспособности и эффективности концепции МССМ. В частности, нужно будет оценить стоимость такой системы.

При помощи компьютерных моделирований ГНЭ оценила возможности системы ТЭГНЭ-3 в плане обнаружения и местоопределения явлений с учетом особых критериев определения явлений. В ходе ТЭГНЭ-3 нужно будет изучить вопрос о том, реализуются ли эти теоретические возможности при практической эксплуатации.

Для обоснования концепции сети в составе альфа- и бета-станций необходимо продемонстрировать, что эта сеть явно дает более точные местоопределения явлений, чем одна только альфа-сеть.

Элементы ТЭГНЭ-3

По мере возможности, апробируемые в ходе ТЭГНЭ-3 различные элементы (альфа- и бета-станции, национальные центры данных и Международный центр данных) будут создаваться и эксплуатироваться в соответствии с изложенной в главе 2 проективной концепцией.

Как ожидается, в ходе ТЭГНЭ-3 число бета-станций значительно превысит число альфа-станций. Однако ГНЭ пока еще не определила конкретную сеть бета-станций для ТЭГНЭ-3. Несколько стран уже предложили такие станции, и предпринимаются усилия по выявлению во всем мире дополнительных станций-кандидатов, которые отвечали бы предъявляемым требованиям. Ведется разработка оптимальной конфигурации для сети бета-станций, с тем чтобы заложить основы для выявления потенциальных принимающих стран, которым будет предложено взять обязательство в отношении представления данных с этих станций в ходе ТЭГНЭ-3.

В участвующих странах будут созданы НЦД (а в некоторых случаях и региональные центры данных), которые будут отвечать за содержание альфа- и бета-станций и их коммуникационных каналов в ходе ТЭГНЭ-3.

Круг деятельности и обязанности каждого НЦД будут варьироваться в зависимости от имеющихся возможностей и ресурсов и будут зависеть от потребностей каждого участвующего государства в плане национальных процедур проверки.

Если гамма-данные подлежат сообщению, то НЦД будет отвечать за выверку и представление центру МЦД докладов по гамма-данным.

Одна из наиболее важных функций НЦД в ходе ТЭГНЭ-3 будет связана с участием в процессе оценки. Чтобы внести свой вклад в текущую оценку ТЭГНЭ-3, НЦД будут отвечать за выверку статистических сведений относительно операций своего НЦД и станции и за отсылку отзывов по различным аспектам деятельности МЦД.

В НЦД будет осуществляться детальный анализ продуктов МЦД, причем особое внимание будет уделяться оценке точности местоопределения явлений в пределах своего географического региона. НЦД могут представлять в МЦД запросы в отношении данных о волновых формах с любой станции сети.

ГНЭ приняла предложение Соединенных Штатов создать и разместить в Арлингтоне, Виргиния, экспериментальный МЦД для ТЭГНЭ-3. Процедуры, используемые в этом экспериментальном МЦД, будут, по мере возможности, соответствовать процедурам, предусматриваемым в настоящее время для вероятного МЦД. Таким образом, эти процедуры будут утверждаться, документироваться и будут соответствовать жестким правилам и графикам, а также будут как можно более автоматизированы. Продукты и услуги экспериментального МЦД будут включать следующее:

- автоматическое составление в течение одного часа перечня сейсмических явлений на основе данных с альфа-станций;
- автоматическое составление в течение четырёх часов перечня сейсмических явлений на основе данных с альфа- и бета-станций;
- подготовка в течение двух дней окончательного бюллетеня сейсмических явлений, содержащего высококачественные, проверенные интерпретатором решения по явлениям;
- непрерывная оценка возможностей сети с представлением информации относительно наинизшей магнитуды, при которой могут быть обнаружены явления, а также относительно любых глобальных вариаций на этом уровне магнитуды. Эта информация будет предоставляться на текущей основе и по запросам участников;
- данные контроля за состоянием системы и графическое отображение состояния всех ключевых компонентов системы ТЭГНЭ-3;
- упорядоченный доступ ко всем данным, полученным и подготовленным МЦД.

ТЭГНЭ-3: нынешнее состояние и планы на будущее

За последний год был достигнут существенный прогресс в подготовке к ТЭГНЭ-3. Особенно примечателен быстрый прогресс в создании и начале операций МЦД. В докладах ГНЭ о ходе работы довольно детально разработаны и задокументированы планы проведения и оценки ТЭГНЭ-3.

