

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет магистерской подготовки

Кафедра УиИвТСиВТ

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: **«Радио телекоммуникационная система выработки
и передачи сигнала тревоги по ионосферным предвестникам
землетрясений»**

(название темы магистерской диссертации)

Направление 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
(код и наименование направления)

Магистерская программа «Сети ЭВМ и телекоммуникации»
(наименование программы)

Магистрант гр. У843

_____ / Асланов К.А.
(подпись) (Ф.И.О)

Научный руководитель работы

_____ / ст. преп., к.т.н
(уч. степень) (уч. звание)

_____ / Тетакаев У.Р.
(подпись) (Ф.И.О)

Нормоконтроль

_____ / Тетакаев У.Р.
(подпись) (Ф.И.О)

Работа рассмотрена на кафедре
и допущена к защите

И.о. зав. кафедрой УиИвТСиВТ

_____ / Асланов Т.Г.
(подпись) (Ф.И.О)

Махачкала 2020

АННОТАЦИЯ

В магистерской диссертации исследуются вопросы разработки и исследования радио телекоммуникационной системы выработки и передачи сигнала тревоги по ионосферным предвестникам землетрясений

Результатом работы является исследование программно аппаратных методов оценки сейсмоопасности по ионосферным предвестникам землетрясений и разработка алгоритмов и структуры систем их реализация.

Проведен анализ существующих методов оценки сейсмоопасности. Предложено для оценки сейсмоопасности использовать пеленгование ионосферных предвестников землетрясений. Приведена структура радиопеленгаторов, пеленгующих ионосферные предвестники.

Получены математические зависимости для определения координат очага землетрясения, а также приведена функциональная схема телекоммуникационной системы передачи информации для отключения опасных производств и описан принцип ее работы.

Приведены алгоритмы селекции ионосферных предвестников землетрясений.

Работа содержит 86 страниц, в том числе 12 рисунков.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Дагестанский государственный технический университет»**

**Факультет магистерской подготовки
Кафедра управления и информатика в технических системах и вычислительной
техники**

Направление: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Программа: Сети ЭВМ и телекоммуникации

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующий кафедрой УиИТСи ВТ

_____ Асланов Т.Г.

(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

**ЗАДАНИЕ
на магистерскую диссертацию**

Студенту магистратуры **Асланову Кадырбеку Аслановичу**

1. Тема диссертации «Радио телекоммуникационная система выработки и передачи сигнала тревоги по ионосферным предвестникам землетрясений» утверждена приказом по университету № ____ от _____

2. Цель работы: Исследование возможности создания радио телекоммуникационной системы выработки и передачи сигнала тревоги по ионосферным предвестникам землетрясений

3. Основные требования и исходные данные:

3.1. Исследовать возможность создания системы для дистанционной оценки сейсмоопасности с использованием пеленгаторов, пеленгующих ионосферные предвестники землетрясений.

3.2. Разработать алгоритмы для идентификации ионосферных предвестников землетрясений.

3.3. Разработать структурную схему радио телекоммуникационной системы выработки и передачи сигнала тревоги по ионосферным предвестникам землетрясений

4. Научная и практическая ценность ожидаемых результатов:

В среднем, по статистике, в мире, во время землетрясений ежегодно погибает 10 000 человек. Материальный же ущерб от землетрясений в среднегодовом исчислении доходит до 400 миллионов долларов.

Принципиальная основа решения проблемы прогноза землетрясений состоит в установленном лишь в последние десятилетия фундаментальном факте, что перед землетрясением меняются физические свойства горных пород и ионосферы. При этом возникают аномалии разного рода геофизических полей. Всего сейчас известно свыше 300 предвестников из которых около 20 хорошо изучены.

Проблема прогноза землетрясений состоит, как известно, в определении с удовлетворительной вероятностью трех главных характеристик: магнитуды землетрясения, его места и времени.

Самое знаменитое предсказание землетрясения было сделано в 1975 году в городе Хайчен, провинции Ляонин на северо-востоке Китая. Тревога была объявлена на 4 февраля 1975 года на 14 часов.

Через 5 часов 36 минут после объявления тревоги в 19 часов 36 минут произошло сильное землетрясение (М 7.3).

Поэтому предлагаемая исследовательская работа имеет большую научную и практическую ценность.

5. Способ реализации результатов работы. Предполагается результаты работы внедрить в ОАО «Дагсейсмо»

6. Перечень основных вопросов, которые должны быть рассмотрены в диссертации

- 6.1. Введение
- 6.2. Анализ причин, вызывающих землетрясения
- 6.3. Анализ возможных дистанционных методов оценки сейсмоопасности
- 6.4. Применение радиопеленгаторов и пеленгационных систем для оценки сейсмоопасности.
- 6.5. Разработка структуры радиопеленгатора, пеленгующей ионосферные предвестники землетрясений. алгоритмов функционирования АРП.
- 6.7. Разработка алгоритмов селекции сигналов ионосферных помех.
- 6.8. Вопросы ТБ, и охраны окружающей среды.
- 6.9. Экономическая часть
- 6.10. Заключение
- 6.11. Список использованной литературы
- 6.12. Приложения

7. Перечень графического и иллюстрационного материала

| № п/п | Наименование графического (иллюстративного) материала | Количество листов | Формат |
|-------|---|-------------------|--------|
| 1 | Запись ионосферных помех предвестников | 1 | A1 |
| | Постановочный плакат | 1 | A1 |
| | Математическая модель работы системы | 2 | A1 |
| | Структурная схема радиопеленгатора | 2 | A1 |
| 1 | Блок схема системы. | 1 | A1 |
| | Блок схема алгоритмов | 2 | A1 |

Научный руководитель работы
к.т.н., ст. преподаватель

Тетакаев У.Р.

Дата выдачи задания

«13» февраля 2020г.

Задание принял к исполнению
магистрант гр. У843

Асланов К.А.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 7 |
| 1. ПРИЧИНЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ..... | 10 |
| 1.1 Тектонические, вулканические и обвальные землетрясения..... | 11 |
| 1.2. Землетрясения, вызванные внешними воздействиями..... | 14 |
| 1.3. Спровоцированные землетрясения..... | 16 |
| 2. АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ..... | 23 |
| 2.1. Использование геофизических изменений в земной коре для оценки сейсмоопасности..... | 23 |
| 2.2. Животные предупреждают об опасности..... | 26 |
| 2.3. Прогнозируются ли землетрясения?..... | 30 |
| 3. ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СЕЙСМООПАСНОСТИ...40 | |
| 3.1. Анализ существующих дистанционных методов оценки сейсмоопасности..... | 40 |
| 3.2. Применение АРП и АРПС для оценки сейсмоопасности..... | 42 |
| 3.3. Пеленгатор ионосферных помех на основе фазовращателей..... | 43 |
| 3.4. Формирование диаграммы направленности с помощью корреляционной обработки..... | 46 |
| 3.5. Разработка алгоритмов определения пеленга на ионосферный предвестник землетрясения..... | 48 |
| 3.6. Разработка алгоритмов селекции ионосферных предвестников землетрясений..... | 51 |
| 3.7. Описание работы системы..... | 54 |
| 4. СОВЕТЫ ЖИТЕЛЯМ СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНОВ..... | 59 |
| 4.1. Общие советы..... | 59 |
| 4.2. Как себя вести до землетрясения..... | 61 |
| 4.3. Как себя вести во время землетрясения..... | 63 |
| 4.4. Как себя вести после землетрясения..... | 64 |

| | |
|---|----|
| 4.5. Психологические аспекты землетрясений. | 65 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 69 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 70 |
| Приложение А Программа формирования диаграммы направленности антенной системы с помощью корреляционной обработки..... | 73 |

Введение

Угроза землетрясения становится все более серьезной с каждым новым днем, прошедшим без сильного землетрясения. Сообщение о землетрясении в прессе, по радио и телевидению, специальные статьи и тематические передачи в высшей мере возбуждают внимание общественности. Природа также регулярно напоминает об этой опасности, заставляя нас врасплох.

Землетрясения ошеломляют людей своей внезапностью. С раннего детства мы привыкли считать незыблемой почву, на которой стоим. Но когда вдруг она начинает колебаться, перед нами неожиданно выступают таинственные неведомые силы природы, которые мгновенно разбивают иллюзию прежней жизни. Человек чувствует себя беспомощным и ничтожным.

В среднем по статистике в мире во время землетрясений ежегодно погибает 10 000 человек. Во время особенно сильных бедствий количество жертв измеряется десятками и даже сотнями тысяч. Так при землетрясении 27 июля 1976 года в южных районах Тянь-Шаня погибло от 600 000 до 700 000 жителей КНР, землетрясение 1556 года в китайской провинции Шаньси уничтожило почти 1 млн. человек.

Материальный ущерб от землетрясений в среднегодовом исчислении доходит до 400 миллионов долларов.

С тех пор как человек испытал на себе разрушительную силу землетрясений, его не оставляет сокровенное желание научиться его предсказывать. Менялись наши представления об устройстве Земли и Вселенной, наши знания становились обширнее, жизненный опыт богаче, но по прежнему застают нас врасплох удары стихии, и те редкие случаи, которые выпадают на долю предсказателей, только подчеркивает всю сложность нерешенной задачи.

Актуальность исследования. В среднем, по статистике, в мире, во время землетрясений ежегодно погибает 10 000 человек. Материальный же ущерб от землетрясений в среднегодовом исчислении доходит до 400 миллионов долларов.

Принципиальная основа решения проблемы прогноза землетрясений состоит в установленном лишь в последние десятилетия фундаментальном факте, что перед землетрясением меняются физические свойства горных пород и ионосферы. При этом возникают аномалии разного рода геофизических полей. Всего сейчас известно свыше 300 предвестников из которых около 20 хорошо изучены.

Проблема прогноза землетрясений состоит, как известно, в определении с удовлетворительной вероятностью трех главных характеристик: магнитуды землетрясения, его места и времени.

Самое знаменитое предсказание землетрясения было сделано в 1975 году в городе Хайчен, провинции Ляонин на северо-востоке Китая. Тревога была объявлена на 4 февраля 1975 года на 14 часов .

Через 5 часов 36 минут после объявления тревоги в 19 часов 36 минут произошло сильное землетрясение (М 7.3).

Поэтому предлагаемая исследовательская работа является актуальной.

Целью научной работы является исследование возможности создания радио телекоммуникационной системы выработки и передачи сигнала тревоги по ионосферным предвестникам землетрясений

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решены следующие задачи:

- произведен анализ причин, вызывающих землетрясения,
- произведен анализ возможных дистанционных методов оценки сейсмоопасности,
- обоснована возможность применения радиопеленгаторов и пеленгационных систем для оценки сейсмоопасности,
- разработана структурная схема радиопеленгатора, пеленгующей ионосферные предвестники землетрясений и приведен алгоритм его функционирования,
- разработаны алгоритмы селекции сигналов ионосферных помех.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- предложена оригинальная структурная схема радио телекоммуникационной системы

- разработана математическая модель системы, алгоритм ее функционирования.

- разработаны алгоритмы селекции сигналов – ионосферных предвестников землетрясений

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования заключаются в том, что предложенная система позволяют:

- выдавать сигнал тревоги за 3 – 5 дней до землетрясения

- выдавать информацию о предстоящем землетрясении в специальные службы

- отключать опасные производства

Объектом исследования является радио телекоммуникационная система выработки и передачи сигнала тревоги по ионосферным предвестникам землетрясений

Предметом исследования являются телекоммуникационная система выработки и передачи сигнала тревоги по ионосферным предвестникам землетрясений и разработка алгоритмов селекции сигналов – ионосферных предвестников землетрясений

Глава 1. Причины, вызывающие землетрясения

1.1. Тектонические, вулканические и обвальные землетрясения

Для оценки сейсмоопасности, необходимо сначала знать причины, вызывающие землетрясения.

Вопросами формирования Земли и происходящими на ней природными стихийными процессами человечество интересовалось с древнейших времен. В старину таким явлениям давали мистическое, религиозное толкование, и в отдельных странах по-разному объяснялись причины возникновения землетрясений. Сегодня у нас есть преимущество многолетних геологических исследований, в результате которых удалось получить исключительно ясную картину строения Земли и причин землетрясений.

Теория землетрясений как геофизического процесса еще только разрабатывается. Хотя в исследованиях такого рода ныне широко используется физическое и математическое моделирование, познания различных природных феноменов, связанных с землетрясениями, в значительной мере основывается на наблюдениях на Земной поверхности.

Чтобы понять от чего происходят землетрясения, нам придется рассмотреть строение Земли.

Кора, мантия, внешнее ядро, внутреннее ядро - вот главные части Земли. Земная кора - это твердый, более или менее жесткий слой у ее внешней поверхности. Кора (точнее, литосфера) разбита на медленно перемещающиеся **плиты**.

Земная кора и верхняя часть подстилающей ее мантии имеют разную толщину и разный состав под океанами (около 70 км) и материками (около 150 км). Небольшую толщину коры хорошо иллюстрирует такой пример: если Землю уменьшить до размеров яйца, то твердая кора окажется толщиной со скорлупу. Этот твердый слой, однако, не цельный: он разбит на несколько больших кусков, называемых **плитами (блоками)**. На приведенной ниже карте видны эти плиты, размеры которых варьируют от сотен до нескольких тысяч километров. С глубиной возрастает плотность вещества, слагающего земные недра. но на глубине 150-200 км располагается слой пониженной плотности, так

называемая **астеносфера**. Этот слой также существенно меняется по толщине в разных местах. По астеносфере скользят тектонические плиты. Земную кору и верхнюю мантию, включая астеносферу, принято объединять под названием **тектоносфера**.

Мантия, лежащая под земной корой, состоит из полурасплавленной каменной массы; докрасна раскаленная лава, извергаемая вулканами, рождается в мантии.

Твердая кора Земли образовались из вещества мантии, когда-то поднявшегося к поверхности и охладившегося. Этот процесс продолжается и сегодня и виден, когда лава выходит из недр. Выделяя пар и газы, поступающие в океан и атмосферу, лава застывает в каменную массу, наращивая собою кору.

В отдельных местах, скажем в Срединно-Атлантическом хребте, расплавленный материал выдавливается из астеносферы вверх в литосферу, где остывает и образует новую кору. Этот процесс отодвигает Южно -Американскую плиту от Африканской, а Северо-Американскую - от Евразийской. Выходит, что Атлантический океан с каждым годом становится шире. Этот процесс, называемый **спредингом** (разрастанием) океанического дна, происходит не только в Срединно-Атлантическом хребте, но и во всех других срединно-океанических хребтах. В результате процесса раздвигания медленно движущиеся плиты сталкиваются друг с другом в других местах; в зонах столкновения воздымаются горные системы, возникают вулканы и острова, не говоря уже о землетрясениях.

Литосфера - это внешняя оболочка твердой Земли толщиной от нескольких километров близ срединно-океанических хребтов до сотни километров в древних щитах. Она покрывает менее жесткую, частично расплавленную астеносферу.

Литосфера сложена из блоков, движущихся друг относительно друга. Самые крупные блоки имеют масштаб континентов, их линейные размеры -

порядка 10 тыс.км. В сейсмически активных районах значительная часть относительного движения блоков реализуется землетрясениями.

Под литосферой действуют силы, принуждающие плиты перемещаться со средней скоростью, 7 см в год. Причина этих глубинных сил не вполне ясна. Они могут быть вызваны, например, медленными течениями горячего пластичного вещества в недрах. В некоторых областях новое вещество поднимается на верх из земных недр, оттесняя плиты в сторону (это происходит например на Камчатке); в других местах плиты проскальзывают краями одна вдоль другой; наконец, есть области, называемые зонами **субдукции** (подвига), где одна плита при встрече заталкивается под другую. Несогласованность в движении плит при любом его направлении заставляет каменную толщу растрескиваться, создавая таким образом землетрясения.

По мере приближения к центру Земли температура, давление и плотность возрастают. В центре Земли температура равна примерно 4200 С (для сравнения укажем, что сталь плавится при 1500 С), давление там в 3,6 млн. раз выше атмосферного, а плотность в 13 раз больше плотности воды (для сравнения: чистое железо имеет плотность примерно в 7,9 раза больше плотности воды). Внутреннее ядро ведет себя как твердое тело, а внешнее по своим свойствам больше похоже на вязкую жидкость. Основные сведения о недрах Земли мы получаем, изучая времена пробега волн, порождаемых землетрясениями.

Причины землетрясения станут понятны, как только мы представим себе динамичный характер Земли и те медленные движения, которые происходят в ее коре.

В результате многочисленных наблюдений ученые пришли к выводу, что действительно причина землетрясений обусловлена перемещением блоков земной коры, т.е. тектоническими процессами. 91% всех землетрясений происходит в областях складчатых гор и предгорий, где до сих пор продолжают всевозможные перемещения блоков в земной коре.

Землетрясения, вызванные движением плит, называются **тектоническими**. Хотя обычно они происходят на границах плит, все же небольшая доля их возникает внутри плит. Некоторые другие землетрясения, например, на Камчатке, имеют **вулканическое** происхождение. Известны также **обвальные** землетрясения. И уже совсем редко они бывают вызваны деятельностью человека (заполнением водохранилищ, закачкой воды в скважины, горными работами и большими взрывами). Тектонические землетрясения являются наиболее значительными и частыми. Такие землетрясения в основном и являются предметом изучения сейсмологии и эти землетрясения наиболее характерны для Кавказа.

Причинами постоянных нарушений, приводящих к напряженному состоянию горных пород, являются главным образом внутренние процессы, протекающие в недрах Земли. К ним относятся: переход вещества из одного состояния в другое, что сопровождается изменением объема породы, изменения давления, температуры и другие физико - химические процессы, протекающие в недрах Земли; радиоактивный распад, при котором выделяется огромное количество энергии. Важно также, что глубинные процессы обычно протекают крайне медленно и не заявляют о себе резкими изменениями величин, за которыми ведется наблюдение. Но в отдельных случаях состояние земных недр изменяется скачкообразно, и при этом высвобождается так много энергии, что происходят землетрясения. Принято считать, что землетрясения связаны с образованием разрывов в глубинах Земли или с движениями блоков земной коры по старым разрывам. Считается также, что разрывы возникают в те моменты, когда упругие или упруго - пластические напряжения достигают (в области, прилегающей к будущему разрыву) предельных значений.

