ГИ УрО РАН Лаборатория ПТС

MicroReg V 1.3

Справочная информация

Составил Дягилев Р.А.

Май 2013 г.

2.	Список сокращений	9
3.	Теоретические основы спектральных оценок	10
	3.1. Виды спектральных оценок	11
	3.1.1. Спектральная оценка Даниэля	12
	3.1.2. Спектральная оценка Бартлетта	12
	3.2. Использование оконных функций	13
4.	Методы сейсмического микрорайонирования	19
	4.1. Метод регистрации землетрясений	19
	4.2. Методы регистрации микросейсм	20
	4.2.1. Стандартный способ	20
	4.2.2. Способ Накамуры	21
	4.3. Метод сейсмических жесткостей	22
	4.3.1. Влияние рельефа местности	24
	4.3.2. Учет нелинейных эффектов	25
5.	Порядок работы	26
	5.1. Описание основных элементов	26
	5.1.1. Главное окно	26
	5.1.1.1. Главное меню	26
	5.1.1.2. Вкладки	27
	5.1.1.3. Строка индикации состояния расчетов	28
	5.1.1.4. Строка статуса	28
	5.1.2. Окно сейсмограмм	28
	5.1.3. Окно графиков	30
	5.1.4. Окно спектрального профиля	31
	5.2. Подготовка данных к обработке	32
	5.2.1. Работа с проектами	32
	5.2.1.1. Создание проекта для нового объекта	32
	5.2.1.2. Открытие существующего проекта	32
	5.2.1.3. Сохранение проекта	32
	5.2.1.4. Закрытие текущего проекта	33
	5.2.1.5. Импорт данных из других проектов	33
	5.2.1.6. Версии проектов	33
	5.2.2. Работа с сейсмограммами	33
	5.2.2.1. Добавление записей	34
	5.2.2.2. Удаление записей	35
	5.2.2.3. Объединение записей	35
	5.2.2.4. Изменение пути до исходных файлов	35
	5.2.2.5. Сжатие исходных данных	36
	5.2.2.6. Разделение каналов записи	36
	5.2.2.7. Сортировка записей	37
	5.2.2.8. Просмотр записи	37
	5.2.2.9. Редактирование параметров записи	37
	5.2.2.9.1. Установка параметров каналов	38
	5.2.2.9.2. Выбор интервалов для обработки	39
	5.2.2.10. Редактирование параметров пункта наблюдения	40
	5.2.2.10.1. Установка координат и данных о рельефе	40
	5.2.2.10.2. Установка параметров грунта	41
	5.2.2.10.3. Установка параметров сейсмической жесткости	41
	5.2.3. Структура данных проекта	42
	5.2.3.1. Визуальное отображение структуры данных	42
	5.2.3.2. Папки и файлы проекта	42

Содержание

	5.3. Обработка данных	43
	5.3.1. Настройки	44
	5.3.2. Проверка на идентичность	46
	5.3.3. Расчет спектров	49
	5.3.3.1. Исходные спектры	49
	5.3.3.1.1. Исходные спектры полных записей	49
	5.3.3.1.2. Исходные спектры синхронных записей	50
	5.3.3.1.3. Просмотр исходных спектров	51
	5.3.3.2. Относительные спектры	52
	5.3.3.2.1. Обычные относительные спектры	52
	5.3.3.2.2. Комбинированные спектры	53
	5.3.3.2.3. Просмотр обычных и комбинированных относительных спектров	54
	5.3.3.2.4. Спектры Накамуры	54
	5.3.3.2.5. Просмотр спектров Накамуры	55
	5.3.4. Вариации спектров.	56
	5.3.5. Расчет локальных усилений грунта	57
	5.3.5.1. Оценка стандартных относительных усилений	57
	5.3.5.2. Оценка усилений способом Накамуры	57
	5.3.5.3. Учет влияния рельефа	58
	5.3.5.4. Учет влияния гидрогеологических факторов и сейсмической жесткости	59
	5.3.6. Расчет итоговых приращений интенсивности	59
	5.3.6.1. Табличное представление итогов	60
	5.3.6.2. Графическое представление итогов	61
	5.3.6.3. Формирование топоосновы	64
	5.4. Выполнение экспресс-расчетов	65
	5.5. Дополнительные настройки	67
	5.5. Добавление примечаний к проекту	70
	5.6. Активация приложения	70
6.	Приложения	72
	6.1. Используемые форматы записи данных проекта	72
	6.1.1. Форматы записи частотных характеристик аппаратуры	72
	6.1.1.1. Формат SAC (PAZ)	72
	6.1.1.2. Формат RSP	72
	6.1.1.3. Формат FAP	74
	6.1.1.4. Форматы SEED и GSE	74
	6.1.2. Форматы записи файлов привязки растров топоосновы	74
	6.1.2.1. Формат МАР	74
	6.1.2.2. Формат ТАВ	75
	6.1.2.3. Внутренний формат	75
	6.2. Результаты сравнения SpecEst и MicroReg	77
	6.3. Используемые преобразования и расчеты	80
	6.3.1. Преобразование координат	80
	6.3.1.1. Преобразование геодезических координат	80
	6.3.1.2. Преобразование геодезических координат в плоские прямоугольные	
	координаты и обратно	81
	6.3.1.3. Преобразование прямоугольных координат	82
	6.3.1.3.1. 2D-вариант	82
	6.3.1.3.2. 3D-вариант	83
	6.3.2. Интерполяция	84
	6.3.2.1. Генерация имени дополнительного пункта	84
	6.3.2.2. Интерполяция на профиле	85
	6.3.2.3. Интерполяция на плоскости	85

	6.3.3. Динамическая коррекция	.86
7.	Литература	.86

1. Общие сведения

Назначение:

Оценка спектральных характеристик сейсмических сигналов, обработка данных сейсмического микрорайонирования.

Решаемые задачи:

- упорядочивание данных наблюдений вместе с сопутствующей информацией и сохранение в виде проекта;
- просмотр записей и их селекция для дальнейшей обработки
- разбраковка тихих и шумных интервалов времени
- учет неидентичности каналов при обработке
- расчет абсолютных спектров (амплитудных и спектров мощности)
- расчет относительных спектров (обычных, комбинаций обычных и Накамуры)
- просмотр спектров и выбор их элементов для дальнейшей обработки
- просмотр вариаций спектров (изменений во времени или в пространстве)
- формирование и сохранение сводок усилений, обусловленных резонансом грунтов, фактором рельефа, гидрогеологическими факторами и различиями в сейсмической жесткости, по пунктам наблюдений
- расчет и сохранение сводок амплитуд и сейсмической интенсивности относительно выбранного эталона по совокупности всех влияющих факторов
- привязка данных к растровым картам
- замена текстового полевого журнала
- экспресс оценка влияния ряда факторов (сейсмическая жесткость, гидрогеология, рельеф) на сейсмическую интенсивность

Планируемые дополнения:

Учет расстояний до источников локальных микросейсм.

Версии	Что нового
1 апреля 2008 г.	 возникновение идеи проекта.
0.1.0.0 , 5 апреля	 разработка интерфейса и реализация основных возможностей.
0.8.0.0 , 20 апреля	- отладка на реальных полевых материалах
0.9.0.0 , 14 мая	- разработка справочной системы и сравнение со SpecEst
0.9.9.0 , 26 сентября	- дополнение способами учета рельефа, гидрогеологических усло-
	вий и сейсмической жесткости
	 возможность совместной обработки разнородных данных
	 добавление калькуляторов приращений интенсивности
	 добавление вкладки общих настроек
	 визуализация пространственных вариаций спектров
	- возможность останова расчетов
1.0.0.0, 26 декабря	Исходные данные
	- быстрое открытие проекта
	 бинарный файл проекта для быстрого сохранения.
	 нумерация версии файлов проектов (создание 1-й версии)
	 сортировка записей (всех и только выделенных)
	- автоматическое сохранение предыдущей редакции проекта для
	возможности ее восстановления
	- двойные координаты (XYZ - метрические и LLA - географиче-
	ские)
	 преобразование координат из одного вида в другой
	- копирование координат из проекта и вставка их в проект через
	буфер обмена

- создание единичных ЧХ каналов для аппаратуры с неизвестными характеристиками

- работа с АЧХ различных форматов (RSP, SAC, PAZ и FAP)

- возможность смены коэффициента АЧХ, частоты оцифровки записей

Структура

- изменение вертикального масштаба

- перемещение по рисунку структуры с помощью мыши

- скрытие пустых дней (отображение в структуре только дней с данными)

Обработка

- выбор набора рассчитываемых спектров по маске

- расчет отдельных спектров из контекстного меню

- контроль синхронности записей (есть или нет достаточное количество данных)

- оценка доли тихих синхронных интервалов

- отображение имени обрабатываемой точки

- загрузка соседнего файла из окна спектров

- быстрая установка каналов для обработки при просмотре спектров (фиксация выбора)

Сводная информация

- флаги необходимости учета рельефа, воды и жесткости

- интерполяция интенсивности между опорными пунктами (в том числе частичная интерполяция)

- добавление случайной ошибки (Гауссово распределение) при интерполяции

- автоматическая нумерация пунктов по опорным пикетам (дублирование имен исключено)

- выбор приставки к имени дополнительных пунктов

- отображение растров топоосновы и редактирование их списка и параметров

- прозрачный цвет на топооснове

- масштабирование карты кнопками

- динамическая коррекция оценок интенсивности

- горизонтальный масштаб, зависящий от широты, если координаты пунктов заданы в градусах

- возможность выбора, что визуализировать (пункты наблюдения, дополнительные пункты, профиль, растровая топооснова)

Калькуляторы

- преобразование координат

Настройки

- задание стандартного отклонения для интерполируемых значений интенсивности

1.1.0.0, 27 апреля 2009 г. Исходные данные

Исхооные оанные

независимая привязка данных к различным системам координат
 удаление записей из списка клавишей DEL

Обработка

- расчет спектров, начиная с текущего

- расчет среднеквадратических амплитуд для спектров мощности *Сводная информация*

- поиск двойных имен пунктов и групп пунктов по расстоянию

	- разный размер отображения на карте исходных и дополнительных точек
	- привязка растров из форматов МАР, ТАВ, сохранение привязки во внешнем файле *.*t
	- визуализация, не зависящая от системы координат
	- настройка цветового оформления графики на вкладке <i>Схема</i> Настройки
	- полные настройки преобразования коорлинат из различных си-
	стем
	- преобразование координат из СК42 в WGS84 и обратно, из плос-
	ких прямоугольных координат в геодезические и обратно
<i>1.1.1.0</i> , 25 июня	Исходные данные
	- импорт точек в проект из другого проекта
	- клонирование записей
	- возможность коррекции отображаемого времени записи
	- создание единичных АЧХ для датчиков и усилителей
	Обработка
	- использование относительных спектров в качестве корректирующих АЧХ
	- вертикальные названия пунктов в спектральном профиле
	- учет идентичности каналов с меняющимися со временем харак-
	теристиками
	Сводная информация
	- пространственная интерполяция для дополнительных пунктов
	Настройки
	- выбор прозрачности растра
	- автоматический подбор параметров преобразования координат (2D-вариант)
	- выбор интервалов периодов оценки интенсивности и взвешива-
	ния,
	- взвешивание оценок по накамуре
	Примечания – новая вкладка
111100 5	- сохранение данных проекта в отдельную папку
1.1.1.1 , 28 октяоря	Исхооные оанные
	- изменение масштаоа визуализации волновых форм
	- новые виды навигации при визуализации (приолизить, удалить, в
	Hayano, B Koheu)
	- новые форматы чтения (кепек, w FDisc, Guraip)
	- дооавлена полосовая фильтрация для корректного сегментирова-
1213 0 doppoing 2010 p	Ния широкополосных данных
1.2.1.3, 9 февраля 2010 1.	- устранены ошибки при формировании сводки относительных
	усилении
	Защита от копирования
	- дооавлена защита приложения от копирования
	- неактивированная копия приложения не функциональна
	- активированная копия приложения, имеющая просроченную ли-
1 2 1 4 0 2010	цензию, имеет ограниченный наоор функции (только просмотр).
1.2.1.4 , 8 ИЮНЯ 2010 Г.	Оораоотка
	 устранены ошиоки в расчете комоинированных спектров

	- добавлена возможность преобразования относительных и комби-
	нированных спектров в корректирующие АЧХ
	 добавлена кнопка визуализации всех корректирующих АЧХ
1.2.1.5 , 24 августа 2010 г.	Исходные данные
	- добавлена загрузка ЧХ в форматах SEED и GSE
	Обработка
	- выбор единиц измерения на выходе
	Настройки
	- быстрый ввод координат растров из их имени с размерами по
	умолчанию
1.3.0.0 , 22 мая 2013 г.	- устранение проблем при работе с форматом данных Reftek, до-
	бавление возможности оценки средних и медианных спектров по
	заданной выборке, добавление конвертера из формата данных
	станций "Байкал".
Авторские права	

Авторские права на данный программный продукт принадлежат ГИ УрО РАН (свидетельство №2011615560 от 15 июля 2011 г.). При использовании как самого продукта, так и получаемых с его помощью результатов, следует ссылаться на автора:

Дягилев Р.А. Система обработки данных сейсмического микрорайонирования // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Сборник научных трудов. Вып. 9. Пермь: ГИ УрО РАН, 2011. С. 186-188.

2. Список сокращений

АЧХ	амплитудно-частотная характеристика.
ФЧХ	фазо-частотная характеристика.
ЧХ	частотная характеристика.
CMP	сейсмическое микрорайонирование
СПМ	спектральная плотность мощности
ДЩЛКМ	двойной щелчок левой кнопкой мыши

3. Теоретические основы спектральных оценок

Пусть функция c(t) дискретезирована в N точках, образуя равномерный ряд значений $c_0...c_{N-1}$ на временном интервале длительностью T, так что $T = (N-1)\Delta$, где Δ – интервал дискретизации. Под *полной мощностью* такого сигнала будем иметь в виду величину

$$\frac{1}{T} \int_0^T |c(t)|^2 dt \approx \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |c_j|^2, \qquad (3.1)$$

называемую средним квадратом амплитуды. А среднюю амплитуду сигнала будет характеризовать функция вида

$$\frac{1}{T} \int_0^T |c(t)| dt \approx \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |c_j|, \qquad (3.1a)$$

Под спектральной плотностью мощности (СПМ) будем подразумевать функцию, которая определена на интервале частот от 0 до f_c (частота Найквиста) и интеграл которой на этом интервале равен среднему квадрату амплитуды.

Под спектральной плотностью амплитуды (СПА) будем подразумевать функцию, которая также определена на интервале частот от 0 до f_c и интеграл которой на этом интервале равен среднему модулю амплитуды.

Метод, используемый для оценки спектра мощности сигнала, исторически получил название *метода периодограмм*. Если имеется функция c(t), оцифрованная в N равномерно отстоящих точках, то ее дискретное Фурье-преобразование будет иметь вид

$$C_k = \sum_{j=0}^{N-1} c_j \ e^{2\pi i j k/N} \qquad k = 0, \dots, N-1,$$
(3.2)

а периодограмма, представляющая спектр мощности, будет определена в *N*/2+1 точках следующим образом

$$P(0) = P(f_0) = \frac{1}{N^2} |C_0|^2$$

$$P(f_k) = \frac{1}{N^2} \left[|C_k|^2 + |C_{N-k}|^2 \right] \qquad k = 1, 2, \dots, \left(\frac{N}{2} - 1\right)$$

$$P(f_c) = P(f_{N/2}) = \frac{1}{N^2} |C_{N/2}|^2 \qquad , \qquad (3.3)$$

где f_k – неотрицательная частота

$$f_k \equiv \frac{k}{N\Delta} = 2f_c \frac{k}{N} \qquad k = 0, 1, \dots, \frac{N}{2}$$
.

Согласно теореме Парсеваля дискретный временной ряд с и его спектр мощности С связаны соотношением

$$\sum_{k=0}^{N-1} \left| c_k \right|^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left| C_n \right|^2, \tag{3.4}$$

поэтому можно видеть, что сумма N/2 + 1 значений СПМ из (3.3) на самом деле есть не что иное, как средний квадрат амплитуды функции c_j .

Точно так же можно получить периодограмму, представляющую амплитудный спектр сигнала, плотность которого в N/2+1 точках будет определяться следующим образом.

$$A(0) = A(f_0) = \frac{1}{N} |C_0|$$

$$A(f_k) = \frac{1}{N} [|C_k| + |C_{N-k}|], \quad k = 1, 2, ..., \left(\frac{N}{2} - 1\right).$$

$$A(f_c) = A(f_{N/2}) = \frac{1}{N} |C_{N/2}|$$
(3.5)

Однако остается вопрос, действительно ли периодограмма с СПМ вида (3.3) является истинным спектром мощности функции c(t)? С одной стороны это не так, поскольку одно дискретное значение $P(f_k)$, характеризующее целый диапазон спектра от частоты, отстоящее на полшага влево до частоты, отстоящей на полшага вправо, не может быть равным значению функции P(f), которая является непрерывной. Следует ожидать, что значение $P(f_k)$, равно среднему значению мощности непрерывного спектра, полученному в некотором окне, центр которого попадает на f_k . Для периодограммы такая оконная функция имеет вид

$$W(s) = \frac{1}{N^2} \left[\frac{\sin(\pi s)}{\sin(\pi s/N)} \right]^2.$$
 (3.6)

Отметим, что функция W(s) имеет осциллирующий характер и с удалением от максимума ее значение $W(s) \approx (\pi s)^{-2}$. Затухание таких осцилляций не самое быстрое, поэтому результатом является значительное рассеяние энергии колебаний одной частоты по соседним. Стоит иметь в виду, что W(s) может быть равна нулю при *s* отличных от нуля. Такое бывает, когда функция c(t) является чистой синусоидой и ее частота совпадает с одной из частот f_k . Однако если частота синусоиды попадает между дискретными значениями f_k , то рассеяние все же будет иметь место даже далеко за пределами двух соседних частот. В какой-то степени проблема рассеяния решается с помощью оконных функций другой формы, о чем будет говориться в главе <u>Использование оконных функций</u>.



Преобразование Фурье ряда, состоящего из дискретных значений функции косинус, для двух случаев: ряд имеет длительность, кратную целому числу периодов косинусоиды (a); длительность ряда не кратна целому числу периодов косинусоиды (δ)

3.1. Виды спектральных оценок

Количество данных, используемых для расчета спектра всегда ограничено, однако с увеличением числа отсчетов N в ряду следует ожидать уточнения спектральных оценок. На самом деле это не так. Дисперсия получаемой оценки периодограммы для любой частоты f_k всегда равна квадрату ожидаемой величины на этой же частоте, то есть стандартное отклонение сопоставимо с величиной спектральной плотности и не зависит от N. Увеличение количества данных N идет не на уточнение отдельных спектральных плотностей, а на увеличение их числа, на создание более подробного спектрального ряда, при этом дисперсия каждого отдельного значения плотности остается неизменной. Однако способы для уменьшения дисперсии отдельных спектральных оценок существуют.

Есть два способа, позволяющих сделать это одинаково с точки зрения математики, но практически по-разному: способ Даниэля и способ Бартлетта.

3.1.1. Спектральная оценка Даниэля

Даниэль предлагает делать расчет периодограммы с более подробным шагом, чем требуется изначально, после чего, суммируя K последовательных значений спектра, получают одно, соответствующее середине сглаживающего окна. Дисперсия такой суммарной оценки будет меньше изначальной в K раз, а стандартное отклонение соответственно уменьшится в \sqrt{K} раз. Таким образом, чтобы получить спектр мощности в M+1 точках между частотами 0 и f_k включительно, необходимо иметь коэффициенты Фурье ряда длиной 2MK. Значения СПМ в таком случае также получаются из выражений (3.3), где N = 2MK. Далее формируется разреженный результат посредством суммирования (не усреднения) значений в каждой группе из K значений. Причина, по которой используется суммирование, а не усреднение заключается в том, чтобы получить оценку СПМ, отвечающую сформулированному изначально положению, согласно которому сумма M+1 значений спектра будет равна среднему квадрату амплитуд исходной функции.

Ниже показана форма весовой функции Даниэля в спектральной области. Заметим, что при использовании расширенного множества данных, дополненного нулями до степени двойки (кривая 1), изрезанность функции меньше, чем для цельного ряда (кривая 2). Для того чтобы функция была гладкая (как кривая 1), отношение *N/N*' должно равняться примерно 0.7 (*N* – дина сегмента, *N*' – дина сегмента, дополненного нулями до степени двойки).



Дисперсия оценки пропорциональна отношению

 $Var[P_D(\omega)] = P^2(\omega)/N \,\Delta\omega, \ \Delta\omega = 2 \,\pi/(M \,\Delta t)$

Вычисление спектральной оценки по Даниелю рекомендуется для случаев, когда анализируемое множество данных состоит из малого (100—500) или среднего (500—4000) числа выборок.

3.1.2. Спектральная оценка Бартлетта

Этот подход для оценки СПМ в M+1 точках в диапазоне частот 0 и f_k заключается разбиении исходного временного ряда на K сегментов, в каждом из которых содержится 2M по-

следовательных точек. Для каждого сегмента с помощью преобразования Фурье и выражения (3.3) рассчитываются периодограммы, при этом принимается N = 2M. В итоге из K периодограмм получается одна посредством усреднения их значений для каждой частоты. Такая операция позволяет также уменьшить дисперсию каждой спектральной плотности в K раз (стандартное отклонение в \sqrt{K} раз). В вычислительном плане второй способ более эффективен, чем первый, поскольку с увеличением K расчет нескольких коротких периодограмм занимает меньше времени, чем расчет одной длинной. Это означает, что второй способ предпочтительней использовать, когда исходный временной ряд слишком длинный.

Дисперсия оценки уменьшается обратно пропорционально числу подмножеств К $Var[P_e(\omega)] = P^2(\omega)/K$

3.2. Использование оконных функций

Рассмотрим вопрос рассеяния энергии между соседними оценками СПМ, вытекающего из выражения (3.6), которое является Фурье-образом естественной (прямоугольной) оконной функции *w*(*t*), ограничивающей исходный временной ряд.

