
ДОКЛАД КОНФЕРЕНЦИИ ПО РАЗОРУЖЕНИЮ СПЕЦИАЛЬНОЙ ГРУППЫ НАУЧНЫХ
ЭКСПЕРТОВ ПО РАССМОТРЕНИЮ МЕЖДУНАРОДНЫХ СОВМЕСТНЫХ МЕР ПО
ОБНАРУЖЕНИЮ И ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ О ХОДЕ РАБОТЫ
ЕЕ ТРИДЦАТЬ ПЯТОЙ СЕССИИ

1. Специальная группа научных экспертов по рассмотрению международных совместных мер по обнаружению и идентификации сейсмических явлений, первоначально созданная в соответствии с решением, принятым Советом Комитета по разоружению 22 июля 1976 года, провела свою тридцать пятую официальную сессию с 15 по 26 февраля 1993 года во Дворце Наций в Женеве под председательством представителя Швеции д-ра Ола Дальмана. Это была двадцать седьмая сессия Группы, проведенная на основе ее нового мандата по решению Комитета по разоружению, принятому на его 48-м заседании 7 августа 1979 года.
2. Специальная группа открыта для всех государств - членов Конференции по разоружению. Она также открыта на постоянной основе для всех государств-нечленов, приглашенных Конференцией по разоружению по их просьбе для участия в ее работе. Соответственно в сессии участвовали научные эксперты и представители следующих государств - членов Конференции по разоружению: Австралии, Бельгии, Венгрии, Германии, Египта, Индии, Италии, Канады, Китая, Нидерландов, Пакистана, Польши, Российской Федерации, Румынии, Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, Соединенных Штатов Америки, Франции, Швеции и Японии.
3. В сессии участвовали научные эксперты и представители следующих государств - нечленов Конференции по разоружению: Австрии, Испании, Новой Зеландии, Норвегии, Финляндии, Чешской Республики, Швейцарии и Южной Африки.
4. По приглашению Конференции по разоружению представитель Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) сделал представление, которое заслужило высокую оценку со стороны Специальной группы. Группа считает, что ей следует поддерживать свои контакты с МАГАТЭ путем неофициального обмена соответствующей информацией и опытом.

5. В ходе сессии эксперты из Австралии, Дании, Канады, Новой Зеландии, Норвегии, Российской Федерации, Соединенных Штатов Америки, Финляндии, Франции, Чешской Республики, Швеции и Южной Африки представили 34 документа, содержащих информацию о национальных исследованиях, имеющих отношение к работе Группы.

6. Специальная группа завершила всеобъемлющую сейсмологическую оценку своего второго технического эксперимента (ТЭГНЭ-2). Соответствующие результаты содержатся в документе зала заседаний 228 Группы, а резюме приобщается в виде приложения к настоящему докладу о ходе работы. Специальная группа выразила признательность представителю Германии профессору Гансу-Петеру Харриесу, который осуществлял координацию этой работы по оценке и осуществлял составление доклада об оценке.

7. Специальная группа провела углубленные дискуссии по вопросу о переоценке концепции глобальной системы обмена сейсмическими данными, разработанной в ее пятом докладе (CD/903), на основе материалов, подготовленных рабочими группами участвующих экспертов. Эти дискуссии были сконцентрированы на общей модели и планах в отношении будущего апробирования этой концепции.

8. Специальная группа согласилась, что ее общая цель заключается в разработке и апробировании концепции системы международного обмена сейсмическими данными, обеспечивающей государствам данные и информацию, необходимые для удовлетворения их национальных потребностей в проверке всеобъемлющего запрещения испытаний. Группа отметила, что будущие условия наблюдения и конкретные потребности в наблюдении будут определены участвующими государствами, и со временем они могут претерпевать изменения. Поэтому невозможно априорно устанавливать подробные требования к системе. Однако Группа достигла согласия относительно некоторых важных целей такой модели, в том что касается будущей системы:

- оперативный и прямой доступ ко всем данным, необходимым для функционирования системы;
- удобный доступ к любым дополнительным соответствующим данным, которые могли бы оказаться полезными;
- выполнение этих задач должно осуществляться в пределах реалистичных людских и бюджетных ресурсов.

Группа согласилась с необходимостью проведения анализа рентабельности глобальных сейсмических сетей различных конфигураций.