1.2. Землетрясения, вызванные внешними воздействиями

К внешним причинам, вызывающим землетрясения относятся: приливообразующие силы (например, влияние луны); перераспределение нагрузки вследствие нарушения (выветривания) гор и заполнения продуктами разрушения впадин; выпадающие осадки, заполнение водохранилищ водой и т.п. Но эти силы невелики тем не менее они все же имеют место.

По отношению к землетрясениям еще в XIX веке было замечено, что сейсмические подвижки совпадают с изменениями атмосферного давления, а это означает, что для нарушения неустойчивого равновесия Земных недр и приведения в действие "пускового механизма" подземных толчков достаточно очень малых изменений нагрузок на Земную кору. Замечены корреляции землетрясений с временами года (летом чаще, чем зимой), со временем суток (ночью и утром чаще, чем днем) и приливами и отливами на побережьях морей и океанов. Когда же обнаружилась связь сейсмических событий с фазами Луны (совпадения максимума толчков с полнолунием или новолунием), стало понятно, что в основе корреляции этой группы явлений лежат космические причины, а именно: гравитационное взаимодействие Земли и Луны и распространение приливоно - отливных волн в литосфере, гидросфере и атмосфере Земли.

В дальнейшем было установлено, что сильные землетрясения происходят чаще, когда Луна находится в перигее (т.е. на наименьшем расстоянии от Земли) и располагается на одной линии с Землей и Солнцем (во время солнечных затмений); при таком положении небесных тел воздействие гравитационных сил возрастает. По мнению некоторых ученых, на сейсмическую активность Земли оказывают также влияние пространственное размещение планет Солнечной системы.

Статистические материалы показывают, что полного совпадения сейсмических проявлений с проявлениями космических факторов их возможной стимуляции нет: часто сейсмические толчки возникают при отсутствии космических стимулов, и наоборот, иногда активные космические факторы не возбуждают землетрясений. Очевидно, что здесь значение имеет не один какой

либо фактор, а комплекс их, причем те или иные из этих факторов проявляют себя избирательно как "спусковой механизм" сейсмического процесса в тех случаях, когда возникновение сейсмического события уже подготовлено внутренним развитием Земных недр.

Сейчас никем не оспаривается тот факт, что источником сил и движений, преобразующих лик Земли, является именно тектоносфера.

В основе современных представлений, составляющих существо концепции "тектоники плит", лежит идея, высказанная А.Вегенером еще в начале XX в. Суть гипотезы заключается в том, что в какой то момент геологической истории все материка были собраны в едином массиве, называемом Пангеей, который раскололся на отдельные глыбы, после чего они стали расходиться в стороны удаляясь друг от друга. Самым важным, хотя и не единственным аргументом гипотезы было зеркальное сходство береговых линий континентов обращенных друг к другу, обеих Америк по одну сторону Атлантического океана и Африки с Европой по другую. Поверхность, по которой происходят перемещение и скольжение материков, помещали в то время внутри Земной коры - на границе так называемых "гранитного" и "базальтового" слоев. Гипотеза А.Вегенера получив вначале широкое распространение и признание, была очень скоро (уже в 30-х гг.) отвергнута геологами, так как со всей очевидностью было доказано, что поверхностные слои Земной коры прочно связаны с ее глубинными частями, а источники поверхностных геологических явлений и процессов лежат по крайней мере в основании Земной коры.

В последующем новые данные, и в первую очередь палеомагнитные исследования вдохнули новую жизнь в эту оставленную идею. Уже невозможно было представить себе материка, плавающие по поверхности "базальтового" слоя, подобно дрейфующим в океане льдинам. Поэтому были предложены литосферные плиты, плывущие по пластичной астеносфере. Эта схема объясняет массу новых фактов.

1.3. Спровоцированные землетрясения

Иногда деятельность человека может привести к возникновению землетрясений.

Причиной землетрясения может быть заполнение водохранилища.

1 августа 1975 года в обеденное время жители городка Оровилл в Северной Калифорнии в США испытали семибалльный толчок. В Калифорнии ежегодно происходит свыше 300 землетрясений. Это же землетрясение было примечательно тем, что отдельные взволнованные жители начали хлопоты по возбуждению уголовного дела против... нет, не господ бога, а всего лишь против департамента водных ресурсов Калифорнии.

Дело в том, что в 1968 году вблизи Оровилла была возведена дамба высотой 235 метров, за которой образовалось водохранилище объемом 4,4 кубического километра. Жители Оровилла, не знавшие до этого землетрясений, по крайней мере с 1940 года, связали между собой два явления - заполнение водохранилища и сейсмическую активность. Слабые толчки начались сразу после заполнения водохранилища. Именно в течение предшествующих землетрясению четырех месяцев подъем воды происходил с максимальной скоростью. Максимальный уровень был достигнут 24 июня, а 28 июня начались первые серии толчков.

При этом взаимное расположение очага и центра нагрузки водной массы таково, что по расчетам специалистов не дает оснований говорить о непосредственном влиянии веса накопленной воды.

Первым известным случаем связи землетрясений с заполнением водохранилища считают землетрясение 1931 года на реке Марафон в Греции.

В 1935 году в США на реке Колорадо было завершено строительство арочной плотины Гувер и началось заполнение водохранилища Мид. Через год, когда уровень воды достиг уровня до 100 метров, начались сейсмические толчки. Они были настолько неожиданными для этого района, что здесь не были даже

установлены сейсмографы. Количество слабых землетрясений в 1937 - 1947 годах измерялись тысячами. К 1939 году водохранилище заполнилось, достигнув объема 35 кубических километра. В мае того же года произошло сильное землетрясение. При этом ученые установили тесную связь между выделением сейсмической энергии и пиками водной нагрузки в 1938 - 1949 годах. На других строящихся водохранилищах американцы заблаговременно установили сейсмографы и на 10 из 68 водохранилищ была зарегистрирована возбужденная сейсмичность.

На полуострове Индостан люди, проживающие в окрестностях 12 крупных искусственных водоемов не испытывали и не ожидали никаких подземных толчков. Здесь произошло самое сильное землетрясение, вызванное заполнением водохранилища, Койна недалеко от Бомбея (Индия). Эта плотина возводилась в асейсмической зоне, однако вскоре после начала заполнения водохранилища в 1962г. здесь начали ощущаться слабые землетрясения. Водоохранилище было заполнено к 1965г., а в 1967г. произошло несколько значительных землетрясений. Сильнейшее из них (11 декабря, магнитуда 6,4) вызвало обширные повреждения соседних селений; погибло 177 чел. и ранено 2300. После этого сейсмическая активность заметно снизилась и прекратилась совсем.

Явления, подобные событиям у плотины Койна, происходили в Китае (плотина Синьфын), во Франции (плотина Монтенар), на границе Зимбабве и Родезии (плотина Кариба), в Греции (плотина Кремаста), в Калифорнии (плотина Оровилл), в Египте (высотная Асуанская плотина) и в некоторых других местах. Обычно землетрясения, вызванные заполнением водохранилищ, бывают слабыми, однако несколько из них имели магнитуды от 5,0 до 6,0, а у трех она превышала 6,0.

После землетрясения, спровоцированного водохранилищем Койна, сейсмологи подвергли тщательному анализу имеющиеся к этому времени

материалы о возбужденной сейсмичности - это вопрос стал актуальной проблемой геофизики.

Ныне ученые установили ряд закономерностей. Возбужденная сейсмическая активность проявляется не только в районах подвижных поясов, но и на древних стабильных платформах. Землетрясения концентрируются вдоль существовавших разломов, причем эпицентры располагаются на расстоянии 5-15 километров от водохранилища. Активность усиливается особенно явно после подъема уровня воды выше 100 метров. Частота вызванных землетрясений связана, в основном со скоростью и величиной перепада уровня в водохранилище. При одном и том же уровне воды, вероятность толчков тем больше, чем большую площадь занимает водохранилище, причем периоды усиления и ослабления возбужденной сейсмичности могут продолжаться по несколько лет.

На территории стран СНГ исследования возбужденной сейсмичности хорошо изучены в окрестностях Нурекского гидроузла на реке Вахш в Таджикистане. Эти исследования полностью подтвердили несомненную связь усиления сейсмической активности с заполнением водохранилища.

Конечно, заполнение не каждого даже крупного водохранилища чревато сейсмическими событиями. Например, не было землетрясений в окрестностях Красноярского, Братского и других рукотворных морей. Никакой сейсмической активности не отмечено после заполнения таких крупных водохранилищ как Бхакра в Индии (высота плотины 225 метров), Глен Каньон в Швейцарии (284 метра), Даниэль Джонсон в Канаде (214метров) и др. Именно эта неоднозначность предъявляет исследователям, еще большие требования, так как необходимо научиться предвидеть и оценить максимально возможный эффект.

Что касается землетрясений в Дагестане, то по мнению многих ученых землетрясение 1970 года было связано с заполнением водохранилища Чиркейской ГЭС. Серию же землетрясений конца 1998 начала 1999 года, с эпицентром около

села Кульзёб также связывают с водохранилищем Миатлинской ГЭС, об этом говорит, в частности, удаление эпицентра от водохранилища (15 км).

Каким образом водохранилище может способствовать возникновению землетрясения? Чтобы ответить на этот вопрос, заметим, что заполнение водохранилища воздействует на земную толщу под ним тремя основными способами. Во-первых, вес воды создает дополнительную нагрузку на землю, создавая дополнительные напряжения в подстилающих грунтах и горных породах. Во-вторых, эти дополнительные напряжения вызывают повышение давления поровой воды в тех объемах грунтов и скальных пород, где вода уже присутствовала до заполнения водохранилища. И в-третьих, вода из водохранилища просачивается в нижележащую среду, повышая ее водонасыщенность и заполняя поры и трещины. Эти эффекты порознь и вместе могут способствовать возникновению землетрясения на разломе, если напряжения на нем были близки к пределу, после которого начинается проскальзывание; возрастание порового давления может снизить прочность пород, уменьшая давление на контакте между их зернами или частицами; увеличение водонасыщенности может создать эффект смазки за счет уменьшения трения вдоль плоскостей разломов и трещин. Заметьте, что водохранилище не есть основная причина землетрясения: его заполнение лишь способствует возникновению землетрясения, создавая условия для высвобождения деформации в более ранние сроки. Здесь уместна медицинская аналогия - причиной появления гнойника является не тепло, а воспалительный процесс, тепло же ускоряет процесс появления нарыва.

В дополнение укажем, что в некоторых местах сейсмическая активность может быть вызвана и чрезмерно быстрым осушением водохранилища. Это происходит, если давление воды на дне водохранилища падает (из-за быстрого понижения уровня воды) быстрее, чем успевает установиться новое поровое давление воды в породах. Давление воды в порах и трещинах можно снижать лишь постепенно, поскольку для удаления ее из пород требуется определенное

время. В результате оказывается, что в породах остается внутреннее давление, снижающее их прочность и способное привести к землетрясениям. Нурекское водохранилище в Таджикистане, расположенное к северу от границы с Афганистаном, настолько чувствительно к колебаниям уровня воды, что заметная сейсмическая активность возбуждается там сразу же после того, как уровень воды понижается всего на 3м.

Для Дагестана и других прикаспийских регионов характерными являются землетрясения, вызываемые изменением уровня воды в Каспийском море. Это подтверждается, в частности исследованиями Дагестанских ученых.

В 60-х годах нашего столетия ученые установили, что закачивание жидкости в скважины также чревато усилением сейсмичности.

Это явление впервые было обнаружено вблизи Арсенала в Скалистых горах, расположенного к северо-востоку от Денвера (штат Колорадо), на самой окраине города. Там была пробурена 3-километровая скважина для закачки в нее загрязненной отходами воды. Нагнетание отработанной воды в скважину началось в 1962г., и почти тотчас же стали происходить землетрясения. Закачка продолжалась с различной скоростью еще 4 года, но была прекращена, когда стало ясно, что число землетрясений тесным образом связано с количеством воды, закачанной в недра. Очаги землетрясений располагались здесь в радиусе нескольких километров от скважины на очень небольших глубинах (5 км); в этом районе сейсмичность раньше не отмечалась.

Землетрясения, ощущавшиеся жителями Денвера, и привлекли большое внимание общественности. В основном землетрясения были слабыми - с магнитудой менее 4,0, однако сильнейшее имело магнитуду 5,2. Оно произошло в 1967г., спустя примерно год после того, как закачка воды была прекращена. Наиболее вероятной причиной этих землетрясений было возрастание порового давления в породах, вызванного нагнетанием воды. Это явление потом многократно воспроизводилось экспериментально и получило полное подтверждение. Причем магнитуда таких толчков при глубине очага в четыре -

пять километров достигала 5,4, что близко к параметрам известного Ташкентского землетрясения.

Несколько лет спустя, появилась возможность проверить эту догадку в районе Рейнджли - небольшого городка на северо-западе штата Колорадо. Добыча нефти на месторождении Рейнджли началась в 1945г.; нефть откачивалась из пласта песчаника с глубины около 1,5км. Поровое давление в породах падало по мере откачки нефти вплоть до 1957г., когда началась закачка воды в скважины для облегчения вторичной добычи нефти. Поровое давление воды в результате ее нагнетания оказалось выше, чем было начальное поровое давление нефти в ее залежи. Начиная с 1969г. Геологической службы США здесь был поставлен ряд контролируемых экспериментов. Воду закачивали в скважины и откачивали из них, и при этом измерялось поровое давление. Для регистрации возможных землетрясений были дополнительно установлены сейсмографы. Оказалось, что в зоне закачки часто происходят слабые землетрясения (с магнитудой 3,5 и менее) и что уровень сейсмической активности соответствует количеству нагнетаемой жидкости. Когда происходила закачка, и поровое давление возрастало, число землетрясений также возрастало; когда происходила откачка, число их падало. Так была установлена зависимость между поровым давлением воды в породах и возникновением землетрясений.

Многokrатно отмечены землетрясения связанные с такой областью человеческой деятельности, как добыча полезных ископаемых. Горные удары, представляют собой разновидность возбужденной сейсмичности, которые сопровождаются микроземлетрясениями. В Рурском каменно - угольном бассейне в Германии и в Симплонском туннеле в Альпах уже в конце прошлого века отмечали сейсмические сотрясения с крупными выбросами пластов под землей, качанием зданий и появлением трещин на поверхности.

Многие, наверное, слышали о возбужденных толчках связанных с разработкой нефтяных и газовых месторождений. На нефтяном месторождении в окрестностях Лос-Анджелеса в Калифорнии связанные с откачкой нефти

неглубокие толчки отмечались многократно. Один из таких толчков произошел в 1971 году около города Грозного и имел поверхностный эффект в 7 баллов.

Нефтегорское землетрясение 1996 года в Сахалине в результате которого имелись огромные разрушения и человеческие жертвы несомненно также связано с откачкой нефти.

И наконец сейсмичность вызванная ядерными взрывами. Известно, что каждый из восьми сильных ядерных взрывов на полигоне в штате Невада в США соответствовал землетрясению магнитудой 5-6 (6-8 баллов). Строго доказано, активизация землетрясений в эпицентральных зонах существовавших разломов Земной коры. После подземных взрывов возникают серии афтершоков. Взрывы как бы служат "спусковыми механизмами" для сейсмической разрядки накопившихся в Земных недрах напряжений.

Глава 2. Анализ известных предвестников землетрясений

2.1. Использование геофизических изменений в земной коре для оценки сейсмоопасности

С тех пор как человек испытал на себе разрушительную силу землетрясений, его не оставляет сокровенное желание научиться его предсказывать. Менялись наши представления об устройстве Земли и Вселенной, наши знания становились обширнее, жизненный опыт богаче, но по-прежнему застают нас врасплох удары стихии, и те редкие случаи, которые выпадают на долю предсказателей, только подчеркивает всю сложность нерешенной задачи.

Землетрясение не внезапное явление. Ему предшествуют изменения в сейсмическом режиме. Возмущения геофизических полей деформационной и электромагнитной природы, которые могут быть использованы в качестве предвестников.

По времени проявления различают долгосрочные, краткосрочные и оперативные предвестники землетрясений.

Возможность сейсмического прогноза была подсказана опытом наблюдений за природными явлениями, которые, предшествуя сейсмическим толчкам, служат как бы предвестниками приближающихся катастроф.

Ведь такие прогнозы, подобно прогнозам погоды, позволяют населению угрожаемых районов подготовиться к ожидаемым стихийным бедствиям, принять предупредительные меры и значительно уменьшить тяжелые потери и утраты.

Кратко опишем некоторые возможные предвестники.

В настоящее время известны несколько десятков признаков, рассматриваемых как предвестники землетрясений.

В качестве предвестников сильных землетрясений рассматриваются особенности сейсмического режима, вариации скоростей сейсмических волн, электромагнитные, деформационные предвестники, изменения гравитационного и теплового полей, радиоактивного излучения и т.д.

Сейсмичность. Положение и число землетрясений различной магнитуды может служить важным индикатором приближающегося сильного землетрясения. Например сильное землетрясение часто предваряется роем слабых толчков.

Движение земной коры. Геодезические съемки и наблюдения со спутников из космоса могут выявить деформации поверхности Земли. На поверхности земли точная съемка производится с помощью лазерных источников света.

Деформации. Для измерения деформации горных пород бурят скважины и устанавливают в них деформографы, фиксирующие величину относительного смещения двух точек. После этого деформация определяется путем деления относительного смещения точек на расстояние между ними. Эти приборы настолько чувствительны, что измеряют деформации в земной коре вследствие земных приливов, вызванных гравитационным притяжением Луны и Солнца. (Земные приливы представляют собой движение масс земной коры похожее на морские приливы).

Уровень воды в колодцах и скважинах. Уровень грунтовых вод перед землетрясением часто понижается или повышается из-за изменений напряженного состояния горных пород.