Несколько стран обязались выделить станции и национальные объекты для участия в ТЭГНЭ-3, хотя по-прежнему остро ощущается потребность в официальных обязательствах относительно участия со стороны ряда стран. Состояние участия обобщено в докладах ГНЭ о ходе работы.

Большинство станций, которые были выявлены в концепции как входящие в альфа-сеть ТЭГНЭ-3, сегодня уже существуют, но пока еще не осуществляют непрерывную отправку данных в МЦД. На основе национальных или совместных международных усилий надо будет создать ряд новых станций. Как для альфа, так и для бета-станций в рамках экспериментальной сети будут созданы современные, высокоскоростные каналы связи. ГНЭ предусматривает постепенное создание сети посредством добавления новых станций по мере их завершения или выделения.

Будет также вестись постепенное создание бета-станций, которые будут выбираться таким образом, чтобы на базе станций, предоставленных для ТЭГНЭ-3, создать по возможности наилучшую сеть.

Перед включением в экспериментальную систему и альфа-, и бета-станции будут подвергаться приемочным испытаниям. Будет также проведено приемочное испытание Международного центра данных. Кроме того, в ходе ТЭГНЭ-3 ГНЭ будет проводить текущую оценку. Результаты будут неизменно инкорпорироваться в систему для повышения ее эффективности, с тем чтобы система была способна обеспечивать будущие потребности Конференции по разоружению в связи с контролем за соблюдением договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Реализация Международного центра данных ТЭГНЭ-3 осуществляется поэтапно. Число имеющихся станций и число дней, обрабатываемых за неделю, будет неуклонно возрастать с первоначальной реализации МЦД в начале 1994 года (6 альфа- и 13 бета-станций; за неделю анализируются данные по двум дням) до реализации вероятного МЦД 1 января 1995 года (полная сеть ТЭГНЭ-3; за неделю анализируются данные по 7 дням).

Достигнут быстрый прогресс в создании и начале операций МЦД, расположенного в Арлингтоне, Виргиния, США. В настоящее время МЦД уже функционирует и получает данные от станций альфа-сети по мере их ввода в эксплуатацию и налаживания коммуникационных каналов. Согласно планам, в ходе ТЭГНЭ-3 МЦД будет располагать международным персоналом численностью 40-50 человек. Сейчас идет подбор персонала. Для выполнения всех функций МЦД в нем определена организационная структура.

Сведения о графике осуществления ТЭГНЭ-3 приводятся в докладах ГНЭ о ходе работы.

Хотя признается, что требующиеся от участвующих государств обязательства будут сопряжены с выделением значительных ресурсов, пока трудно сколь-либо точно указать продолжительность эксперимента. Для целей финансового планирования странам - участницам ТЭГНЭ-3 следует быть готовыми поддерживать свои национальные объекты и свои коммуникационные каналы как минимум в течение одного года после начала полномасштабного эксперимента.

Что может дать ТЭГНЭ-3 Комитету по запрещению ядерных испытаний?

Система ТЭГНЭ-3 обеспечит опыт работы с данными и услугами, необходимыми для национальных программ проверки участвующих государств для целей мониторинга ДВЗИ. Эти продукты, описанные в настоящем докладе, будут предоставляться через экспериментальный МЦД.

ТЭГНЭ-3 обеспечит инфраструктуру в виде технических объектов, включая обучение и подготовку персонала, что могло бы облегчить реализацию системы мониторинга для проверки соблюдения ДВЗИ.

Говоря более конкретно, ТЭГНЭ-3 мог бы обеспечить, среди прочего, следующую информацию, имеющую отношение к будущей Международной системе сейсмического мониторинга (МССМ), которая могла бы оказаться полезной для Специального комитета по запрещению ядерных испытаний в ходе его переговоров:

- разработанная для ТЭГНЭ-3 станционная сеть заложит основы для построения МССМ;
- функции и продукты, разработанные для экспериментального МЦД, послужат в качестве ориентира для функций и продуктов, требуемых от МССМ для целей мониторинга;
- подробные инструкции и процедуры, разработанные для ТЭГНЭ-3, заложат хорошую основу для эксплуатационного наставления по компонентам МССМ;
- аппаратура и программное обеспечение, разработанные в экспериментальном МЦД, а также на существующих и новых сейсмологических станциях, и опыт, накопленный операторами системы во всем мире, обеспечат ценную инфраструктуру, которая могла бы облегчить быструю реализацию МССМ;
- результаты и опыт, которые будут получаться по мере эволюции ТЭГНЭ-3, окажутся полезными при модификации модели системы, при оценке возможностей системы, расходов, кадровых потребностей и оперативных инструкций МССМ;
- ТЭГНЭ-3 позволит подтвердить теоретические оценки возможностей предложенной конфигурации альфа-сети в плане обнаружения явлений во всем мире.