Изменить характер рассеяния можно, используя другие оконные функции. В таблицах 1 и 2 приведены формулы и основные спектральные характеристики наиболее распространенных и часто используемых весовых окон. Носители весовых функций, в принципе, являются неограниченными и при использовании в качестве весовых окон действуют только в пределах окна и обнуляются за его пределами. Формулы окон приводятся как в аналитической, так и в дискретной форме, с временным окном 2τ , симметричным относительно нуля (т.е. $0 \pm \tau$). При переходе к дискретной форме окно 2τ заменяется окном 2N+1 (полное количество точек дискретизации выделяемой сигнальной функции), а значения t – номерами отсчетов j ($t = j\Delta t$; $t/\tau = j/N$). Следует заметить, что большинство весовых функций на границах окна ($j = \pm N$) принимают нулевые или близкие к нулевым значения, т.е. фактическое окно усечения данных занижается на 2 точки. Последнее исключается, если принять $2\tau = (2N+3)\Delta t$.

Если количество точек в ряде равно N, и границы окна находятся в точках 0 и N-1, то $t/\tau = 2(j-N/2)/N$.

Таблица 1

Временное окно	Весовая функция	Фурье-образ
Прямоугольное	$\mathbf{w}(t) = \Pi(t) = 1, t \leq \tau;$	$W(\omega) = \Pi(\omega) = 2\tau \operatorname{sinc}[\omega\tau]$
	$w(t) = \Pi(t) = 0, t > \tau$	
Бартлетта	$w(t) = b(t) = 1 - t /\tau$	$W(\omega) = B(\omega) = \tau \operatorname{sinc}^2(\omega \tau/2).$
(треугольное)		
Хеннинга, Ханна	$w(t) = 0.5[1 + cos(\pi t/\tau)]$	$W(\omega) = 0.5\Pi(\omega) + 0.25\Pi(\omega + \pi/\tau) + 0.25\Pi(\omega - \pi/\tau)$
Хемминга	$w(t) = 0.54 + 0.46 \cos(\pi t/\tau)$	$W(\omega) = 0.54\Pi(\omega) + 0.23\Pi(\omega + \pi/\tau) + 0.23\Pi(\omega - \pi/\tau)$
Карре (2-е окно)	$w(t) = b(t) \operatorname{sinc}(\pi t / \tau)$	$W(\omega) = \tau \cdot B(\omega) * \Pi(\omega),$
		$\Pi(\omega) = 1$ при $ \omega < \pi/\tau$
Лапласа-Гаусса	$w(t) = \exp[-\beta^2 (t/\tau)^2/2]$	W(ω) = [(τ/β) $\sqrt{2\pi} \exp(-\tau^2 \omega^2/(2\beta^2))$] * $\Pi(\omega)$
Кайзера-Бесселя	$I [\beta_{2}/(1-(t/\tau)^{2})]$	Вычисляется преобразованием Фурье.
_	$w(t) = \frac{J_0 \left[p \sqrt{1 - (t t)} \right]}{m},$	J _o [x] – модифицированная функция Бесселя
	J ₀ [β]	нулевого порядка
	$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sum_{k$	
	$J_0[x] = \sum_{k=1}^{\infty} [(x/2)^k/k!]^2$	
Уэлча	$w(t) = 1 - (t/\tau)^2$	нет данных
(параболическое)	· · · · ·	

Основные весовые функции

Название окна	Временное пред- w(i) ставление	W(f) Спектральная характеристика
Прямоугольное	$w_r(i)$	$W_r(f)$
Треугольное (окно Барлет- та)	1-2 t(i)	$(2/N)W_r^2(f/2)$
Косинус- квадратное (окно Ханна)	$\cos^2(\pi t(i))$	$\begin{aligned} 0.5W_r(f) + 0.25W_r(f - \Delta f) \\ + 0.25W_r(f + \Delta f) \end{aligned}$
Приподнятый косинус (окно Хемминга)	$0.54 + 0.46\cos(2\pi t(i))$	$0.54W_r(f) + 0.23W_r(f - \Delta f) + 0.23W_r(f + \Delta f)$
Взвешенные косинусы (ок- но Наттолла, <i>R</i> = 3)	$\sum_{r=0}^{R} a_r \cos(2\pi r t(i))$, где a_r параметры	$\sum_{r=0}^{R} 0.5a_r (W_r (f - r\Delta f) + W_r (f + r\Delta f))$

Определиться, какое именно окно наиболее подходит при получении спектральных оценок поможет таблица 2. Отметим лишь, что если амплитуда осцилляций (в единицах амплитуды главного максимума) определяется выбранным типом весовой функции, то ширина главного максимума, которой определяется ширина переходной зоны (вместо скачка функции), зависит от размеров весового окна и соответственно может изменяться под поставленные условия (уменьшаться увеличением размера 2N+1 весового окна).

Таблица 2

Параметры	Ед.	П-	Барт-	Лан-	Хен-	Хем-	Кар-	Лапла	Кай-
	ИЗМ.	окно	летт	цош	НИНГ	МИНГ	pe	с	зер
Амплитуда:									
Главный пик	τ	2	1	1.18	1	1.08	0.77	0.83	0.82
1-й выброс(-)	%Гл.п.	0.217	-	0.048	0.027	0.0062	-	0.0016	.00045
2-й выброс(+)	- '' -	0.128	0.047	0.020	0.0084	0.0016	-	0.0014	.00028
Ширина Гл. пика	ωτ/2π	0.60	0.89	0.87	1.00	0.91	1.12	1.12	1.15
Положения:									
1-й нуль	ωτ/2π	0.50	1.00	0.82	1.00	1.00	-	1.74	1.52
1-й выброс	ωτ/2π	0.72	-	1.00	1.19	1.09	-	1.91	1.59
2-й нуль	ωτ/2π	1.00	-	1.29	1.50	1.30	-	2.10	1.74
2-й выброс	ωτ/2π	1.22	1.44	1.50	1.72	1.41	-	2.34	1.88

Характеристики спектров весовых функций

Сравнительный вид весовых функций приведен на рис. 1. Расчет функций проведен с исключением нулевых значений на границах весового окна.

Период осцилляций суммы усеченного ряда Фурье примерно равен периоду первого отброшенного члена ряда. С учетом этого фактора осцилляции частотной характеристики могут быть существенно сглажены путем усреднения по длине периода осцилляций в единицах частоты, т.е. при нормированной свертке с $\Pi_r(\omega)$ – импульсом, длина которого равна пе-

риоду осцилляций r = $2\pi/(N+1)$. Эта свертка отобразится во временной области умножением коэффициентов фильтра h(n) на множители, которые являются коэффициентами преобразования Фурье частотной П-образной сглаживающей функции $\Pi_r(\omega)$:

 $H'_{N}(\omega) = H_{N}(\omega) \beta \prod_{r}(\omega) \Leftrightarrow h_{n} \sigma_{N}(n) = h(n) \prod_{N}(n) \sigma_{N}(n),$

 $p(n) = \prod_N(n) \Box \sigma_N(n) = \operatorname{sinc}(\pi n/(N+1)), |n| \le N.$

Эта операция носит название сглаживания Ланцоша. Произведение $\Pi_N(n) \sigma_N(n) \equiv \sigma_N(n)$ представляет собой новое весовое окно селекции p(n) взамен прямоугольного окна. Функцию $\sigma_N(n)$ обычно называют временной весовой функцией (окном). Вид и частотная характеристика весового окна Ланцоша в сопоставлении с прямоугольным окном приведены на рис. 2.



Рис. 1. Примеры весовых функций.





© Дягилев Р.А., ГИ УрО РАН, 2010

MicroReg 1.2. Справочная информация



Рис. 2. Весовая функция Ланцоша.

Спектральные окна Бартлетта и Карре не имеют отрицательных выбросов и применяются, в основном, для усечения корреляционных функций. Функция Карре не имеет нулей и представляет собой положительно убывающую функцию. Функции Хеннинга и Хемминга примерно одного класса, функция Хемминга является улучшенным вариантом функции Хеннинга. Частотные образы функций Бартлетта и Хемминга приведены на рис. 3.



Рис. 3. Частотные функции Бартлетта и Хэмминга

Весовые окна Лапласа и Кайзера – усеченные функции соответственно Гаусса и Бесселя. Степень усечения зависит от параметра β . Характеристики функций, приведенные в таблице 2, действительны при β =3 для окна Лапласа и β =9 для окна Кайзера. При уменьшении значения β крутизна главного максимума сглаживающих функций увеличивается (ширина пика уменьшается), но платой за это является увеличение амплитуды осцилляций (рис. 4).



Рис. 4. Частотные функции Лапласа и Кайзера

Функции Лапласа и Кайзера являются универсальными функциями. По-существу, их можно отнести к числу двупараметровых: размером окна 2τ (числом *N*) может устанавливаться ширина главного максимума, а значением коэффициента β – относительная величина осцилляций на частотной характеристике весовых функций, причем, вплоть до осцилляций П-окна при β =0. Это обусловило их широкое использование, особенно при синтезе операторов фильтров.

Также широко используется весовая функция Уэлча. Особенности окна Уэлча в сравнении с другими окнами можно увидеть на рис. 5.



Гідите 13.4.2. Leakage functions for the window functions of Figure 13.4.1. A signal whose Применение весовой функции webo временной областие ведетие необходимости коррекригозе области по windowing is to reduce the leakage at large offsets, where square (no) windowing has large ции оценсов СПОД получение из апредности в собратов и водово в окного ведет и водово в окного в прямоугольным. Коод финисты Фуркствременного ряда, измененного с помощью оконной функции, будут иметь вид

$$D_k \equiv \sum_{j=0}^{N-1} c_j w_j e^{2\pi i j k/N}$$
 $k = 0, ..., N-1$

В общем виде коррекция сводится к поиску нормирующего коэффициента W_{ss} , заменяющего N^2 в формулах (3.3).

$$P(0) = P(f_0) = \frac{1}{W_{ss}} |D_0|^2$$

$$P(f_k) = \frac{1}{W_{ss}} \left[|D_k|^2 + |D_{N-k}|^2 \right] \qquad k = 1, 2, \dots, \left(\frac{N}{2} - 1\right)$$

$$P(f_c) = P(f_{N/2}) = \frac{1}{W_{ss}} |D_{N/2}|^2$$
(3.3a)

Этот коэффициент можно найти из выражения

$$W_{ss} \equiv N \sum_{j=0}^{N-1} w_j^2$$
(3.2.1).

Сопоставляя выражения (3.3), (3.3а) и (3.2.1) можно прийти к тому, что оценки СПМ, отвечающие окну, отличному от прямоугольного, корректируются обычным множителем N/W_{ss} .

4. Методы сейсмического микрорайонирования

Методы сейсмологической регистрации волн от импульсных источников, в качестве которых вступают землетрясения и взрывы, являются основными в комплексе сейсмологических методов, применяемых при сейсмическом микрорайонировании.

Метод регистрации землетрясений используется для оценки относительных изменений сейсмичности на участках с различными инженерно-геологическими условиями. При этом чаще всего приходится иметь дело с землетрясениями малых энергий, поскольку исследования обычно бывают ограничены во времени, а сильные землетрясения происходят достаточно редко.

В районах с низкой сейсмической активностью или высоким фоном сейсмических помех допускается частичная или полная замена регистрации землетрясений регистрацией промышленных или специальных взрывов. Механизм взрывного источника, безусловно, отличается от механизма землетрясения по целому ряду параметров, но в общих чертах возбуждаемые ими сейсмические волны схожи и вполне подходят для изучения особенностей грунтовых условий.

Для установления количественных соотношений между параметрами сейсмических воздействий различной интенсивности параллельно с регистрацией землетрясений малых энергий и взрывов все же рекомендуется производить регистрацию сильных землетрясений. Такие исследования требуют длительных наблюдений (продолжительность зависит от средней сейсмической активности региона), поэтому для их проведения следует привлекать данные стационарных сейсмостанций, если таковые имеются в районе проведения работ.

4.1. Метод регистрации землетрясений

Метод регистрации землетрясений малых энергий применяется для количественной оценки относительных изменений сейсмической интенсивности на участках с различными инженерно-геологическими условиями.

Оценка приращения сейсмической интенсивности на сравниваемых участках производится по формуле

$$\Delta I = 3.3 \lg \frac{\overline{A_i}}{\overline{A_y}},\tag{4.1.1}$$

где ΔI – приращение сейсмической интенсивности (в баллах);

A_i – средняя амплитуда колебаний на исследуемом участке;

*A*_v – средняя амплитуда колебаний на эталонном участке.

Для регистрации землетрясений применяется инженерно-сейсмометрическая аппаратура, предназначенная для работы в непрерывном или ждущем режиме. Основным требованием, предъявляемым к аппаратуре, является идентичность каналов регистрации и их достаточная чувствительность. В зависимости от характеристик применяемой аппаратуры регистрируются амплитуды смещений, скоростей или ускорений грунта.

Амплитудно-частотные характеристики каналов должны обеспечивать малоискаженную запись в диапазоне периодов от 0.1 до 2 с.

Для установления количественных характеристик колебаний от землетрясений больших и малых энергий рекомендуется параллельно с непрерывной регистрацией слабых землетрясений регистрировать сильные землетрясения в ждущем режиме. Сильные землетрясения позволяют оценить роль остаточных деформаций в общем сейсмическом эффекте (нелинейные процессы), что при слабых сейсмических воздействиях обычно не удается.

Количество пригодных для обработки записей землетрясений, зарегистрированных на сравниваемых участках, должно быть достаточным для обоснованной оценки приращений сейсмической интенсивности с помощью статистического анализа. Обработке подлежат те землетрясения, при которых расстояние между пунктами регистрации меньше 0.1 гипоцентрального.

В процессе предварительной обработки по результатам сплошного промера на записях землетрясений амплитуд и периодов колебаний производится оценка приращений сейсмической интенсивности как для всего диапазона периодов от 0.1 до 2 с, так и раздельно для коротких (от 0.1 до 0.3 с), средних (от 0.3 до 0.5 с) и длинных (от 0.5 до 2 с) периодов.

Частотные характеристики грунтов определяют по отношениям спектров землетрясений, зарегистрированных на изучаемом и эталонном участках. Расчет приращения на каждой частоте производится по формуле

$$\Delta I(\omega) = 3.3 \lg \frac{\hat{O}_i(\omega)}{\hat{O}_y(\omega)}, \qquad (4.1.2)$$

где $\hat{O}_i(\omega)$ и $\hat{O}_j(\omega)$ – спектральные плотности на данной частоте в эффективной полосе спектров (на уровне 0.5 от максимума) соответственно изучаемого и эталонного грунта.

Обобщенная зависимость $\Delta I(\omega)$ получается в результате осреднения индивидуальных зависимостей с оценкой вероятностных показателей.

Раздельно оцениваются приращения сейсмической интенсивности по записям близких землетрясений, отражающих поведение грунтов при колебаниях с частотой $\omega = 3-5$ Гц и удаленных землетрясений – в более низкочастотной области спектра.

В случае значительных расхождений оценок приращений сейсмической интенсивности в различных частотных диапазонах спектра эти данные приводятся раздельно с подробным анализом возможных причин расхождений.

4.2. Методы регистрации микросейсм

4.2.1. Стандартный способ

Микросейсмические колебания грунта, присутствующие практически повсеместно, также могут использоваться в целях сейсмического микрорайонирования. Но, поскольку спектральный состав микросейсм и землетрясений несколько различен, метод регистрации микросейсм обычно применяется в качестве вспомогательного в комплексе с другими инструментальными методами для оценки резонансных характеристик грунтов.

Для выбора эффективной методики наблюдений на первом этапе исследований необходимо проведение опытно-методических работ по изучению амплитудно-частотных характеристик местных источников микросейсм и их спектрально-временной изменчивости. С этой целью в нескольких пунктах с известным инженерно-геологическим строением следует провести синхронные круглосуточные наблюдения.

Круглосуточные наблюдения необходимо повторять в различные дни недели и даже в различные сезоны года (если работы продолжаются более одного сезона), чтобы иметь возможность учесть при последующей обработке характерные для микросейсм периодические изменения амплитуд. Суточные вариации микросейсм можно исключить, если проводить измерения в определенное время, или учесть, если контролировать изменения уровня с помощью опорной станции.

При измерении микросейсм регистрируются три компоненты движения грунта – две горизонтальные и вертикальная. Сейсмометры следует устанавливать на твердый грунт и тщательно изолировать от ветровых помех. В радиусе 150 м от пункта записи не должно быть источников помех (люди, животные, работающие механизмы и т.п.). Для исследования временных вариаций уровня микросейсм необходимо применять двухфакторный анализ.

При наличии на изучаемой территории единого локализованного источника микросейсм методика наблюдений должна предусматривать синхронную запись колебаний на эталонном и исследуемом пункте. В качестве локализованного источника микросейсм рекомендуется использовать железнодорожный транспорт или стационарные промышленные установки. Кроме индустриальных шумов можно также рассматривать микросейсмы, вызванные морскими волнами на акваториях, быстрыми реками, водопадами, геотермальными источниками и другими природными факторами. При использовании в качестве источника микро-

сейсм железнодорожного транспорта предварительно должны быть изучены законы затухания колебаний с расстоянием и амплитудно-частотные характеристики, возбуждаемые этим источником. Учет характера затухания волн с расстоянием за счет геометрического расхождения и поглощения их энергии средой очень важен с точки зрения корректной оценки приращения сейсмической интенсивности. Для близкого источника микросейсм все спектры колебания, полученные в различных точках наблюдения, приводятся к одному расстоянию:

$$S(\omega)_{MN} = S(\omega)_M \left(\frac{R_M}{R_N}\right)^n e^{\alpha(R_M - R_N)},$$
(4.2.1.1)

где $S(\omega)_{MN}$ – спектр колебаний, который должен был быть в точке M, если бы она находилась на расстоянии R_N от источника микросейсм; α – коэффициент поглощения волн, n – геометрическое расхождение.

Если в поле микросейсмических колебаний присутствуют колебания от неизвестных источников, для их локализации применяется спектрально-поляризационный анализ трех-компонентных записей, позволяющий определять амплитуду только тех колебаний, которые ориентированы в нужном направлении. При использовании спектрально-поляризационного анализа регистрацию микросейсм следует проводить синхронно трехкомпонентными идентичными установками, расположенными не менее чем в трех пунктах с различными инженерно-геологическими условиями. Это дает дополнительную возможность идентифицировать местоположение источника микросейсм.

В случаях, когда размеры площадки микрорайонирования значительно меньше расстояний до источников (например штормовых микросейсм) нет необходимости в учете вышеуказанных закономерностей распространения волн.

Комплекты аппаратуры, предназначенные для записи микросейсм, должны быть тщательно идентифицированы и иметь амплитудно-частотные характеристики, позволяющие регистрировать без искажений колебания в диапазоне периодов от 0.1 до 1 с.

По записям микросейсм определяются приращения сейсмической интенсивности и амплитудно-частотные характеристики грунтов. Для оценки изменения интенсивности сильного землетрясения по максимальной амплитуде микроколебаний на том или ином преобладающем периоде используется формула

$$\Delta I = 2\lg \frac{A \max_i}{A \max_{\psi}},\tag{4.2.1.2}$$

где *Атах_i* и *Атах_э* – максимальные амплитуды микроколебаний соответственно на исследуемом и эталонном грунте.

Стоит отметить, что значение коэффициента перед логарифмом в формуле может быть отличным от 2 и, по возможности, должно обосновываться эмпирически на основании макросейсмических данных или данных других методов сейсмического микрорайонирования.

Преимуществом метода является возможность получения оценки сейсмической реакции грунтов в большом диапазоне частот (0.1-100 Гц). Привлекает простота метода и его совместимость с другими способами СМР, например, по записям взрывов и землетрясений. К недостаткам метода можно отнести трудности, возникающие при выделении полезного сигнала – спонтанных микросейсм или вынужденных колебаний определенного типа – из имеющегося белого шума.

4.2.2. Способ Накамуры

Суть способа Накамуры заключается в расчете отношений спектральных амплитуд, полученных в горизонтальной плоскости, к соответствующим амплитудам на спектре вертикальных колебаний. Основой для таких оценок также служат обычные трехкомпонентные измерения микросейсмического фона. В расчетах могут использоваться как обычные амплитудные спектры, получаемые с помощью БПФ, так и другие спектральные оценки (не спектры мощности).

Теоретические основы метода достаточно просты и позволяют сопоставить полученные отношения с реальными усилениями грунтов, получаемыми стандартной методикой расчета. В способе рассматривается функция усиления исследуемых грунтов

$$R_{Hij} = \frac{S_{Hi}}{S_{Hj}}, \qquad (4.2.2.1)$$

где *S_{Hi}* и *S_{Hэ}* – спектры горизонтальных колебаний на исследуемом и эталонном грунте, совместно с аналогичной функцией для вертикальных колебаний

$$R_{Vij} = \frac{S_{Vi}}{S_{Vj}} \,. \tag{4.2.2.2}$$

Накамура делает предположение, что последняя функция (4.2.2.2) подвержена влиянию грунтовых условий незначительно, за исключением случая прохождения поверхностных волн. Таким образом, отношение (4.2.2.2) будет существенно больше 1 только за счет усиления волн Релея. То есть если не принимать во внимание поверхностные волны, то функция R_{Vi_3} будет близка к 1, что подтверждается на практике для достаточно широкого диапазона частот. Если также предположить, что амплитуды горизонтальных и вертикальных колебаний на эталонных грунтах достаточно близки по своим значениям

$$R_{HVy} = \frac{S_{Hy}}{S_{Vy}} \approx 1, \qquad (4.2.2.3)$$

то функция

$$R_{HVij} = \frac{R_{Hij}}{R_{Vij}} = \frac{S_{Hi}}{S_{Vi}} \frac{S_{Vj}}{S_{Hj}} = R_{HVi} / R_{HVj} \approx R_{HVi}, \qquad (4.2.2.4)$$

где

$$R_{HVi} = \frac{S_{Hi}}{S_{Vi}},$$
(4.2.2.5)

будет представлять усиление грунтов при прохождении объемных волн, опираясь только на измерения, выполненные на исследуемом участке.