Геомагнетизм. Земное магнитное поле может испытывать локальные изменения из-за деформации горных пород и движений Земной коры. Для измерения малых вариаций магнитного поля применяются специальные магнитометры.

Давно замечено, что перед некоторыми землетрясениями появляется туманная дымка, которая стелется над поверхностью земли и после сотрясений исчезает. Бывает, что перед толчками от земли струится легкий восходящий ветерок (в Японии его называют "чики") или слышится оглушительный подземный гул, при этом происходят беспорядочные колебания магнитной стрелки.

Эти процессы, предваряющие сейсмические колебания, оказывают влияние на поведение животных, позволяя им предчувствовать надвигающуюся катастрофу.

Сильному землетрясению нередко предшествуют резкие изменения уровня воды в водоемах, колодцах, дебита источников и скважин, изменение температуры воды или ее помутнение. Изредка появляются необычные запахи. Такие изменения могут происходить за несколько дней или часов до землетрясения.

В последние сутки и за несколько часов до события может стоять необычная, "напряженная" тишина, в воздухе держаться мгла или, наоборот, бушевать гроза.

Непосредственно землетрясению предшествуют нарастающий подземный гул (схожий с гулом проходящего транспорта) и иногда свечение над возвышенностями.

В совокупности, несколько признаков могут вовремя предупредить нас о надвигающейся опасности.

Электромагнитные предвестники. В последние десятилетия начались широкие исследования по исследованию электромагнитных предвестников землетрясений, хотя мысль о связи электромагнитных явлений с землетрясениями больше столетия назад высказывали Гумбольдт, Ламон, Фуке, Маскар и др.

На основе целого ряда наблюдений отмечены световые явления перед землетрясениями в атмосфере, о чём сообщалось ещё в Древнем Риме в 373 г. до н.э. Отмечалось "особое" свечение атмосферы в виде широких полос, сравнимое с полярным сиянием. Описывались вспышки исполинских бесшумных молний.

Многочисленны сообщения о свечении поверхности Земли перед и во время землетрясений. Световые явления наблюдались перед землетрясениями: Германия - 1911 г., Япония - 1924 и 1940 г., Крым - 1927г., Карпаты -1940г., Ашхабад - 1946 и 1948 г., Ташкент - 1966 г.

В конце XIX века писали о шумах в микрофонах и телефонных аппаратах, подобно тому, что слышали во время атмосферных гроз. Случаются нарушения в работе радио, телеграфа, электромагнитных приборов, самопроизвольное свечение люминесцентных ламп.

2.2. Животные предупреждают об опасности

Первое дошедшее до нас сообщение о необычном поведении животных перед землетрясением датируется 328 годом до нашей эры. Согласно античных

источников за несколько дней до землетрясения, разрушившего город Геликос в Греции, кроты, ласки, ехидны и сороконожки вышли из нор и обратились в беспорядочное бегство.

До 50-х годов нынешнего столетия полагали, что рассказы о предварительном беспокойстве животных начинают ходить после катастроф, являясь отчасти плодом воображения.

Между тем теперь известно, что китайцы уже в 1739 году ожидали землетрясение по целому ряду народных примет, в том числе по аномальному поведению животных. И не ошиблись!

В 1975 году успешное предсказание катастрофического землетрясения в Китае было осуществлено в значительной мере по народным приметам, среди которых не последнюю роль сыграли сообщения о массовом хождении змей по снегу и необычном поведении многих домашних животных.

Органы чувств многих животных позволяют им регистрировать колебания почвы и изменение электромагнитного поля, которые человек не ощущает.

Возможными причинами аномального поведения животных перед землетрясениями по мнению многих ученых являются физические раздражители (вариации электромагнитных полей, звуки, в том числе инфразвуки и ультразвуки, предвещающие микросейсмическую активность, выделение газов из почвы и т.д.

Без всяких видимых причин животные начинают вести себя так, как повел бы себя человек, видя надвигающуюся опасность, проявлять беспокойство, нервозность, издавать тревожные крики. Если наблюдать за животными достаточно долго, то можно выделить именно ту реакцию, которая спровоцирована приближающимся землетрясением. Огромный опыт таких наблюдений накоплен, например в Китае. Там в сборе предвестников землетрясений участвуют практически все население, сообщая в местные сейсмические бюро всю необычную и заслуживающую внимания информацию, а уж о поведении домашних животных каждый сообщает обязательно.

Многолетние наблюдения показали, что перед землетрясением многие обитатели морских глубин выплывают к поверхности. Не отстают рептилии и земноводные.

Во дворцах китайских императоров в специальных аквариумах держали особых пресноводных рыбок, которые своим беспокойством предупреждали о приближении стихийного бедствия.

Население Японии перед землетрясением наблюдало неожиданное появление в море крупных стай угрей, лососей и тунцов, на поверхность всплывали неизвестные глубоководные виды, а обычные породы вдруг исчезали. К берегам подплывали множество осьминогов, обычно гнездящихся в расщелинах скал.

Необычное поведение сомов перед землетрясениями в средние века породило у древних японцев легенду о том, будто сами землетрясения вызываются шевелением огромного сома внутри Земли. Сейчас в распоряжении японских ученых имеется более 20 надежных примеров аномального поведения морских животных, главным образом рыб, пред сильными землетрясениями.

Лягушки, змеи, черви и многоножки перед землетрясением выползают из своих убежищ.

Перед Ашхабадским землетрясением 1948 года было замечено, что змеи и ящерицы покинули норы, муравьи, захватив куколки, начали переселение из подземных жилищ. Аналогично вели себя змеи и перед землетрясениями в Италии, Японии, на Кубе.

Ученые, занимающиеся бионикой, давно пришли к выводу, что для создания более совершенных сейсмических приборов необходимо изучить опыт живой природы и выяснить, на какие физические процессы, предшествующие землетрясению, прежде всего реагируют те или иные животные. Оказалось, что некоторые виды рыб чувствительны к изменению магнитного и электрического полей. По всей видимости, ящериц и змей выгоняет из своих нор повышение уровня грунтовых вод - такое повышение воды в скважинах и колодцах часто

используют и ученые при предсказании землетрясении. Большой чувствительностью к слабым вибрациям и колебаниям почвы обладают многие виды насекомых.

Муравьи и пчелы способны улавливать малейшие изменения в составе газов, насыщающих почву, а уж вековой инстинкт, выработанный многими поколениями, предсказывает, какая грозит опасность.

Имеются сведения будто за час полтора до повторных толчков Ашхабадского землетрясения муравьи уходили от муравьиных куч. Подобное же поведение муравьев отмечалось за несколько часов до Неапольского землетрясения в 1805 году.

Крысы заблаговременно покидают норы. Лошади, ослы, овцы и свиньи проявляют повышенную нервозность. Особым предчувствием обладают кошки и собаки. Известны случаи, когда собаки заставляли своих хозяев покидать здания, впоследствии разрушаемые землетрясениями.

Среди киргизских пастухов бытует мнение о том, что перед землетрясениями обычно скулят собаки.

Описаны случаи по направленным действиям собак по спасению хозяев перед землетрясением. Так, ашхабадец - офицер, владелец овчарки, в ночь с 5 на 6 сентября 1948 года был разбужен своей собакой. За несколько минут до трагического толчка овчарка открыла дверь в комнату и стащила со спящего одеяло. Хозяин не прореагировал. Тогда пес вскочил на кровать, стал выть, кусал ноги хозяина, потом бросился к двери. Хозяин вышел за ним, а за спиной стал разваливаться дом.

В другом случае, также перед Ашхабадским землетрясением, вся семья была разбужена неистовым лаем пса. Пес с визгом и рычанием стаскивал одеяло с сынишки хозяина дома, затем бросился к двери и заскребся в нее, стал жалобно визжать и хватал порог зубами. Вдруг собака громко завывала, подняв морду к потолку. мальчик встал и отворил дверь. Собака бросилась в темноту ночи. Но едва ребенок улегся пес заскребся и залаял снова просясь обратно. Когда отец

отворил дверь, собака бросился к мальчику прямо в постель, схватил за край рубашки потянул с кровати. Отец отбросил собаку, она вцепилась ему в ногу. Одним прыжком собака перенеслась на кровать, зубами схватила за край рубашки, пятясь задом, рывками потащила мальчика в сторону дверей и выволокла за порт. В этот момент погас свет и пол заходил ходуном.

Конечно, в этих рассказах может быть и доля фантазии хозяев, любящих своих собак, но с другой стороны, в них много реалистических подробностей о поведении собак.

Прогностическими данными обладают также птицы. Еще Чарльз Дарвин в 1835 году у берегов Южной Америки обратил внимание на то, что морские птицы вопреки обычаю большими группами полетели в глубь материка за два часа до Чилийского землетрясения.

К настоящему времени известно около 70 видов животных, которые проявили себя как "работники прогноза". Отмечено большое количество случаев аномального поведения, собак, крупного рогатого скота, крыс, мышей.

Считается, что животные могут предвещать своим поведением землетрясения от 4 баллов и выше.

Исследования, проведенные американскими специалистами, показали, что животные, как и люди являются несовершенными предсказателями.

Поведение животных трудно использовать для предсказания землетрясений еще и потому, что их необычное поведение может вызываться множеством разных причин, включая погоду, пищу и состояние здоровья. Только если наблюдаются массовые изменения в поведении и их не удастся объяснить иначе, можно почувствовать доверие к реакции животных.

В Китае предлагают сообщать местным сейсмологам о любом отклонении в поведении животных. Уже говорилось, что поведение животных сыграло роль в предсказании Хайчэнского землетрясения 1975г. в Китае, хотя нет сомнений в том, что наиболее важные предвестники были зарегистрированы приборами.

Китайские сейсмологи подчеркивают, что прогноз не выдается до тех пор, пока все до единого способы оценки не указывают на надвигающееся землетрясение.

Встречаются и люди, наделенные способностью предчувствовать сейсмические колебания. Чаще всего это нервнобольные с повышенной психической возбудимостью, но есть и здоровые люди, которым присуща обостренная восприимчивость. Так в 1855 году слуга японского самурая предсказал сильное землетрясение в Токио.

2.3. Прогнозируются ли землетрясения?

Принципиальная основа решения проблемы прогноза землетрясений состоит в установленном лишь в последние десятилетия фундаментальном факте, что перед землетрясением меняются физические свойства горных пород.

Эти изменения происходят в обширной (по сравнению с очагом будущего землетрясения) области подготовки и по величине отклонений достаточно значительны, чтобы быть зарегистрированными современной аппаратурой. Возникают аномалии разного рода геофизических полей. Всего сейчас известно свыше 300 предвестников из которых около 20 хорошо изучены.

Человечество освобождается от предрассудков и страха перед силами природы, учится контролировать природу и свое вмешательство в ее жизнь. Но подземные стихии ему еще неподвластны.

Чтобы не трепетать перед землетрясениями, перестать быть их постоянными жертвами и не терпеть все возрастающих убытков, люди должны глубже и полнее знать о них. Все большее число людей должно приобщаться к этому знанию.

Каждое землетрясение это и урок, и экзамен .

Заинтересованность исследователей в прогнозе землетрясений исключительно велика - тысячи человеческих жизней могут быть спасены, если

предсказание окажется точным, целые города могут быть эвакуированы зря, если оно окажется ложным.

Проблема прогноза землетрясений состоит, как известно, в определении с удовлетворительной вероятностью трех главных характеристик: магнитуды землетрясения, его места и времени.

Прогнозы землетрясений бывают долгосрочными (несколько лет), среднесрочными (месяцы) и краткосрочными (дни и часы), причем каждый вид прогноза имеет вполне конкретную практическую направленность. Долгосрочный - дает возможность планировать землепользование и застройку в сейсмоопасных районах. Среднесрочный - позволяет привести в готовность аварийные службы, накопит запасы медикаментов, продовольствия и т.д. Краткосрочный - может быть использован для принятия ряда чрезвычайных мер, начиная с остановки особо опасных производств и кончая эвакуацией населения.

К надежности краткосрочного прогноза ввиду его большого социального значения должны предъявляться самые строгие требования. Особенно высока ответственность ученых и должностных лиц при объявлении "сейсмической тревоги".

При прогнозе землетрясения главное значение придается разного рода предвестникам. Понятие предвестника целиком и полностью основывается на логике ретроспективного анализа.

Суть дела такова. Допустим, мы непрерывно измеряем некоторый геофизический, геохимический или другой параметр в данной точке. Если в ее окрестности произошло землетрясение и было установлено, что в поведении параметра за некоторое время (обычно - недели, дни, часы) до землетрясения имели место необычно резкие изменения, то эти аномалии связывают с землетрясением и называют его предвестником. Если связь между землетрясениями и аномалиями параметра устойчива (подтверждена многократно), то предвестник можно использовать для предсказания будущих землетрясений. Иными словами, если вдруг проявилось аномальное поведение

физического параметра, аналогичное тому, что имело место перед землетрясениями, есть основания для предсказания землетрясения в ближайшее время (недели, дни, часы). Таким образом, идеология краткосрочного прогноза - эмпирическое обобщение, ретроспективный анализ и аналогия. Количественной физико-математической теории здесь нет.

К сожалению, по-настоящему устойчивые предвестники землетрясений пока не выделены. Поэтому сейсмологи пытаются использовать кибернетический подход к решению задачи краткосрочного прогноза - построить надежное целое из множества ненадежных элементов. В частности, оглядываясь на прошедшие события, ищут возможные предвестники в различных геофизических полях: в изменениях уровня воды и состава растворов в скважинах, состава выделяемых газов и т.д. Кроме того, пытаются использовать эти предвестники комплексно. Конечно, действительно большой науки в этом пока нет, чем и объясняется отсутствие полностью оправдавшихся краткосрочных прогнозов.

Если говорить о надежности, то промежуточное положение между сейсморайонированием и краткосрочным прогнозом занимают долгосрочный (несколько лет) и среднесрочный (менее года) прогнозы. При их составлении ученые опираются на сумму данных о строении земных недр и известных из прошлого сейсмических событиях - здесь и разломная тектоника района, и напряженное состояние блоков земной коры, и периодичность повторения землетрясений, и сейсмический режим в целом, и эмпирически установленные факты снижения сейсмической активности перед сильными землетрясениями (так называемые сейсмические бреши). Но и в случае долгосрочного и среднесрочного прогноза суждения также выносятся методом аналогии. При этом большинство выводов делается не на количественном, а на сугубо качественном уровне, ибо количественные законы пока неизвестны.

В последние годы наметился новый подход к проблеме прогноза, основанный на учете космических факторов, влияющих на эволюцию земных процессов. Сам по себе он представляется вполне законным, однако здесь все

зиждется на весьма неопределенных корреляциях и соображениях общего характера, короче говоря - на гипотезах. Поэтому выдвигать его на первый план, как это иногда делается, и тем более считать достоверным пока нет оснований.

Таким образом, в настоящее время в сейсмологии господствуют методы эмпирического обобщения, ретроспективного анализа и аналогии. Однако эмпирическое обобщение - необходимое, но, увы - не достаточное основание для уверенного прогноза. Вся беда в том, что в данном случае отсутствует главный фактор, определяющий лицо других наук - активный эксперимент.

Из-за многих неопределенностей, связанных с предвестниками землетрясений, удачное их предсказание бывает редким. Тем не менее, возможность точного предсказания настолько заманчива, что сегодня тысячи ученых, в основном в США, Японии, Китае, у нас в стране, заняты исследованиями землетрясений.

Самое знаменитое предсказание землетрясения было сделано в 1975 году в городе Хайчен, провинции Ляонин на северо-востоке Китая. Район вокруг Хайчена в течение нескольких лет перед 1975 годом находился под пристальным вниманием сейсмологов, поскольку некоторые признаки указывали на то, что в ближайшем будущем здесь может произойти сильное землетрясение. Были дополнительно установлены приборы для регистрации наклонов земной поверхности, изменений магнитного поля и измерений электросопротивления грунтов. Население попросили отмечать изменения уровня воды в колодцах и сообщать о любых странностях в поведении животных.

Инструментальные наблюдения ясно указывали на изменения, происходящие в недрах Земли. К январю 1975 года изменения стали достаточно явными, что позволило объявить об опасности в этом районе. Были приняты меры безопасности в отношении самых старых и самых малых, рабочие и служащие получили необходимые инструкции, что делать при объявлении тревоги, и люди были готовы ночевать вне зданий

К февралю признаки надвигающегося землетрясения умножились. Был замечен внезапный подъем уровня воды в колодцах, а ученые зарегистрировали необычайное возрастание числа слабых землетрясений. К вечеру 3 февраля сейсмологам стало ясно, что сильное землетрясение может произойти в любой момент и они уведомили об этом местные власти. Рано утром на следующий день произошло достаточно сильное землетрясение (М 4.7).

С учетом всего этого общая тревога была объявлена на 14 часов. Населению было сообщено, что в течение двух ближайших дней ожидается сильное землетрясение. Были мобилизованы спасательные средства, закрыты магазины и учреждения, больные вынесены из клиник во временные укрытия, большинство жителей выведено из домов. Чтобы помочь людям скоротать тяжкую холодную ночь вне домов в парках и на площадях показывали кинофильмы.

Через 5 часов 36 минут после объявления тревоги в 19 часов 36 минут произошло сильное землетрясение (М 7.3).

Были разрушены сотни домов и промышленных сооружений, но поскольку почти все жители находились вне зданий число жертв исчислялось единицами. Счастье, что землетрясение произошло вскоре после объявления тревоги, случись оно несколькими часами позже, многие люди спасаясь от холода, вернулись бы в дома.

Это замечательное событие стало вехой на пути предсказания землетрясений. И, хотя это был не первый удачный прогноз, впервые удалось предсказать столь крупное землетрясение, и впервые были спасены жизни, быть может десятков тысяч человек.

В следующем году в той же провинции рано утром 28 июля 1976г., в 3ч. 42 мин. местного времени, прямо под Таньшанем, городом с населением около миллиона человек, расположенном в 160 км прямо на восток от Пекина, произошло землетрясение с магнитудой 7,8, которое не было спрогнозировано. Весь город сровнялся с землей, погибло 243000 человек. Пострадали не только дома - были обрушены мосты, искривлены железнодорожные пути, перевернуты

поезда, повреждены автострады, свалены заводские трубы, разорваны трубопроводы, нарушены плотины. Экономический ущерб составил около 3 млрд. юаней (2млрд.долл.).