9. Специальная группа сочла, что основные элементы предусматриваемой глобальной системы должны иметь следующие характеристики:

i) Глобальная сеть станций

Она представляет собой трехслойную сеть: первый слой, альфа-сеть, обеспечивает первичное обнаружение и первоначальные оценки местоположения явлений для глобальной системы. Второй слой, бета-сеть, дополняет альфа-сеть путем представления данных с целью улучшения определения гипоцентра для явлений, обнаруженных альфа-сетью. Третий слой, гамма-сеть, формально не является частью системы, но представляет дополнительные данные и сведения, которые, по мнению национальных центров данных (НЦД), имеют важное значение для повышения способности глобальной системы.

Как отмечается в докладе о сейсмологической оценке ТЭГНЭ-2, в сети ТЭГНЭ-2 наиболее важную роль сыграли такие станции, как сейсмогруппы, и они должны выступать в роли "костяка" любой будущей системы наблюдения. Глобальная сеть станций, и в частности альфа-сеть, должна в максимальной практически возможной степени включать сейсмогруппы.

Альфа-сеть ориентировочно состояла бы из 40-60 станций и включала бы сейсмогруппы и трехкомпонентные станции. К числу ее основных особенностей относились бы следующие:

- оперативная передача в Международный центр данных (МЦД) сплошных данных о волновых формах;
- соответствие стандартам ГНЭ в отношении особенностей, характеристик, функционирования альфа-станций и управления ими;
- выверка данных.

Бета-сеть, как ожидается, состояла бы из гораздо большего числа участвующих станций, чем альфа-сеть. В ее состав входили бы главным образом однокомпонентные и трехкомпонентные станции, но и некоторые сейсмогруппы. Ее основные особенности состояли бы в следующем:

- обеспечение, в случае необходимости, немедленного доступа к данным о волновых формах в режиме "открытой" станции. Однако, в отличие от альфа-сети, эти данные не передаются непрерывно в МЦД;
- соответствие стандартам ГНЭ в отношении особенностей, характеристик, функционирования бета-станций и управления ими;
- при необходимости, выверка данных.

В состав гамма-сети входили бы национальные сети или региональные сети (охватывающие несколько стран). Эти сети состояли бы из станций, предназначенных преимущественно для наблюдения за национальной и региональной сейсмичностью.

Требует дальнейшего изучения вопрос о взаимодействии между центрами НЦД и центром МЦД при использовании информации, представляемой такими сетями.

ii) **Национальные центры данных**

Задача национальных центров данных заключается в эксплуатации и обслуживании элементов глобальной системы на национальной или региональной основе в соответствии со стандартами ГНЭ. К числу их основных функций относятся следующие:

- эксплуатация и обслуживание альфа- и/или бета-станций;
- эксплуатация коммуникационных каналов;
- координация и представление данных и информации от гамма-сети;
- архивация соответствующих данных.

iii) Международный центр данных

МЦД осуществляет обслуживание участников глобальной системы путем выполнения следующих ключевых функций:

- сбор данных с альфа- и бета-станций;
- осуществление выверки данных;
- контроль качества, систематизация и архивация всех данных;
- своевременная подготовка и рассылка бюллетеней явлений в центры НЦД;
- предоставление центрам НЦД доступа ко всем необработанным и обработанным данным;
- наблюдение за калибровкой альфа-сети и архивация калибровочной информации;
- предоставление услуг центрам НЦД (подлежит изучению).

МЦД автоматически подготавливал бы перечень явлений на основе данных от альфа- и бета-станций, обеспечивая электронный доступ к данным о явлениях в течение нескольких часов после времени происхождения сейсмического явления. Подготовка и отправка окончательного бюллетеня явлений, в котором использовались бы также данные от гамма-сети, осуществлялась бы в течение нескольких дней.

Интерпретация данных, представляемых глобальной системой, лежит на участвующих государствах, а не входит в функции МЦД или какого-либо звена глобальной системы.

iv) Связь

Существенным элементом предусматриваемой глобальной системы является высокоскоростная связь. В отличие от той ситуации, которая имела место всего несколько лет назад, в настоящее время широкое распространение получила технология, позволяющая обеспечивать коммуникационные потребности ГНЭ, и при необходимости она может быть легко реализована в рамках глобальной системы.