Способ Накамуры хорош тем, что исключает требование к синхронности измерений микросейсм на исследуемых и эталонных грунтах. Более того, предпосылки метода таковы, что и нет необходимости в самих эталонных грунтах, в связи с чем оценку локальных усилений можно проводить, используя всего одну станцию с трехкомпонентным датчиком, не обращая внимание ни на расположение источников микросейсм, ни на изменение их временных характеристик. Однако не стоит забывать, что за всеми этими преимуществами стоят допущения и предположения, несоблюдение которых ведет к искажению оценок локальных усилений. Именно поэтому использование способа Накамуры целесообразно только совместно с другими методами.

4.3. Метод сейсмических жесткостей

Метод сейсмических жесткостей следует применять в комплексе с другими инструментальными методами для количественной оценки относительных изменений (приращений) сейсмической интенсивности на участках с различными инженерно-геологическими условиями.

Под сейсмической жесткостью подразумевается величина, определяемая произведением двух физических характеристик грунтов: их плотностью ρ и скоростью распространения объемной волны V (продольной или поперечной).

Оценивать приращения сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей следует путем сравнения значений сейсмических жесткостей изучаемых и эталонных грунтов с учетом влияния обводненности разреза и возможных резонансных явлений по формуле

 $\Delta I = \Delta I c + \Delta I \hat{a} + \Delta I \tilde{\partial} \mathring{a} \varsigma \,, \label{eq:deltaI}$

(4.3.1)

где ΔI – суммарное приращение сейсмической интенсивности (в баллах) относительно исходной (фоновой), принимаемой для района исследований в соответствии с РСН 60-86 [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

ДIс − приращение сейсмической интенсивности за счет различия сейсмической жесткости грунтов на изучаемом и эталонном участке;

∆Ів – приращение сейсмической интенсивности за счет ухудшения сейсмических свойств грунтов на изучаемом участке при обводнении (водонасыщении);

Дрез – приращение сейсмической интенсивности за счет возможного возникновения резонансных явлений при резком различии сейсмических жесткостей в покрывающей и подстилающей толще пород изучаемого разреза.

Приращение сейсмической интенсивности за счет различия грунтовых условий Δlc определяется по формуле

$$\Delta Ic = 1.67 \lg \frac{\overline{V}(p,s)_{i} \cdot \overline{\rho}_{i}}{\overline{V}(p,s)_{i} \cdot \overline{\rho}_{i}}, \qquad (4.3.2)$$

где $\overline{V}(p,s)_{ij}$ и $\overline{V}(p,s)_{i}$ – средневзвешенные значения скоростей распространения продольных (*P*) или поперечных (*S*) волн для расчетной толщи грунтов на эталонном (э) и исследуемом участке (*i*);

 $\bar{\rho}_{j}$ и $\bar{\rho}_{i}$ – средневзвешенные значения плотностей грунтов для расчетной толщи на эталонном и исследуемом участке.

Значения скоростей распространения продольных и поперечных волн в грунтах определяются с помощью наземных и скважинных сейсморазведочных наблюдений. Для разрезов, содержащих несколько слоев, характеризующихся резким различием значений скоростей, средняя скорость вычисляется по формуле

$$\overline{V} = \frac{H}{\sum t_i},\tag{4.3.3}$$

где *H* – мощность расчетной толщи (до 15-20 м);

*t*_{*i*} – время вертикального пробега упругой волны в каждом слое.

$$t_i = \frac{h_i}{V_i},\tag{4.3.4}$$

где h_i – мощность *i*-го слоя; V_i – пластовая скорость в *i*-м слое.

Аналогичный подход можно использовать при расчете средней плотности в расчетной толще

$$\overline{\rho} = \frac{\sum \rho_i h_i}{H},\tag{4.3.5}$$

где ρi – плотность *i*-го слоя.

При изучении неводонасыщенных грунтов для расчетов используются скорости распространения как продольных, так и поперечных волн. При изучении водонасыщенных грунтов используются только скорости *S*-волн.

Значения плотности, входящие в расчет сейсмической жесткости, следует получать по данным лабораторных определений в соответствии с ГОСТ 5180-84 или по данным радиоизотопных наблюдений в соответствии с ГОСТ 23061-78. Данные о плотности грунтов в изучаемом районе могут быть получены также из имеющегося банка физических характеристик грунтов или из фондовых инженерно-геологических материалов.

Приращение сейсмической интенсивности за счет ухудшения сейсмических свойств грунтов при водонасыщении *Дв* определяется по формуле.

$$\Delta I = \alpha e^{-0.04h^2},\tag{4.3.6}$$

где α – коэффициент, равный 1 для песчаных грунтов, пластичных и текучих супесей, мягкопластичных, текучепластичных и текучих суглинков и глин; 0.5 – для твердых супесей, твердых, полутвердых и тугопластичных суглинков и глин, крупнообломочных грунтов с содержанием песчано-глинистого заполнителя не менее 30 % и сильновыветрелых скальных пород; 0 – для плотных крупнообломочных грунтов из магматических пород с содержанием песчано-глинистого заполнителя до 30 % и слабовыветрелых скальных и других грунтов.

Приращение сейсмической интенсивности за счет резонансных явлений *Дрез* рассчитывается при наличии в разрезе однородного слоя песчаных, глинистых или крупнообломочных грунтов с содержанием песчано-глинистого заполнителя более 30 %, подстилаемых скальными породами, характеризующимися значительно большими по сравнению с покрывающими отложениями значениями сейсмических жесткостей.

Значения *Дрез* следует учитывать в суммарном приращении в тех случаях, когда период, на котором проявляется резонанс *Трез*, соответствует периодам интенсивных колебаний сильных землетрясений, ожидаемых в исследуемом районе, в особенности при совпадении периодов собственных колебаний зданий и сооружений с резонансными периодами грунтов.

Значения Трез определяются по данным регистрации землетрясений и взрывов.

При наличии в массиве рыхлых грунтов, залегающих на скальных породах, двух и более слоев с различной сейсмической жесткостью расчет частотных характеристик грунтов и оценке *ДІрез* производятся аналитическими методами в соответствии с подходами, изложенными в главе 4.3.

4.3.1. Влияние рельефа местности

Рельеф местности в определенной мере влияет на изменение спектрального состава сейсмических колебаний. При сейсмическом микрорайонировании участков дорог и магистральных трубопроводов, расположенных на горных склонах, нормальные амплитудные характеристики колебаний грунта, уточненные за счет других данных (сейсмотектоническая обстановка, сейсмический режим в пункте строительства, местные грунтовые условия), дополнительно корректируются в зависимости от рельефа местности. Поправка определяется в форме коэффициента рельефа местности $K_{p.м}$, на который умножают расчетные амплитуды колебаний грунта.

Коэффициент $K_{p,M}$, учитывающий влияние рельефа местности на интенсивность сейсмического воздействия, находят линейной интерполяцией между величинами K_{hu3} и K_{gepx} в зависимости от высоты стройплощадки над дном долины.

Величина K_{Hu3} есть отношение амплитуд колебаний грунта на дне долины (A_{Hu3}) и на плоских горизонтальных участках местности (A_{nn}), удаленных от долины. Это отношение при равных грунтовых условиях определяется формулой

$$K_{i\hat{e}_{\zeta}} = \frac{A_{i\hat{e}_{\zeta}}}{A_{i\hat{e}}} = \frac{1}{1+B^{-x}},$$
(4.3.1.1)

где B – характеристика формы поперечного сечения долины; x – отношение длины сейсмической волны λ к глубине долины H.

Величина K_{sepx} есть отношение амплитуд колебаний грунта для площадок, расположенных в самых верхних частях склонов (A_{nu3}) и на плоских горизонтальных участках местности, удаленных от долины. Это отношение при равных грунтовых условиях находят по формуле

$$\hat{E}_{\hat{a}\hat{a}\hat{\partial}\hat{\sigma}} = \frac{A_{\hat{a}\hat{a}\hat{\partial}\hat{\sigma}}}{\hat{A}_{i\vec{v}}} = 1 + \frac{0.5}{1 + B^x}.$$
(4.3.1.2)

Для вычисления характеристики формы поперечного сечения долины используется формула

$$B = \frac{\sqrt{0.25L^2 + H^2}}{H},\tag{4.3.1.3}$$

где *H* – глубина долины, *L* – ширина долины поверху, измеряемая перпендикулярно оси долины.

 $\lambda = V_S T, \tag{4.3.1.4}$

где V_S – скорость поперечной волны, T – основной период колебаний грунта склонов при землетрясении.

4.3.2. Учет нелинейных эффектов

Согласно исследованиям В.Б. Заалишвили, приращение интенсивности для грунтов, учитывающее такой показатель нелинейных свойств грунтов как их тензочувствительность, можно оценить по формуле

$$\Delta I = 3 \lg \frac{\rho_{y} V_{y} \Delta V_{y}}{\rho_{i} V_{i} \Delta V_{i}}, \tag{5.1}$$

где $\rho_i V_i$, $\rho_j V_j$ – сейсмические жесткости исследуемых и эталонных грунтов, соответственно; ΔV_i , ΔV_3 – изменения скоростей сопоставляемых грунтов, обусловленные их тензочувствительностью.

Тензочувствительность. Тензочувствительность представляет собой безразмерную величину, характеризующую изменение физических свойств горных пород (скоростей распространения сейсмических волн, электропроводности, поглощения энергии и т.д.) при действии на них постоянного или медленно меняющегося поля напряжений. В исследованиях по СМР наиболее удобно рассматривать тензочувствительность скорости распространения сейсмической волны.

5. Порядок работы

5.1. Описание основных элементов

Вся работа приложения реализована в его трех основных окнах, обеспечивающих все необходимые функции для управления и визуализации данных. Управление данными и все вычисления реализованы в главном окне. Два вида используемых данных (сейсмограммы и спектры) обусловливают применение двух видов окон для визуализации и различных манипуляций с ними. Работа с сейсмограммами происходит в окне сейсмограмм. Работа со спектрами происходит в окне графиков и окне спектрального профиля.

5.1.1. Главное окно

В главном окне в верхней части имеется главное меню. Основную центральную часть занимают вкладки с элементами управления всеми данными. В нижней части окна расположена строка статуса, совмещенная с информатором о ходе выполнения различных этапов обработки.

Проект Сейсмограммы ? ГЛАВНОЕ МЕНЮ
Исходные данные Сведения о рельефе Структура Обработка Сводная информация Общие настройки Калькуляторы
 Добавить Из папки Удалить Моннить путь
вкладки с данными
Идентификатор пункта Время Начало Конец Длительность Оцифровка, Гц Событие Общее 200.0 Каналы Выбранное Показать запись ЧХТ Параметры канала Компонента Ослугимая амплитуда 1 Козф. АЦП Файл с ЧХ датчика Файл с ЧХ усилителя О Файл с ЧХ канала (датчик и усилитель) С Канала (датчик и усилитель)
0% инликатор состояния расчетов
строка статуса проект успешно загружен

5.1.1.1. Главное меню

Проекты – меню для управления проектами Новый – создание нового проекта Открыть – открытие существующего проекта Сохранить – сохранение открытого проекта Сохранить как – сохранение открытого проекта под новым именем Закрыть – закрытие текущего проекта Импорт – импортирование в проект записей из другого проекта Выход – выход из приложения

Сейсмограммы – меню для управления сейсмограммами Добавить – добавление новой сейсмограммы в список записей Из папки – добавление всех сейсмограмм из заданной папки Удалить – удаление записей из списка Изменить путь – изменение пути до файлов записей, выделенных в списке Объединить – объединение нескольких записей из списка

Сжать – объединение нескольких файлов записи в один и сохранение в сжатом де

виде

Разделить каналы – копирование записи согласно выделенным каналам *Создать копию записи* – клонирование записи

? - меню для доступа к справочной системе

Справка – открытие файла справки

О программе – отображение информации о версии приложения *Активация* – активация копии программного продукта

5.1.1.2. Вкладки

Вкладки приложения отражают общую последовательность действий при обработке данных. Некоторые вкладки вложены в другие вкладки, образуя следующую иерархию:

Исходные данные – вкладка, содержащая элементы управления записями и их свойствами.

Параметры записи – вкладка с элементами управления параметров записи. Параметры пункта наблюдения – вкладка с элементами управления параметров пункта наблюдения.

Сведения о рельефе – вкладка, включающая данные о формах рельефа (долинах), присутствующих на исследуемом участке.

Структура – вкладка, графически отображающая структуру загруженных данных.

Обработка – вкладка, включающая элементы управления, используемые для расчета спектров и манипуляций с ними.

Настройки – вкладка с настройками, влияющими на расчет спектров.

Идентичность – вкладка для обработки записей на идентичность.

Исходные спектры – вкладка для расчета и управления спектрами исходных записей.

Относительные спектры – вкладка для расчета и управления обычными относительными спектрами и их комбинациями.

Спектры Накамуры – вкладка для расчета и управления спектрами Накамуры.

Вариации – вкладка для управления визуализацией спектров.

Сводная информация – вкладка, включающая элементы управления, используемые для упорядочивания данных о локальных усилениях и для расчета сейсмической интенсивности.

Относительное усиление – вкладка для сбора данных о локальных резонансных усилениях, рассчитанных по стандартной методике.

Усиление по Накамуре – вкладка для сбора данных о локальных резонансных усилениях, рассчитанных способом Накамуры.

Влияние рельефа – вкладка для сбора данных о вкладе особенностей рельефа в сейсмическую интенсивность на каждом пункте наблюдения.

Жесткость и гидрогеология – вкладка для сбора данных о вкладе гидрогеологических факторов и фактора различий жесткости пород в сейсмическую интенсивность на каждом пункте наблюдения.

Итоговые приращение – вкладка для сбора данных о локальных усилениях и пересчета их в сейсмическую интенсивность и соответствующие ей параметры движения грунта.

Схема – вкладка для визуального отображения результатов оценки сейсмической интенсивности.

Топооснова – вкладка для формирования топографической подложки к данным, визуализируемым на вкладке *Схема*

Общие настройки – вкладка, включающая элементы управления настройками, влияющими на работу приложения.

Калькуляторы – вкладка, включающая элементы управления для экспресс-оценки изменений сейсмичности, обусловленных влиянием ряда факторов.

Примечания – вкладка для записи примечаний к текущему проекту.

5.1.1.3. Строка индикации состояния расчетов

Строка индикации состояния расчетов расположена над строкой статуса и отображает текущее состояние процесса расчета, а также загрузки и сохранения данных в процентах графически в виде горизонтальных синих полос, длина которых пропорциональна доле выполненной работы. Строка индикации состояния расчетов состоит из двух частей, из которых левая часть отражает состояние основного цикла работы приложения, а правая часть – состояние составляющих его этапов. Текстовое описание выполняемых расчетов (этапов) отображается в строке статуса.

5.1.1.4. Строка статуса

Строка статуса отображает дополнительную информацию об элементах управления, расположенных в главном окне или о командах меню. Информация меняется при наведении курсора мыши на интересующий элемент управления (кнопка, поле вода, список, выключатель и др.). При выполнении расчетов и загрузке данных, соответствующие информационные сообщения также будут высвечиваться в строке статуса. Длительные операции, такие как загрузка сейсмограмм и расчет спектров, сопровождаются изменением цветового индикатора, информирующем о ходе выполнения процесса. Поле с цветовым индикатором расположено над строкой статуса.

5.1.2. Окно сейсмограмм



© Дягилев Р.А., ГИ УрО РАН, 2010

Окно сейсмограмм загружает выбранную сейсмограмму в списке записей главного окна и появляется при нажатии кнопки *Изменить* или при двойном щечке левой кнопкой мыши над элементом списка.

В верхней части окно содержит панель инструментов, которые используются для задания временных интервалов обработки и выбора тихих интервалов записи.

Основную центральную часть окна занимает собственно сейсмограмма, которая визуализируется полностью. Часть записи, не попадающая в интервал обработки отображается темно-серым цветом. Интервалы с шумными участками записи отображаются красным цветом. В пределах красных интервалов отображаются также установленные уровни максимальных допустимых колебаний. Сейсмограмма визуализируется в едином масштабе для всех каналов, однако масштаб автоматически подбирается каждый раз при изменении временного масштаба визуализации.

В нижней части окна имеется строка статуса, отображающая информацию о текущем режиме работы в окне и сведения о доступных манипуляциях мышью и клавиатурой.

Окно сейсмограмм предназначено для визуальной оценки качества записей и выбора участков для обработки. Выбрать временной масштаб можно с помощью мыши, щелкнув левой кнопкой дважды в начале интересующего интервала и один раз – в конце. Двойной щелчок с движением мыши справа налево приведет к возврату к исходному масштабу визуализации, когда отображается сейсмическая запись полностью.

Видимый интервал можно изменить с помощью клавиш «I» (Zoom In – меньше) и «O» (Zoom Out – больше) на клавиатуре. Если визуализируется часть записи, можно двигаться по ней с помощью клавиш «<» (движение назад) и «>» (движение вперед). Для быстрого перемещения к началу записи – нажмите клавишу «Home», для перемещения в конец записи нажмите клавишу «End». Клавиши «+» и «-» отвечают за изменение вертикального масштаба визуализации.

Движение мыши по сейсмограмме сопровождается изменением показаний времени в строке статуса, соответствующих положению курсора, а также показаний текущих значений сейсмограмм (номер отсчета и его значение).

Для выбора участков обработки имеется четыре кнопки, из них первые три позволяют установить границы основного интервала. Четвертая кнопка управляет режимом выбора тихих интервалов в пределах основного.

|<- – кнопка, при нажатии которой левая граница основного интервала устанавливается в начало записи.

->| – кнопка, при нажатии которой правая граница основного интервала устанавливается в конце записи.

Интервал для обработки Нажатие этой кнопки включает режим выбора основного интервала обработки. Границы основного интервала устанавливаются непосредственно на сейсмограмме левой и правой кнопкой мыши. Нажатием левой кнопки можно менять положение его левой границы, нажатием правой кнопки меняется положение его правой границы. По-

вторное нажатие кнопки отключает данный режим.

Интервал с допустимым уровнем шума Нажатие этой кнопки включает режим выбора интер-

вала с допустимым уровнем шума (тихий интервал). Поскольку расчет спектров осуществляется по данным, не содержащих значительных помех, необходимо их как-то идентифицировать. Идентификация помех происходит по амплитуде колебаний. При включении режима следует выбрать интервал, подходящий для обработки посредством движения мыши, удерживая нажатой ее левую кнопку. На выбранном интервале для каждого канала находится максимальная амплитуда, которая становится критерием для поиска других тихих интервалов, где уровень шумов такой же или ниже. Поиск интервалов осуществляется согласно установленному в <u>настройках</u> способу *Сегментирования данных*. Интервалы, в пределах которых амплитуда превышает допустимый уровень, на сейсмограмме будут отмечены крас-

ным цветом. Повторное нажатие кнопки отключает данный режим. Полезное количество информации (в абсолютных единицах и в процентах) отображается справа от кнопки.

Ок Нажатие кнопки ведет к запоминанию текущих параметров диалогового окна

и его закрытию.

Отмена Нажатие кнопки ведет к отказу от использования текущих параметров диалогового окна и его закрытию.

См. также: Настройки

Выбор интервалов для обработки

5.1.3. Окно графиков

Окно графиков загружает выбранный спектр из любого списка и появляется при нажатии кнопки *Показать* или при двойном щечке левой кнопкой мыши над элементом списка.



Окно графиков в верхней части содержит панель инструментов. Выключатели Logx и LogY позволяют переключаться с линейного масштаба визуализации на логарифмический. Здесь же располагается список **Выбрать** E00_E, обеспечивающий выбор элемента спектра, который будет использоваться при его дальнейшей обработке. Список может быть доступен или нет в зависимости от того, какие данные визуализируются в окне графиков. Для быстрого просмотра графиков имеется возможность загружать соседние (по алфавиту) файлы с помощью кнопок Предыдущий и Следующий, при этом переход может сопровождаться автоматической редакцией предпочтительного выбора элемента спектра для дальнейшей обработки посредством выключателя Зафиксировать выбор

Основную часть окна графиков занимают собственно графики, которые изначально визуализируются полностью. При необходимости отобразить часть графиков следует использовать манипуляции мышью. Выделение части графика при движении указателем мыши вправо-вниз с нажатой левой кнопкой позволяет отобразить выделенную часть графика. Та же манипуляция с движением мыши, отличном от движения вправо-вниз, возвращает исходные масштабы визуализации. Движение мыши с нажатой правой кнопкой позволяет смещать график в любую сторону, при этом масштаб визуализации не меняется.

В левой части окна имеется список визуализируемых элементов графика. Обычно элементы размещаются парами (параметр и его стандартное отклонение). Основные элементы списка на графике показаны сплошными линиями, их стандартные отклонения – точками. Пары отображаются на графике одним цветом, который можно идентифицировать на цвето-

вой шкале, расположенной между списком и графиком. Список имеет выключатели, позволяющие менять набор отображаемых элементов.

См. также: <u>Просмотр исходных спектров</u> <u>Просмотр обычных и комбинированных спектров</u> <u>Просмотр спектров Накамуры</u> <u>Вариации спектров</u>

5.1.4. Окно спектрального профиля

Спектральный профиль позволяет отобразить вариации спектральных амплитуд в пространстве вдоль какого-либо профиля. На профиле вдоль оси абсцисс располагаются пункты наблюдения, вдоль оси ординат – спектральная частота, а цветом отображается амплитуда спектров. Окно появляется при нажатии кнопки **Показать профиль** (2D) на вкладке Обработка / Вариации.



Здесь в левой части расположены элементы управления, влияющие на визуализацию профиля, в правой – собственно профиль.

Fmin, Гц. Минимальный предел отображаемой полосы частот в Герцах.

Fmax, Гц. Максимальный предел отображаемой полосы частот в Герцах.

Lg F. Флаг логарифмического представления шкалы частот.

Amin. Минимальный предел отображаемых спектральный амплитуд.

Атах. Максимальный предел отображаемых спектральный амплитуд.

Lg F. Флаг логарифмического представления шкалы амплитуд.

Авто. Флаг автоматической установки пределов для полосы частот или амплитуд.