Предсказанное в Хайчене землетрясение было не первым в Китае.

Один из самых первых прогнозов в Китае был сделан в 1969г. в районе города Тяньцзинь. Работники местного Народного парка, в котором есть и зоопарк, участвовали в предсказании землетрясений с 1968г. Утром 18 июля 1969г. они обратили внимание на необычное поведение многих животных; по их словам тигр был подавлен, панды вопили, яки отказывались от пищи, черепахи беспокоились, а лебеди держались подальше от воды. Подумав, что это может служить предвестником землетрясения, они сообщили обо всем в городское сейсмологическое управление. В полдень того же дня в Бохайване, заливе к востоку от Тяньцзиня, произошло землетрясение с магнитудой 7,4. С чем было связано поведение животных - с землетрясением или с какими-то местными явлениями, например с погодой, - осталось неизвестным. Почему именно эти отдельные животные почувствовали надвигающееся землетрясение, в то время как тысячи других не заметили ничего?

В 1976г. в Китае были последовательно предсказаны три землетрясения: 29 мая в провинции Юньнань, 16 августа в провинции Сычуань, 7 ноября на границе провинций Сычуань и Юньнань. За много месяцев перед каждым землетрясением сейсмологи выдали долгосрочный прогноз, основанный на изучении сейсмичности, повторных нивелировках и магнитных аномалиях. Оперативный прогноз был сделан в период от нескольких часов до нескольких дней до каждого землетрясения, главным образом на основе данных об увеличении числа слабых толчков. Были приняты меры безопасности, а в одном случае приведена массовая эвакуация населения за четыре дня до землетрясения.

Китайские ученые настоятельно подчеркивают, что многие сильные землетрясения не были предсказаны, включая катастрофическое землетрясение

1976г. в Таньшане, и что число ложных тревог намного превышает число успешных прогнозов.

В США было успешно спрогнозировано лишь несколько слабых землетрясений. И ни один из этих прогнозов не повлек за собой каких-либо общественных действий. Эти прогнозы были важны прежде всего для самих исследователей, изучающих землетрясения.

В 60-х и 70-х годах в СССР была проведена серия новаторских работ по прогнозу землетрясений. В районе Гарма в Таджикистане в это время впервые была установлена связь между изменениями скоростей сейсмических волн и возникновением землетрясений. После многолетних наблюдений советские сейсмологи 1 ноября 1978 года официально сообщили, что в течение ближайших 24 часов может произойти крупное землетрясение в окрестностях Гарма. Землетрясение с магнитудой 7.0 произошло спустя шесть часов после оповещения в 150 км. восточнее Гарма. Советскими учеными были предсказаны и другие землетрясения в Таджикистане и Узбекистане.

Примером неудачного предсказания землетрясения является предсказание американского ученого Брайана Бредли.

В последние дни июня 1981 года столица Перу - Лима была охвачена смятением: американский ученый Брайан Бредли предсказал, что в воскресенье 28 июня город будет разрушен необычайным по силе землетрясением. Десятки сильных подземных толчков превратят в прах город, после чего на него обрушится цунами. Прибрежные участки города провалятся под уровень океана и станут морским дном.

По мере приближения "судного дня" обстановка в столице накалялась. Тысячи обезумевших людей штурмовали аэропорты, вокзалы и корабельные причалы, стремясь покинуть осужденный на гибель город. Взлетели цены на бензин и продукты питания, выросла преступность, дома и земельные участки продавались за бесценок. Больницы и поликлиники задыхались от наплыва искалеченных в панике людей.

Но вот приблизился час, указанный прорицателем, прошел ... - и ничего не случилось. Ничего не случилось и в последующие дни. Незадачливый предсказатель был объявлен шарлатаном. Неизвестно на чем основывались догадки Бредли и не будем его заочно осуждать и обвинять в шарлатанстве.

Статистика землетрясений показывает, что многие сильные землетрясения не были предсказаны, и что число ложных прогнозов значительно превосходит число успешных. Официальная точка зрения состоит в том, что лучше дать много неудачных прогнозов, чем допустить, чтобы сильнейшее землетрясение осталось непредсказанным.

Действия, которое можно предпринять в связи с прогнозом множественны и разнообразны. Если времени достаточно, можно укрепить здания, снести слабые постройки, понизить уровень воды в водохранилищах, провести обучения населения спасательным работам и мерам первой медицинской помощи, а тех, кто не в состоянии о себе позаботится, можно перевезти в более безопасные зоны.

Другие меры, требующие меньших затрат включают: мобилизацию отрядов спасателей, создание неприкосновенного запаса воды, пищи, медикаментов, организацию размещения эвакуируемых, изоляцию опасных зданий, мостов, улиц, остановку опасных производственных процессов на заводах и лабораториях и наконец эвакуация людей из опасных зон.

Предсказание может иметь тяжелые последствия для района ожидаемого землетрясения. С этими последствиями можно смириться, если землетрясение действительно произойдет. Но если оно не случится, будут ли оправданы экономические потери, только тем, что оно могло произойти?

Точный прогноз сильного землетрясения дает большой социальный эффект, позволяет спасти тысячи человеческих жизней, тогда как ложный прогноз приносит значительный экономический ущерб.

Состояние современной сейсмологии, по существу аналогично той, которая доминировала в медицине до Пастера. Наблюдательная (эмпирическая) медицина часто и с успехом лечила многие хронические болезни, но была совершенно

бессильна перед тяжелыми инфекционными заболеваниями - чумой, холерой, сыпным тифом, туберкулезом и т.д. Так и современная сейсмология позволяет достаточно надежно оценивать потенциальную сейсмическую опасность, но, как правило, не в состоянии точно предсказывать такие события, как разрушительные землетрясения. Однако здесь есть одно "но" - многое определяется степенью нашей осведомленности о строении тектоносферы Земли (и, прежде всего, земной коры), а также разветвленностью наблюдательной сети, т.е. объемом информации об эволюции механической системы во времени. В принципе даже и сейчас можно обеспечить более точный прогноз землетрясений, если будет создана современная наблюдательная сеть.

Значительную сложность при определении места очага будущего землетрясения по наблюдениям за предвестниками представляет большой ареал распространения последних: расстояния, на которых наблюдаются предвестники, в десятки раз превышают размеры разрыва в очаге. При этом краткосрочные предвестники наблюдаются на больших расстояниях, чем долгосрочные, что подтверждает более слабую их связь с очагом.

Дополнительные трудности создает так называемое мозаичное распределение краткосрочных предвестников.

3. Дистанционные методы оценки сейсмоопасности

3.1. Анализ существующих дистанционных методов оценки сейсмоопасности

В 80-х годах прошлого века были отмечены аномальные возмущения параметров сигналов навигационных систем "Лоран-С" и "Омега" на трассах, проходящих в окрестностях эпицентральных зон землетрясений (Рубдарское в Иране 1990г., Грузинское в 1991г.). Перед Спитакским и Рубдарским землетрясениями обнаружены вблизи эпицентральных зон штатными средствами ПВО в метровом диапазоне волн интенсивные ионизированные образования в виде "сгустков" и "облаков", молниеподобных разрядов, создававших активные широкополосные помехи большой мощности.

Перед Спитакским землетрясением наблюдались также помехи на радиотелескопах, расположенных на Бюраканской астрофизической обсерватории (на частотах 37,5-38,25 МГц, 73-74,6 МГц).

Одним из предвестников землетрясений является изменение (повышение) напряженности магнитного поля Земли над очагом землетрясения. При этом, над очагом сильного землетрясения, как отмечалось ранее, наблюдаются световые явления - свечение атмосферы в виде широких полос, сравнимое с полярным сиянием.

На рисунке 1 приведена запись ионосферных помех. По горизонтальной оси отложено время от 12 часов 30 минут до 17 часов 30 минут. Записи произведены в период с 02.12.88 по 15.12.88 гг.

Анализ рисунка показывает, что за 5 дней до землетрясения в ионосфере появились помехи, которые достигли максимума перед землетрясением. После землетрясения помехи постепенно исчезли.

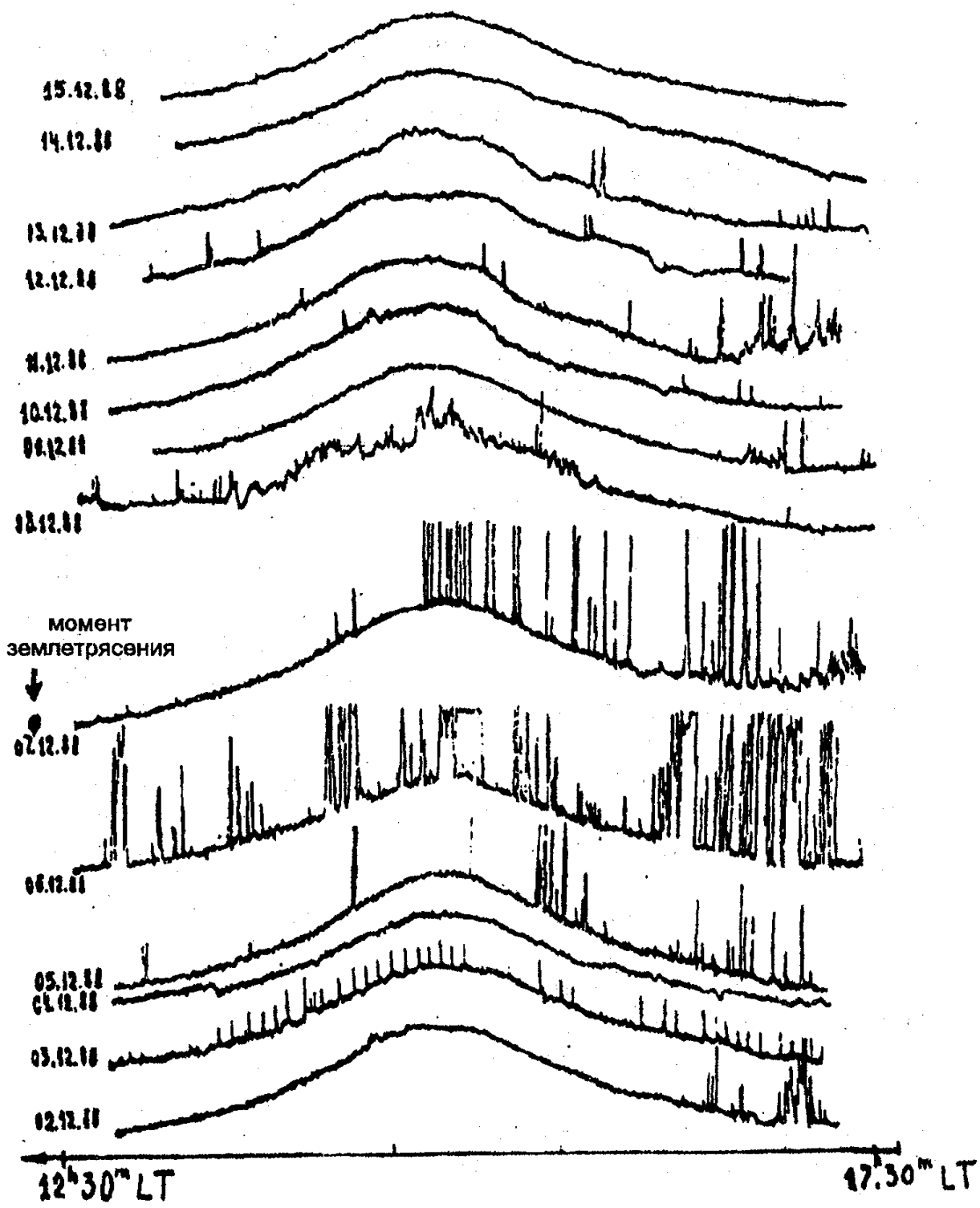


Рисунок 1. Запись ионосферных предвестников землетрясений

3.2. Применение АРП и АРПС для оценки сейсмоопасности

Для обнаружения зон источников ионосферных помех могут быть использованы простые по сравнению с РЛС АРП и АРПС [4].

Следует иметь в виду, что для слабых землетрясений уровень ионосферных помех является маленьким. Для пеленгования слабых сигналов обычно применяются методы обработки информации, связанные с построением диаграммы направленности (ДН).

В настоящее время известны методы формирования пеленгационной информации, основанные на спектральном анализе пеленгуемого сигнала с использованием принципов согласованной фильтрации [14]. Этот принцип приводит к фильтрам с гребенчатой АЧХ. При этом необходимым условием является условие компенсации начальных фаз в спектре сигнала. В этом методе предполагается, что выходной сигнал радиоприемного устройства АРП описывается выражением

$$e(t) = A \cos \left[\omega t + \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \sin(\Omega t - \theta) \right] \quad (1)$$

где A – амплитуда сигнала;

ω - частота пеленгуемого сигнала;

Ω - частота сканирования АС;

θ - пеленг на источник радиоизлучения;

R - радиус антенной решетки;

λ - длина волны пеленгуемого сигнала.

При наличии сигнала помехи на азимутальной оси соответствующей направлению прихода сигнала помехи возникнет узкий луч. Причем, чем больше индекс фазовой модуляции m , тем лучше разрешение сигнала относительно помехи. При малых значениях индекса фазовой модуляции получение пеленгационной информации при данном методе обработки невозможно.

Этого недостатка лишены предлагаемые методы.

3.3. Пеленгатор ионосферных помех на основе фазовращателей

Для обнаружения зон источников ионосферных помех могут быть использованы простые по сравнению с РЛС автоматические радиопеленгаторы и радиопеленгационные системы [4].

Следует иметь в виду, что для слабых землетрясений уровень ионосферных помех является маленьким. Для пеленгования слабых сигналов обычно применяются методы обработки информации, связанные с построением диаграммы направленности (ДН).

ДН может быть сформирован с помощью управляемых фазовращателей (ФВ). Принцип работы такого пеленгатора поясняется рисунком 2.

Он состоит из следующих устройств: АС, управляемые фазовращатели, сумматор, радиоприёмное устройство, микропроцессорное устройство управления и обработки информации.

АС представляет собой N симметричных вибраторов, размещенных по окружности и центрального вибратора (ЦВ).

Если, круговую АС с помощью ФВ привести к линейной, то при вращении такой линейной решетки, с направления прихода сигнала ионосферного предвестника землетрясения, будет иметь место максимум суммарного сигнала.

Рассмотрим принцип формирования сканирования искусственной линейной антенной решетки.

Пусть требуется формировать диаграмму направленности АС в направлении источника сигнала И, расположенной по азимуту θ .

Для этого, необходимо искусственно перенести все вибраторы на линию AB – к перпендикуляру к линии, проходящей через центр антенной решетки и источник излучения в точке расположения ЦВ, что обеспечивается фазовой задержкой сигналов с выходов вибраторов АС на величину

$$\varphi_i = \frac{2\pi R}{\lambda} \cos\beta \cos\left[\left(\frac{2\pi(i-1)}{N}\right) - \theta\right] \quad (1)$$

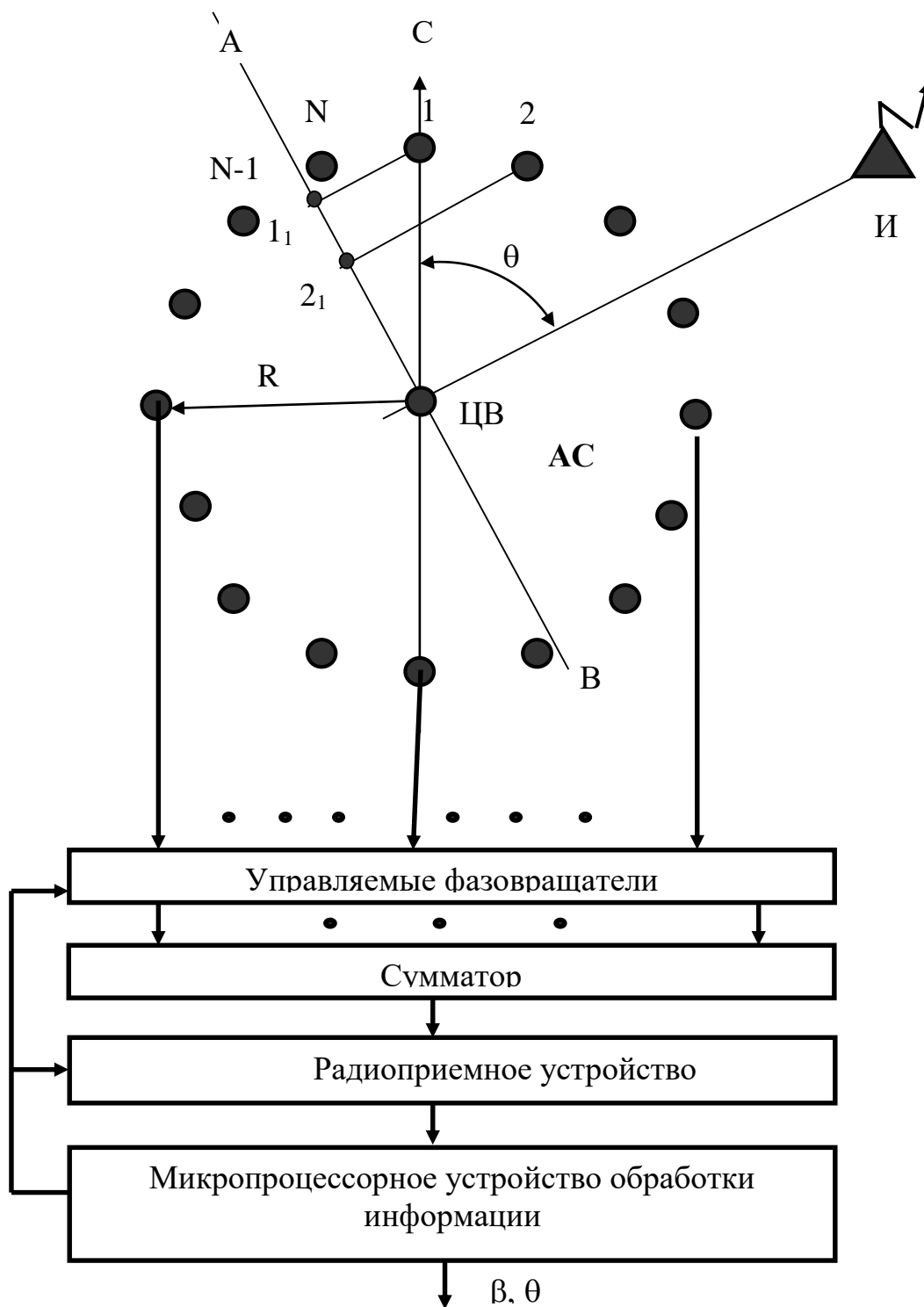


Рисунок 2. Пеленгатор, с управляемыми фазовращателями.