ГНЭ провела обширные теоретические исследования относительно прогнозируемой возможности сети ТЭГНЭ-3 в плане обнаружения явлений на основе различных сценариев. На рис. 3 приводится пример, где для определения сейсмического явления требуется три, а то и более обнаружения. 90-процентный порог обнаружения варьируется от менее 3,0 в районах Европы и Северной Америки до более 3,4 в континентальных районах южного полушария. В океанических районах порог обнаружения несколько выше, однако взрывы в океане подлежали бы обнаружению при помощи гидроакустических датчиков. На основе опыта ТЭГНЭ-3 можно было бы разработать модель будущих сетей мониторинга с заданными порогами обнаружения и точностью местоопределения с использованием компьютерных моделирований.

Экспериментальный МЦД не будет обеспечивать идентификацию обнаруженных сейсмических явлений, но он будет рассчитывать и компилировать согласованные параметры, характеризующие обнаруженные сигналы, которые могут помочь участвующим странам в идентификации источника каждого сейсмического возмущения.

Как ожидает ГНЭ, ТЭГНЭ-3 внесет крупный вклад в становление прототипной функциональной МССМ. Тем не менее важно отметить, что, будучи экспериментальной системой, глобальная сеть, эксплуатируемая в ходе ТЭГНЭ-3, не будет обеспечивать всех тех возможностей, которые могли бы потребоваться системе сейсмического мониторинга по будущему ДВЗИ.

Глава 4

Вопросы организации и расходов

Организация ТЭГНЭ-3

Организационная структура надзора за осуществлением третьего технического эксперимента Группы научных экспертов (ТЭГНЭ-3) показана на рис. 4. Координаторами ТЭГНЭ-3 являются Председатель ГНЭ представитель Швеции д-р Ола Дальман и ее Научный секретарь представитель Норвегии д-р Фроде Рингдал. Планы и результаты эксперимента будут сообщаться Конференции по разоружению и Специальному комитету по запрещению ядерных испытаний прежде всего через координаторов.

Координаторам подотчетны такие органы, как рабочие группы по планированию, по эксплуатации и по оценке, каждая из которых призвана играть важную самостоятельную роль в наблюдении за прохождением ТЭГНЭ-3. Каждая рабочая группа возглавляется организатором, укомплектована несколькими официально назначенными членами и может привлекать других участников ГНЭ к выполнению важных задач. Обязанности организаторов исполняют: д-р Свейн Миккельвейт, Норвегия (Рабочая группа по планированию), д-р Кен Мюирхед, Австралия (Рабочая группа по эксплуатации), и д-р Бернар Массинон, Франция (Рабочая группа по оценке). Обязанности каждой группы освещены в итоговом докладе о тридцать седьмой сессии ГНЭ (CD/1245).

Под началом рабочих групп ведут свою работу организационные структуры, отвечающие за практическое проведение ТЭГНЭ-3 (рис. 5). Центральным оперативным объектом является МЦД, который состоит из четырех отделов, работающих под руководством Директора. Административный отдел отвечает за финансовые и кадровые вопросы, организацию совещаний, обеспечение посещений, переводческое обеспечение, организацию служебных поездок, выпуск публикаций, информацию общественности и канцелярское обслуживание. Отдел эксплуатации инфраструктуры отвечает за эксплуатацию и содержание объектов, компьютеров, программного обеспечения систем, глобальных коммуникаций, сбор данных, управление данными, а также за предоставление и защиту данных.

Отдел контроля за операциями отвечает за контроль над деятельностью сейсмической сети, а также за проведение автоматизированной обработки и интерактивного анализа поступающих данных. Отдел технической поддержки отвечает за внутреннюю оценку системы, оптимизацию системы, разработку программного обеспечения, документацию и испытания. Каждый НЦД будет организован по-разному в соответствии с его собственными национальными потребностями в области проверки. Однако их международные обязанности в ходе ТЭГНЭ-3 включают обеспечение эксплуатации национальных альфа- и бета-станций, согласно стандартам ГНЭ, выполнение порученных задач по оценке системы и добровольное предоставление гамма-данных в МЦД.