Порядок пунктов. Переключатель способа упорядочивания пунктов наблюдения. В зависимости от выбранного способа пункты могут быть расположены в порядке их упоминания в проекте (*как есть*), *по алфавиту*, по координате X или Y, по расстоянию *от* некоторого *пункта* (имя пункта запрашивается при выборе данного способа).

Равномерно. Флаг, позволяющий регулировать шаг по оси абсцисс. Доступен только для способов упорядочивания *X*, *Y* и *от пункта*. Отключение флага приведет к использова-

нию указанного переключателем *Порядок пунктов* параметра в качестве критерия, по которому будет определяться расстояние между пунктами.

Компонента. Выберите компоненту спектра, которую следует отображать. В каждом пункте наблюдения имеется спектр минимум трех компонент: *E*, *N*, *Z*.

Обновить. Кнопка, при нажатии которой профиль будет перерисован в соответствие с установленными параметрами визуализации.

См. также: Вариации спектров

5.2. Подготовка данных к обработке

5.2.1. Работа с проектами

Все необходимые для обработки данные, дополнительная информация и параметры обработки объединены структурой, которая может быть сохранена в виде проекта. Проекты имеют расширение MRP. Поддерживается два основных вида файлов проекта (текстовый и бинарный). В текстовом проекте данные хранятся в текстовом виде, удобном для ручного редактирования, однако этот вид проекта не удобен для оперативной работы, поскольку сохранение больших проектов может занимать продолжительное время. Бинарный вид проектов может использоваться в повседневной работе, обеспечивая наибольшее быстродействие при сохранении данных. Скорость чтения проектов обоих видов одинаковая.

Каждому файлу-проекту создается соответствующая папка (*\$PrjDir*), куда будут сохраняться данные, относящиеся только к этому проекту. Имя папки схоже с именем проекта и дополнено сигнатурой "_mrp", примыкающей к концу.

5.2.1.1. Создание проекта для нового объекта

Новый проект создается автоматически при каждом новом запуске приложения. Также создать новый проект можно с помощью команды *Новый* в меню *Проект*. После этого можно приступать к заполнению созданного проекта данными.

5.2.1.2. Открытие существующего проекта

В меню *Проект* выберите команду *Открыть*, найдите и выберите в появившемся диалоговом окне файл нужного проекта.

Если установить ассоциацию расширения MRP с приложением, открытие проектов можно выполнять с помощью двойного щелчка по имени файла.

Открытие или создание нового проекта сопровождается записью его имени в список последних загруженных файлов. Можно загрузить любой проект из этого списка, выбрав соответствующее имя в нем.

5.2.1.3. Сохранение проекта

Загруженный проект можно сохранить на диск. Для сохранения открытого проекта под тем же именем в меню *Проект* выберите команду *Сохранить*. Для сохранения вновь созданного проекта или сохранения проекта в файл с другим именем выберите в меню *Проект* команду *Сохранить как*.

В файл проекта сохраняются следующие элементы:

- сведения о рельефе
- список данных,
- структура данных
- связи с файлами АЧХ
- параметры обработки
- общие настройки
- дополнительные точки и свойства топосоновы

- примечания к проекту

Не сохраняются:

- список записей для визуализации вариаций спектров (список формируется каждый раз пользователем),

- сводная информация (генерируется каждый раз при вызове соответствующей команды).

Сохранить проект можно как в текстовом, так и в бинарном виде. Выберите соответствующий вид проекта в диалоговом окне из нижнего выпадающего списка. По умолчанию при использовании команды *Сохранить* проекты сохраняются в бинарном виде, при использовании команды *Сохранить как* – в текстовом.

5.2.1.4. Закрытие текущего проекта

В меню **Проект** выберите команду **Закрыть**. Если проект не был сохранен, будет предложено предварительно сохранить его.

5.2.1.5. Импорт данных из других проектов

В меню **Проект** выберите команду **Импорт**. После появления диалогового окна выберите файл проекта, данные которого необходимо добавить в текущий проект. При импорте из выбранного файла-проекта берутся следующие данные: список записей и их параметры, список долин с параметрами долин.

При необходимости также в проект можно легко импортировать дополнительные пункты, растры топоосновы и пикеты профиля. Эти данные хранятся в папке проекта и легко могут быть перенесены из другого проекта простым копированием. Все файлы хранятся в текстовом виде, поэтому также доступны для непосредственного редактирования.

5.2.1.6. Версии проектов

В настоящем виде приложение поддерживает две версии файла-проекта, соответствующие этапам развития возможностей приложения. Каждая новая версия позволяет сохранять в проект данные и настройки, которые в предыдущих версиях отсутствовали. Версии проектов являются совместимыми, то есть старый проект всегда можно открыть приложением последней версии и наоборот, проекты, сохраненные в последних версиях формата записи всегда можно открыть старой версией приложения.

Бинарный вид проектов в связи с развитием приложения в будущем может быть модифицирован и дополнен блоками, содержащими данные новых версий. Текстовый вид проекта, обладая структурой INI-файла, при добавлении новых полей всегда может быть модифицирован до последней версии.

При загрузке проекта в первую очередь читаются блоки ранних версий, а недостающая информация устанавливается в соответствие с настройками по умолчанию. Для сохранения проекта в более ранней версии необходимо ее явно указать в диалоге сохранения проекта (команда *Сохранить как*).

5.2.2. Работа с сейсмограммами

Новый или существующий проект должен содержать список сейсмограмм, которые предстоит обработать. Сейсмограммы, или записи, можно добавлять в проект, удалять из проекта, объединять друг с другом, копировать, сжимать, сортировать. Эти операции доступны из меню *Сейсмограммы*, через кнопки на панели инструментов и через контекстное меню списка. Исходные параметры, необходимые для обработки каждой сейсмограммы, можно редактировать во вкладке *Исходные данные*. Записи имеют параметры, которые редактируются во внутренней вкладке *Параметры записи*. Каждой записи ставится в соответствие пункт наблюдения. Параметры пунктов наблюдения можно редактировать во второй внутренней вкладке *Параметры*.

MicroReg 1.2. Справочная информация

🔶 🗁 Добавить Из папки У,	- 😿 🤹 🖓 Сормат Далить Изменить путь Объединить Сжать Разделить каналы Взять из Сохр. в Формат данных	ec 💌
С:\Work\Сочи\Белый Пар С:\Work\Сочи\Белый Пар С:\Work\Сочи\Белый Пар С:\Work\Сочи\Белый Пар С:\Work\Сочи\Белый Пар С:\Work\Coчи\Белый Пар C:\Work\Coчи\Белый Пар C:\Work\Coчи\Белый Пар C:\Work\Coчи\Белый Пар C:\Work\Coчи\Белый Пар C:\Work\Coчи\Белый Пар C:\Work\Coчи\Белый Пар С:\Work\Coчи\Белый Пар	pgc\ZipData\2008jul10-1349_56_909592_002.evt.A00.rec pgc\ZipData\2008jul10-1159_16_378424_004.evt.A01_A02.rec pgc\ZipData\2008jul10-1159_16_378424_004.evt.A01_A02.rec pgc\ZipData\2008jul10-1616_56_373170_004.evt.A03_A04.rec pgc\ZipData\2008jul10-1616_56_373170_004.evt.A03_A04.rec pgc\ZipData\2008jul11-1230_25_217556_004.evt.A05_A06.rec pgc\ZipData\2008jul11-1230_25_217556_004.evt.A05_A06.rec pgc\ZipData\2008jul11-1307_16_909643_002_evt.A00.rec pgc\ZipData\2008jul11-1545_48_372695_004.evt.A07_A08.rec pgc\ZipData\2008jul11-1545_48_372695_004.evt.A07_A08.rec pgc\ZipData\2008jul11-1545_48_372695_004.evt.A07_A08.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A07_A08.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1200_23_241639_004.evt.A09_A10.rec pgc\ZipData\2008jul12-1508_26_37061_004.evt.A09_A10.rec	
Идентификатор пункта А03 Каналы В ЕХО4 В ХО4 2204 № ЕХО3 № NY03 Я Z203	Время Начало Конец Длительность Оцифровка, Ги Со Общее 10.07.2008 12:16:56 10.07.2008 14:08:33 1:51:37 400.0 Выбранное 10.07.2008 12:16:56 10.07.2008 14:08:33 1:51:37 Показать запись Параметры канала Компонента Е ✓ Допустимая амплитуда 1 ← Козф. АЦП Файл с ЧХ датчика Файл с ЧХ усилителя 100000000 Файл с ЧХ канала (датчик и усилитель) "С:\Work\Сочи\Белый Парус\EX04_1516.rsp"	бытие ЧХТ ЧХД ЧХУ ЧХУ

5.2.2.1. Добавление записей

Для добавления записей в проект можно воспользоваться двумя возможными вариантами действий.

Первый способ удобен при заполнении проекта данными, которые размещены в одной папке. Чтобы добавить все файлы записей, расположенные в какой-либо папке, выберите подходящий **Формат данных**, нажмите кнопку **Из папки** или выберите команду **Из папки** в меню **Сейсмограммы**. Появится диалоговое окно, в котором следует указать папку с данными.

Примечание. При загрузке данных из формата .ugr* имеется возможность автоматически вносить записи в проект вместе с координатами пунктов наблюдения, поэтому перед выбором папки появляется дополнительный запрос имени файла с историей GPS-координат. Данный файл создается конвертером из первичных бинарных файлов UGRA. Укажите этот файл, если он имеется. Если файла нет – нажмите кнопку *Отмена*. В последнем случае координаты точек наблюдения необходимо будет

Второй способ позволяет добавлять файлы с записями выборочно. Для этого нажмите кнопку *Добавить* или выберите команду *Добавить* в меню *Сейсмограммы*. В появившемся диалоговом окне выберите файлы, которые нужно добавить в проект. Для файлов в формате .*ugr** справедливо примечание выше.

После добавления записей во вкладке *Исходные данные* список записей будет содержать имена загруженных файлов или первых файлов, если записи состоят из нескольких файлов. Объединение файлов в записи происходит автоматически при добавлении данных первым способом. При этом записи считаются непрерывными, если их параметры регистрации одинаковы и разница во времени между концом предыдущего и началом последующего файлов не превышает заданной величины. Данная величина задается параметром *Макс. разрыв между записями, с,* расположенной на вкладке *Настройки* в группе параметров *Загрузка записей*.

Приложением поддерживается загрузка записей в следующих форматах:

- **.rec** бинарный формат хранения записей, используемый лаб. ПТС ГИ УрО РАН (файлы, удовлетворяющие маске *.*rec*);
- .iss_dat текстовый формат, используемый при экспорте записей из БД ISSI (файлы, удовлетворяющие маске *.iss_dat);

.ugr*	бинарный формат записей, экспортированных из файлов, создаваемых стан-
	цией ГС РАН UGRA (файлы, удовлетворяющие маске ???????Z*.ugr*);
.sdas	бинарный формат хранения записей, используемый станциями ГС РАН .sdas
	бинарный формат хранения записей, используемый станциями ГС РАН
	SDAS (файлы не имеют общей маски, поэтому перед их добавлением следует
	к файлам добавить расширение *. <i>sdas</i>);
.reftek	бинарный формат хранения записей, используемый REF TEK (файлы, удо-
	влетворяющие маске ???????_*);
.gcf	бинарный формат хранения записей, используемый Guralp (файлы, удовле-
	творяющие маске *.gcf);
.ddb	формат формат хранения записей, используемый станциями DeltaGeon (фай-
	лы, удовлетворяющие маске *. <i>adb</i> , *. <i>ddb</i>);
.msd, .mseed бинарный формат хранения записей MiniSEED (файлы, удовлетворяю-	
	щие маске *. <i>msd</i> , *. <i>mseed</i>);
.wfd*	формат CSS 3.0 (файлы, удовлетворяющие маске *.wfd*)
.baikal	формат записей, используемый в станциях "Байкал" (файлы, удовлетворяю-
	щие маске ???????и*.*)

5.2.2.2. Удаление записей

Выберите одну или несколько записей в списке, которую следует удалить из проекта. Нажмите клавишу *Del* на клавиатуре, кнопку *Удалить* на панели инструментов или команду *Удалить* в меню *Сейсмограммы* для удаления выделенных записей.

5.2.2.3. Объединение записей

По причине несовпадения действительной частоты оцифровки АЦП с номинальной в непрерывной записи время конца сейсмограммы в одном файле может отличаться от времени начала следующего файла. Иногда эта разница может превышать величину 10 с, выбранную в качестве критерия непрерывности данных. Как правило, это характерно для длинных сейсмограммы. Короткие сейсмограммы (до 30 минут) объединяются в записи достаточно точно.

Если объединение файлов в записи произошло не совсем корректно, это можно исправить, воспользовавшись возможностью объединения. Для объединения записей, загруженных в проект, необходимо их выделить в списке, после чего нажать кнопку *Объединить* или выбрать команду *Объединить* в меню *Сейсмограммы*.

После объединения более поздние записи из списка исчезнут, останется только самая ранняя из них, при этом время ее конца изменится, став равным времени конца самой поздней записи.

Примечание: не рекомендуется объединять записи, полученные из исходных форматов UGR, если планируется их дальнейшее сжатие, а составляющие новой записи имеют разную длину временного ряда данных. Формат хранения сжатых данных предполагает разделение данных на блоки равной длины. Фактически разделение на блоки происходит по файлам (один файл = один блок).

5.2.2.4. Изменение пути до исходных файлов

Один проект может содержать информацию об исходных данных, расположенных физически в большом количестве файлов. Если по какой-либо причине файлы исходных данных будут перемещены в место, отличное от того, когда создавался проект, ссылки на них становятся недействительными, в результате чего данные становится невозможно загружать и обрабатывать. Для случаев полного или частичного переноса данных в другую папку имеется возможность восстановить актуальность ссылок посредством смены пути до файлов. Для этого необходимо в списке записей выделить нужные сейсмограммы и выбрать команду *Изменить путь* непосредственно на вкладке *Исходные данные* или в меню *Сейсмограммы*.

5.2.2.5. Сжатие исходных данных

Использование различных видов аппаратуры для получения исходных данных приводит к необходимости создания различных конвертеров, обеспечивающих возможность загрузки сейсмограмм в приложение. Конвертированные или сами исходные данные не всегда оптимальны для использования и хранения. Большое количество файлов существенно замедляет процесс их загрузки, а использование обычных бинарных или текстовых кодов не эффективно для хранения на диске. В приложении имеется возможность максимально ускорить процесс загрузки записей, состоящих из нескольких файлов, при этом для каждой записи создается сжатая копия, которая помещается в папку *\$ResDir\ZipData*, где *\$ResDir – папка хранения результатов проекта*. При сжатии несколько файлов объединяются в один, что в последствие при загрузке непрерывной записи исключает необходимость составления списка файлов, формирующих эту запись. Также существенно снижается объем занимаемого дискового пространства, отводимого под данную запись. Обычные бинарные данные сжимаются в среднем до 5 раз. Текстовые файлы можно сократить в объеме до 10-15 раз. После сжатия в проекте старая ссылка заменяется на новую, соответствующую сжатой записи.

Для сжатия необходимо в списке записей выделить нужные сейсмограммы и выбрать команду *Сжать* непосредственно на вкладке *Исходные данные* или в меню *Сейсмограммы*.

Примечание 1: при сжатии формируется файлы с параметрами полностью идентичными исходным за исключением имени станций, которое в проекте может отличаться от указанного в файле. В сжатых файлах будет установлено то имя станции, которое указано в проекте.

Примечание 2: не рекомендуется сжимать записи, полученные из исходных форматов UGR, если они ранее были объединены из нескольких других записей, и составляющие их файлы имели разную длину временного ряда данных. Формат хранения сжатых данных предполагает разделение данных на блоки равной длины. Фактически разделение на блоки происходит по файлам (один файл = один блок).

5.2.2.6. Разделение каналов записи

Идеология работы приложения построена таким образом, чтобы одной трехкомпонентной записи всегда соответствовал один пункт наблюдения. Иногда для оптимизации полевых наблюдений это условие не соблюдается: одна запись содержит сейсмограммы, полученные в различных пунктах наблюдения, при этом не всегда они содержат все три компоненты. Для корректной обработки такой записи необходимо создать столько ее копий, сколько отдельных пунктов в ней представлено.

Разделение записей в приложении осуществляется поканально, поэтому заранее необходимо отметить только те каналы, которые соответствуют различным пунктам, чтобы далее в списке записей они фигурировали отдельно. Если, например, запись содержит однокомпонентные сейсмограммы, каждая из которых характеризует один пункт, то необходимо отметить галочкой все эти каналы. Если же одному пункту наблюдения на записи принадлежит сразу несколько сейсмограмм (трехкомпонентные), то для правильного разделения необходимо отметить только один из каналов каждого такого пункта.

Разделение записей эквивалентно созданию ее копий, отличающихся только названием станции (новое имя станции формируется из имени станции, записанном в файле и имени отделяемого канала), и набором выделенных каналов (автоматически выделяется только один отделяемый канал). При разделении каналов в приложении создается только копия информационной структурной единицы, соответствующей конкретной записи, при этом копирование файлов не производится.

Для разделения каналов необходимо в списке записей выделить нужные сейсмограммы, в списке каналов выделить галочкой разделяемые каналы (пункты наблюдения) и выбрать команду **Разделить каналы** непосредственно на вкладке **Исходные данные** или в меню **Сейсмограммы**.
Примечание: после разделения исходная запись остается в списке. Поскольку она не представляет важности для обработки, ее можно удалить.

5.2.2.7. Сортировка записей

Для удобства работы список записей может быть отсортирован по 6 критериям: по имени файла, по имени пункта, по времени начала записи, по времени конца записи, по длительности всей записи, по длительности выбранной части записи. Для сортировки выберите соответствующий вариант в меню Сейсмограммы/Сортировка или в контекстном меню списка записей.

ВАЖНОЕ ПРИМЕЧАНИЕ: не рекомендуется выполнять сортировку записей, если уже установлены флаги во вкладке *Обработка*, указывающих необходимость расчета исходных синхронных спектров, относительных спектров, комбинаций и синхронных спектров Накамуры. Также не рекомендуется выполнять сортировку записей, если установлены связи внутри комбинированных спектров. Убедитесь, что список комбинированных спектров пуст. Если сортировка все-таки необходима, то отредактируйте этот список заново после сортировки. Если в проекте имеется вероятность возникновения указанных выше условий, перед сортировкой появится соответствующее предупреждение.

5.2.2.8. Просмотр записи

Запись можно визуализировать в окне сейсмограмм. К просмотру записей можно приступить, дважды щелкнув левой кнопкой мыши на выбранной записи в списке либо нажав кнопку **Показать запись** на вкладке <u>Параметры записи</u>. При загрузке записи выполняется формирование полной сводки параметров файлов в папке, где расположен первый файл записи. Из этого списка выбираются только те файлы, которые имеют схожий идентификатор пункта и попадают в заданный временной интервал записи. Запись, состоящая из нескольких файлов формируется последовательно и непрерывно (без брешей) в порядке, определяемом временем старта каждого файла. Сформированный таким образом массив данных визуализируется в окне сейсмограмм. Стоит иметь в виду, что при наличии в папке данных большого количества файлов, сводка будет формироваться при открытии каждой новой записи, что может отнимать много времени. Такое не происходит только при повторной визуализации какой-либо записи. В целях сокращения времени загрузки записей рекомендуется использование <u>сжатых записей</u>.

Способы навигации и виды операций, доступные при визуализации, описаны в главе Окно сейсмограмм.

Идентификатор пункта А1430	Время На Общее 14	ачало 4.07.2008 7:38:09	Конец 14.07.2008 8:00:20	Длительность 0:22:11	Оцифровка, Гц 📃 🖸 400.0	Событие				
, Каналы	Выбранное 1	4.07.2008 7:40:21	14.07.2008 8:00:20	0:19:59	Показать запись	ЧХТ				
EX04 NY04 ZZ04 EX03 NY03 ZZ03	Параметры к Компонента ФайлсЧХд	канала Е Доп цатчика	иустимая амплитуда 58 Файл 🚰 💉	01 🗲 с ЧХ усилителя	Казф. АЦП 1000000000 С	ч×д ч×у				
	Файл с ЧХ канала (датчик и усилитель) C:\Work\Covu\Aэponopt\EX04_1516.rsp									

5.2.2.9. Редактирование параметров записи

Выбрав одну или несколько записей в списке, можно осуществлять редактирование их свойств. Если выделено несколько записей, то вносимые изменения будут применены к каждой из них. Групповое редактирование параметров возможно только для следующих элементов управления: *Идентификатор пункта*, список *Каналов* и поля редактирования параметров канала – *Компонента*, *Допустимая амплитуда* и все виды *Файлов с ЧХ*.

Каналы. Здесь отображается список каналов, имеющихся в отмеченных записях. Каждому каналу можно установить флаг, указывающий на необходимость обработки данных, содержащихся в нем. Выделенный канал может быть переименован с помощью команды *Переименовать* из контекстного меню.

Идентификатор пункта. Данный параметр позволяет каждой записи присвоить уникальное имя пункта, где она была получена. При добавлении новых записей в проект имя пункта по умолчанию соответствует названию станции, хранящемуся в файлах. Метка поля имеет функциональную особенность – при двойном щелчке левой кнопки мыши (ДЩЛКМ) в буфер обмена будут скопированы все имена пунктов проекта. Содержимое буфера может быть вставлено в электронные таблицы или в файл в виде отдельной колонки данных.

Время. Параметр отображает время начала и конца выбранной записи (**Общее время**) или устанавливает время начала и конца участка записи, который предстоит подвергнуть обработке (**Выбранное время**).

Также для выбранной записи визуализируется ее Длительность (общая и длительность интервала для обработки) и частота **Оцифровки, Гц**.

Метки полей «*Начало*», «*Конец*», «*Оцифровка, Гц*» функциональны. При ДЩЛКМ над любой из них для выбранной записи будет предложено изменить соответствующую названию метки величину.

Показать запись. Нажатие этой кнопки позволяет отобразить запись и изменить некоторые параметры ее обработки. Более подробные сведения о работе в этом режиме изложены в главе <u>Выбор интервалов для обработки</u>. Альтернативой копки является двойной щелчок левой кнопкой мыши на нужной записи в списке.