где:

R – радиус АС,

i - номер вибратора АС,

β - угол места на источник излучения,

λ - длина волны пеленгуемого сигнала,

N – количество элементов антенной решетки

θ - пеленг на источник излучения

Микропроцессорное устройство в соответствии с выражением (1) вычисляет для каждого вибратора АС значение фазовой задержки и передает их в соответствующие ФВ, которые задерживают сигналы с вибраторов на расчетные значения, которые поступают на сумматор.

Значения суммарных сигналов для разных значений азимутов и углов места поступают на микропроцессорное устройство, где определяются углы пеленг θ и угол места β на источник излучения, при котором был зафиксирован максимальный сигнал.

По азимуту и углу места (зная структуру ионосферы) может быть локализован район источника помехи – предполагаемого места землетрясения.

Координаты источника помехи могут быть уточнены триангуляцией с использованием сети пеленгаторов.

В связи с тем, что очаги землетрясения обычно бывают размерами примерно 15x15 км., то дискрет сканирования по азимуту при удалении очага землетрясения от пеленгаторной позиции на 500 км. должен быть не более 1,5 градуса.

Достоинством такого пеленгатора является высокое быстродействие и высокая чувствительность, а недостатком – большие аппаратные затраты. При этом, необходимо учесть, что для предлагаемого пеленгатора быстродействие не является критичным.

Диаграмма направленности может быть сформирована с помощью корреляционной обработки.

3.4. Формирование диаграммы направленности с помощью корреляционной обработки

Координаты ионосферного предвестника землетрясения могут быть определены также с помощью корреляционной обработки.

На рисунке 3 приведена упрощенная структурная схема такого пеленгатора.

Назначение составных частей пеленгатора аналогичны составным частям квазидоплеровского автоматического радиопеленгатора.

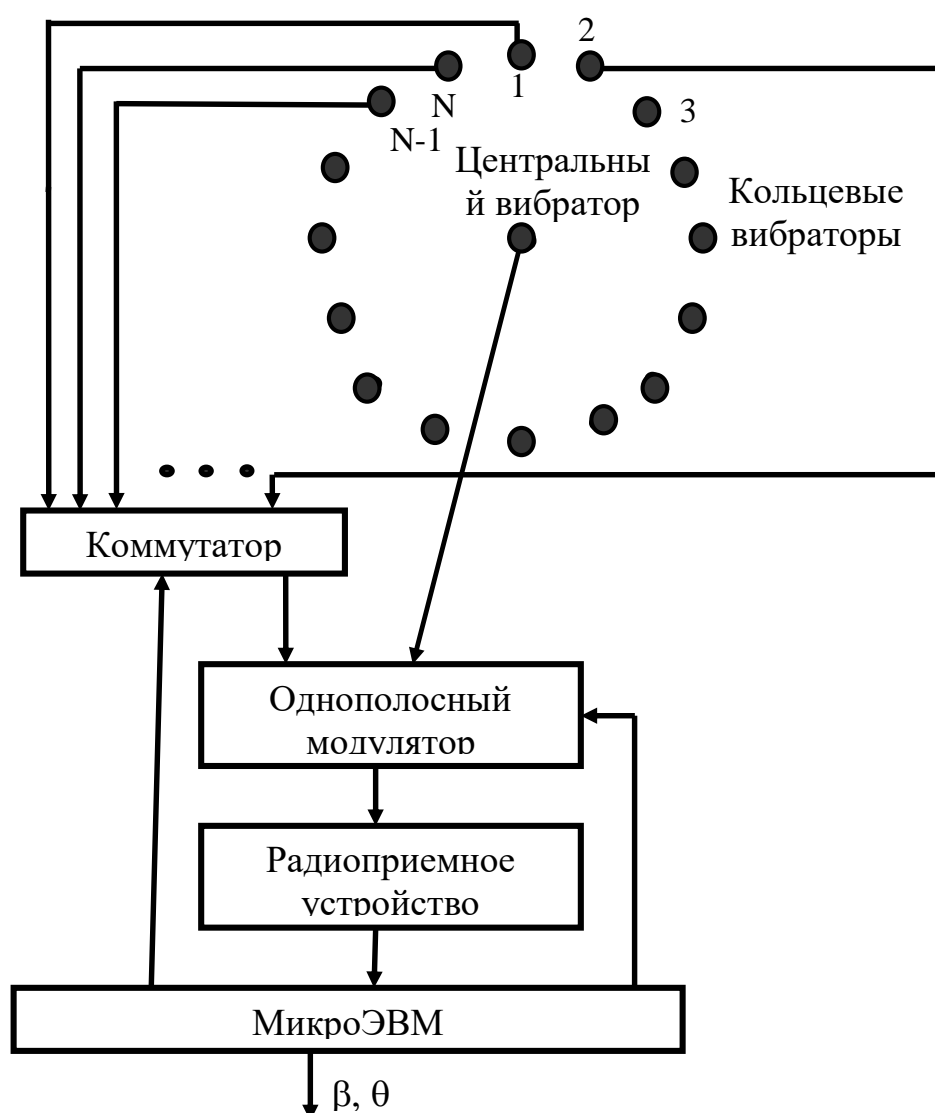


Рисунок 3. Упрощенная структура пеленгатора ионосферных предвестников землетрясений, с корреляционной обработкой.

Антенна система представляет собой кольцевую антенную решетку, состоящую из вертикальных симметричных вибраторов, расположенных по окружности.

Вибратор предназначен для приема электромагнитной энергии из окружающего пространства. Сигнал центрального вибратора используется в качестве опорного при измерении пеленга, т.к. его фаза не зависит от направления прихода волны.

Коммутатор предназначен для поочередного подключения кольцевых вибраторов антенны на вход однополосного модулятора и усиления принимаемых сигналов.

Однополосный модулятор включен в состав АС для выделения пеленгационной информации на выходе связного приемника на низкой стабильной частоте.

Радиоприемное устройство предназначено для выделения и переноса функции модуляции фазы с минимальными искажениями на стабильную измерительную частоту.

Сигнал на входе приемного устройства имеет вид, приведенный на рисунке 4, и описывается выражением:

$$e(t) = A \cos \left[\omega t + \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi}{N} (i-1) - \theta \right) \right] \quad (2)$$

где:

A – амплитуда пеленгуемого сигнала на выходах вибратора на частоте ω , на которую настроено приемное устройство.

Здесь, φ_2 и φ_3 , соответственно, разности фаз сигналов, наводимых на вибраторах 1 и 2, и 2 и 3 на частоте ω .

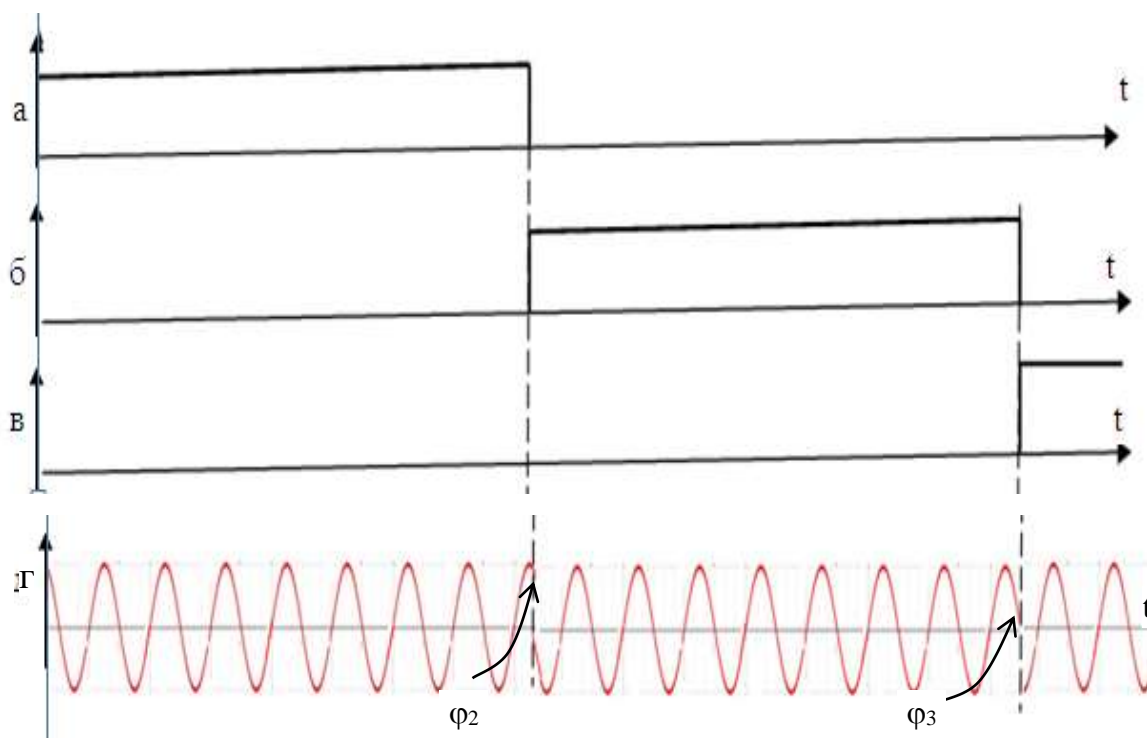


Рисунок 4. Вид сигнала на выходе антенной системы. а), б), в) соответственно импульсы коммутации первого, второго и третьего вибраторов, г) сигнал на выходе радиоприемника.

3.5. Разработка алгоритмов определения пеленга на ионосферный предвестник землетрясения

На рисунке 5 приведена укрупненная блок-схема алгоритма определения пеленга на ионосферный предвестник землетрясения

Суть корреляционной обработки заключается в том, что в микро ЭВМ производится определение разностей фаз сигналов $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ и формируется последовательность сигналов вида (2), приведенных на рисунке 4 г (блок 3).

Кроме того в ЭВМ для заданного азимута, угла места и частоты формирует синтезированный сигнал вида

$$e_c(t) = A \cos \left[\omega t + \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi(\kappa - 1)}{N} - nl \right) \right], \quad (4)$$

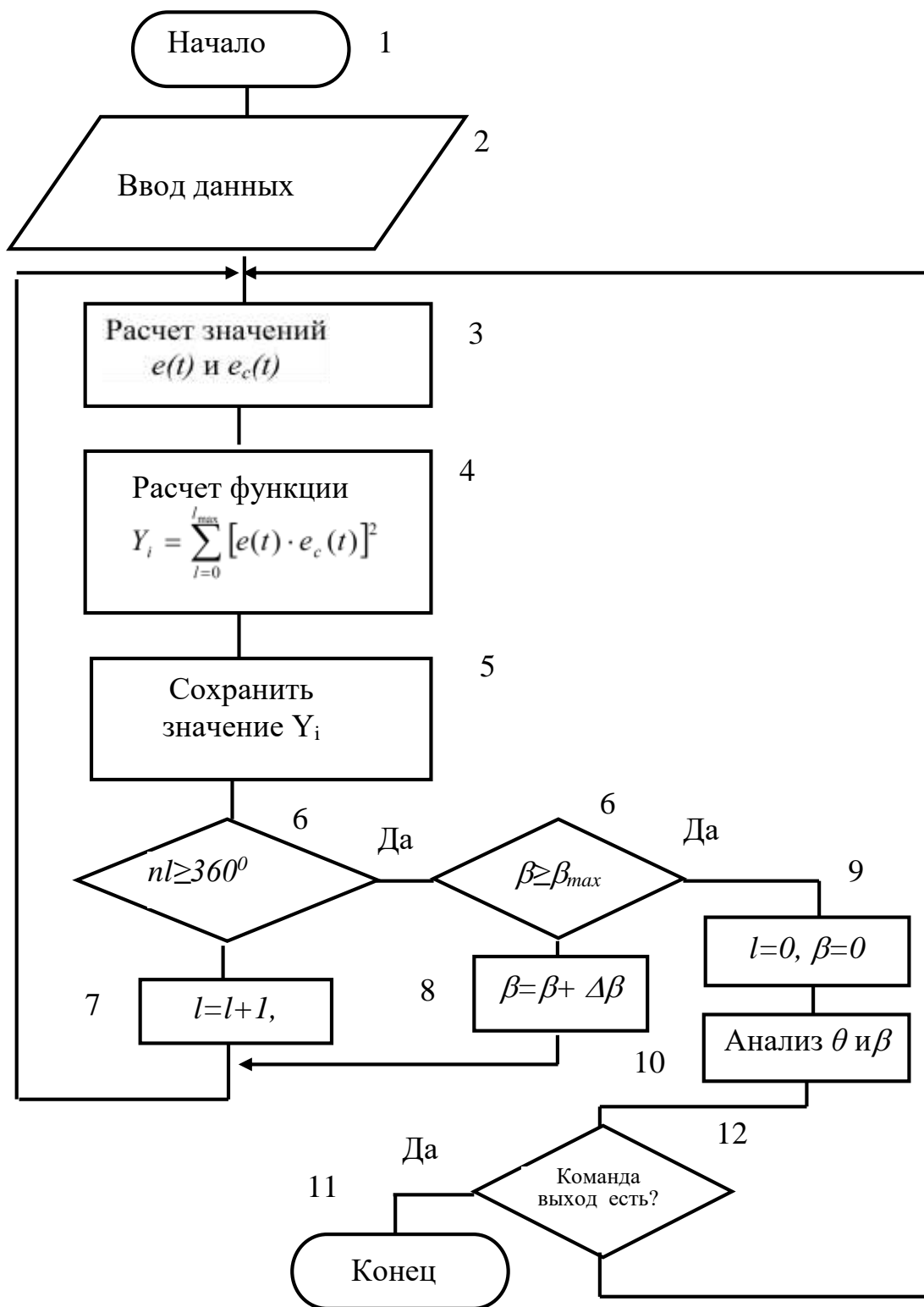


Рисунок 5. Укрупненная блок-схема алгоритма определения пеленга на ионосферный предвестник землетрясения.

где: l – номер шага сканирования антенной решеткой,

k - номер вибратора, для которого формируется синтезированный сигнал,
 n – шаг сканирования антенной решетки.

При этом производится сканирование одновременно, также по β .

В дальнейшем, производится корреляционная обработка входного сигнала: сигнал с каждого вибратора антенной системы перемножается на соответствующий этому вибратору синтезированный для заданного значения l (для заданного направления) сигнал и возводится в квадрат и суммируются (блок 4), т.е. находится выражение

$$Y_i = \left\{ A^2 \cos \left[\omega t + \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi}{N} (i-1) - \theta \right) \right] \times \right. \\ \left. \times \cos \left[\omega t + \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi(\kappa-1)}{N} - nl \right) \right] \right\}^2$$

Значение l увеличивается на единицу (блок 7).

Сканирование по l и по β производится до тех пор, пока произведение nl не станет больше или равно 360^0 (блоки 6, 7), а β не станет равным или больше β_{\max} (блоки 6, 8).

Блок 10 определяет, при каких значениях l и β функция Y_i достигает максимального значения, которые и будут определять искомые значения пеленга $\theta = ln$ и угла места β ионосферного предвестника землетрясения.

Текст и описание программы реализующей алгоритм определения пеленга на ионосферный предвестник землетрясений приведены в приложениях 1.

В связи с тем, что в эфире все время присутствуют шумы, то требуется дополнительная обработка и селекция сигналов ионосферных предвестников землетрясений от иных естественных и искусственных помех.

Если, в пеленгаторах, используемых в навигации, радиоразведке, радио контроле приходится извлекать полезный сигнал из смеси сигнал+помеха, то в пеленгаторе, пеленгующем ионосферный предвестник, необходимо извлекать из смеси помех только один из ее видов – ионосферный предвестник.

3.6. Разработка алгоритмов селекции ионосферных предвестников землетрясений

На рис. 6 приведена укрупненная блок-схема алгоритма вторичной обработки информации, с целью идентификации ионосферных предвестников землетрясений.

Блок 1 обеспечивает определение пеленгов на различных частотах, по алгоритму, приведенному на рис. 5.

Блоки 2, 3, 5, производят селекцию узкополосных сигналов.

Блоки 4, 7 выделяют кратковременные или широкополосные естественные и искусственные помехи от ионосферных предвестников землетрясений.

Ионосферные предвестники возникают на высотах, начиная от 60 километров, т.е. угол места β не может быть маленьким. Исходя из этого, блок 6 выделяет ионосферный предвестник от остальных сигналов.

Пеленг со всех азимутов будет наблюдаться при пеленговании помех, вызванных солнечными вспышками или, если пеленгатор расположен над эпицентром землетрясения. Для этого требуется дополнительная обработка информации (блок 8 на рисунке 6).

На рисунке 7 приведен алгоритм дополнительной обработки информации.

Здесь, блок 1 производит определение пеленгов аналогично блоку 1 на рисунке 6.

Селекцию помех, вызываемых солнечной вспышкой производят блоки 2, 3, 4, 5.