Смета расходов на ТЭГНЭ-3

ГНЭ предприняла общий анализ расходов на ТЭГНЭ-3 и представила Конференции по разоружению первоначальные результаты (CD/1211). Эти расходы делятся на три категории. Во-первых, - прежние инвестиции. Апробируемая в ходе ТЭГНЭ-3 МССМ активно использует эти инвестиции в объекты для глобального мониторинга за ядерными взрывами и сейсмичностью, которые были разработаны на

национальной основе или в результате сотрудничества между странами. Во-вторых, имеют место и новые инвестиции, произведенные конкретно в порядке подготовки к ТЭГНЭ-3, включая создание и совершенствование сейсмических станций, коммуникационных средств и систем обработки данных в МЦД. В-третьих, имеются и текущие расходы на эксплуатацию и содержание всех элементов МССМ в ходе ТЭГНЭ-3.

В последующей таблице разкюмированы расходы на МССМ в ходе ТЭГНЭ-3 по этим трем категориям:

Статья расходов	Прежние капиталовложения (млн. долл. США)	Новые капиталовложения (млн. долл. США)	Ежегодные эксплуатационные расходы (млн. долл. США)
Альфа-сеть	97	14	7
Бета-станции	10	4	4
Коммуникации	10	1	8
Международный центр данных	30	8	7*
Всего	147	27	26-30

* Предварительно; могут составить до 12 млн. долл. США.

Как видно из вышеизложенной таблицы, в разработку объектов, используемых в ходе ТЭГНЭ-3, уже произведены значительные инвестиции. До настоящего времени общие инвестиции составляют 150 млн. долл. США, а в ближайшем будущем на объекты ТЭГНЭ-3 запланированы новые инвестиции в размере в общей сложности 27 млн. долл. США. Годовые эксплуатационные расходы на ТЭГНЭ-3 составляют 26-30 млн. долл. США примерно при одинаковых издержках на деятельность альфа-сети, коммуникационных средств и МЦД. Что касается инвестиций на эксплуатацию МЦД, включая предоставление гамма-данных для ТЭГНЭ-3, то смета расходов в этой связи не составлялась.

Альфа-сеть будет состояться примерно из 30 сейсмогрупп и примерно из 25 трехкомпонентных сейсмических станций. Новые инвестиции в объекты будут включать развертывание 5 новых сейсмогрупп и совершенствование примерно 15 трехкомпонентных станций. В настоящее же время будут как можно больше использоваться наличные объекты. Стоимость развертывания сейсмических объектов, как с точки зрения прежних инвестиций, так и с точки зрения новых инвестиций, может значительно варьироваться от площадки к площадке. Как ожидается, средняя стоимость развертывания новых сейсмогрупп для ТЭГНЭ-3 будет составлять около 2-3 млн. долл. США.

Приложение 1

Технические характеристики стандартной станции МССМ

Стандартная трехкомпонентная станция МССМ состояла бы из следующих элементов:

- трехкомпонентные широкополосные сейсмометры;
- система сбора данных, оснащенная цифрователями для преобразования выходных сигналов сейсмометров в цифровую форму и модулями для внесения аутентификационных сигнатур в поток данных;
- электронные средства для обеспечения высокоточной синхронизации с мировым временем;
- система непрерывной передачи данных в МЦД (только альфа-станции) или обеспечения возможности для автоматической выборки данных центром МЦД (бета-станции), а также управления потоком данных, их калибровки и архивации;
- устройства для архивации данных;
- коммуникационные интерфейсы для передачи данных в НЦД и МЦД; и
- информационные каналы для дополнительных входных сигналов (например, показатели направления ветра, температура и другие экологические данные) и показатели состояния станций.

Некоторые средства обработки данных могут находиться не на самой станции, а в НЦД.

Стандартная сейсмогруппа МССМ включала бы все вышеуказанные элементы, а также дополнительные короткопериодные вертикальные датчики, развернутые таким образом, чтобы повысить отношение "сигнал-шум" и давать информацию по азимутальной и фазовой идентификации.

Подробные требования, предъявляемые к стандартной станции и МССМ, приводятся в таблице 1. Приводимые в этой таблице формулировки не рассчитаны на непрофессионалов; таблица призвана показать необходимый уровень детализации при формулировании технических требований к элементам системы сейсмического мониторинга.