Примечание: если запись продолжительна, процесс ее загрузки может быть длительным, поэтому после нажатия кнопки ее назначение меняется, и кнопка имеет название *Остановить загрузку*. Нажатие кнопки в этом измененном состоянии приведет к прекращению загрузки. Аналогичный эффект получается при нажатии клавиши ESC на клавиатуре во время загрузки. Для снижения времени загрузки рекомендуется использовать сжатые записи (см. <u>Сжатие исходных данных</u>).

Событие. Флаг, указывающий, что данная запись (записи) является записью импульсного сейсмического явления, которое обрабатывать следует не так как записи микросейсмических шумов. Способ обработки записей определяется настройками, которые устанавливаются на вкладке *Обработка/Настройки* раздельно для событий и шумов.

ЧХ. Нажатие кнопки, название которой начинается на ЧХ, позволяет отобразить частотные характеристики, соответствующие выбранной записи. Можно визуализировать разные составляющие ЧХ, такие как ЧХ датчиков (**ЧХД**), ЧХ усилителей (**ЧХУ**), ЧХ каналов, включающих датчики и усилители (**ЧХК**), ЧХ трактов регистрации, состоящих из датчиков, усилителей и АЦП (**ЧХТ**)).

5.2.2.9.1. Установка параметров каналов

Установка параметров канала выполняется в группе элементов управления **Параметры** *канала*. В данной группе отображаются параметры того канала, который выделен в их списке.

Компонента. Установите направление колебаний, соответствующее выбранному каналу. По умолчанию все каналы имеют вертикальную ориентацию (Z).

Допустимая амплитуда. Установите максимальную амплитуду колебаний, которые можно рассматривать при обработке как «условно тихие». Именно для тех интервалов, в пределах которых амплитуда сигнала не превышает заданный уровень, будет вестись расчет спектров.

Коэф. АЦП. Нередактируемое поле, отображающее коэффициент преобразования АЦП для текущего канала записи. Коэффициент имеет размерность [В⁻¹] (количество отсчетов АЦП на 1 Вольт). Как правило, это значение хранится в файле записи. Всегда имейте в виду этот коэффициент при подстановке файлов ЧХ. Однако, некоторые форматы исходных дан-

ных (SDAS, UGRA) изначально не содержат информации о нем, поэтому для таких файлов он может иметь отличные от 1 значения, то есть его необходимо учитывать. Метка поля *Ко-эф. АЦП* функциональна. При ДЩЛКМ для выбранной записи запрашивается новое значение оцифровки.

Файл с ЧХ датчика. Задайте в данном поле имя файла, где содержится ЧХ датчика, соответствующая выбранном каналу. Файл с ЧХ датчиков должен иметь специальный формат, описанный в главе <u>Формат записи частотных характеристик аппаратуры</u>. Для того, чтобы всем каналам записи присвоить одно и тоже имя файла с ЧХ датчика, нажмите кнопку *****, расположенную справа от поля. Данное поле обязательно для заполнения, если не задан параметр **Файл с ЧХ канала**. Метка поля **Файл с ЧХ датчика** функциональна. При ДЩЛКМ выбранному каналу присваивается единичная АЧХ, которую предлагается сохранить в появившемся диалоговом окне во внешний файл.

Файл с ЧХ усилителя. Задайте в данном поле имя файла, где содержится ЧХ усилителя, соответствующая выбранном каналу. Файл с ЧХ усилителя должен иметь специальный формат, описанный в главе <u>Формат записи частотных характеристик аппаратуры</u>. Для того, чтобы всем каналам записи присвоить одно и тоже имя файла с ЧХ усилителя, нажмите кнопку ..., расположенную справа от поля. Данное поле обязательно для заполнения, если не задан параметр **Файл с ЧХ канала**. Метка поля **Файл с ЧХ усилителя** функциональна. При ДЩЛКМ выбранному каналу присваивается единичная АЧХ, которую предлагается сохранить в появившемся диалоговом окне во внешний файл.

Файл с ЧХ канала. Задайте в данном поле имя файла, где содержится ЧХ выбранного канала (датчик и усилитель). Файл с ЧХ канала должен иметь специальный формат, описанный в главе <u>Формат записи частотных характеристик аппаратуры</u>. Для того, чтобы всем каналам записи присвоить одно и тоже имя файла с ЧХ, нажмите кнопку , расположенную определение областение областение аправление социальные иметь сарактеристик аппаратуры.

справа от поля. Данное поле обязательно для заполнения, если не заданы параметры **Файл с ЧХ датчика** и **Файл с ЧХ усилителя**. Метка поля **Файл с ЧХ канала** функциональна. При ДЩЛКМ выбранному каналу присваивается единичная АЧХ, которую предлагается сохранить в появившемся диалоговом окне во внешний файл.

Для возможности расчета спектров необходимо обеспечить записи сведениями о ЧХ каналов. Если имеется ЧХ всего канала, ее обязательно следует указать в поле **Файл с ЧХ** канала. Однако при ее отсутствии ЧХ канала будет рассчитываться исходя из частотных характеристик, заданных для тандема «датчик и усилитель». Выберите способ задания ЧХ, который наиболее соответствует Вашему случаю. Если необходимые ЧХ не будут заданы, при попытке расчета спектров появится предупредительное сообщение, содержащее информацию о соответствующей записи.

Для случаев, когда используется одна и та же аппаратура для измерений в различных пунктах наблюдения, предусмотрен способ быстрой загрузки ее особенностей (АЧХ и ориентация компонент). Для сохранения особенностей какого либо набора аппаратуры, необходимо указать все необходимые файлы АЧХ и компоненты применительно к одной из записей, полученной этой аппаратурой. Эти настройки можно сохранить во внешнем INI-файле с помощью команды *ЧХ в*, доступной через меню *Сейсмограммы* или непосредственно через нажатие одноименной кнопки на вкладке *Исходные данные*. Для последующей загрузки настроек АЧХ и компонент в другие записи используйте команду *ЧХ из*, предварительно выделив их в списке записей.

5.2.2.9.2. Выбор интервалов для обработки

Помимо ручного способа задания параметров, влияющих на выбор интервалов для обработки, процедуру выбора интервалов можно выполнить наглядно в специальном диалоговом окне, визуализирующем как сами сейсмограммы, так и интервалы для обработки. Способ навигации в окне описан в главе <u>Окно сейсмограмм</u>.

39

В данном режиме можно задать следующие два вида интервалов:

- интервал для обработки,
- интервал с допустимым уровнем шума.

Для выбора интервала обработки нажмите кнопку **Выбор интервала обработки**. Нажатое состояние кнопки свидетельствует о том, что режим выбора интервала обработки включен. Чтобы установить начало интервала обработки щелкните левой кнопкой мыши на сейсмограмме в том месте, где это необходимо. Аналогично щелчком правой кнопки мыши установите конец интервала обработки. Используя кнопки |<- и ->| , можно вернуть

границы в исходное состояние – начало записи и ее конец, соответственно. Участок записи, оставшийся за пределами выбранного интервала будет отображаться темно-серым цветом. Для завершения работы в данном режиме нажмите кнопку **Выбор интервала обработки** еще раз.

Для выбора участка записи, который может выступать в качестве образца тихого, нажмите кнопку *Интервал с допустимым уровнем шума*. Удерживая нажатой левую кнопку мыши, проведите курсором от начала до конца тихого интервала. Повторите процедуру выбора для другого участка записи, если это необходимо. Поиск тихих интервалов осуществляется согласно установленному в <u>настройках</u> способу *Сегментирования данных*. Участки записи, не отвечающие по уровню амплитуд, будут отображаться красным цветом. Выделение тихих интервалов сопровождается расчетом доли полезного времени в абсолютных (чч:мм:сс) и относительных (%) единицах, величина которой отображается над сейсмограммой, справа от кнопки с данной командой. Повторное нажатие кнопки отключает данный режим.

После установки интервала для обработки и интервала с допустимым уровнем шума нажмите *Ok*, чтобы диалоговое окно закрылось, а выбранные вами интервалы вступили в действие. Нажатие кнопки *Отмена* также приведет к закрытию диалогового окна, но текущие параметры интервалов использоваться не будут.

См. также: Настройки Окно сейсмограмм

5.2.2.10. Редактирование параметров пункта наблюдения

Установка параметров пункта наблюдения выполняется во вкладке *Параметры пункта наблюдения*, где имеются элементы управления и их группы, позволяющие установить местоположение пункта и свойства грунта. На вкладке отображаются параметры пункта той записи, которая выделена в их списке.

Координаты × 78.00000 € 49291.00000 € 78.00000 € В системе координат СК-42 (Г-К) С Долина 12-Тоннель5 пк412-422 С	Грунт Тип по водонасыщаемости УГВ Ненасыщаемые ? 10.0 ? Описание грунта Суглинок	Категория по сейсм. св-вам II	Параметры жесткости Vp, м/с 600 € Vs, м/с 300 € p, г/см^3 1.75 €
Лесная дорога, ЛЭП в 30 м на севере			

5.2.2.10.1. Установка координат и данных о рельефе

Группа *Координаты* позволяет занести данные о местоположении пункта наблюдения. *X*. Горизонтальная координата X (восток) пункта наблюдения в прямоугольной системе координат (проекция Гаусса-Крюгера). Метка поля функциональна. При ДЩЛКМ на метке происходит копирование прямоугольных координат всех пунктов проекта в буфер обмена. Данные организованы в виде трех колонок (X, Y и Z), разделенных табуляторами. Содержимое буфера можно вставить в электронные таблицы MS Excel.

У. Горизонтальная координата Y (север) пункта наблюдения в прямоугольной системе координат (проекция Гаусса-Крюгера). Метка поля функциональна. При ДЩЛКМ на метке происходит вставка прямоугольных координат, содержащихся в буфере обмена, в структуру проекта. Данные в буфере должны быть организованы в виде колонок (X, Y и Z), разделенных табуляторами. Колонок может быть меньше чем 3, например, только X и Y или только X. Недостающие колонки (Z или Y и Z) или лишние колонки (4-я и далее) при вставке игнорируются и влиять на содержимое проекта не будут. Буфер можно заполнить с помощью копирования из электронных таблиц MS Excel.

Z. Вертикальная координата Z (высота над уровнем моря) пункта наблюдения в прямоугольной системе координат (проекция Гаусса-Крюгера).

В системе координат. Координаты пункта наблюдения в проекте хранятся одновременно в трех видах: СК-42 (Г-К) – местная система координат (по умолчанию – Пулковская система координат 1942 г. в плоской проекции Гаусса-Крюгера), WGS-84 – геодезическая система координат, используемая в GPS, СК-42 – геодезическая Пулковская система координат 1942 г. Выберите систему координат, в которой заданы координаты текущего пункта. При смене плоской системы координат на геодезическую имена полей X, Y и Z меняются на Долгота, Широта и Высота, соответственно.

Координаты пункта наблюдения необходимо вводить, если их большое количество и по результатам обработки в последствие будет построена карта. Для ввода можно использовать любую удобную систему координат. Дополнение пункта данными о координатах в других системах может быть выполнено позже с помощью кнопки . Дополнение не выполняется для тех систем, где хоть одна из координат имеет ненулевое значение. При преобразовании координат используется группа параметров *Координаты* во вкладке *Общие настройки*.

Долина. Выберите долину, которой соответствует данный пункт наблюдения. Список долин предварительно должен быть составлен во вкладке *Сведения о рельефе*.

Примечание. Поле для ввода дополнительных сведений, которые могут представлять интерес.

5.2.2.10.2. Установка параметров грунта

Данная группа параметров отвечает за свойства грунтов на поверхности, которые имеют значение при уточнении сейсмичности. Параметры описывают гидрогеологическую обстановку и сейсмические свойства грунта согласно классификации по СНиП II-7-81.

Тип по водонасыщаемости. Укажите тип пород по их водонасыщаемости, согласно справочной информации, доступной по нажатию кнопки ? справа от элемента управления. Формально для учета фактора водонасыщаемости принято делить породы на три группы (ненасыщаемые, слабонасыщаемые и насыщаемые), каждой из которых соответствует коэффициент α (от 0 до 1), который используется при расчетах поправки за обводненность верхнего слоя грунтов мощностью 10 м.

УГВ. Укажите отметку уровня грунтовых вод от земной поверхности. Если УГВ больше 10 м, фактор обводненности не имеет значения при любом типе водонасыщаемости.

Категория по сейсм. св-вам. Укажите категорию пород в пункте наблюдения по сейсмическим свойствам согласно их классификации по СНиП II-7-81. Подробную информацию о данной классификации можно получить, нажав кнопку ? справа от элемента управления.

Описание грунта. Введите текстовое описание грунта в пункте наблюдения с указанием его названия, влажности, твердости, гранулометрического состава, разрушенности и т.д.

5.2.2.10.3. Установка параметров сейсмической жесткости

Данная группа параметров позволяет задать свойства расчетной тощи пород мощностью 20 м, необходимые для учета отличий в сейсмической жесткости для исследуемых грунтов и эталонных.

Скорость Vp, м/с. Введите скорость продольных волн в расчетной толще. *Скорость Vs, м/с.* Введите скорость поперечных волн в расчетной толще.

© Дягилев Р.А., ГИ УрО РАН, 2010

Плотность, г/см^3. Введите плотность пород в расчетной толще.

5.2.3. Структура данных проекта

5.2.3.1. Визуальное отображение структуры данных

После загрузки данных в проект и выбора интервалов для обработки имеется возможность визуально оценить структуру исходных материалов во вкладке *Структура*. Блоки данных отображаются в виде зеленых прямоугольников, ширина которых и местоположение на диаграмме зависит от пункта наблюдения, времени и продолжительности записей. Горизонтальная ось на диаграмме – ось времени, основные интервалы которой соответствуют суткам и 6 часам, второстепенные – часам. Вертикальная ось содержит все пункты наблюдения, для которых имеются данные.

Для визуализации моментов времени, подходящих для расчета относительных спектров, используются красные прямоугольники, отображаемые под диаграммой. Их положение соответствует интервалам, для которых имеются синхронные записи. Каждый красный интервал имеет подписи, состоящие из названий пар пунктов с синхронными записями.



Визуализация структуры в таком виде позволяет оценить полноту имеющихся записей и спланировать новые наблюдения.

Если структура данных очень сложная и на ней отображается большое количество пунктов наблюдения за длительный период времени, рисунок будет нагроможден и неразборчив. Для лучшего рассмотрения деталей имеется возможность менять масштаб визуализации (горизонтальный и вертикальный) из контекстного меню. В меню доступно увеличение масштаба в 2, 5 и 10 раз. Навигация по рисунку осуществляется с помощью полос прокрутки или движениями мыши при нажатой кнопке (любой).

5.2.3.2. Папки и файлы проекта

Любой проект может использовать различные внешние данные которые для удобства пользования и хранения организованы в папках и файлах определенной структуры.

\$ResDir – общая папка, используемая для размещения папки сжатых записей, папки спектров и папки проекта. Также для удобства здесь рекомендуется хранить все остальные используемые данные, имеющие отношение к проекту, такие как ЧХ каналов, растры топоосновы и сам файл проекта. Имя папки задается на вкладке *Обработка*.

42

Spectra – папка, используемая для хранения рассчитанных спектров.

Ident – папка для хранения корректирующих АЧХ. Описание структуры имени файлов корректирующих АЧХ см. в гл. <u>Проверка на идентичность</u>.

Primary – папка для хранения спектров исходных записей. Описание структуры имени файлов спектров исходных записей см. в гл. <u>Исходные спектры полных записей</u>.

Relative – папка для хранения относительных спектров (обычных и по Накамуре). Описание структуры имени файлов спектров исходных записей см. в гл.

Synchronous – папка для хранения спектров синхронных исходных записей. Описание структуры имени файлов спектров исходных записей см. в гл. <u>Исходные спектры</u> <u>синхронных записей</u>.

\$PrjName.mrp – имя файла-проекта. В файле хранятся все настройки, параметры обработки, ссылки на исходные записи, на папку с результатами и другие файлы, используемые в проекте.

\$PrjDir – папка, используемая для хранения данных, имеющих отношение только к текущему проекту, таких как привязки растров, координаты пикетов, координаты дополнительных пунктов, файл примечаний. При создании проекта папка создается автоматически и имеет имя, которое содержит название проекта, а именно *\$PrjName_mrp*.

TopoData – папка для хранения файлов с привязками растров.

Notes.rtf – файл с примечаниями к проекту.

ZipData – папка, используемая для хранения сжатых файлов исходных записей.

В файле проекта ссылки на все файлы и папки, если они располагаются за пределами папки **\$ResDir**, хранятся в абсолютном виде, а ресурсы внутри **\$ResDir** хранятся в виде относительных ссылок. Это значит, что при копировании проекта в другое место необходимо следить за целостностью созданной структуры данных, то есть переносу подлежат все внутренние папки и файлы, на которые имеются ссылки из проекта. Из них обязательному переносу подлежат папки **Spectra**, **\$PrjDir** и **ZipData**. Если эти папки не перенесены, то для доступа к ним необходимо сменить ссылку на папку с результатами в самом проекте.

Содержимое папки **ZipData** может быть использовано в других проектах. То же самое можно сказать и про папку **Spectra**, но при условии, что в другом проекте они не будут пересчитываться или могут пересчитываться, но с аналогичными параметрами.

5.3. Обработка данных

Обработка данных сейсмического микрорайонирования основана на методе регистрации импульсных сигналов (землетрясений, взрывов) и методе регистрации микросейсм. Оба метода подразумевают расчет приращений сейсмической интенсивности по записям, полученных на исследуемых и эталонных грунтах. Используется два способа расчета приращений интенсивности, один из которых считается стандартным и требует наличия синхронных записей на исследуемом и эталонном грунтах. Второй способ – способ Накамуры – опирается на независимые трехкомпонентные измерения микросейсмических колебаний на исследуемых грунтах. В том и другом случае расчеты сводятся к получению спектральных оценок микросейсмических колебаний в полосе частот от 0,5 до 10 Гц. Амплитудные спектры являются исходным материалом для расчета резонансных усилений грунтов – относительных спектров (в случае стандартного подхода) и поляризационных спектров (в способе Накамуры).

Кроме резонансных характеристик грунтов возможно определить вклад в сейсмическую интенсивность исследуемого участка, обусловленный влиянием гидрогеологических факторов, фактора рельефа, различиями в сейсмической жесткости пород. Специальных действий, связанных с учетом всех этих факторов на данном этапе не требуется. Достаточно лишь того, что все необходимые сведения о пунктах наблюдения и, в частности, сведения о рельефе будут внесены в проект. Учет этих данных будет выполнен при <u>Расчете локальных</u> <u>усилений грунта</u>.

Вложенные страницы вкладки *Обработка* отражают необходимые содержание и последовательность обработки. Начинать работу следует с установки параметров расчетов спектров, которые желательно выдерживать постоянными для всех записей одного проекта. Далее можно переходить проверке записей на идентичность и к собственно расчету спек-

тров. После этого возможно получение относительных спектров, их комбинаций и спектров Накамуры. Готовые спектры и их относительные аналоги можно рассматривать совместно на одних графиках или трансформировать в приращения сейсмической интенсивности.

Все результаты обработки будут сохранены в папку *ResDir*, которую следует заранее указать в поле *Папка с результатами*.

Исходные данные Свел	дения о рельефе	Структура	Обработка	Сводная информация	Настройки	Калькуляторы	Примечания	
Папка с результатами	R:\Field\200905	_Сочи_Даго	мыс					é

5.3.1. Настройки

Параметры, устанавливаемые во вкладке *Настройки*, имеют влияние только на расчет исходных спектров. В общих чертах суть каждого из них раскрыта ниже. Более подробные сведения о подходах и параметрах расчета можно найти в главе <u>Теоретически основы спектральных оценок.</u>

Не смотря на отсутствие принципиальной разницы в способах определения резонансных усилений по методу регистрации микросейсм и методу регистрации импульсных источников (землетрясений, взрывов), существует все же ряд отличий, которые важно учитывать при обработке. Главное отличие методов – в характере исходных данных, откуда и следуют различия в параметрах обработки.

В методе регистрации землетрясений записи имеют небольшую длину, что принуждает использовать спектральные оценки Даниэля, как более адекватные ограниченному набору данных. При обработке микросейсм приходится иметь дело с длительными записями, для которых наиболее подходит спектральная оценка Бартлетта. Для получения более представительных спектров в первом случае желательно установить длительность записи для анализа максимально возможной, однако следует учитывать, что она не может превышать длину анализируемой записи или ее части, представляющей какой-то один тип волн. Таким образом, для импульсных событий настройки длительности сегмента данных могут быть индивидуальными для каждого события. В каждом конкретном случае эта длительность устанавливается при просмотре записи путем изменения временных рамок записи (см. <u>Выбор интервалов для обработки</u>).



Тип записей. Поле для выбора набора редактируемых настроек. В системе имеется два набора настроек, один из которых используется для обработки записей микросейсм, а другой

– для записей импульсных явлений. Выберите нужный набор настроек и отредактируйте их и в остальных полях. После этого выберите другой набор настроек и отредактируйте его.

Преобразование Фурье. Расчет спектров опирается на преобразование Фурье. Переключатель определяет, какую именно разновидность преобразования использовать. Обычное преобразование Фурье не предъявляет особых требований к длине окна с данными и может использоваться для небольших объемов обработки, поскольку значительно уступает быстрому преобразованию (БПФ) по скорости вычислений на длинных рядах данных. БПФ, в свою очередь, очень эффективно для длинных рядов, но требует, чтобы их длина была равна степени двойки.

Тип спектра. Выберите тип рассчитываемого спектра. Для расчета резонансных усилений грунтов следует использовать амплитудные спектры. При выборе спектров мощности, результаты расчета спектров будут записываться в файлы с другими именами. Отличие состоит в приставке *power*, содержащейся в начале имен файлов.

Вид спектральной оценки. Выберите вариант, наиболее соответствующий вашим данным. Для коротких записей, из которых можно взять только один небольшой кусок данных (несколько сотен и первые тысячи отсчетов) используйте оценку Даниэля. Способ Бартлетта, наоборот, эффективен для длинных рядов, когда запись возможно разбить на несколько сегментов с достаточным набором данных.