Если же пеленгатор на позиции 1 находится над эпицентром землетрясения, то на второй пеленгаторной позиции, разнесенной от первого на сотни километров в случае пеленгования помех, вызванных солнечной

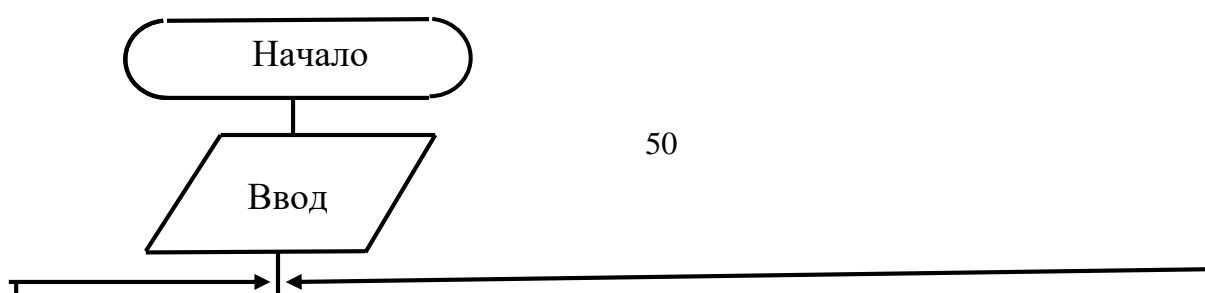


Рисунок 6. Вторичная обработка пеленгационной информации.

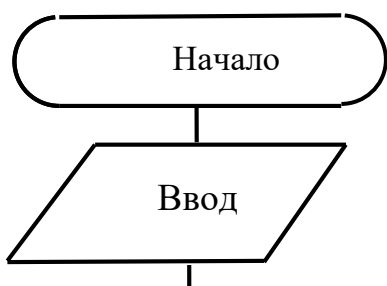


Рис. 7. Алгоритм селекции сигнала

вспышкой, пеленг будет наблюдаться со всех азимутов, если же это помеха ионосферный предвестник, то пеленгатор укажет направление на позицию первого пеленгатора. Если первая пеленгаторная позиция находится в районе эпицентра землетрясения, то на позиции 1 будет наблюдаться пеленг со всех азимутов, а остальные пеленгаторные позиции будут показывать пеленг в направлении позиции 1. Причем, при пеленговании ионосферного

3.7. Описание работы системы

Функциональная схема предполагаемой системы приведена на рис. 8.

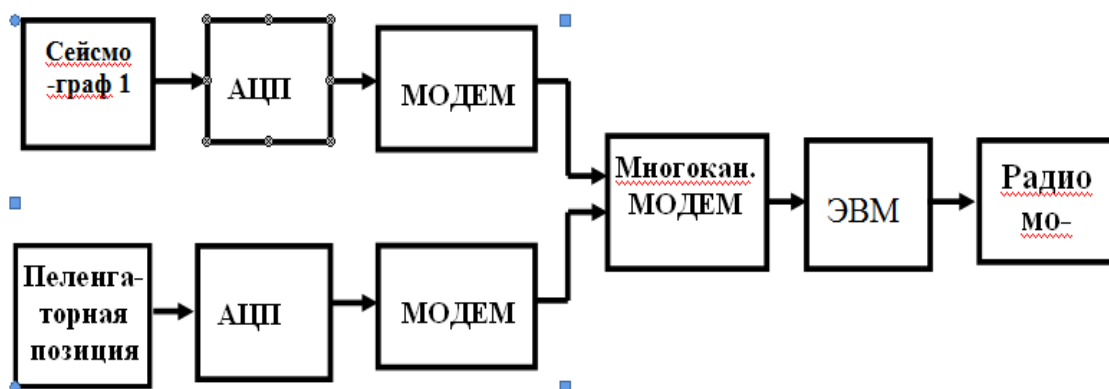


Рис. 8. Функциональная схема аппаратуры пеленгаторной позиции системы

Система работает следующим образом. Аналоговая информация с разнесенных на территории сейсмографов аналого-цифровыми преобразователями (АЦП) превращается в цифровой код и передается через МОДЕМЫ в ЭВМ, которая также передает информацию в центр управления. В центре управления определяет расстояние до очага землетрясения и его глубину. По поперечной волне по номограмме Раутиан, (см. рис. 9) определяется энергетический класс землетрясения K_p .

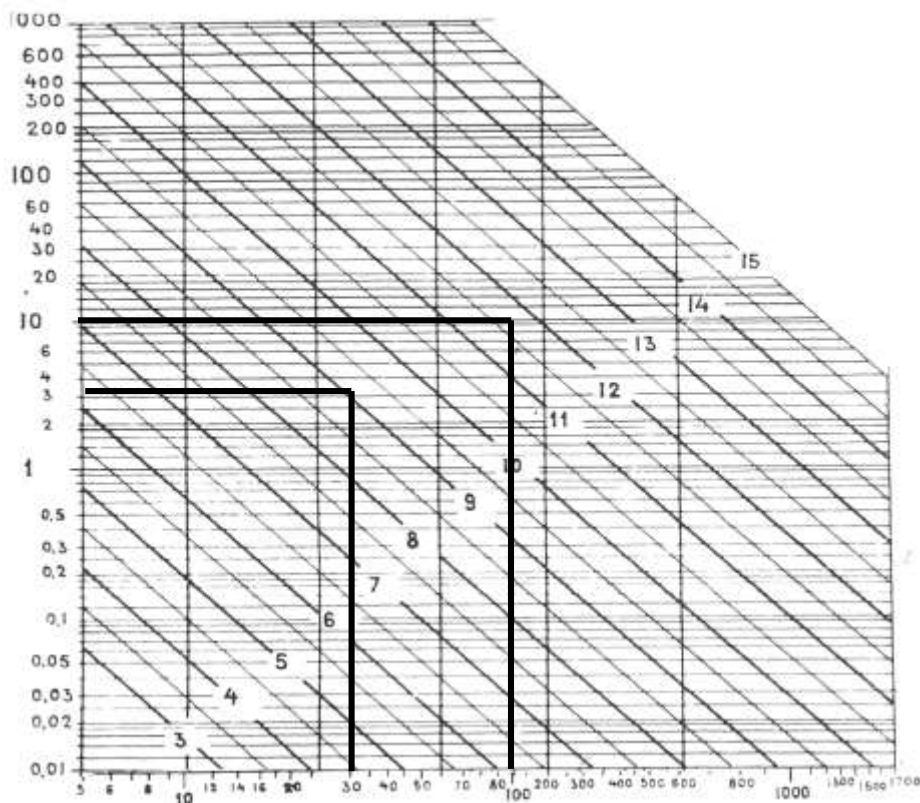


Рисунок 9. Номограмма Раутиан для определения энергетического класса землетрясения.

Для этого по оси абсцисс откладывается расстояние от сейсмодатчика до очага землетрясения в километрах, а по оси ординат величина a равная

$$a = (A_p + A_s) / V \quad (39)$$

где: A_p и A_s соответственно максимальные амплитудные значения продольной и поперечной сейсмических волн в микронах

V – коэффициент усиления (передачи) сейсмографа.

Например: при расстоянии от сейсмодатчика до очага землетрясения $l=30$ км, $a=3$ имеем энергетический класс K_p землетрясения равное 9.

По K_p определяется сейсмическая энергия землетрясения в джоулях по формуле:

$$E_c = 10^K$$

Для того чтобы, определить K_p на ЭВМ, необходимо или составить матрицу где входными величинами будут l и a , а выходной K_p или описать его математически. Опишем математически диаграмму Раутиан.

Из рисунка 9 видно, что, если l и a отложить по осям в логарифмическом масштабе, то между lgl и lga существует линейная зависимость. Обозначив $lgl=x$ и $lga=y$ можно записать

$$y = kx + v \quad (41)$$

На рисунке 10 приведена номограмма Раутиан в новой системе координат.

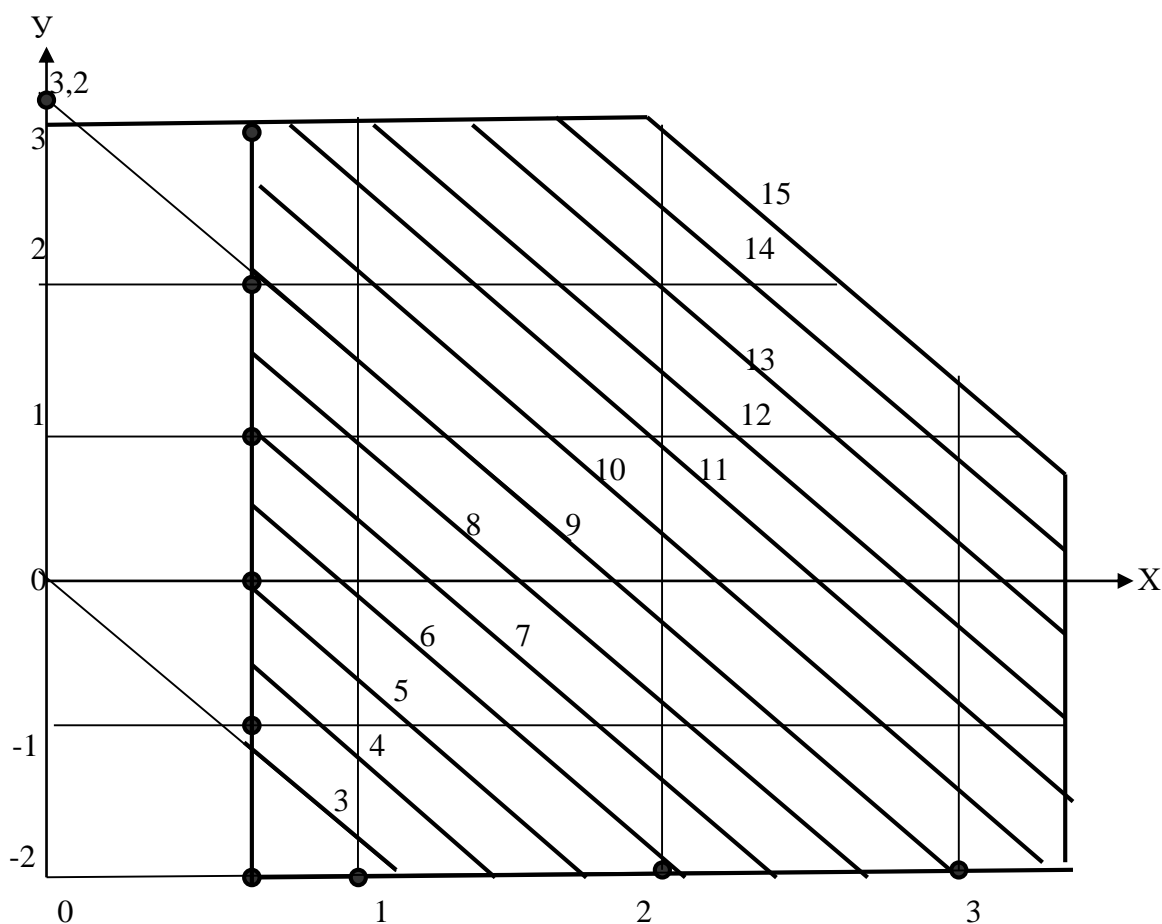


Рис. 10. Номограмма Раутиан в линейной системе координат

Так как все изолинии K_p параллельны то k для всех них является одинаковым. Для определения k воспользуемся изолинией $K_p = 9$ которая пересекает ось ординат в точке 3,2, а ось абсцисс, смещенную по оси ординат на -2 в точке 3.

$$\text{Тогда } \kappa = (-2 - 3,2) / 3 = -1,73$$

Так как между линиями энергетических классов и семейством уравнений (41) имеется взаимнооднозначное соответствие, то установим эту связь.

Из рисунка 7 видно, что энергетический класс может быть определен по формуле:

$$K_p = 3 + \lambda v \quad (42)$$

где: λ - коэффициент пропорциональности между K_p и v . Для этого снова воспользуемся линиями энергетических классов 3 и 9. Имеем:

$$\lambda = 6 / 3,2 = 1,9 \quad (43)$$

Таким образом уравнение (42) с учетом уравнения (41) и найденного значения κ может быть записано в виде:

$$K_p = 3 + 1,9(lga + 1,73lgl): \quad (44)$$

Для значений $a = 10$ и $l = 100$ имеем

$$K_p = 3 + \lambda v = 3 + 1,9(1 + 1,73 * 2) = 11,48$$

Точность результатов расчета подтверждается данными номограммы Раутиан.

В соответствии с [5] между энергетическим классом и магнитудой M землетрясения имеется зависимость

$$K_p = 1,8 M + 4 \quad (42)$$

Откуда имеем

$$M = (K_p - 4) / 1,8 \quad (43)$$

По известной магнитуде может быть определена интенсивность землетрясения в баллах по шкале МСК по формуле []

$$I_i = BM - \gamma \lg \sqrt{l^2 + h^2} + 3,1 \quad (44)$$

где: B и γ коэффициенты, для условий Дагестана соответственно равны 1,5 и 3,6

h - глубина залегания очага.

По известным координатам очага землетрясения и по координатам населенного пункта, в которую необходимо передать сигнал тревоги решением треугольников определяется l , а по ним по формуле (45) интенсивность в баллах по МСК.

Между моментом начала землетрясения, его идентификацией, принятием решения о выдаче сигнала тревоги (решение принимает ЭВМ) и передачей команды в ближайший населенный пункт, расположенный на расстоянии S от сейсмостанции требуется около 1,5 секунды. Тогда для отключения опасных производств и эвакуации населения из помещений остается время t равное

$$t = (S / V) - 1,5;$$

где V – скорость распространения поперечных (разрушительных) сейсмических волн, равный, в среднем, 2-3 км в секунду.

Глава 4. Советы жителям сейсмоактивных регионов

4.1. Общие советы

Каждый, кто живет, работает или путешествует в сейсмической области, должен иметь определенные знания о землетрясениях; эти знания можно получить из книг, по телевидению, из лекций с показом слайдов, а также из бесед с другими людьми.

Надо, чтобы студенты, учащиеся, служащие и другие группы населения регулярно прослушивали программы по сейсмической безопасности. Элементом сейсмической безопасности должны быть обучены руководители строительных организаций и лица, ответственные за технику безопасности в различных зданиях и помещениях. Школьникам следует преподавать основы знаний о происхождении землетрясений, их проявлениях и мерах подготовки к ним. Элементарные знания о землетрясениях могут в большой степени помочь детям преодолеть страх и спокойно перенести землетрясений. Их следует познакомить с основами тектоники плит, чтобы отвергнуть всякие нелепые домыслы.

В каждой школе должны проводиться учебные сейсмические тревоги, чтобы школьники научились, как им вести себя, если землетрясение произойдет во время уроков. Семьи школьников должны договориться, как и где встречаться после землетрясения; это поможет предотвратить "родительскую панику" и избежать шквала телефонных звонков, перегружающих телефонную сеть и мешающих важной работе.

Учебные сейсмические тревоги чрезвычайно полезны для проверки готовности и выявления недочетов.

Вся территория Кавказа характеризуется повышенной сейсмической активностью. Она относится к области, где наибольшая сила землетрясения достигает 8-9 баллов. Чем сильнее землетрясения, тем реже они происходят. Может

случиться, что целое поколение людей проживёт без сильного землетрясения. Но оно может произойти в любой момент и совершенно внезапно.

Жителям сейсмоактивных районов необходимо постепенно, без всяких волнений паники проникнуться идеей о том, что лучше, практичнее, дешевле и безопаснее заранее готовиться к возможному в будущем землетрясению.

Необходимо заранее продумать свой образ действий при землетрясении в различных условиях: дома, на работе, на улице и в других местах. При этом, необходимо учитывать степень сейсмостойкости здания, в котором человек живет или работает.

Некоторые здания проектируются гибкими и могут колебаться взад-вперед во время землетрясения - при этом конструктивная целостность здания не подвергается опасности. Но люди могут не знать об этом важном обстоятельстве и, испугавшись, пуститься в панике бежать. Разные предметы, осколки стекол и декоративные панели, которые падают главным образом на тротуары, часто ранят людей, выбегающих из домов. Поэтому гораздо лучше оставаться в здании, спасаясь от падающих предметов и опрокидывающейся мебели под ближайшим столом. Помните, что хорошо построенные здания при сильнейших землетрясениях могут раскачиваться долго, порой до минуты, так что настройте себя на спокойствие и помогите сделать то-же самое и другим. Паника - серьезная опасность во время любого бедствия, но часто несколько волевых людей могут погасить ее. К сожалению, далеко не все наши дома построены хорошо. В наших городах много старых зданий, которые не переживут ударов сильного землетрясения. Многие из них спроектированы и построены без учета требований сейсмостойкости.

Приняв во внимание прочность здания, место, где человек находится в пределах здания и другие факторы он может заранее выбрать разумный для себя способ поведения: либо попытаться быстро покинуть здание во время сильного землетрясения, либо занять относительно безопасное место внутри здания.

Продуманный заранее план поможет действовать более быстро и толково.

Ниже приводятся отдельные советы по поведению людей в период до, во время и после землетрясения, собранные из различных источников.

4.2. Как себя вести до землетрясения

На случай, если при сильном землетрясении вы примете решение покинуть здание, заранее наметьте путь движения с учетом малого запаса времени - около 10-15 секунд до наибольших колебаний и толчков. Имейте ввиду, что землетрясение может случиться ночью, что двери и проходы будут местами скопления людей, и это может помешать быстрому выходу из здания. Эвакуация может также идти через окна первого этажа.

Разные части производственных зданий могут иметь неодинаковую прочность, поэтому может быть полезно перебраться в более прочную часть здания.

2. Необходимо заранее определить наиболее безопасные места (в квартире, на работе, вблизи рабочего места), где можно переждать толчки. Это - проемы капитальных внутренних стен, углы, образованные внутренними капитальными стенами, места у внутренних капитальных стен, у колонн и под балками каркаса. Пусть члены вашей семьи запомнят такие места в квартире.

Необходимо учесть, что наиболее опасными местами в зданиях во время землетрясений являются большие застекленные проемы наружных и внутренних стен, угловые комнаты, особенно последних этажей, лифты.

3. Необходимо заранее узнать, как выключается газ, электричество, вода в вашем доме и хранить ключ подходящего размера от главного газового вентиля.

4. Следует прикрепить к стенам книжные шкафы и другую массивную мебель, которая может опрокинуться и причинить травмы. Убедитесь, что тяжелое оборудование прикреплено к полу.