Категория	Требование
Полоса пропускания	0,02-20 Гц (альфа и бета)*
Шум сейсмометра	на 10 дБ ниже модели низкого земного шума Петерсона
Калибровка	в пределах 5% по амплитуде и 5° по фазе
Частота цифрования	40 выборок в секунду (± 50 мкс)
Разрешающая способность	на 18 дБ ниже модели низкого земного шума Петерсона
Чувствительность	200 отсч/мм при 3 Гц
Шум системы	на 10 дБ ниже кривой низкого земного шума Петерсона
Динамический диапазон	126 дБ
Линейность	на 90 дБ выше полосы пропускания
Точность определения времени	1 мс (требуется стандартизация времени в рамках сети)
Рабочая температура	от -10°C до +45°C
Аутентификация	требуется
Работоспособное состояние	как минимум, обеспечение хронометража, калибровки и нормального состояния рабочих камер
Формат	должен быть одним из официальных форматов ГНЭ
Протокол	TCP/IP (бета)

Категория	Требование
Задержка в передаче	<15 с
Длина кадра данных	<1 с
Доступ к данным	в первую очередь МЦД, затем НЦД
Период хранения на диске	7 дней
Наличие данных	более 99%
Своевременная передача данных	более 98%
Местоположение станций	известно с точностью до 100 м, относительное местоположение элементов сейсмогруппы известно с точностью до 1 м
Ориентация сейсмометра	известна с точностью до 1°

* 8,0 Гц для станций с "уникальными" возможностями.

Таблица 1. Станционные требования к стандартной станции МССМ
(из документа CD/1211).

Приложение 2

Доклады ГНЭ Конференции по разоружению

CCD/558, март 1978	- первоначальная концепция и модель
CD/43, июль 1979	- технические проработки
CD/448, март 1984	- технические проработки
CD/720, июль 1986	- доклад о ТЭГНЭ-1
CD/903, март 1983	- пересмотренная концепция
CD/1144, март 1992	- доклад о ТЭГНЭ-2

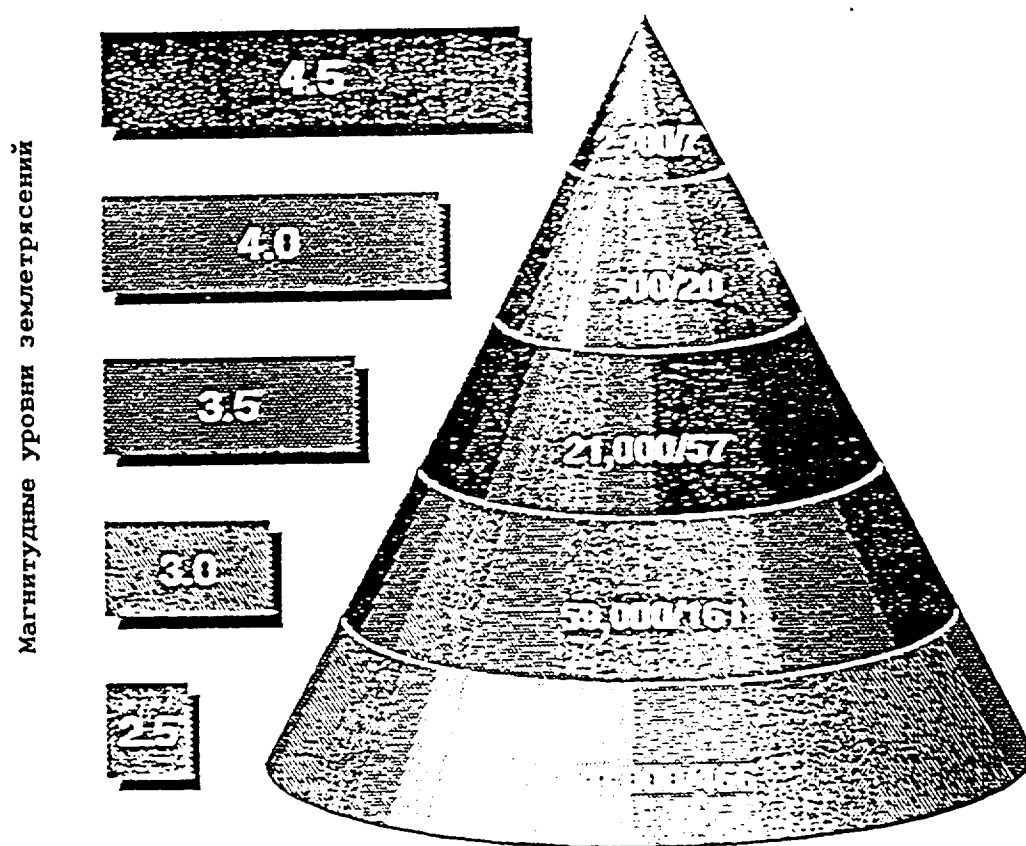


Рис. 1. Среднее количество землетрясений в год/день при данной или более высокой магнитуде.