Сегментирование данных. Группа объединяет параметры, влияющие на отбор сегментов данных из исходной записи.

Длительность тишины. Параметр задает желаемую длину сегмента (T) для расчета одиночного спектра. Количество данных в сегменте будет зависеть от частоты оцифровки (F_s) и будет равно $F_s T$, если используется обычное преобразование Фурье, или будет увеличено до степени двойки (2^n), если используется БПФ и не установлено заполнение нулями до длины 2^n . Действительное значение длительности рассчитывается автоматически для каждого сочетания влияющих параметров и отображается справа от поля ввода. При использовании оценок Даниэля длина тишины параметр задает максимальную длину сегмента. Реальная длина будет определяться временными рамками конкретного сигнала.

Длительность помех. Параметр доступен при выборе спектральной оценки Бартлетта и устанавливает минимальную детектируемую длину участка записи с помехами. При выборе спектральной оценки Даниэля заменяется на **Объединять** N **значений**, где N – количество соседних отсчетов, сумма которых будет определять новое значение спектральной оценки.

Заполнение до длины 2^n . При использовании БПФ имеется два способа формирования набора данных из сегмента. Первый способ предполагает расширение сегмента относительно указанной длины до длины, кратной степени двойки, при этом обеспечивается всецелое заполнение ряда данными сегмента. Во втором способе, если длина сегмента меньше ряда длиной 2^n , то данные сегмента помещаются в центр окна БПФ, а оставшиеся с краев интервалы заполняются нулями.

Параметры весовой функции. Преобразование Фурье, используемое для расчета спектров, предполагает бесконечный ряд исходных данных, чего, на самом деле, никогда не бывает. Расчет спектра всегда ведется для конечного ряда данных, при этом спектральные оценки бывают искажены относительно реальных (энергия каждой гармоники как бы размазана по соседним). Приблизить расчетные значения спектральных амплитуд к реальным возможно, если использовать оконные функции, снижающие амплитуду исходного сигнала от центра окна к его краям. Данная группа параметров позволяет задать весовую функцию, применяемую к сегменту и увидеть ее выражение для расчета весовых коэффициентов и график.

Вид функции. Выберите вид весовой функции. Имеется возможность использовать различные варианты оконных функций, такие как прямоугольник, треугольник (Бартлетта), косинусная функция (Хана, Хеннинга, Хемминга) и другие. Изменение весов со временем (по отсчетам), соответствующих выбранной функции, рассчитывается согласно приведенному ниже выражению (формула) и отображается на графике ниже.

В. Параметр весовой функции. Используется в окне Лапласа-Гаусса, Кайзера-Бесселя и в колокольной функции. В последнем случае значение параметра имеет смысл процентной доли набора данных, которые не будут подвержены косинусному затуханию на краях окна. При b=0 колокольная функция совпадает функцией Ханна, при b=100 колокольная функция становится прямоугольником.

Краевые эффекты. В виду ограниченности рабочего частотного диапазона аппаратуры существует некоторая погрешность определения ее характеристик за пределами рабочего диапазона. Неточность определения ЧХ в этих частях спектра отражается и на соответствующих значениях спектральных амплитуд регистрируемых колебаний. Чтобы спектры имели представительный вид только в пределах рабочего диапазона частот, при расчетах может осуществляться их домножение на дополнительный полосовой фильтр, гасящий неправдоподобно сильные колебания за пределами рабочего диапазона. Использовать или нет такой фильтр определяется флагом Гасить за пределами. Параметры фильтра задаются его граничными частотами Fmin, Fmax и Порядком.

Выделение помех. Широкополосные данные могут содержать очень низкочастотные колебания, которые могут быть сопоставимы по амплитуде с помехами. Во избежание удаления полезных интервалов из обработки, при сегментировании данных можно использовать только ту часть спектра, в которой присутствуют ненужные помехи. Использовать или нет такой фильтр определяется флагом **Полосовая фильтрация**. Параметры фильтра задаются его граничными частотами **Fmin**, **Fmax** и **Порядком**. При включении фильтрации волновые формы отображаются только в заданном диапазоне частот, но при дальнейшей обработке этот фильтр не используется.

Единицы на выходе. Выберите множитель, который следует применить к спектральным оценкам, чтобы получить желаемые единицы измерения на выходе. Можно установить исходные единицы измерения (Исходные СИ), при этом коэффициент равен 1. Можно перейти к более мелким единицам измерения, определяемыми таким приставками как санти- (10^{-2}) , милли- (10^{-3}) , микро- (10^{-6}) и нано- (10^{-9}) . Также выберите измеряемую величину на выходе (ускорение, скорость или смещение). Предполагается, что входной величиной является скорость смещений. Соответственно при выборе ускорений записи будут дифференцироваться, при выборе смещений – интегрироваться.

Восстановить по умолчанию. Кнопка задает параметры по умолчанию для текущего набора настроек, указанного в поле *Тип записей*.

5.3.2. Проверка на идентичность

Не смотря на то, что ЧХ каждого канала может быть известна, всегда существует вероятность ошибки, связанная с неточностью ее определения. Также ЧХ может незначительно меняться во временем, что связано с многочисленными перенастройками датчиков из вертикальных в горизонтальные, заменой поврежденных комплектующих усилителей или другими причинами, имеющими место между процедурами калибровки. В какой-то мере учесть такие отклонения возможно при наличии записей на идентичность. Такие записи можно получить, установив все регистрирующее оборудование в одном пункте, где колебания в один и тот же момент времени на всех каналах считаются одинаковыми. Все расхождения, которые выявляются при таких измерениях, безусловно, будут связаны с неидентичностью каналов – их переменной составляющей, которую легко выявить при сравнении спектров.

Неидентичность каналов можно компенсировать в спектральной области посредством умножения АЧХ каналов на их корректирующую АЧХ. Корректирующие АЧХ можно получить двумя способами (по исходным записям и через относительные спектры), выполнив одну из последовательностей действий, описанных ниже. Предварительно необходимо получить и внести в проект запись, содержащую проверку на идентичность. Такая запись должна содержать все каналы, идентичность которых проверяется. Допускается использование двух и большего количества записей, в которых в совокупности представлены все используемые

каналы, однако при таком распределении необходимо, чтобы один из каналов (эталонный) присутствовал во всех этих записях.

Для расчета корректирующих АЧХ по исходным записям необходимо выполнить следующую последовательность действий, которая также отображена на вкладке *Идентичность* в группе *Калибровка каналов по записям на идентичность*:

Калибровка каналов по записям на идентичность	
Запись, содержащая проверку на идентичность	
•	Создать единичные АЧХ
Порядок калибровки:	Расчет Показать спектры
 Выберите запись, содержащую проверку на идентичность. 	Корректирующие АЧХ
 Нажмите кнопку "Расчет", чтобы выполнить расчет спектров. 	
 Нажмите кнопку "Показать спектры" и выберите канал, относительно которого будут расчитываться корректир 	ующие АЧХ.

Нажмите кнопку "Корректирующие АЧХ" для расчета и просмотра корректирующих АЧХ.
 Если для каналов какой-либо записи не нужно учитывать корректирующие АЧХ, намите кнопку "Создать единичные АЧХ".

- 1. Выберите из выпадающего списка «Запись, содержащую проверку на идентичность». Если среди сейсмограмм, внесенных в проект, имеется такая запись, необходимо выбрать ее, и она будет обработана соответствующим образом.
- 2. Нажмите кнопку «Расчет», чтобы выполнить расчет спектров. Нажатие кнопки *Расчет* позволяет рассчитать амплитудные спектры для всех каналов записи на идентичность в особом режиме. В данном режиме отключено введение поправок за неидентичность, которые при обычных расчетах могут использоваться. Также используются только амплитудные спектры не зависимо от того, какой *Тип спектра* установлен во вкладке *Настройки*.
- 3. Нажмите кнопку «Показать спектры» и выбрать канал, относительно которого будут рассчитываться корректирующие АЧХ. Данное действие позволяет показать спектры всех каналов на одном графике, где легче всего выбрать опорный канал, для которого корректирующей АЧХ будет являться единичная функция (значения на всех частотах равны 1).
- 4. Нажмите кнопку «Корректирующие АЧХ» для расчета и просмотра корректирующих АЧХ. Данное действие позволяет рассчитать относительные спектры (отношение спектральных амплитуд на каналах к спектральным амплитудам на опорном канале), являющиеся по сути корректирующими АЧХ и которые можно учитывать при компенсации неидентичности. Корректирующие АЧХ всех каналов будут показаны на одном графике.
- 5. Нажмите кнопку «Создать единичные АЧХ», если при общем учете неидентичности для некоторых каналов учитывать корректирующие АЧХ не нужно. Данные каналы должны содержаться в выбранной в пункте 1 записи.

Примечание 1. Обязательно перед началом расчетов убедитесь, что любым двум каналам записи установлены горизонтальные компоненты: для одного – Е, для другого – N. Такая настройка не влияет на суть самой записи (больше нигде при обработке она не используется) и результаты дальнейших расчетов. Наоборот, она исключает возникновение ошибок при последующих вычислениях, поскольку позволяет вписать данные в существующую трехкомпонентную структуру всех записей и оптимизировать объем файлового вывода.

Примечание 2. Расчет спектров может занимать длительное время, поэтому после нажатия кнопки *Расчет* она меняет свое назначение, а ее название становится *Стоп*. Нажатие на кнопку во время расчета приведет к останову расчетов. Аналогичный эффект достигается нажатием клавиши ESC на клавиатуре во время расчета.

Расчет корректирующих АЧХ по относительным спектрам выполняется с помощью максимально упрощенной для пользователя процедуры в ходе следующей последовательности действий в группе *Калибровка каналов по относительным спектрам*:

Калибровка каналов по относительным спектрам Относительный спектр записей на идентичность

Порядок калибровки:

Использовать как корректирующие АЧХ 1. Выберите относительный спектр, который следует использовать как корректирующую АЧХ.

2. Нажмите кнопку "Использовать как корректирующие АЧХ" для преобразования спектра в нужный формат.

- 1. Выберите из выпадающего списка «Относительный спектр записей на идентичность» нужный относительный спектр. Выбранный спектр будет использоваться как корректирующая АЧХ.
- 2. Нажмите кнопку «Использовать как корректирующие АЧХ» для расчета и просмотра созданных корректирующих АЧХ. Данное действие позволяет рассчитать синхронные спектры (только по заданным АЧХ), необходимые для расчета выбранного относительного спектра, рассчитать собственно относительный спектр и преобразовать его в корректирующие АЧХ каналов, содержащихся в нем. Данные корректирующие АЧХ позже можно будет учитывать при компенсации неидентичности. Корректирующие АЧХ всех каналов будут показаны на одном графике.
- 3. При наличии нескольких относительных спектров, которые необходимо преобразовать в корректирующие АЧХ, повторите последовательность действий 1 и 2 для них. Важно, чтобы во всех спектрах опорными выступали одни и те же каналы (трехкомпонентная связка каналов).

По завершению расчетов любым из указанных выше способом установите флаг Использовать при обработке, если необходимо корректировать АЧХ. Данная рекомендация напрямую относится к обработке всех записей в частотной области, если неидентичность каналов имеет место. При условии, что неидентичность каналов значительная и ее нужно учитывать, включите флаг Корректировать АЧХ при обработке, иначе будет считаться, что корректирующие АЧХ учитывать не обязательно.

Если флаг учета неидентичности каналов включен, перед дальнейшей обработкой данных необходимо убедиться, что получены корректирующие АЧХ для всех используемых каналов, иначе расчеты будет невозможно выполнить, и будут появляться сообщения об ошибках. Если корректирующие АЧХ имеются не для всех каналов, и можно допустить, что эти каналы корректировать не нужно, все равно файлы корректирующих АЧХ для них должны быть созданы. В таких случаях содержимым корректирующих АЧХ должны быть единичные АЧХ (единичные значения на всем диапазоне частот). Для облегчения создания таких единичных АЧХ предусмотрена кнопка Создать единичные АЧХ. При ее нажатии для всех каналов выбранной записи из верхнего выпадающего списка будут созданы единичные АЧХ.

Загрузка корректирующих АЧХ для просмотра происходит автоматически после их создания обоими способами: в первом случае – после нажатия кнопки Корректирующие АЧХ, во втором – после нажатия кнопки Использовать как корректирующие АЧХ. Обычный просмотр (без расчета) всех доступных в системе корректирующих АЧХ можно выполнить нажав кнопку Показать все корректирующие АЧХ. Последний вариант визуализации необходим тогда, когда корректирующие АЧХ создавались вручную или редактировались, и использование кнопок их пересчета или создания не допустимо, поскольку может внести ненужные изменения в них.

Корректирующие АЧХ сохраняются в папку \$ResDir\Spectra\Ident. Каждому каналу создается своя корректирующая АЧХ, где каждой частоте (шаг по частоте зависит от оцифровки исходной записи) прописан соответствующий корректирующий коэффициент. Имя файла корректирующей АЧХ имеет структуру ident_Sens_Ampl_Chan_yyyymmddhhnnss.dat, где Sens – имя файла (без пути и расширения), содержащего ЧХ датчика канала; Ampl – имя файла (без пути и расширения), содержащего ЧХ усилителя канала; Chan – имя файла (без пути и расширения), содержащего общую ЧХ канала (датчик * усилитель); уууу – четыре цифры года, mm – две цифры месяца, dd – две цифры дня, hh – две цифры часа, nn – две цифры минут, ss – две цифры секунд, которые описывают время, начиная с которого данная корректирующая АЧХ является актуальной. Если какой-либо файл с ЧХ, формирующий имя

Ŧ

файла корректирующей АЧХ, не задан, он заменяется на строку "**null**". При создании корректирующих АЧХ средствами приложения, время актуальности определяется автоматически из времени начала исходной записи. Таким образом, для корректного учета неидентичности АЧХ важно, чтобы такие записи были получены до начала основных измерений. При необходимости дату время в имени корректирующей АЧХ можно изменить или удалить совсем (вместе с предшествующим символом "_"), чтобы их учет осуществлялся верно. Файл с корректирующей АЧХ, в имени которого дата и время отсутствуют, будет считаться файлом по умолчанию для данного канала, если других файлов корректирующих АЧХ не найдено.

5.3.3. Расчет спектров

В системе реализован расчет двух видов спектров: абсолютные (исходные) и относительные (опирающиеся на исходные). Относительные спектры в свою очередь могут быть обычными, их комбинациями или спектрами Накамуры.

5.3.3.1. Исходные спектры

Исходные спектры – спектры, которые получаются непосредственно из исходных записей. Имеется возможность рассчитать два варианта исходных спектров: спектры для полных записей и спектры для синхронных записей. Списки исходных спектров отображаются на вкладке *Исходные спектры*, пример которой показан ниже.

🔽 Для всей записи		🔽 Одновременные
□ 14750 Ш [E,NZ] 13.10.2008 12:02:30 (0:22:00) □ 14800 Ш [E,NZ] 13.10.2008 11:03:05 (0:42:00) □ 14850 Ш [E,NZ] 13.10.2008 10:09:59 (0:36:00)	▲ P a	□ 14750/22400 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 12:02:30 (0:17:02) □ 14750/SOC Ш [E,N,Z] 13.10.2008 12:02:30 (0:22:00) □ 14800/15150 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 11:03:05 (0:18:06) □ 14800/15150 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 11:03:05 (0:18:06)
 □ 14900 @ [E,NZ] 13.10.2008 9:17:05 (0:36:00) □ 14950 @ [E,NZ] 13.10.2008 8:22:05 (0:36:00) □ 15000 @ [E,NZ] 13.10.2008 7:23:24 (0:38:00) □ 15050 @ [E,NZ] 13.10.2008 13:48:42 (0:28:00) 	ч е т	14800/22400 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 11:41:32 (0:03:33) 14800/22450 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 11:03:05 (0:14:00) 14800/SOC Ш [E,N,Z] 13.10.2008 11:03:05 (0:42:00) 14850/15200 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 10:09:59 (0:05:45) T
□ 15100 Ш [E,NZ] 13.10.2008 12:30:11 (0:30:00) □ 15150 Ш [E,NZ] 13.10.2008 10:47:11 (0:34:00) □ 15200 Ш [E,NZ] 13.10.2008 9:47:44 (0:28:00) □ 15250 Ш [E,NZ] 13.10.2008 8:39:30 (0:38:00)	П 0	14850/22450 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 10:43:05 (0:02:54) 14850/SOC Ш [E,N,Z] 13.10.2008 10:09:59 (0:36:00) 14900/15200 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 9:47:44 (0:03:21) 14900/15250 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 9:17:05 (0:00:25)
□ 15350 Ш [E,NZ] 23.10.2008 11:18:49 (0:24:15) □ 15400 Ш [E,NZ] 23.10.2008 10:37:53 (0:23:12) □ 15450 Ш [E,NZ] 23.10.2008 10:02:07 (0:21:49) □ 15500 Ш [E,NZ] 23.10.2008 9:22:06 (0:23:14)	K a s a	☐ 14900/22500 Ш [E,NZ] 13.10.2008 9:25:17 (0:25:48) ✓ 14900/SOC Ш [E,NZ] 13.10.2008 9:17:05 (0:34:00) ☐ 14950/15250 Ш [E,NZ] 13.10.2008 8:39:30 (0:18:35) ☐ 14950/22550 Ш [E,NZ] 13.10.2008 8:22:05 (0:12:05) ☐
 □ 15550 Ш [E,NZ] 23.10.2008 8:37:23 (0:24:32) □ 15600 Ш [E,NZ] 23.10.2008 7:52:33 (0:27:50) □ 15650 Ш [E,NZ] 23.10.2008 7:10:45 (0:24:57) □ 15700 Ш [E,NZ] 23.10.2008 6:26:06 (0:24:10) 	Б	Image: Mark 14950/SDC Ш [E,NZ] 13.10.2008 8:22:05 (0:36:00) ™ Image: Mark 15050/SDC Ш [E,NZ] 13.10.2008 7:23:24 (0:38:00) № Image: Mark 15050/SDC Ш [E,NZ] 13.10.2008 13:48:42 (0:28:00) № Image: Mark 15050/SDC Ш [E,NZ] 13.10.2008 12:30:11 (0:30:00) №
 □ 15750 Ш [E,N,Z] 21.10.2008 9:09:30 (0:22:51) □ 15800 Ш [E,N,Z] 21.10.2008 8:27:23 (0:22:41) □ 15850 Ш [E,N,Z] 21.10.2008 10:00:34 (0:22:01) □ 15900 Ш [E,N,Z] 21.10.2008 10:38:30 (0:18:33) 	М а с к	☐ 15150/14800 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 11:03:05 (0:18:06) ☐ 15150/22450 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 10:47:11 (0:29:54) ☑ 15150/SOC Ш [E,N,Z] 13.10.2008 10:47:11 (0:34:00) ☐ 15200/14850 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 10:09:59 [0:05:45) к
□ 15950 Ш [E,NZ] 21.10.2008 11:12:05 (0:18:01) □ 16000 Ш [E,NZ] 21.10.2008 11:38:42 (0:19:45) □ 16050 Ш [E,NZ] 21.10.2008 12:10:48 (0:18:43) □ 16100 Ш [E,NZ] 21.10.2008 8:04:32 (0:19:53)	a	
□ 16150 Ш [E,NZ] 21.10.2008 8:35:27 (0:20:56) □ 16200 Ш [E N Z] 21 10 2008 9:20:59 (0:21:05)	-	□ 15250/14950 Ш [E,N,Z] 13.10.2008 8:39:30 (0:18:35) □ 15250/SOC Ш [E N Z] 13.10.2008 8:39:30 (0:38:00) □ 15250/SOC Ш [E N Z] 13.10.2008 8:39:30 (0:38:00)

5.3.3.1.1. Исходные спектры полных записей

Этот вариант спектров использует в качестве данных весь доступный временной интервал исходных записей – интервал, указанный на вкладке *Параметры записей*. Список этих спектров показан в левой части вкладки *Исходные спектры*. Пример записи спектра в списке показан ниже.

ЕОО Ш [Е,N,Z]	14.07.2008 6:38:27 (6:40:44)
Здесь	
E00	имя пункта наблюдения;
Ш	символ принадлежности записи к микросейсмическим шумам (Ш) или
	импульсным событиям (С);
[E,N,Z]	список доступных компонент записи;
14.07.2008	дата начала записи;
6:38:27	время начала записи;
(6:40:44)	длительность записи.

Расчет спектров может выполняться как массово, так и отдельно для каждого элемента списка. В первом случае расчет выполняется нажатием кнопки *Расчет*, расположенной справа от списка. Во внимание принимаются только те записи, которые отмечены флагами. Расчет отдельного спектра не зависимо от того, отмечен он флагом или нет, осуществляется с помощью команды *Расчет текущего спектра* из контекстного меню.

Примечание. Массовый расчет спектров может занимать длительное время, поэтому после нажатия кнопки *Расчет* она меняет свое назначение и название. Повторное нажатие на кнопку с измененным названием (*Cmon*) во время расчета приведет к останову расчетов. Аналогичный эффект достигается нажатием во время расчета клавиши ESC на клавиатуре.

Файлы со спектрами микросейсмических шумов помещаются в подпапку Spectra\Primary, со спектрами импульсных событий – в подпапку Events\Primary. Файлы амплитудных спектров имеют следующий формат имени: *prim_Name_yymmdd-hhmmss.dat*, где *Name* – идентификатор пункта, *yymmdd* – дата начала выбранного интервала записи, *hhmmss* – время начала выбранного интервала записи. Файлы спектров мощности имеют дополнительную приставку в имени *power_*.

Маска. Команда позволяет задать текстовую строку, которая будет рассматриваться как критерий отметки флагом элемента списка. Если в названии элемента списка строка содержится, он будет отмечен флагом. Возможно повторное использование команды с другой маской, при этом результаты предыдущего выделения остаются неизменными.

Примечание: Функция чувствительна к регистру буквенных символов.

5.3.3.1.2. Исходные спектры синхронных записей

Этот вариант спектров использует в качестве данных те же исходные записи, только расчет ведется в пределах временных интервалов, которые являются общими для синхронных записей. Список этих спектров показан в правой части вкладки *Исходные спектры*. Массовый расчет спектров будет выполняться при нажатии кнопки *Расчет* справа от списка, но только для элементов, отмеченных флагом. Расчет отдельного спектра не зависимо от того, отмечен он флагом или нет, осуществляется с помощью команды *Расчет текущего спектра* из контекстного меню.