5. Надо обтянуть подогреватель воды и другую громоздкую аппаратуру гибкой металлической лентой, надежно прикрепленной к стене, привернуть опоры к полу.

6. Важно хранить опасные материалы (легко воспламеняющиеся жидкости, ядовитые вещества) в безопасном месте, где они не смогут упасть, рассыпаться, разлиться. Уберите тяжелые предметы с верхних полок и держите их на нижних или на полу.

7. Не рекомендуется ставить кровать у окна с большим стеклом.

8. Нельзя загромождать вещами вход в квартиру, коридоры и на лестничные площадки.

9. Необходимо, чтобы все члены семьи, сослуживцы и другие знали, что надлежит делать во время землетрясения и после него.

10. Если у вас есть маленькие дети, нужно убедиться, что им известно, как вести себя в школе во время стихийного бедствия (быстро выбежать на улицу или спрятаться под партой лицом от окна, закрыв голову). Лучше всего если они останутся в школе после землетрясения, пока вы сможете прийти за ними.

11. Следует решить заранее с членами семьи, где вы встретитесь, если катастрофа встретит вас в разных местах.

12. Если официально объявлено о возможности землетрясения:

- необходимо быть готовым в любую минуту выключить электричество и газовую плиту, нужно держать наготове огнетушитель.

- нужно проверить, запасена ли у вас вода для питья и на случай пожара, собраны ли документы и ценности, приготовлены ли продукты, теплая одежда (зимой).

- не следует говорить без срочной необходимости по телефону во избежание "телефонной" паники, звонить на сейсмическую станцию, в это время там идет напряженная работа и сотни ваших звонков отвлекают сотрудников, мешают им держать связь с другими пунктами сейсмической сети.

- целесообразно отказаться от поездок на легковом автомобиле во избежание загромождения дорог. Это облегчит при необходимости работу спасательных отрядов и свободный проезд аварийным и специальным машинам.

- не желательно пользоваться лифтом. Он может стать причиной несчастного случая, если отключится энергоснабжение.

- если вам надо отлучиться, скажите близким куда вы идете и когда вернетесь.

4.3. Как себя вести во время землетрясения

Сильное землетрясение происходит в течение короткого промежутка времени - от 10-15 секунд до минуты, в то время как напуганным людям может показаться, что оно продолжалось гораздо дольше.

При каждом землетрясении ощущаются два толчка. Сначала приходит продольная волна, а затем через (10-15 секунд) некоторое время поперечная, наиболее разрушительная.

При колебании почвы и или здания, необходимо действовать немедленно.

1. Нужно заставить себя хранить спокойствие и не делать ничего, что может дезорганизовать окружающих (не кричать и не метаться) именно тот больше страдает от падающих обломков или предметов, кто паникует либо долго размышляет, что ему предпринимать.

2. Если вы можете успеть быстро покинуть здание, лучше в течение первых 10-15 секунд, то сделайте это. Выбежав из здания, сразу отойдите от него подальше на открытое место.

3. Не пользуйтесь лифтом.

4. Если вы остались в здании, то укройтесь в заранее выбранном, относительно безопасном месте. В многоэтажном доме можно распахнуть дверь на лестнице и встать в проем, угол комнаты или под балкой железобетонного

антисейсмического каркаса. Не пугайтесь, если дверь заклинит - это бывает из-за перекоса здания.

5. Не нужно пугаться отключения электричества, звона бьющейся посуды, треска стен, грохота падающих предметов.

6. Если вы находитесь в малоэтажном несейсмическом доме, то лучше покинуть его. Выбегать нужно быстро но осторожно, оберегаясь от падающих кирпичей, оборвавшихся проводов и других источников опасности.

7. В любом здании необходимо держаться дальше от окон, ближе к внутренним капитальным стенам здания. Бойтесь стеклянных перегородок!

8. Если землетрясение вас застало на улице, целесообразно выбежать на открытое пространство подальше от зданий и линий электропередач.

9. Если вы едете в автомобиле, то во время землетрясения вам покажется, что спустились шины на всех колесах. Нужно спокойно остановиться на удалении от высоких домов, путепроводов, мостов и оставаться в машине до прекращения колебаний.

4.4. Как себя вести после землетрясения

1. После прекращения колебаний необходимо спокойно оценить ситуацию. Ваша первая задача - помочь пострадавшим, вторая - предупредить возникновение пожаров.

2. Важно унести пострадавших в безопасное место и тепло укрыть, если это требуется по условиям погоды, организовать первую помощь.

3. Освободите попавших в легкоустраиваемые завалы. Будьте осторожны! Если требуется дополнительная медицинская или другая специальная помощь, дождитесь ее.

4. Обеспечьте безопасность детей, больных, стариков. Успокойте их.

5. Если появилась угроза пожара, следует гасить пламя немедленно.

6. Надо перекрыть газовые краны, отключить электричество и водопровод.

7. Нельзя зажигать спички, использовать открытый огонь в помещениях во избежание взрыва от утечки газа.

8. При выходе из аварийного здания рекомендуется быть предельно осторожным. Обрушение может произойти внезапно. Не касаться электропроводов и соприкасающихся с ними предметов, остерегаться битого стекла и острых обломков.

9. Не занимайте телефон без крайней нужды.

10. Включите громкую трансляцию. Подчинитесь указаниям местных властей, штаба по ликвидации последствий стихийного бедствия. Не выдумывайте и не передавайте никаких догадок и слухов о возможных следующих толчках. Пользуйтесь официальными сведениями.

11. Возвращаться в дом после разрушительного землетрясения можно только после того, как его осмотрят специалисты и сделают соответствующее заключение.

12. Важно оказать помощь подразделениям МЧС, пожарным, врачам и другим работникам, занятым спасательными и восстановительными работами.

4.5. Психологические аспекты землетрясений

К несчастью, люди плохо понимают вероятностную природу прогноза землетрясений; от науки ждут ответов четких и ясных, а не полных неопределенности. В этих условиях большинство ученых полагают, что наилучший подход - публикация всей информации, которой они располагают. Даже если они попытаются скрыть часть фактов, которая, по их мнению, может быть неверно истолкована общественностью, они не в состоянии предотвратить утечку информации. Более того, утаивание информации о надвигающемся землетрясении, даже если прогноз в высшей степени ненадежен, может дать посвященным какие-то незаслуженные преимущества. Они могут, например,

использовать случай для покупки или продажи дома либо для передислокации деловой активности.

Предположим мы научились прогнозировать землетрясения. Даже при этом появляются новые проблемы, далеко не научные. Даже то, как, в какой форме довести прогноз до населения будет серьезной проблемой.

Исследования показали, что на предупреждения реагируют лишь немногие, при этом активность многих ограничивается молитвами. В Японии, например, проводятся "натурные" опыты по оповещению о предстоящих сейсмических событиях. Во время серии землетрясений умеренной силы в одном из районов Японии в 60-х годах выпускали предупреждения об ожидавшихся толчках. При этом население ни разу не впало в панику.

Но есть немало ученых, которые считают, что пока прогноз носит вероятностный характер не стоит делать официальных предупреждений о предстоящих землетрясениях, так как оно может вызвать расстройство социальной и экономической жизни.

Первое, что, нужно сделать, - объяснить населению, что такое землетрясение, его природу и характерные особенности разрушений при землетрясениях. Второе - обучить население приемам поведения в случае сильного землетрясения.

После сильного землетрясения обычно циркулируют многочисленные беспочвенные слухи, парализующие общественное сознание. Наиболее типичное измышление - о новом, еще более сильном землетрясении. Все это может осложнить социальную обстановку до неконтролируемых последствий. Единственный способ избежать общественных беспорядков, сделать более эффективными спасательные и восстановительные работы - это оперативно распространять объективную информацию об афтершоковом процессе, осуществлять тесное сотрудничество между сейсмологами, представителями власти и прессой. Пресса же должна сообщать не только трагические, но и хорошие вести.

Это сотрудничество должно постоянно поддерживать в высокой степени готовность в любом регионе, где возможны сильные землетрясения.

Во время землетрясений население зоны бедствия сталкивается с большинством из известных стрессогенных факторов. Если на начальной стадии главным стрессогенным фактором является отсутствие контроля над событиями, столь характерное для природных катастроф, то затем к нему прибавляется осознание угрозы, необходимость быстро перерабатывать информацию, принимать решение и т.д. Реакция большинства людей, находящихся в зоне землетрясения, характеризуется крайними выражениями - от активных действий, хаотического возбуждения до ступора - полной неподвижности и молчаливости. Обычно местные органы власти и система гражданской обороны в первые часы после землетрясения бездействуют. Так первую помощь жителям Ленинскана, Спитакана и других населенных пунктов зоны Спитакского землетрясения стали тут же оказывать сами пострадавшие, большое число добровольцев из незатронутых катастрофой районов республики, знавших лишь о случившихся трагических событиях. Только через два-три дня спонтанные, хаотические действия стали постепенно приобретать черты организованности.

Из-за того что в большинстве своем люди никогда не переживали крупные катастрофы и не проходили подготовки к ней, они могут испытать сильный эмоциональный стресс и совершить бессмысленные поступки. Соответствующее обучение и тренировки могут предотвратить или по крайней мере смягчить такое поведение. Дисциплинированность в поведении милиции, пожарных, военных и персонала "скорой помощи" говорит об эффективности подобных тренировок.

В момент разрушительного землетрясения даже подготовленные люди могут на какое-то время испытать замешательство. Требуется некоторое время, чтобы понять, что произошло, оценить ситуацию и решить, что нужно сделать в первую очередь. Одни люди, прежде всего, кидаются на помощь, тогда как другие довольно долго остаются как бы оглушенными. Одна из возможных болезненных реакций - состояние полного безволия; люди в этом состоянии оцепенело смотрят

на окружающие их развалины и ведут себя так, будто они одни во всей Вселенной. Они не реагируют на окружающее и не в состоянии помочь самим себе.

Противоположная реакция состоит в чрезмерной активности, когда взбудораженный человек без толку суетится, порой, попросту мешая необходимым спасательным работам. У многих предельно сильный стресс вызывает потливость, одышку, тошноту и мышечную слабость; однако в большинстве своем нормальные люди, если они не были ранены, в короткое время восстанавливают самообладание.

В перенаселенных местах особенно опасно, когда кто-то впадает в панику и ведет себя, как ненормальный. Человек в паническом состоянии теряет всякую способность рассуждать, и его бессмысленные действия иногда наводят ужас на окружающих. Опасность, конечно, состоит в том, что вся толпа целиком может быть охвачена паникой.

Душевная подавленность - еще один вид реакции на землетрясение, возникающий от того, что страшное событие вызвало в памяти прежние беды и неприятные переживания.

Даже минимальные сведения о землетрясениях могут помочь людям сохранить спокойствие и избежать психических травм.

Заключение

В результате выполненной работы поставлены и решены следующие задачи:

Проведен анализ причин, вызывающие землетрясения.

Проведен анализ известных предвестников землетрясений.

Проведен анализ существующих дистанционных методов оценки сейсмоопасности.

Предложено для оценки сейсмоопасности использовать радиопеленгаторы и радиопеленгационные системы

Приведено описание пеленгатора ионосферных помех на основе фазовращателей, а также с формированием диаграммы направленности с помощью корреляционной обработки.

Приведено описание работы системы.

Разработана программа формирования диаграммы направленности антенной системы с помощью корреляционной обработки.

Разработаны советы жителям сейсмоактивных регионов

Литература

1. Асланов Г.К., Саидов А.С., Гуфельд И.Л., Соломенцев В.В. Использование навигационных систем для оценки сейсмоопасности. Сборник научных трудов МГТУ ГА. «Методы и средства дистанционного радиозондирования», Москва, 1995г.
2. Асланов Г.К., Абдуллаев Р.А., Гуфельд И.Л. Применение АРП и АРПС для оценки сейсмоопасности. Тезисы докладов второго международного симпозиума по проблемам рационального природопользования и обеспечения безопасности жизнедеятельности «Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций», ДГТУ, г. Махачкала, 1997г.
3. Асланов Г.К., Гаджиев М.М, Исмаилов Т.А., Магомедов Х.Д. О землетрясениях. Прошлое и современность. Издательско-полиграфический центр ДГТУ, г. Махачкала, 2001г.
4. Асланов Г.К., Магомедов К.Г., Дзюба А.П. Формирование диаграммы направленности АРП с помощью корреляционной обработки. Вестник Дагестанского технического университета. Выпуск N 1, (Технические науки). г.Махачкала. 1997.
5. Д.Ахмедов, М.Вагабов, М.Магомедов. Дагестан, 14 мая 1970 года. Махачкала, 1971.
6. Вартанесян В.А., Гойхман Э.Ш., Рогаткин М.И. Радиопеленгация. М.: Воениздат, 1968.
7. Вартанесян В.А. Радиоэлектронная разведка. – М.: Воениздат, 1975. – 255 с.
8. Верник Д.М., Грибков Н.И., Седых Б.С. Оценка помехоустойчивости корреляционного фазового радиопеленгатора. В журн. Вопросы повышения эффективности функционирования авиационного и радиоэлектронного оборудования ГА. Рига, 1985г.
9. Под редакцией Гохберга М.Б. Поиск электромагнитных предвестников землетрясений. Москва, 1988, Препринт ИФЗ АН СССР.

10. Дж. Гир, Х.Шах. Зыбкая твердь. Что такое землетрясение и как к нему готовится. М., "Мир", 1988
11. Динамика недр и колебания уровня Каспийского моря: Препринт, Дагестанский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Махачкала 1999.
12. Ю.М.Иголкин, Е.М.Петров. Автоматический радиопеленгатор АРП-75". Учебное пособие для вузов гражданской авиации. РИО РКИНГА, Рига 1985 г.
13. Кукес И.С., Старик М.Е. Основы радиопеленгации. М., "Сов. радио", 1964г.
14. П.В. Мартынов, М.С. Светлов Повышение помехоустойчивости в цифровых системах передачи информации с радиоканалами
15. 10. Мирошников Л.Д. Человек в мире геологических стихий. "Недра", Л, 1989
16. Никонов А.А. Землетрясения. М., "Знание", 1984
17. Под редакцией Попова В.В. Сейсмическое микрорайонирование г. Махачкалы. Сборник статей. Дагестанское книжное издательство. Махачкала 1970
18. Р.Г. Ракипов., А.С. Саидов. Спектральный метод обработки сигнала в квазидоплеровском АРП. Тезисы докладов республиканской научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и ЭВМ»., Махачкала., 1987
19. Саидов А.С., Тагилаев А.Р., Алиев Н.М., Асланов Г.К. Проектирование фазовых автоматических радиопеленгаторов. Москва, Радио и связь, 1997 г.
20. Шолло В.Н. Земля раскрывает свои тайны. М., "Недра", 1988
21. Дж. Гир, Х.Шах. Зыбкая твердь. Что такое землетрясение и как к нему готовится. М., "Мир", 1988

22. <https://intellect.ml/4-4-pomekhi-radiosvyazi-zashhita-ot-pomekh-218-1/28>

18.03.2018 4.4 Помехи радиосвязи. Защита от помех - Передача, прием и обработка сигналов- Портал искусственного интеллекта

Приложение А

Программа формирования диаграммы направленности

```
//-----  
#include <vcl.h>  
#pragma hdrstop  
#include "Unit1.h"  
#include "math.h"  
//-----  
#pragma package(smart_init)  
#pragma resource "*.dfm"  
TForm1 *Form1;  
//-----  
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner) : TForm(Owner)  
{  
}  
//-----  
float B, A, A1, koef, L, betta, R, faz, faza_1, faza_2, porog;  
long double res[256], fms_1[512], fms_2[512], fms_3[512], mas[72];  
long double e_op[17][512];  
//-----  
void vvod(long double fms_1[], float Amp, float Q)  
{  
for (int l=0; l<=31; l++){  
for (int l1=0; l1<=15; l1++) {  
fms_1[l*16+l1]=Amp*cos(2*M_PI*l1/16+2*M_PI*R/L*cos(betta*M_PI/180  
)*  
*sin(2*M_PI*l/16-Q*M_PI/180));  
};  
};
```



```

    return;
};
//-----
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    Series1->Clear();
    Series2->Clear();
    Series3->Clear();
    // нахождение ФМС полезного сигнала
    vvod( fms_1, A1, faza_1);
    B=2*M_PI*R/L*cos(betta*M_PI/180);
    Label13->Caption=B;
    //нахождение ФМС отраженного сигнала
    vvod(fms_2, koef*A1, faza_2);
    //суммирование полезного и отраженного сигналов на входе фильтра от
источника
    for (int i=0; i<=511; i++){
        fms_3[i]=fms_1[i]+fms_2[i];
    };
    //формирование массива опорного сигнала 16 строк на 512 столбцов
    for (int l3=1; l3<=16; l3++) {
        faz=2*M_PI*(l3-1)/256;
        for (int l=0; l<=31; l++) {
            for (int l1=0; l1<=16; l1++){
                int v=l*16+l1;//от 0 до 511
                e_op[l3][v]=A*cos(2*M_PI*l1/16+B*sin(2*M_PI*l/16-faz));
            };
        };
    };
};

```

```

//сканирование антенной решетки
for (int l2=0; l2<16; l2++) {
    for (int l=1; l<=16; l++) {
        float sum=0;
        for (int l1=0; l1<256; l1++) {
            sum=sum+e_op[l][l1]*fms_3[l1+l2*16];
        };
        res[l2*16+l]=(sum*sum);
    };
};

for (int i=1; i<256; i++){
    Series2->AddY(res[i], "", clBlack);
};

for (int i=1; i<360; i++){
    Series1->AddX(int(360/1.40625),360,clBlack);
    Series1->AddX(int(faza_1/1.40625),faza_1,clBlack);
    Series1->AddX(int(faza_2/1.40625),faza_2,clBlack);
};

//отображение порогового значения
for (int i=1; i<256; i++){
    Series3->AddY(porog, "", clRed);
};

}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit1Change(TObject *Sender)
{
if (Edit1->Text.Length()==0) goto m1;
for(int i=1;i<=Edit1->Text.Length();i++) {
    if (i>3) Edit1->Text=Edit1->Text.Delete(i,1);
}
}