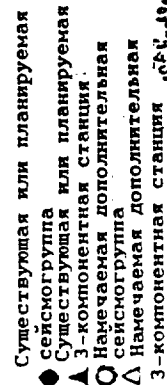


Рис. 2. Предварительная альфа-сеть ТЭГНЭ-3. Заштрихованные символы указывают существующие или планируемые станции. Незаштрихованные символы означают дополнительные станции, которые намечено разместить в некоторых обших географических регионах, с тем чтобы улучшить глобальный охват. Дополнительные станции могли бы подбираться либо за счет использования существующих станций, либо за счет создания новых объектов.

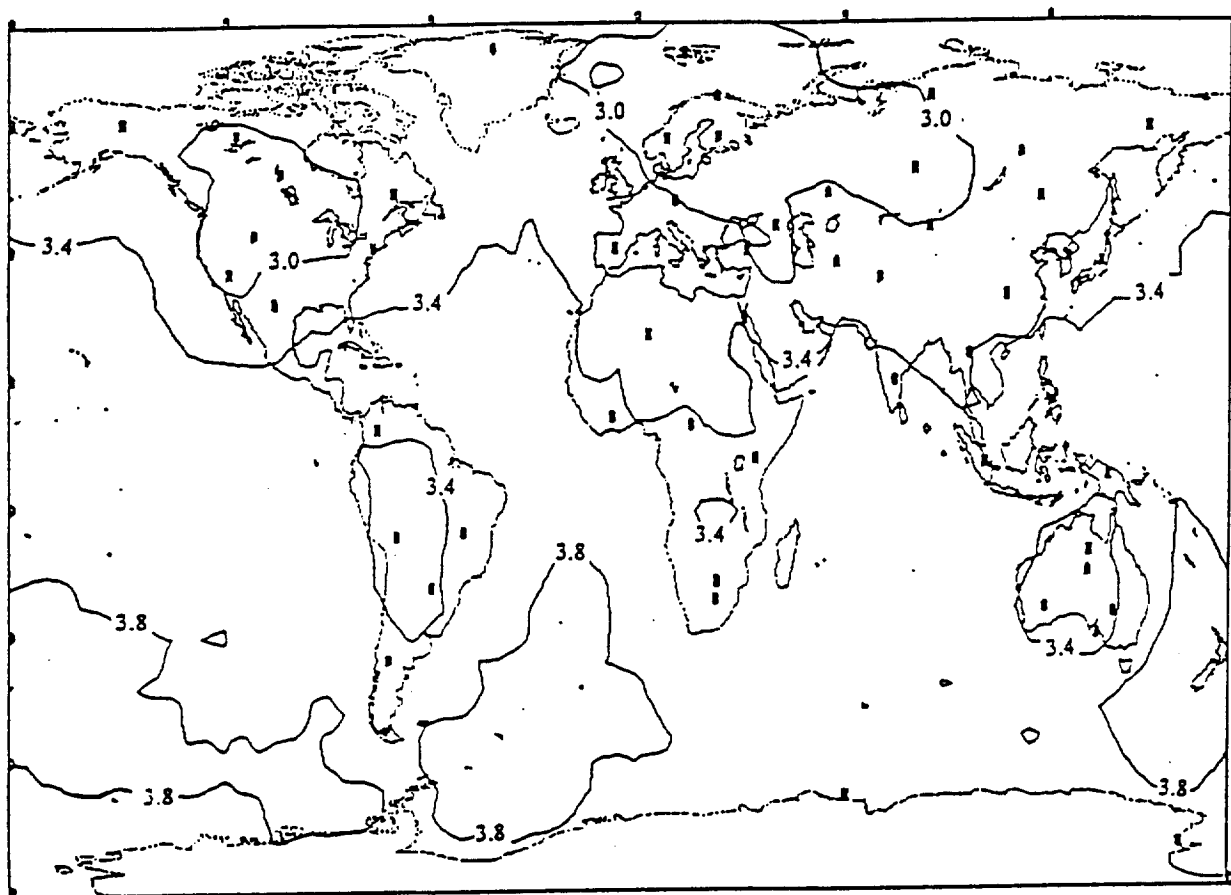