Пример записи спектра синхронной записи в списке показан ниже. Е00/А1300 Ш [E,N,Z] 14.07.2008 6:51:08 (0:18:52) Здесь *E00* имя пункта наблюдения; A1300 имя пункта наблюдения, для которого имеется синхронная запись; Ш символ принадлежности обеих записей к микросейсмическим шумам (Ш) или импульсным событиям (С); [E,N,Z]список доступных компонент записей; 14.07.2008 дата начала синхронной записи; 6:51:08 время начала синхронной записи; (0:18:52)длительность синхронной записи.

Файлы со спектрами микросейсмических шумов помещаются в подпапку Spectra\Synchronous, со спектрами импульсных событий – в подпапку Events\ Synchronous. Файлы амплитудных спектров имеют следующий формат имени sync_Name1/Name2_yymmddhhmmss.dat, где Name1 – идентификатор пункта, где получена данная запись, Name2 – идентификатор второго пункта, где велась синхронная запись, yymmdd – дата начала синхронной записи, hhmmss – время начала синхронной записи. Файлы спектров мощности имеют дополнительную приставку в имени power_.

Маска. Команда действует так же как аналогичная команда для <u>исходных спектров</u> полных записей.

%. Команда расчета доли полезных данных в переделах синхронных участков записей. Поскольку оценка пригодности интервала к обработке осуществляется непосредственно перед расчетом спектра, вызов команды приводит к последовательной загрузке и анализу всех

синхронных записей, отмеченных флагами. Результаты оценки добавляются к имени спектров в списке. Оценивается как абсолютная продолжительность тихих интервалов (чч:мм:сс), так и их доля относительно продолжительности синхронного интервала в процентах. Оценить долю полезных данных для отдельной синхронной записи можно с помощью команды *Расчет доли полезных данных* из контекстного меню.

Примечание. Массовый расчет доли полезных данных может занимать длительное время, поэтому после нажатия кнопки % она меняет свое назначение и название. Повторное нажатие на кнопку с измененным названием (X) во время расчета приведет к его останову. Аналогичный эффект достигается нажатие во время расчета клавиши ESC на клавиатуре.

5.3.3.1.3. Просмотр исходных спектров

Рассчитанные спектры можно просмотреть, выбрав нужный спектр в одном из списков и нажав кнопку *Показать*. Также загрузить спектры для просмотра можно двойным щелч-ком левой кнопки мыши на нужном элементе списка. После этого появится <u>окно с графика-</u><u>ми</u> спектров выбранной записи (сплошные линии), совмещенных с графиками стандартных отклонений (точки).

Графики спектров и соответствующих им стандартные отклонения показаны одинаковыми цветами. Первыми на графике всегда представлены спектры горизонтальных колебаний (ЕW – красный, NS – синий). Если на записи присутствует несколько горизонтальных и однонаправленных каналов, то выбираются только первые из них. Если на сейсмограмме записи горизонтальных колебаний отсутствуют, их спектры в файле все равно будут присутствовать, но иметь нулевые значения на всех частотах. Далее черным цветом отображается вертикальная компонента (первая, если вертикальных каналов несколько), за которой следуют остальные каналы по порядку (без учета компонент), которым соответствуют другие цвета. Список каналов представлен в левой части окна, где можно флагами включать и отключать их визуализацию. Отключите в списке «нулевые» или другие графики, если они мешают визуализации остальных нужных спектров. Панель со списком каналов может менять горизонтальный размер с помощью мыши.

При просмотре спектров мощности на графике дополнительно можно отобразить нижний (*NLNM*) и верхний (*NHNM*) пределы модели шумов Петерсона. В зависимости от того, какие единицы измерения (ускорение скорость, смещение) указаны на вкладке *Обработка/Настройки*, шумы Петерсона будут приведены им в соответствие. Другие особенности работы в окне описаны в главе <u>Окно графиков</u>.

Просмотр спектров является обязательным этапом обработки, поскольку в этом режиме не только визуально оценивается качество материала, но и делается выбор элементов спектра, используемых для дальнейшей обработки. Выбор, какой из исходных спектров будет использоваться для расчета относительных спектров, задается элементом управления **Выбрать**. Помимо представленных в списке выбора каналов записи существует еще три дополнительных варианта: **Среднее Е, N, Среднее Е, N, Z** и **Среднее**. Первый из них назначает к использованию при дальнейших расчетах среднюю величину спектральных амплитуд горизонтальных колебаний, второй – среднюю величину спектральных амплитуд трех компонент колебаний, последний – среднюю величину спектральных амплитуд всех каналов.

Какому выбору отдать предпочтение, зависит от совокупного характера спектров и решаемых задач. Поскольку результаты спектрального анализа могут выявить низкое качество наблюдений по отдельным каналам (высокий уровень помех, неверная установка датчика, нехарактерная форма спектра и т.п.), такие каналы, безусловно, из дальнейшей обработки следует исключить. Выбирать необходимо только рабочие каналы, записи которых в спектральной области имеют похожую форму. Особенно хорошее сходство спектров должно быть для горизонтальных компонент. Если это так, то для целей микрорайонирования выберите *Среднее Е, N*. Если кондиционные материалы имеются только по одной из горизонтальных компонент, выберите ее. Для других целей могут понадобиться остальные варианты, и их выбор зависит от конкретных задач исследований.

При необходимости просмотра большого количества спектров удобно пользоваться кнопками *Предыдущий* и *Следующий*, позволяющих загружать спектры из списка по порядку, двигаясь, соответственно, назад и вперед. Если всем спектрам нужно задать какой-то один вариант выбора каналов, выберите его и установите флаг на выключателе *Зафиксировать выбор*. Далее при использовании кнопок *Предыдущий* и *Следующий* этот выбор будет присваиваться загружаемым спектрам автоматически.

См. также: Окно графиков

5.3.3.2. Относительные спектры

Относительные спектры – спектры, которые получаются из исходных спектров посредством манипуляций (умножение или деление) с их компонентами, представленными в разных файлах, либо с компонентами из одного файла. Имеется возможность расчета обычных относительных спектров, их комбинаций и спектров Накамуры. Списки исходных спектров отображаются на вкладке **Относительные спектры**.



5.3.3.2.1. Обычные относительные спектры

Обычные относительные спектры получаются из спектров синхронных записей. Каждый элемент относительного спектра равен отношению соответствующих элементов, взятых из исходных синхронных спектров (значение из синхронного спектра для данного пункта делится на значение из синхронного спектра второго пункта). Отсутствие исходных элементов или нулевое значение значений в знаменателе приводит к присвоению новому элементу спектра значения 1.

Записи спектров в списке имеют ту же структуру, что и записи исходных синхронных спектров (см. Исходные спектры синхронных записей).

Файлы с обычными относительными спектрами, полученные из записей микросейсмических шумов, помещаются в подпапку Spectra\Relative, относительные спектры, полученные из записей событий, помещаются в подпапку Events\Relative. Файлы имеют следующий формат имени *rel_Name1-Name2_yymmdd-hhmmss.dat*, где *Name1* – идентификатор пункта, где получена исходная синхронная запись, *Name2* – идентификатор второго пункта, где велась синхронная запись, *yymmdd* – дата начала синхронной записи, *hhmmss* – время начала синхронной записи. Относительные спектры рассчитываются только из амплитудных спектров.

Список возможных обычных относительных спектров представлен в левой половине вкладки *Относительные спектры*. Массовый расчет спектров выполняется при нажатии кнопки *Расчет* и только для тех элементов списка, которые отмечены флагами. Для оперативности смены состояния флагов над списком имеется выключатель *Обычные*, позволяю-

щий менять состояние сразу всех элементов списка. Расчет отдельных спектров доступен из контекстного меню.

Примечание. Массовый расчет относительных спектров может занимать длительное время, поэтому после нажатия кнопки *Расчет* она меняет свое назначение, а ее название становится *Стоп*. Нажатие на кнопку во время расчета приведет к останову расчетов. Аналогичный эффект достигается нажатием клавиши ESC на клавиатуре во время расчета.

Маска. Команда действует так же как аналогичная команда для <u>исходных спектров</u> <u>полных записей</u>.

5.3.3.2.2. Комбинированные спектры

Комбинированный спектр (комбинация) – является результатом умножения нескольких относительных спектров. Комбинация должна быть составлена минимум из двух обычных относительных спектров, иначе результатом будет являться первый и единственный относительный спектр, включенный в эту комбинацию. Относительный спектр, являющийся результатом комбинации, характеризует пункт, фигурирующий первым в названии первого исходного относительного спектра, входящего в состав комбинации.

Список комбинированных спектров представлен в правой половине вкладки *Относительные спектры* и формируется вручную из обычных относительных спектров. Для создания новой комбинации необходимо выделить в списке обычных относительных спектров нужный элемент и добавить его в список нажатием кнопки <u>+</u>. После того, как список комбинаций пополнится новым элементом, который можно усложнить, умножив его на другой обычный относительный спектр. Для этого дополняемый (в списке справа) и дополняющий (в списке слева) элементы должны быть выделены в обоих списках. Нажатие кнопки <u>*</u> приводит к включению выбранного обычного относительного спектра в выбранную комбинацию. Имя созданной комбинации будет составлено из названий пунктов, соответствующих пунктам, присутствующим в названиях исходных обычных относительных спектров. Если какая-либо комбинация не представляет информативной ценности, ее можно удалить из списка нажатием кнопки <u>,</u> предварительно выделив ее в списке.

Нельзя комбинировать спектры, полученные из записей различного типа (шумы и события). При попытке комбинирования разнотипных записей будет выдано соответствующее предупреждение. Тип записей, лежащих в основе комбинации, отображается в последнем символе ее имени (Ш – шумы, С – события).

Массовый расчет комбинированных спектров выполняется при нажатии кнопки *Pacчет*, расположенной справа от списка. В расчете принимают участие только те элементы списка, которые отмечены флагами. Для оперативности смены состояния флагов над списком имеется выключатель *Комбинации*, позволяющий менять состояние сразу всех элементов списка. Расчет отдельных комбинаций спектров доступен из контекстного меню.

Примечание. Массовый расчет комбинаций может занимать длительное время, поэтому после нажатия кнопки *Расчет* она меняет свое назначение, а ее название становится *Стоп*. Нажатие на кнопку во время расчета приведет к останову расчетов. Аналогичный эффект достигается нажатием клавиши ESC на клавиатуре во время расчета.

Маска. Команда действует так же как аналогичная команда для <u>исходных спектров</u> полных записей.

Файлы с комбинированными спектрами, основанные на записях микросейсмических шумов, помещаются в подпапку Spectra/Combinations, комбинации, основанные на записях событий, помещаются в папку Events/Combinations. Файлы имеют следующий формат имени *comb_Name11-Name12_..._NameN1-NameN2.dat*, где *Name11 –* идентификатор первого пункта первого относительного спектра комбинации, *Name12 –* идентификатор второго пункта N-го относительного спектра комбинации, *NameN1 –* идентификатор первого пункта N-го относительного спектра комбинации, *NameN2 –* идентификатор второго пункта N-го относительного спектра комбинации.

5.3.3.2.3. Просмотр обычных и комбинированных относительных спектров

Рассчитанные относительные спектры можно просмотреть, выбрав нужный спектр в одном из списков и нажав кнопку *Показать*. Также загрузить спектры для просмотра можно двойным щелчком левой кнопки мыши на нужном элементе списка. После этого появится окно с графиками соответствующих спектров (сплошные линии), совмещенных с графиками их стандартных отклонений (точки).

Графики спектров и соответствующих им стандартные отклонения показаны одинаковыми цветами. На графике представлены отношения трех компонент колебаний (E1/E2 – красный, N1/N2 – синий, Z1/Z2 – черный). Если исходные абсолютные спектры содержали спектры других компонент колебаний, они при расчете относительных спектров не принимаются во внимание и, соответственно, не обрабатываются, не записываются и не визуализируются на графиках.

Список имеющихся каналов представлен в левой части окна, где можно флагами включать и отключать их визуализацию. Другие особенности работы в окне описаны в главе <u>Окно</u> <u>графиков</u>.

Просмотр относительных спектров является обязательным этапом обработки, поскольку в этом режиме не только визуально оценивается качество материала, но и делается выбор элементов спектра, используемых для дальнейшей обработки (составление сводных таблиц). Выбор, какой из относительных спектров будет использоваться в дальнейшем, задается элементом управления **Выбрать**. Помимо представленных в списке выбора отношений трех ортогональных компонент колебаний существует еще два дополнительных варианта: **Среднее E**, **N** и **Среднее E**, **N**, **Z**. Первый из них назначает использовать при дальнейших расчетах среднюю величину спектральных отношений горизонтальных колебаний, второй – среднюю величину спектральных отношений всех трех компонент колебаний.

Используйте кнопки *Предыдущий* и *Следующий* так же, как и при <u>просмотре исход-</u> ных спектров. При необходимости зафиксируйте выбор при загрузке новых спектров.

Выбор компонент относительных спектров для дальнейшей обработки осуществляется исходя из следующих соображений. Близкие по форме спектры горизонтальных компонент, как правило, отражают действительную ситуацию. При существенных расхождениях, необходимо выявить их причину и выбрать канал с заведомо кондиционными результатами. При оценке относительных спектров следует обращать внимание на величину спектральных оценок. Спектры качественных записей, как правило, лежат в диапазоне от 0,1 до 10.

См. также:

Окно графиков

5.3.3.2.4. Спектры Накамуры

Спектры Накамуры (поляризационные спектры) являются еще одним видом относительных спектров, которые в отличие от других опираются на абсолютные спектры записей, полученных только в одном пункте. Процедура расчета спектров Накамуры использует в качестве исходных данных абсолютные спектры трехкомпонентных записей.

Поскольку существует два источника исходных спектров – спектры полных записей и спектры синхронных записей, столько же имеется вариантов поляризационных спектров. Список спектров Накамуры, опирающихся на спектры полных исходных записей, расположен в левой части вкладки *Спектры Накамуры*. Список спектров Накамуры, опирающихся на спектры синхронных исходных записей, расположен в правой части этой же вкладки.

Массовый расчет поляризационных спектров выполняется при нажатии кнопки *Pacчет*, расположенной справа от каждого списка. В расчете принимают участие только те элементы списка, которые отмечены флагами. Расчет отдельных спектров доступен из контекстного меню. Для оперативности смены состояния флагов над списком имеется выключатели *Для исходных записей* или *Для одновременных записей*, позволяющие менять состояние сразу всех элементов списка. Также доступна команда *Macкa*, которая действует так же как аналогичная команда для <u>исходных спектров полных записей</u>.

Результатами расчетов являются три новых спектра. Первый из них представляет собой отношение горизонтальной компоненты E к вертикальной Z (E/Z), второй – отношение горизонтальной компоненты N к вертикальной Z (N/Z), третий – среднее значение первого и второго случаев (H/Z). При отсутствии нужных трехкомпонентных исходных данных значениям спектров Накамуры присваиваются единичные значения для всех частот. Пример списков спектров Накамуры показан ниже.



Пример записи спектра Накамуры в списке: ЕОО Ш [Е/Z,N/Z] 14.07.2008 6:38:27 (6:40:44) Здесь *E00* имя пункта наблюдения; Ш символ принадлежности записи к микросейсмическим шумам (Ш) или импульсным событиям (С); [*E*/*Z*,*N*/*Z*] список доступных отношений компонент записи; 14.07.2008 дата начала записи; 6:51:08 время начала записи; (6:40:44)длительность записи.

Файлы со спектрами Накамуры для записей микросейсмических шумов помещаются в подпапку Spectra\Nakamura, для записей событий – в подпапку Events\Nakamura. Файлы имеют формат имени *nak_Name*, где *Name* – имя соответствующего исходного спектра (для всей записи или ее синхронной части), чей формат описан в главах Исходные спектры полных записей и Исходные спектры синхронных записей. Расчет спектров Накамуры ведется только из амплитудных спектров.

Примечание. Массовый расчет спектров Накамуры может занимать длительное время, поэтому после нажатия кнопки *Расчет* она меняет свое назначение, а ее название становится *Стоп*. Нажатие на кнопку во время расчета приведет к останову расчетов. Аналогичный эффект достигается нажатием клавиши ESC на клавиатуре во время расчета.

5.3.3.2.5. Просмотр спектров Накамуры

Рассчитанные поляризационные спектры можно просмотреть, выбрав нужный спектр в одном из списков и нажав кнопку *Показать*. Также загрузить спектры для просмотра можно двойным щелчком левой кнопки мыши на нужном элементе списка. После этого появится окно с графиками соответствующих спектров (сплошные линии), совмещенных с графиками их стандартных отклонений (точки).

Графики спектров и соответствующих им стандартные отклонения показаны одинаковыми цветами. На графике представлены три поляризационных спектра: E/Z – красный, N/Z – синий и H/Z – черный. Список имеющихся каналов представлен в левой части окна, где

можно флагами включать и отключать их визуализацию. Другие особенности работы в окне описаны в главе <u>Окно графиков</u>.

Просмотр поляризационных спектров является обязательным этапом обработки, поскольку в этом режиме не только визуально оценивается качество материала, но и делается выбор элементов спектра, используемых для дальнейшей обработки (составление сводных таблиц). Выбор, какой из спектров будет использоваться в дальнейшем, задается элементом управления **Выбрать**.

Используйте кнопки *Предыдущий* и *Следующий* так же, как и при <u>просмотре исход-</u> ных спектров. При необходимости зафиксируйте выбор при загрузке новых спектров.

Выбор компонент спектров Накамуры для дальнейшей обработки осуществляется аналогично выбору компонент при <u>просмотре относительных спектров</u>.

См. также: Окно графиков Просмотр обычных и комбинированных относительных спектров

5.3.4. Вариации спектров

Для того, чтобы оценить изменчивость спектров во времени или пространстве, во вкладке **Вариации** имеется возможность составить необходимый набор данных для совместной визуализации. Изначально список файлов для визуализации (в правой части вкладки) пуст, но его можно быстро сформировать, указав в группе параметров **Использовать виды** спектров тип спектров (Абсолютные или Относительные) и выбрав их разновидности: Исходные, Синхронные, Обычные, Комбинации, Накамуры исходные и Накамуры синхронные. Какие именно файлы будут загружены в общий график, следует отметить флагами в списке. Массовое включение или отключение флагов можно выполнять с помощью выключателя Для всех спектров списка. Кнопка Маска также облегчает массовое выделение нужных спектров в списке.



Нажатие кнопки **Показать графики** (1D) позволяет отобразить выбранные графики на одной координатной сетке (частота-амплитуда). Работа в появившемся окне описана в главе Окно графиков.

Нажатие кнопки *Показать профиль* (2D) позволяет отобразить выбранные графики в виде спектрального профиля, где вдоль оси абсцисс располагаются пункты наблюдения, вдоль оси ординат – спектральная частота, а цветом отображается амплитуда спектров. Подробно появившееся окно описано в главе <u>Окно спектрального профиля</u>.

Кнопка *Средний спектр* позволяет рассчитать средний спектр по выбранной совокупности спектров и отобразить его в окне графиков вместе с величинами стандартных отклонений.

Аналогично работает кнопка *Медианный спектр*, которая после расчета отображает в окне графиков медианный спектр. При расчете медианного спектра вместо стандартных от-клонений оценивается размах исходных значений.

См. также: Окно графиков

Окно спектрального профиля

5.3.5. Расчет локальных усилений грунта

Наличие трехкомпонентных записей и синхронных записей позволяет вести расчет локальных усилений двумя независимыми способами. Первый способ использует стандартный подход, описанный в нормативных документах по сейсмическому микрорайонированию, второй – способ Накамуры.

5.3.5.1. Оценка стандартных относительных усилений

Относительные спектры (обычные и их комбинации) являются, по сути, частотными характеристиками грунтов при условии, что второй пункт наблюдений (для обычных спектров) или последний пункт (для комбинаций), относительно которого рассчитывались усиления, располагается на эталонных грунтах. В любом случае, даже если это не так, такую ситуацию можно предполагать. Именно поэтому расчет усилений ведется для каждого пункта, где относительный спектр получен. Согласно <u>РСН</u> усиления рассматриваются в трех частотных диапазонах:

- длиннопериодные колебания (периоды 0,5 2 с, частоты 0,5 2 Гц);
- среднепериодные колебания (периоды 0,3 0,5 с, частоты 2 3,3 Гц);
- короткопериодные колебания (периоды 0,1 0,3 с, частоты 3,3 10 Гц).

Именно для них и составляется сводная таблица усилений (средних и макисмальных) по каждому пункту наблюдения. Для полноты картины в таблице приводятся усиления, характеризующие весь полезный диапазон частот (от 0,5 до 10 Гц).

Для того, чтобы собрать усиления по всем пунктам и всем частотным диапазонам, необходимо выбрать страницу **Относительное усиление** на вкладке **Сводная информация** и нажать кнопку **Собрать**. Если требуется отобразить данные в таблице, где имена пунктов отсортированы по алфавиту, следует нажать кнопку **Сортировка**. Примерный вид сводной таблицы стандартных относительных усилений представлен ниже. В случае, если на какихлибо относительных спектрах не был выбран элемент для дальнейшей обработки, строка таблицы, соответствующая данному пункту, будет иметь пустые ячейки.

Сводную таблицу можно сохранить во внешний файл нажатием кнопки *Сохранить*, при этом каждому пункту будет добавлено три колонки с координатами.