```

```

if(IsDelimiter("1234567890,",Edit1->Text,i)==0)
    {
        Edit1->Text=Edit1->Text.Delete(i,1);
    }
}

if (Edit1->Text.Length()==0) goto m2;
R=Edit1->Text.ToDouble();
for(int i=1;i<=Edit1->Text.Length();i++) {
    if ((R<0) || (R>2)) {
        Application->MessageBox("Радиус АС АРП должен выбираться 0,8 или 1,6
метров",NULL,MB_OKCANCEL);
        Edit1->Text=Edit1->Text.Delete(i,1);
    }
}

m1: Sleep(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit2Change(TObject *Sender)
{
    if (Edit2->Text.Length()==0) goto m2;
    for(int i=1;i<=Edit2->Text.Length();i++) {
        if (i>4) Edit2->Text=Edit2->Text.Delete(i,1);
        if(IsDelimiter("1234567890,",Edit2->Text,i)==0)
            {
                Edit2->Text=Edit2->Text.Delete(i,1);
            }
    }
}

if (Edit2->Text.Length()==0) goto m3;
L=Edit2->Text.ToDouble();

```

```

for(int i=1;i<=Edit2->Text.Length();i++) {
if ((L<0) || (L>3)) {
Application->MessageBox("Длина волны должна лежать в диапазоне от 0,75
до 3,0 метров",NULL,MB_OKCANCEL);
Edit2->Text=Edit2->Text.Delete(i,1);
}
}

m2: Sleep(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit3Change(TObject *Sender)
{
if (Edit3->Text.Length()==0) goto m3;
for(int i=1;i<=Edit3->Text.Length();i++) {
if (i>4) Edit3->Text=Edit3->Text.Delete(i,1);
if(IsDelimiter("1234567890",Edit3->Text,i)==0)
{
Edit3->Text=Edit3->Text.Delete(i,1);
}
}

if (Edit3->Text.Length()==0) goto m4;
betta=Edit3->Text.ToDouble();
for(int i=1;i<=Edit3->Text.Length();i++) {
if ((betta<0)||(betta >60)) {
Application->MessageBox("Угол места должен находиться в пределах от 0 до
60 градусов",NULL,MB_OKCANCEL);
Edit3->Text=Edit3->Text.Delete(i,1);
}
}
}

```

```

m3: Sleep(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit4Change(TObject *Sender)
{
if (Edit4->Text.Length()==0) goto m4;
for(int i=1;i<=Edit4->Text.Length();i++) {
    if (i>6) Edit4->Text=Edit4->Text.Delete(i,1);
    if(IsDelimiter("1234567890,",Edit4->Text,i)==0)
        {
            Edit4->Text=Edit4->Text.Delete(i,1);
        }
}

if (Edit4->Text.Length()==0) goto m4;
faza_1=Edit4->Text.ToDouble();
for(int i=1;i<=Edit4->Text.Length();i++) {
    if ((faza_1<0)||(faza_1>360)) {
        Application->MessageBox("Фаза ограничена значениями от 0 до 359,9
градусов ",NULL,MB_OKCANCEL);
        Edit4->Text=Edit5->Text.Delete(i,1);
    }
}

m4: Sleep(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit5Change(TObject *Sender)
{
if (Edit5->Text.Length()==0) goto m5;
for(int i=1;i<=Edit5->Text.Length();i++) {

```

```

        if (i>4) Edit5->Text=Edit5->Text.Delete(i,1);
        if(IsDelimiter("1234567890,",Edit5->Text,i)==0)
        {
            Edit5->Text=Edit5->Text.Delete(i,1);
        }
    }

    if (Edit5->Text.Length()==0) goto m5;
    A1=Edit5->Text.ToDouble();
    for(int i=1;i<=Edit5->Text.Length();i++) {
        if ((A1<0)||(A1>5)) {
            Application->MessageBox("Амплитуда полезного сигнала ограничена в
пределах от 0 до 10 вольт",NULL,MB_OKCANCEL);
            Edit5->Text=Edit5->Text.Delete(i,1);
        }
    }

m5: Sleep(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit6Change(TObject *Sender)
{
    if (Edit6->Text.Length()==0) goto m6;
    for(int i=1;i<=Edit6->Text.Length();i++) {
        if (i>6) Edit6->Text=Edit6->Text.Delete(i,1);
        if(IsDelimiter("1234567890,",Edit6->Text,i)==0)
        {
            Edit6->Text=Edit6->Text.Delete(i,1);
        }
    }

    if (Edit6->Text.Length()==0) goto m6;

```

```

faza_2=Edit6->Text.ToDouble();
for(int i=1;i<=Edit6->Text.Length();i++) {
if ((faza_2<0)||(faza_2>359.9)) {
Application->MessageBox("Фаза ограничена значениями от 0 до 359,9
градусов ",NULL,MB_OKCANCEL);
Edit6->Text=Edit5->Text.Delete(i,1);
}
}

m6: Sleep(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit7Change(TObject *Sender)
{
if (Edit7->Text.Length()==0) goto m7;
for(int i=1;i<=Edit7->Text.Length();i++) {
if (i>3) Edit7->Text=Edit7->Text.Delete(i,1);
if(IsDelimiter("1234567890",Edit7->Text,i)==0)
{
Edit7->Text=Edit7->Text.Delete(i,1);
}
}

if (Edit7->Text.Length()==0) goto m7;
koef=Edit7->Text.ToDouble();
for(int i=1;i<=Edit7->Text.Length();i++) {
if ((koef<0)||(koef>1)) {
Application->MessageBox("Коэффициент должен выбираться из диапазона
от 0 до 1",NULL,MB_OKCANCEL);
Edit7->Text=Edit7->Text.Delete(i,1);
}
}

```

```

    }

m7: Sleep(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit8Change(TObject *Sender)
{
if (Edit8->Text.Length()==0) goto m8;
for(int i=1;i<=Edit8->Text.Length();i++) {
    if (i>3) Edit8->Text=Edit8->Text.Delete(i,1);
    if(IsDelimiter("1234567890,",Edit8->Text,i)==0)
        {
            Edit8->Text=Edit8->Text.Delete(i,1);
        }
}

if (Edit8->Text.Length()==0) goto m8;
A=Edit8->Text.ToDouble();
for(int i=1;i<=Edit8->Text.Length();i++) {
    if ((A<0)||((A>10))) {
        Application->MessageBox("Амплитуда сигнала ограничена в пределах от 0
до 10 вольт ",NULL,MB_OKCANCEL);
        Edit8->Text=Edit8->Text.Delete(i,1);
    }
}

m8: Sleep(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::FormShow(TObject *Sender)
{
Series1->Clear();

```



```

Button1->SetFocus();
Edit1->Text=1.6;// radius antennoi reshetki
Edit2->Text=2.54;// dlina volni
Edit3->Text=40;// ugol mesta
Edit4->Text=60;// faza osnovnogo signala
Edit5->Text=0.4;// amplituda osnovnogo signala
Edit6->Text=120.0;// faza signala pomexi
Edit7->Text=0.3;// koefficient otrazeniya poleznogo signala
Edit8->Text=10;// amplituda opornogo signala
Edit9->Text=220000;// amplituda poroga
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button2Click(TObject *Sender)
{
exit(0);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Edit9Change(TObject *Sender)
{
if (Edit9->Text.Length()==0) goto m9;
for(int i=1;i<=Edit9->Text.Length();i++) {
    if (i>9) Edit9->Text=Edit9->Text.Delete(i,1);
    if(IsDelimiter("1234567890",Edit9->Text,i)==0)
    {
        Edit9->Text=Edit9->Text.Delete(i,1);
    }
}

if (Edit9->Text.Length()==0) goto m9;
porog=Edit9->Text.ToDouble();
m9: Sleep(0);
}
//-----

```

Запуск программы осуществляется запуском файла `obn_s_otr_sign.exe`, расположенный в каталоге с программой. В результате запуска появится экранная форма, представленная на рисунке 11.

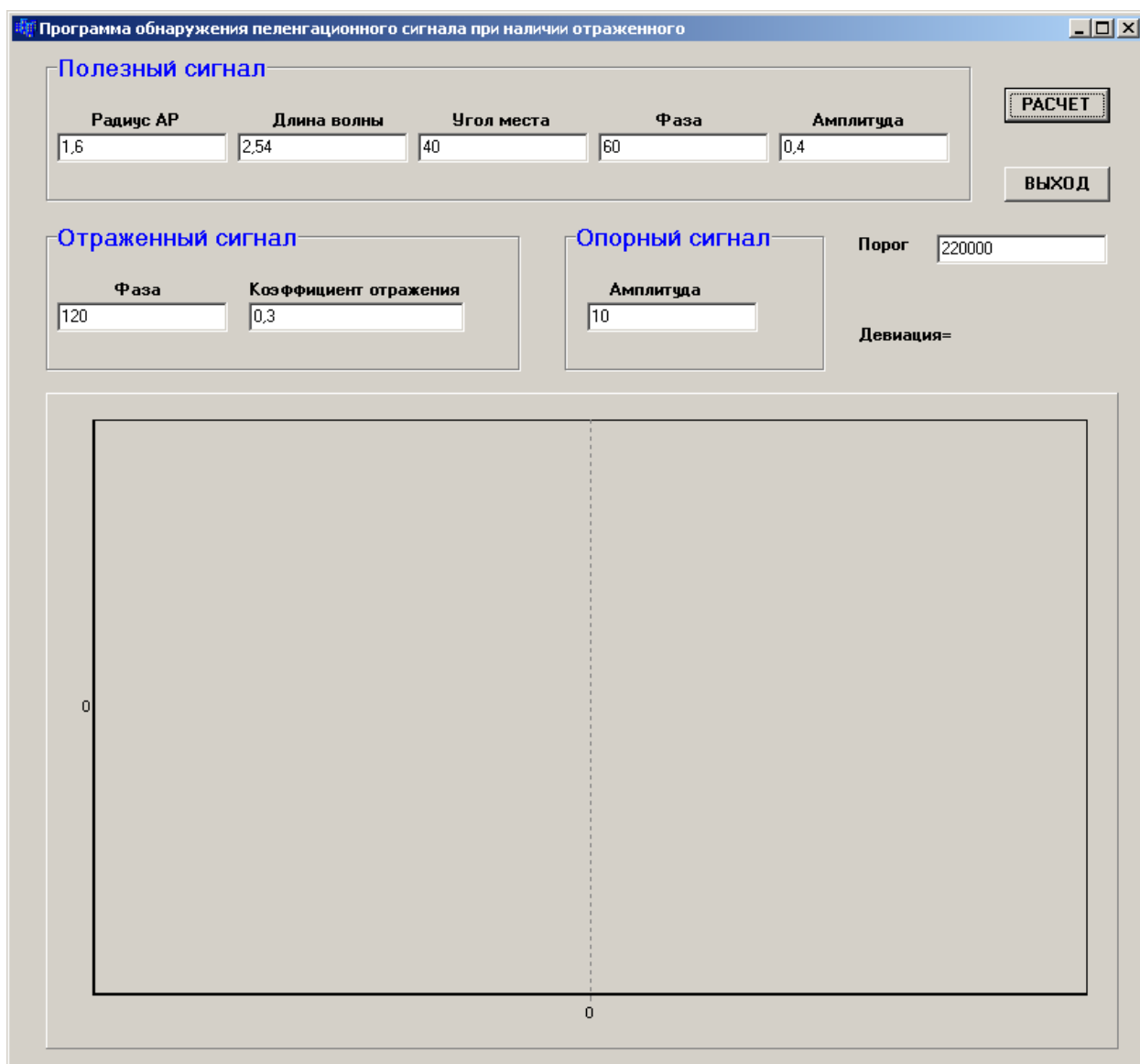


Рисунок 11.. Главное окно программы пеленга на ионосферный предвестние землерясений.

Окно программы содержит несколько полей:

1. Поле для Полезного сигнала содержит следующие элементы управления:

- поле *Радиус AP*;
- поле *Длина волны*;
- поле *Угол места*;

- поле *Фаза*;
- поле *Амплитуда*.

В полях Радиус АР, Длина волны, Угол места, Фаза и Амплитуда по умолчанию введены соответствующие значения радиуса АР (в метрах), длины волны (в метрах), угла места (в градусах), фаза (в градусах) и амплитуда полезного сигнала (в вольтах), т.к. в наиболее распространенных квазидоплеровских АРП используются значения такой конфигурации. При необходимости они могут быть изменены и будет произведен расчет для заданной конфигурации.

3. Поле для Опорного сигнала содержит следующие элементы управления:

- поле *Амплитуда*.

В поле Амплитуда по умолчанию введено значение амплитуды опорного сигнала (в вольтах). При необходимости это значение может быть изменено и будет произведен расчет для заданной конфигурации.

4. Основное поле окна программы содержит следующие элементы управления:

- поле *Порог*;
- кнопка "РАСЧЕТ";
- кнопка "ВЫХОД";
- область *Результат*.

В поле Порог по умолчанию введено значение порогового значения. При необходимости это значение может быть изменено и будет произведен расчет для заданной конфигурации.

Кнопка "Выход" предназначена для завершения работы в программе.

После задания всех необходимых значений для расчета значения обнаруженного пеленгационного сигнала, следует нажать кнопку "Расчет". Количество вибраторов в изделии АРП принято равным 16, угол места (от 0 до 60 градусов), радиус АР (0,8 либо 1,6 метров), длина волны (от 0,75 до 3 метров),

фаза (от 0 до 359 градусов), амплитуда (от 0 до 5 Вольт), коэффициент отражения (от 0 до 1, где 1 – соответствует сигналу равному основному).

Для отображения результата при отсутствии отраженного сигнала в поле *Коэффициент отражения* необходимо задать равным 0.

По результатам произведенного расчета в рабочей области окна "Программа определение пеленга" (рисунок 12) отобразится диаграмма направленности сигнала.

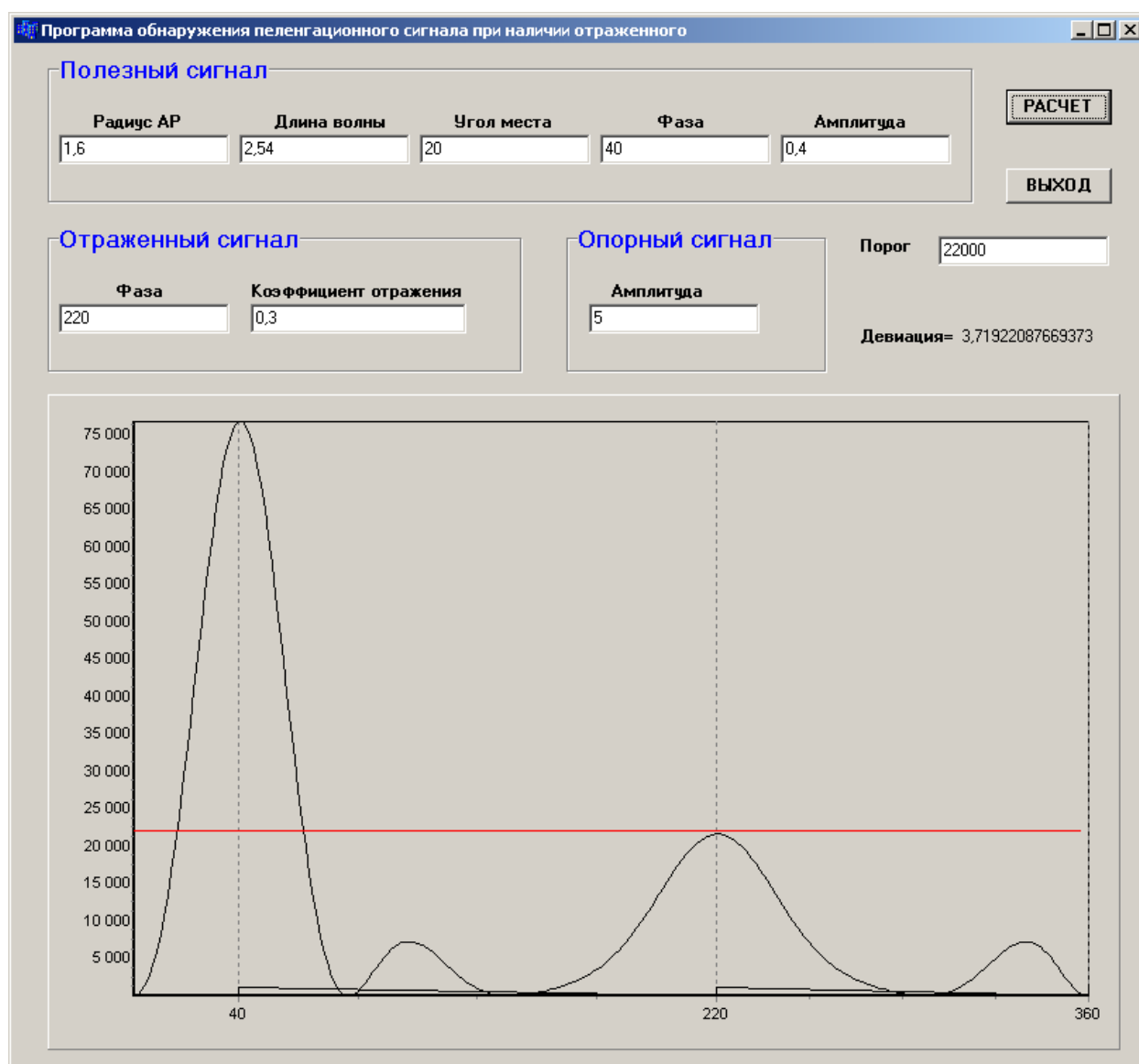


Рисунок. 12. Отображение результатов вычислений в диалоговом окне.

Пример обнаружения пеленгационного сигнала, реализованного на фазовом принципе формирования диаграммы направленности (при амплитуде

полезного сигнала 0.4 единицы, пеленге на источник излучения 40° , при коэффициенте отражения местного предмета 0.3, пеленге на источник отраженного сигнала 220° , девиации сигналов 3.7, заданный порог 22000 единиц).