10. Специальная группа считает, что важным вопросом, требующим дальнейшего рассмотрения, является взаимодействие между национальными центрами данных и Международным центром данных. В частности, при эксплуатации глобальной системы будет важно соответствующим образом использовать знания и опыт, накопленные на национальном уровне. Специальная группа с признательностью восприняла предложение делегации Соединенных Штатов предоставить прототипный Международный центр данных в Вашингтоне, округ Колумбия, для использования в рамках совместной разработки и демонстрации концепции единого МЦД.

11. Важным аспектом будущей работы Специальной группы является планирование и реалистичное апробирование компонентов предлагаемой концепции. В этом отношении Группа рассмотрела ориентировочное расписание в отношении своей будущей работы с целью начала глобального апробирования предлагаемой концепции предпочтительно к 1 января 1995 года. Разработан предварительный план реализации этого расписания. На двусторонней основе уже проводятся мероприятия, с тем чтобы начать такое апробирование. Специальная группа согласилась принять окончательное решение относительно сроков и расписания на своей следующей сессии.

12. Специальная группа с признательностью отметила созыв Канадой в Монтебелло с 17 по 22 ноября 1992 года неофициального технического семинара для рассмотрения вопросов, касающихся разработки и реализации глобальной системы наблюдения для проверки всеобъемлющего запрещения испытаний. Многие участники Группы смогли посетить этот семинар и внести вклад в его работу. Это способствовало продолжению работы Группы. Группа выразила свою поддержку усилиям Египта с целью обеспечить исходную сейсмологическую подготовку и информацию в связи с деятельностью ГНЭ для ученых африканских и арабских стран. Группа также выразила свою поддержку тем странам, которые помогают Египту в этой важной работе.

13. Специальная группа предлагает, чтобы ее следующая сессия, при наличии согласия Конференции по разоружению, была проведена в Женеве с 26 июля по 6 августа 1993 года.

ПРИЛОЖЕНИЕ

РЕЗЮМЕ ДОКЛАДА О СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ВТОРОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА ГРУППЫ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРТОВ (ТЭГНЭ-2)

В настоящем приложении резюмируется сейсмологическая оценка второго технического эксперимента Специальной группы научных экспертов (ТЭГНЭ-2), проводившегося с 22 апреля по 2 июня 1991 года. Полный доклад об оценке фигурирует в документе зала заседаний 228 Специальной группы. Доклад сосредоточен на оценке эффективности обнаружения и локализации сейсмических явлений, достигнутой сетью ТЭГНЭ-2 в ходе эксперимента. Кроме того, в нем анализируются сообщенные значения магнитуды.

В ходе ТЭГНЭ-2 данные представлялись 60 станциями, и в том числе 12 сейсмогруппами и 48 одиночными трехкомпонентными станциями. Глобальное распределение участвующих станций было очень неоднородно, что обусловило значительные региональные вариации порогов обнаружения и точности локализации.

Анализ станций, сообщивших 3 715 явлений, которые были включены в окончательные бюллетени явлений (ОБЯ) ТЭГНЭ-2, свидетельствует о ключевом значении сейсмогрупп с точки зрения обнаружения и локализации сейсмических явлений. Если бы в ТЭГНЭ-2 не участвовали сейсмогруппы, то остальных вступлений, сообщенных только одиночными станциями, было бы достаточно для определения лишь 911 явлений.

Собранная в ходе ТЭГНЭ-2 крупная база данных о формах сейсмических волн впервые позволила провести количественный анализ условий на сейсмических станциях и изучить их влияние на пространственные и временные вариации эффективности сети обнаружения с точки зрения. Амплитуды шума четко коррелировались с географическими, тектоническими и антропогенными стационарными условиями. В рамках всей сети ТЭГНЭ-2 на частотах около 1 Гц отмечались более чем 10-кратные вариации амплитуды шума. Именно этот диапазон частот имеет наиболее важное значение для телесеismicкого обнаружения. В этой частотной полосе уровни шума, как правило, уменьшаются с увеличением удаленности станций от береговых линий. В высокочастотной полосе (2-10 Гц) уровень шума и его временные вариации уменьшаются с уменьшением плотности местного населения и с увеличением крепости геологической структуры площадки (например, магматические или метаморфические литологии).