Рис. 3. Расчетная способность обнаружения явлений намечаемой сетью ТЭГНЭ-3 с точки зрения сейсмической магнитуды. Контурные линии обозначают пороги обнаружения: 3,0, 3,4 и 3,8 балла (90-процентная вероятность обнаружения на трех или более станциях). В районах Европы и Северной Америки порог обнаружения составляет менее 3,0, а в некоторых континентальных областях южного полушария - более 3,4.

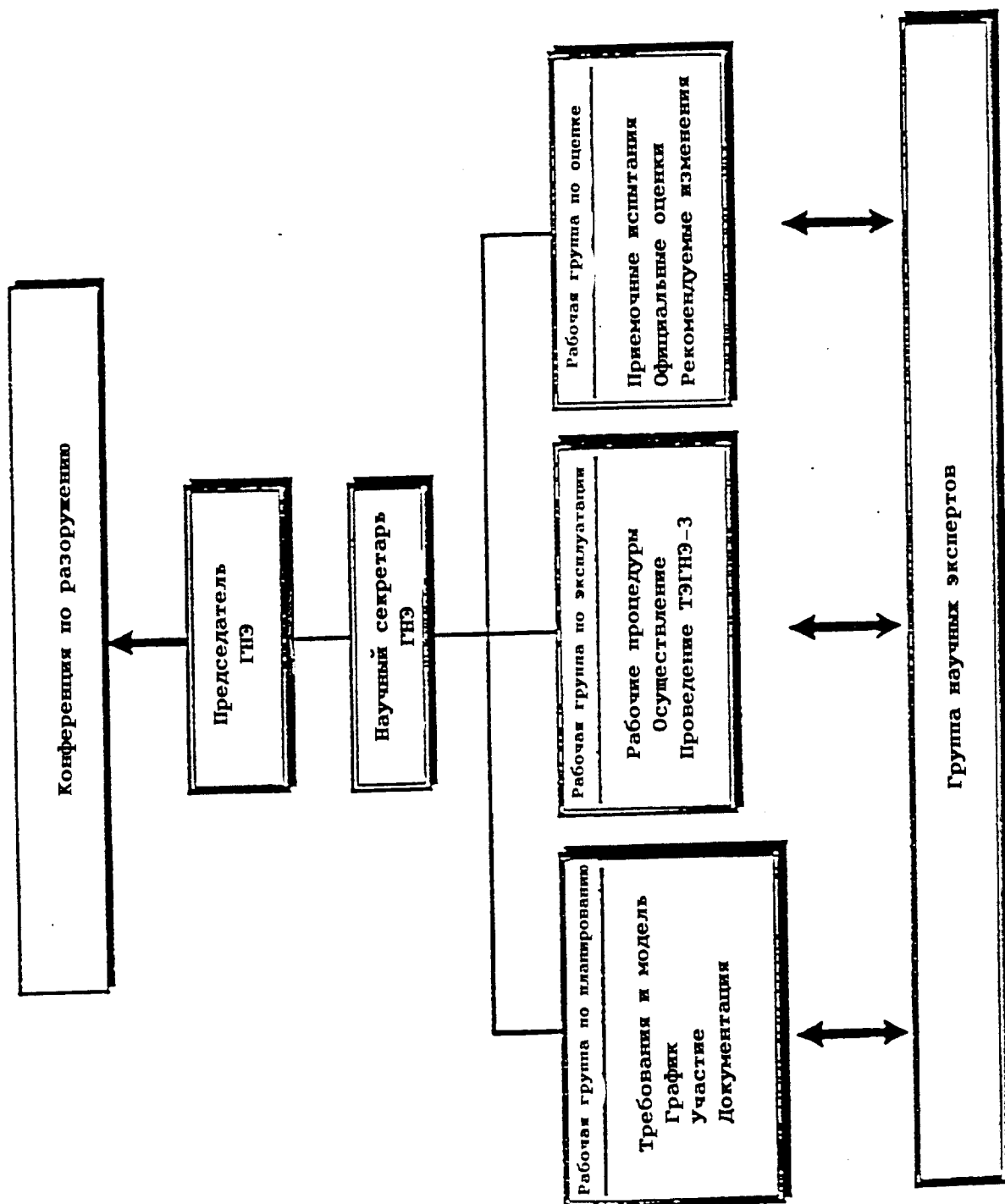


Рис. 4. Организационная структура для надзора за ТЭГНЭ-3.