Важным аспектом оценки эффективности ТЭГНЭ-2 являются полнота и качество окончательного бюллетеня явлений (ОБЯ). Оценка порога обнаружения сети ТЭГНЭ-2 осуществлялась путем сопоставления ОБЯ с бюллетенями независимых агентств, составляемыми на основе данных гораздо большего числа сейсмических станций, как, например, сводка данных о землетрясениях (СДЗ) геологической службы Соединенных Штатов. Кроме того, эффективность сети с точки зрения обнаружения была оценена на основе модельных исследований, проведенных с использованием вышеописанных шумовых условий на станциях. С учетом разных допущений в отношении построения моделей, оба исследования дали согласующиеся результаты.

Согласно оценкам, произведенным с использованием СДЗ в качестве эталона, в ходе ТЭГНЭ-2 фактически реализованный 90-процентный порог обнаружения достиг магнитуды $m_b=4,4$ - в северном полушарии и $m_b=5,1$ - в южном полушарии. По всему земному шару расчетный 90-процентный порог обнаружения составил $m_b=4,7$. В более конкретном плане это означает, что в отношении сообщенного в СДЗ сейсмического явления с $m_b=4,7$ или выше имеется по крайней мере 90-процентная вероятность того, что данное явление фигурирует в окончательном бюллетене явлений (ОБЯ), причем разница в местопределении составляет менее 3° , а во времени происхождения - менее одной минуты. Было отмечено сообщение в ОБЯ ряда дополнительных явлений, характеризующихся меньшей точностью в плане локализации и времени происхождения. Это наводит на мысль о том, что при снижении требований к точности локализации потенциал сети ТЭГНЭ-2 с точки зрения обнаружения значительно превышает порог $m_b=4,7$. Этот вывод подтверждается оценкой обнаруженных на станциях ТЭГНЭ-2 начальных фаз. Было установлено, что при использовании в качестве критерия для определения явления обнаружений двух или более станций 90-процентный глобальный порог для подтверждения явлений, сообщенных в СДЗ (но не для их локализации), составляет всего $m_b=3,8$.

Неоднородное глобальное распределение станций ТЭГНЭ-2 находит отражение в значительной изменчивости эффективности обнаружения. В ходе эксперимента Фенноскандия характеризовалась наилучшим приборным охватом, и поэтому в этом регионе была достигнута наивысшая эффективность обнаружения. 90-процентный порог обнаружения составил, согласно оценкам, приблизительно 2,5 единицы магнитуды. С другой стороны, в районах, характеризовавшихся невысокой плотностью охвата, например в некоторых частях южного полушария, эффективность обнаружения была низкой (высокий порог обнаружения) и составила, согласно оценкам, около 5 единиц магнитуды.

Помимо непрерывного фонового шума, на потенциал обнаружения сейсмической сети может эпизодически оказывать влияние так называемый сигнально-генерационный шум. В период ТЭГНЭ-2 на Западном Кавказе произошло крупное землетрясение, сопровождавшееся большим числом афтершоков. Было установлено, что результирующее повышение порога обнаружения сети ТЭГНЭ-2 продолжалось в течение относительно короткого периода времени и что станции, производившие обнаружение на высоких частотах, например региональные сейсмогруппы, меньше, чем традиционные станции подвержены воздействию помех от таких явлений.

Для оценки достигнутой в ходе ТЭГНЭ-2 эффективности локализации применялись те же процедуры, что и для оценки эффективности обнаружения. В целом в окончательный бюллетень явлений (ОБЯ) было включено значительное число слабо локализованных мелких явлений. На основе использования в качестве эталона сводки данных о землетрясениях (СДЗ) геологической службы Соединенных Штатов было установлено, что медианное расхождение в локализации по 765 общим явлениям составило 37 км с заметным разбросом по отдельным явлениям. В позитивном плане можно отметить, что оценка эффективности локализации региональных явлений в Фенноскандии свидетельствует о том, что в районе, отличающемся хорошим станционным охватом сети ТЭГНЭ-2, точность локализации приближается к уровню локализации, достигнутому густыми национальными сетями. Применительно к явлениям, произошедшим в Фенноскандии, точные координаты которых были известны из независимых источников, медианная погрешность в локализации по данным ОБЯ составила всего около 10 км.

В ходе ТЭГНЭ-2 12 сейсмогрупп сообщали данные о медленности и азимуте по большинству сообщенных обнаружений, а 15 из других 48 станций сообщали значения азимута и угла падения, полученные за счет трехкомпонентной обработки. Эти данные по направлениям использовались ЭМЦД при определении явления. В случае азимута сейсмогруппы превосходили трехкомпонентные станции гораздо больше, чем в два раза, как это предусмотрено критериями остаточной погрешности при определении явления. Что касается медленности, то сейсмогруппы, пожалуй, выдерживали априорно допустимые остаточные погрешности, тогда как для трехкомпонентных станций они явно оказались чересчур оптимистичными.

В целом, в ходе ТЭГНЭ-2 между трехкомпонентными станциями и сейсмогруппами наблюдались колоссальные вариации с точки зрения точности оценок вектора медленности. Такие вариации свидетельствуют о том, что для калибровки станций и сейсмогрупп на индивидуальной основе в целях повышения качества данных по направлениям, используемых для определения эпицентра, потребовался бы более продолжительный период наблюдений.

Оценка глубины сейсмических явлений является важной дискриминантой между землетрясениями и взрывами, поскольку последние ограничиваются малыми глубинами, не достигающими 10 км, в пределах которых происходит лишь небольшая доля землетрясений. Цель большинства проводившихся в экспериментальных международных центрах данных (ЭМЦД) анализов волновых форм заключалась в улучшении оценок глубины, и примерно по трети явлений, сообщенных в ОБЯ, имелась по крайней мере одна определяющая фаза глубины. Было установлено, что точное определение глубины - особенно в случае мелких явлений, т.е. с магнитудой менее $m_b=4$ - оказывается трудным делом. В ОБЯ почти не фигурируют фазы глубины по явлениям с глубиной менее 10 км.

Для описания размера сейсмического явления самым полезным параметром источника является магнитуда. Было установлено, что в контексте системы сейсмического наблюдения наиболее важными шкалами являются магнитуда объемной волны m_b и магнитуда поверхностной волны M_s . Магнитудные шкалы также имеют существенное значение при характеристике эффективности обнаружения и точности локализации, описываемых в предыдущих разделах. К сожалению, недостаточность и несогласованность данных, имеющихся в окончательном бюллетене явлений (ОБЯ), не позволили сделать окончательных выводов относительно магнитуд и магнитудных шкал применительно к базе данных ТЭГНЭ-2. Наконец, на основе сейсмологической оценки ТЭГНЭ-2 можно сделать ряд рекомендаций относительно модели будущей глобальной системы:

- В связи с желательностью обеспечить однородную глобальную эффективность будущей сейсмической сети в плане обнаружения и локализации, распределение высококачественных станций должно носить более равномерный характер, чем в ходе ТЭГНЭ-2.
- В рамках сети ТЭГНЭ-2 наиболее важную роль сыграли такие станции, как сейсмогруппы, и они должны стать "костяком" любой будущей системы наблюдения.
- Следует добиваться, чтобы дополнительные меры контроля качества стали конкретным элементом рабочих процедур в ЭМЦД и на станциях и/или в НЦД.

- Процесс ассоциирования фаз и локализации явлений в ЭМЦД оказался труднее, чем это ожидалось. Требуется дальнейшая разработка алгоритмов ассоциирования/локализации.
- ЭМЦД могли бы лучше использовать информацию от локальных и региональных сетей. Эту информацию следует формализовать таким образом, чтобы в ЭМЦД можно было автоматически производить ее интерпретацию.
- Для улучшения трехкомпонентной оценки вектора медленности применительно ко всей сети следует установить стандартный метод обработки. Вариация точности оценок вектора медленности по трехкомпонентным станциям и сейсмогруппам свидетельствует о том, что для калибровки станций на индивидуальной основе нужен более продолжительный период наблюдений. Для преобразования угла падения в медленность следует использовать соответствующую модель скорости по каждой станции.
- Любая будущая сеть должна быть откалибрована с учетом стандартных кривых времени распространения и зависимости амплитуды от расстояния. Повысить точность оценок местоположения и магнитуды позволили бы станционные поправки. Станционные поправки для определения магнитуды могут быть получены лишь после того, как сейсмическая сеть подвергнется эксплуатации в течение некоторого времени.
- Региональные кривые затухания амплитуды в зависимости от расстояния и кривые времени распространения должны быть рассчитаны как можно по большему числу районов.
- Магнитуды должны определяться с использованием данных, зарегистрированных как можно по более широкому диапазону расстояний.
- В модель будущей системы должны быть заложены положения о надлежащем обнаружении и сообщения поверхностных волн.