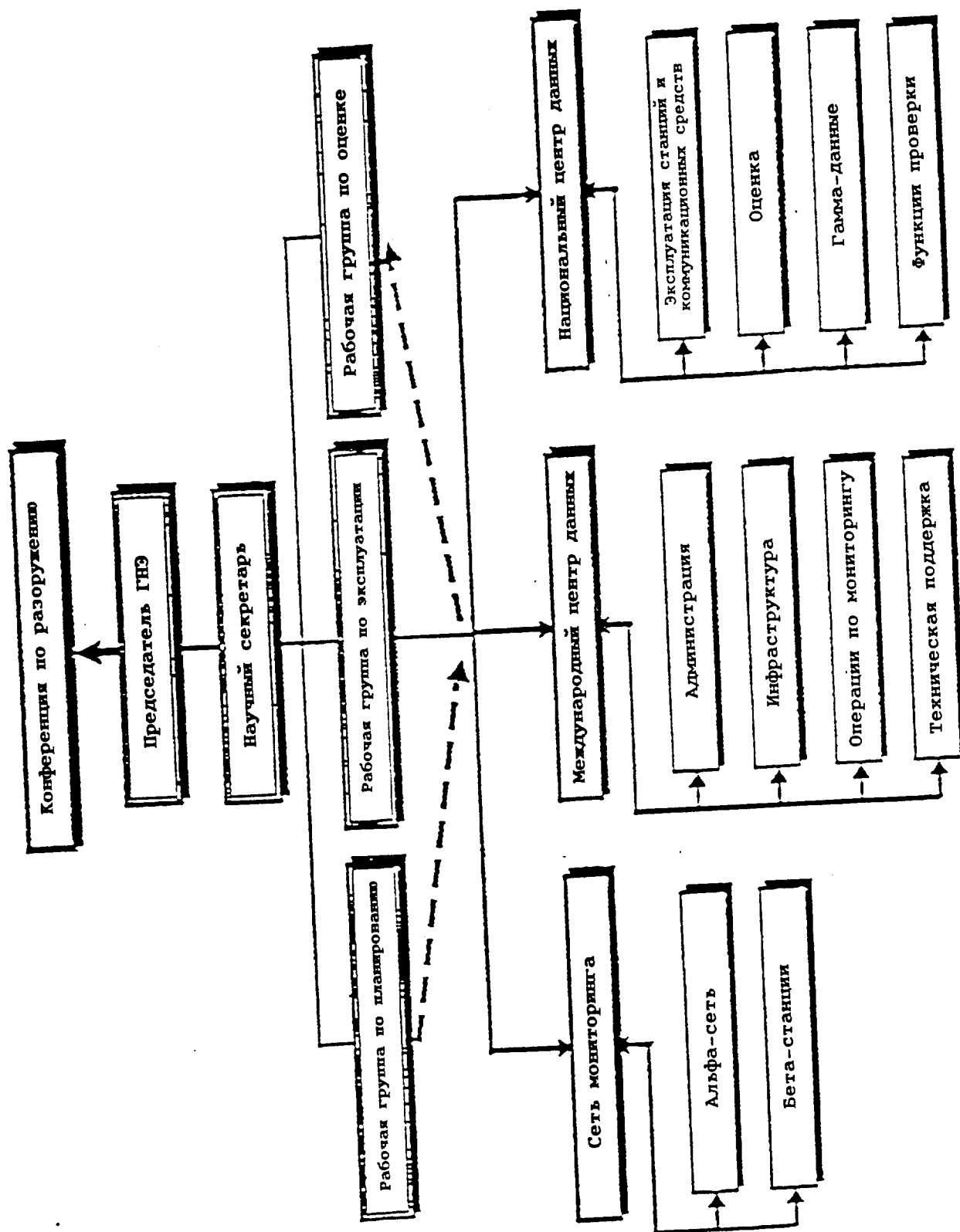


Рис. 5 Организационная структура для проведения ТЭГНЭ-3.