Собрать	Собрать Сортировка Сохранить Эталонный пункт ЕОО Интенсивность на эталоне 8.0 🗲												
Относительное усиление Усиление по Накамуре Влияние рельефа Жесткость и гидрогеология Итоговые приращения Схема													
Среднее Максимальное													
Пункт	Kop.(0.1-0.3 c)	Cp.(0.3-0.5 c)	Длин.(0.5-2 с)	Bce (0.1-2 c)	Kop.(0.1-0.3 c)	Cp.(0.3-0.5 c)	Длин.(0.5-2 с)	Bce (0.1-2 c)					
A1850/E00	1.068	1.141	1.193	1.098	2.760	2.870	3.020	3.020					
A1850/A1880													
A1880/E00	1.135	1.111	1.057	1.119	2.720	2.540	2.440	2.720					
A1880/A1850													
E00/A1180									-				
•								•					

5.3.5.2. Оценка усилений способом Накамуры

Относительные спектры Накамуры также могут рассматриваться как частотные характеристики грунтов. Согласно теоретическим предпосылкам Накмуры эти характеристики будут отражать усиления грунтов, но только для объемных волн, при этом синхронные наблюдения на эталонных грунтах не требуются. Как и в стандартной методике расчета усиления оцениваются в таких же частотных диапазонах (глава <u>Оценка стандартных относительных</u> <u>усилений</u>).

Для усилений составляется сводная таблица по каждому пункту наблюдения, причем ведется сбор информации по спектрам полных записей и по спектрам синхронных записей. Для того, чтобы собрать усиления по всем пунктам и всем частотным диапазонам, необхо-

димо выбрать страницу *Усиление по Накамуре* на вкладке *Сводная информация* и нажать кнопку *Собрать*. Если требуется отобразить данные в таблице, где имена пунктов отсортированы по алфавиту, следует нажать кнопку *Сортировка*. Примерный вид сводной таблицы усилений, рассчитанных по способу Накамуры, представлен ниже. В случае, если на какихлибо спектрах Накамуры не был выбран элемент для дальнейшей обработки, строка таблицы, соответствующая данному пункту, будет иметь пустые ячейки.

Сводную таблицу можно сохранить во внешний файл нажатием кнопки *Сохранить*, при этом каждому пункту будет добавлено три колонки с координатами.

Собрать	Сортировка	Сохранить	Эталонный	пункт ЕОО	Интен	сивность на эта	лоне 8.0	¢				
Относительн	юе усиление Уси	иление по Накам	иуре Влияние	рельефа Жест	кость и гидроге	ология Итого	зые приращения	а Схема				
Среднее Максимальное												
Пункт	Kop.(0.1-0.3 c)	Cp.(0.3-0.5 c)	Длин.(0.5-2 с)	Bce (0.1-2 c)	Kop.(0.1-0.3 c)	Cp.(0.3-0.5 c)	Длин.(0.5-2 с)	Bce (0.1-2 c)				
E00	0.809	1.108	1.376	0.939	1.050	1.280	1.810	1.810				
A1300	0.999	1.023	1.180	1.030	1.700	1.380	1.800	1.800				
A1330	0.863	0.920	1.062	0.902	1.580	1.280	1.330	1.580				
A1400	0.764	0.720	1.118	0.812	1.220	1.290	1.810	1.810				
A1430	0.693	0.759	1.201	0.781	1.440	1.160	1.830	1.830	•			
								Þ				

5.3.5.3. Учет влияния рельефа

Для расчета оценок интенсивности с учетом фактора рельефа в приложении имеется возможность оценить его влияние в каждом пункте наблюдения. Если на вкладке *Сведения о рельефе* введены все необходимые данные об имеющихся долинах (названия долин, их размеры и абсолютные отметки дна), а пункты наблюдения имеют ссылки на соответствующие им долины, то фактор рельефа учитывается согласно формулам из главы <u>Влияние рельефа</u> местности, описывающей современные представления в данном вопросе.

N≗	Название долины	Ширина, м	Глубина, м	Абс. отметка дна, м	
1	круглая	4000	100	0	
2	квадраная	5000	200	0	
3	треугольна	300	50	0	
4	прикольная	40	30	0	
5	плохая	100	20	0	

Вид вкладки *Сведения о рельефе* показан ниже. Заполните список долин для возможности учета влияния рельефа

Для того, чтобы собрать сведения о характере влияния рельефа в трех частотных диапазонах по всем пунктам, необходимо выбрать страницу **Влияние рельефа** на вкладке **Сводная информация** и нажать кнопку **Собрать**. Если требуется отобразить данные в таблице, где имена пунктов отсортированы по алфавиту, следует нажать кнопку **Сортировка**. Примерный вид сводной таблицы представлен ниже. В случае, если на каких-либо пунктах нет данных о долине, строка таблицы, соответствующая данному пункту, будет иметь пустые ячейки.

Факт учета влияния рельефа при расчете уточненной интенсивности определяется выключателем **Учет**, расположенным в левом верхнем углу вкладки.

Собрать Сортировка Сохранить Эталонный пункт ЕОО Интенсивность на эталоне 8.0 🗲																
Относительное усиление Усиление по Накамуре Влияние рельефа Жесткость и гидрогеология Итоговые приращения Схема																
☐ Учет Короткие периоды (0.1-0.3 c) Средние периоды (0.3-0.5 c) Длинные периоды (0.5-2 c)																
Пункт dH, м I/	'H B	Книз Квер	x K	dl	I/H	В	Книз	Кверх	К	dl	I/H	В	Книз	Кверх	K	dl

Колонки в таблице соответствуют параметрам, описанным в главе Влияние рельефа местности.

dH – превышение пункта над дном долины;

 $1/H = \lambda/H$ – отношение длины поперечной волны к глубине долины;

В – характеристика формы поперечного сечения долины;

Книз – коэффициент усиления на верхней площадке долины;

Кверх – коэффициент усиления на нижней площадке долины;

К – коэффициент усиления в пункте наблюдения;

d I – изменение интенсивности, обусловленное влиянием рельефа.

При расчетах длина волны λ берется равной произведению скорости поперечной волны в пункте наблюдения и периода колебаний (0.1 с – короткопериодные волны, 0,3 с – среднепериодные волны, 0,5 с – длиннопериодные волны).

5.3.5.4. Учет влияния гидрогеологических факторов и сейсмической жесткости

Для того, чтобы собрать сведения о характере влияния гидрогеологических факторов и сейсмической жесткости исследуемых грунтов по всем пунктам, необходимо выбрать страницу **Жесткость и гидрогеология** на вкладке **Сводная информация** и нажать кнопку **Собрать**. При оценке влияния сейсмической жесткости пород значения скоростей и плотности в пункте наблюдения сравниваются со значениями на эталоне, поэтому перед составлением сводки необходимо указать имя **Эталонного пункта**. Если требуется отобразить данные в таблице, где имена пунктов отсортированы по алфавиту, следует нажать кнопку **Сортиров-ка**. Примерный вид сводной таблицы представлен ниже. По умолчанию в исходных данных каждого пункта устанавливаются одинаковые параметры, отвечающие за гидрогеологию и сейсмическую жесткость. В связи с этим, если эти данные не были изменены ни в одном пункте, то все изменения сейсмичности будут иметь нулевые значения.

Собрать Сортировка С	охранить Эталонный пункт	ЕОО Интенсивность на	эталоне 8.0								
Относительное усиление 🛛 Усиление по Накамуре 🗍 Влияние рельефа 🗍 Жесткость и гидрогеология 🗍 Итоговые приращения 🗍 Схема 🗎											
🔲 Учет сейсмической жесткости 🔲 Учет гидрогеологических факторов											
Пункт	dlвода	d I для Р-волн	d I для S-волн								

Расчет изменений, обусловленных особенностями гидрогеологической обстановки, и различиями в сейсмической жесткости, выполняется по формулам, данным в главе <u>Метод</u> <u>сейсмических жесткостей</u>. Гидрогеологические факторы дают одну оценку изменений сейсмической интенсивности (*d I вода*). По разнице сейсмических жесткостей можно определить два значения изменений сейсмической интенсивности: одно для продольных волн (*d I для P-волн*) и одно – для поперечных волн (*d I для S-волн*).

Факт учета различий сейсмической жесткости и влияния гидрогеологических факторов при расчете уточненной интенсивности определяется выключателями **Учетсейсмической** жесткости и **Учет гидрогеологических факторов**, соответственно.

5.3.6. Расчет итоговых приращений интенсивности

Усиления, рассчитанные стандартным способом и способом Накамуры, а также поправки, обусловленные влиянием рельефа, гидрогеологическими факторами и различиями в сейсмической жесткости пород, служат исходными данными для расчета приращений сейсмической интенсивности. Сейсмическая интенсивность рассчитывается с учетом различий в методиках, принятых для микросейсмических шумов и импульсных событий. Сейсмическая интенсивность, в свою очередь, определяет, какие максимальные величины колебаний (ускорения, скорости смещения грунта и смещения) возможны для данных условий. Итоговые приращения интенсивности сводятся воедино для всех пунктов, где имеются спектры, так или иначе опирающиеся на измерения на эталонном грунте. Сводную информацию можно получить как в табличном, так и в графическом виде.

5.3.6.1. Табличное представление итогов

Для формирования сводки в табличном виде необходимо выбрать страницу *Итоговые приращения* на вкладке *Сводная информация*, задать название эталонного пункта в поле *Эталонный пункт*, указать соответствующую эталону сейсмическую интенсивность в баллах шкалы MSK-64 в поле *Интенсивность на эталоне* и нажать кнопку *Собрать*. Если требуется отобразить данные в таблице, где названия пунктов отсортированы по алфавиту, следует нажать кнопку *Сортировка*. Примерный вид сводной таблицы представлен ниже. В случае, если на каких-либо исходных спектрах не был выбран элемент для дальнейшей обработки, строка таблицы, соответствующая данному пункту, будет иметь пустые ячейки.

Собр	Собрать Сортировка Сохранить Эталонный пункт ЕОО Интенсивность на эталоне 8.0 🚖															
Относительное усиление Усиление по Накамуре Влияние рельефа Жесткость и гидрогеология Итоговые приращения Схема																
	Короткие периоды (0.1-0.3 с) Средние периоды (0.3-0.5 с) Длинные периоды (0.5-2 с)															
Пункт	Усилен	dl	А, м/с^	V, м/с	S, м	Усилен	dl	А, м/с^	V, м/с	S, м	Усилен	dl	А, м/с^	V, м/с	S, м	A
A1300	/ 3.4	1.1	415.6	33.25	16.62	3.7	1.1	441.8	35.34	17.67	3.7	1.1	437.5	35.00	17.50	
A1330	VE 3.6	1.1	433.2	34.66	17.33	3.3	1.1	414.1	33.13	16.57	3.1	1.0	398.3	31.86	15.93	
A1400	I/E 3.4	1.1	417.8	33.43	16.71	3.7	1.1	439.7	35.17	17.59	3.7	1.1	440.4	35.23	17.62	

Колонка *Усиление* в таблице содержит величину усиления (среднюю или максимальную) для данного частотного диапазона, которая, в свою очередь, опирается на одну из оценок усилений (стандартную или по Накамуре). Какое именно усиление будет отображаться в таблице зависит от установок переключателей *Данные резонансов* и *Интенсивность* на вкладке *Схема*.

Колонка **dI** содержит соответствующие представленным усилениям величины приращения сейсмической интенсивности.

Колонка *А*, *см/с[^]2* содержит величину максимальных возможных ускорений грунта, рассчитанных исходя из интенсивности для данного пункта.

Колонка *V, см/с* содержит величину максимальных возможных скоростей смещения грунта, рассчитанных исходя из интенсивности для данного пункта.

Колонка *S, см* содержит величину максимальных возможных смещений грунта, рассчитанных исходя из интенсивности для данного пункта.

Сводную таблицу можно сохранить во внешний файл нажатием кнопки *Сохранить*, при этом каждому пункту будет добавлено три колонки с координатами в текущей системе координат.

Эталонный пункт SOC Интенсивность на эталоне 7.0 ÷ Сохранить Собрать Сортировка Усиление по Накамуре Влияние рельефа Жесткость и гидрогеология Итоговые приращения Схема Топооснова Относительное усиление 9.22 20095 Данные резонансов Периоды 9.23 Относительные œ Короткие <u>8 27</u> 27236 40 520 Накамура Средние Объединенные Длинные 40 500 40 480 Интенсивносты Виа 💿 Карта 40 460 Максимальная Средняя 🔘 График 40 440 40 420 + - <> пк Дополнительные пункты 40 400 640 Имя Х Ү ІкорсІсредІдлин 40 380 0735 65286 38794 7.23 8.38 8.53 9,31 40 360 0762 65289 38827 7.30 8.40 8.55 0771 65260 38821 7.27 8.37 8.53 40 340 0792 65262 38845 7.25 8.38 8.52 40 320 0800c 65296 38854 7.32 8.43 8.56 40 300 166.08 0811 | 65227 38848 7.40 | 8.47 8.56 40 280 0812 65292 38885 7.41 8.47 8.57 0817 65251 38868 7.45 40 260 8.49 8.57 0829 65266 38891 7.54 8.53 8.56 40 240 0840 65215 38875 7.62 8.56 8.58 40 220 36 0848 65236 38896 7.68 8.59 8.57 40 200 0849 65269 38915 7.66 8.56 8 55 6424058.66 8.63 64 100 64 200 64 300 0864 65278 38938 7.77 8.61 8.55 2387 2**368**' 8.65 8 **6%5**5 0874 65228 38921 7.88 03.8 8.67

5.3.6.2. Графическое представление итогов

Для формирования сводки в графическом представлении необходимо выбрать страницу *Схема* на вкладке *Сводная информация*. Вкладка схема разделена на две части: левая с Элементами управления графического отображения результатов, справа – собственно схема (карта или график). Горизонтальные границы частей могут меняться с помощью подвижного разделителя. Формирование результата на схеме происходит при нажатии кнопки *Собрать*, если текущей является страница *Итоговые приращения* или *Схема*, при этом предварительно следует задать название эталонного пункта в поле *Эталонный пункт* и указать соответствующую эталону сейсмическую интенсивность в баллах шкалы MSK-64 в поле *Интенсивность на эталоне*. В графическом представлении, если выбран *Вид* – график, пункты наблюдения расположены в порядке их упоминания в списке записей. Если требуется отобразить пункты на графике в алфавитном порядке, следует нажать кнопку *Сортировка*. Сводные результаты обработки данных на диаграмме справа будут отображаться красным цветом с подписями имен пунктов и сейсмической интенсивности.

Данные резонансов. Переключатель устанавливает, какие именно данные о резонансных свойствах грунтов будут использоваться при формировании графического отчета. Выберите Относительные данные, если предпочтительней использовать стандартную методику расчета усилений. Выберите Накамура, если способ Накамуры дает наиболее реальные оценки усилений. Для возможности совместного учета оценок усилений выберите вариант, что соответствует средневзвешенной оценке обоих способов. Вклад каждого способа в средневзвешенной оценке определяется группой параметров Взвешивание оценок dI, задаваемых во вкладке Настройки.

Периоды. Переключатель устанавливает, данные какого из частотных диапазонов следует визуализировать. Под *короткими* периодами подразумевается диапазон от 3,3 до 10 Гц. *Средним* периодам соответствует диапазон 2-3,3 Гц, *длинным* периодам – диапазон 0,5-2 Гц.

Интенсивность. Переключатель, который устанавливает, какая величина будет учитываться при промере амплитуд на спектрах: *средняя* или *максимальная*.

Bud. Переключатель устанавливает вид графического отображения результатов обработки. Выберите *Карта*, если необходимо оценить пространственное положение пунктов наблюдения совместно с интенсивностью в них (см. рисунок выше). Выберите *График*, чтобы результатов обработки были представлены в виде диаграммы столбиками (пример – на рисунке ниже).

MicroReg 1.2. Справочная информация



Дополнительные пункты. Таблица для дополнения проекта данными о пунктах, где сейсмическая интенсивность была получена в ходе других работ (например, ранее выполненных). Каждый дополнительный пункт описывается шестью полями: имя пункта, две горизонтальные координаты (в текущей системе координат) и три оценки интенсивности, соответствующие трем частотным диапазонам сейсмических колебаний. Пункты можно добавлять, удалять перемещать в плане. По умолчанию дополнительные пункты на диаграмме отображаются синим цветом (цвет можно менять на соседней вкладке *Топооснова*) с подписями имен пунктов и сейсмической интенсивности.

+ Кнопка для добавления дополнительных пунктов в таблицу. После добавления точки, ее параметры можно ввести вручную в предпоследней строке таблицы (последняя строка всегда должна быть пустой).

- Кнопка для удаления дополнительных пунктов из таблицы. Удаляются только те пункты, строки которых выделены.

▲ Кнопка для управления режимом визуального редактирования свойств дополнительного пункта. На карте (выбран Bud – Kapma) при включении режима возможно непосредственное перемещение пункта плане с помощью мыши. На графике (выбран Bud – График) при включении режима так же с помощью мыши возможно непосредственное изменение сейсмической интенсивности (высоты столбиков). Изменения будут касаться тех периодов колебаний, которые указаны на переключателе Периоды.

пк Кнопка для управления режимом автоматического именования дополнительных пунктов согласно загруженной схемы пикетов. При включении режима добавляемые и перемещаемые дополнительные пункты будут получать численные имена в зависимости от своего местоположения относительно ближайших двух пикетов. При отключении режима имена пунктов будут формироваться из приставки имени пикета, указанной во вкладке *Топооснова*, и номера порядкового номера пункта в списке, присвоенного при его добавлении.

<u>Контекстное меню списка дополнительных пунктов.</u> Список дополнительных пунктов имеет свое контекстное меню, состоящее из команд: *Сортировать по алфавиту, Удалить выделенные пункты, Клонировать наблюденные пункты, Интерполировать все, Интерполировать интервал, Динамическая коррекция, Поиск.*

Сортировать по алфавиту – сортировка пунктов по названию пункта в алфавитном порядке.

62

Удалить выделенные пункты – удаление выделенных строк из списка пунктов.

Клонировать наблюденные пункты – создание в списке дополнительных пунктов копий всех пунктов наблюдения вместе с рассчитанными оценками интенсивности в трех частотных диапазонах. Имена клонированных пунктов отличаются от исходных символом «с» в конце. Данный символ используется как признак, того, что пункт можно использовать как опорный при создании сети дополнительных пунктов.

Интерполяция – меню с выбором варианта интерполяции оценок интенсивности для всех дополнительных пунктов, опираясь на сеть основных пунктов. Возможна интерполяция последовательных пунктов на профиле и для произвольно расположенных пунктов.

На профиле для интервала. В данном варианте интерполяции значение интенсивности в дополнительном пункте будет зависеть от его имени, обозначающего номер пикета или расстояние от начала профиля, а также от значений интенсивности на концах интервала. Границами интервала считаются два ближайших в списке опорных пункта, один из которых идет до текущего пункта, а другой – после. Если первый и последний пункты в списке не являются опорными, они считаются таковыми на момент интерполяции. Если кнопка управления режимом автоматического именования дополнительных пунктов пк включена, то имя пункта считается номером пикета и переводится в координату вдоль профиля, которая используется в формуле интерполяции (см. Интерполяция). Если кнопка выключена, то в качестве аргумента выступает порядковый номер пикета.

На профиле для всех пунктов. Интерполирование оценок интенсивности только для всех дополнительных пунктов. Порядок опорных пунктов определяется их последовательностью в списке дополнительных пунктов. Интерполированное значение интенсивности определяется аналогично способу, описанному выше.

На плоскости для пункта. При таком виде интерполяции осуществляется поиск ближайших в плане двух опорных пунктов, между которыми предполагается линейное изменение интенсивности. Интерполируемое значение в текущем пункте зависит от расстояния до опорных пунктов и значений интенсивности в них.

На плоскости для всех пунктов. Интерполяция аналогично предыдущему варианту, но для всех дополнительных пунктов.

Динамическая коррекция – изменение фактического размаха оценок сейсмической интенсивности до другого, более подходящего к текущей обстановке. Динамическая коррекция, помимо изменения размаха включает также смещение на произвольную величину. Описание методики, используемой для динамической коррекции см. в главе <u>Динамическая коррекция</u>.

Поиск. Меню, имеющее две команды, используемые для поиска пунктов в большом списке по их нескольким критериям: **Повторение имени** (поиск пунктов с одинаковыми именами), **Ближайшие пункты** (поиск близкорасположенных друг к другу пунктов). При поиске ближайших пунктов требуется задать расстояние между пунктами, при непревышении которого будет считаться, что пункты являются близкими. Также перед поиском будет сделан запрос на размер группы (количество N) соседних пунктов. Поиск осуществляется не по всем пунктам, а в пределах небольшой группы соседних в списке пунктов, размер которой требуется указать. То есть для каждого текущего пункта проверяется на близость каждый пункт, попадающий в группу из N соседних в списке с ним пунктов. Перед поиском, возможно, потребуется отсортировать пункты по алфавиту.

Диаграмма, визуализирующая результаты обработки, отображается в правой части вкладки *Схема*. На диаграмме можно менять горизонтальный масштаб, выделив мышью участок для увеличения. Возврат к прежнему масштабу происходит при движении мыши в направлении влево-вверх при нажатой левой кнопке. Перемещение по графику/карте можно выполнять, если перемещать мышь с нажатой правой кнопкой. Для правильного восприятия картины в плане горизонтальный масштаб во всех направлениях всегда принимается одинаковым.

Движение курсора мыши над картой сопровождается отображением его координат в строке статуса. Любой щелчок левой кнопки мыши над картой устанавливает точку отсчета, относительно которой вычисляется расстояние до текущего положения курсора. Расстояние

также отображается в строке статуса после координат в единицах текущей системы координат (метрах или градусах).

5.3.6.3. Формирование топоосновы

Для наглядного представления результатов обработки на карте, отображаемой на вкладке *Схема*, предусмотрена возможность визуализации данных на растровой топооснове.

Приставка имени пикетов пк									_	• •	X	\mathbb{N}	~	,													_		
-Отображать:		•	•	•	•	•		•	•		(N	1	8	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
📧 🔽 Пикеты 🗾 🖻	· ·	•	•	·	·	·	•	•	•	•	· ``		11		•		•	•	·	·	·	·	·	·	•	·	·	•	
🗕 🔽 Пункты наблюдения			•	•	·	·		•	•	•	•	N								·	·	•	·		·	•	·	•	
📃 🔽 Дополнительные пункты													Ϋ́		K	2													
🔲 Растры 🔲 Прозрачные														17	X	3	<u>-</u> @												
R:\Field\200811 Сочи-Диблер\T										н. 1		Cen		Ĭ			0												
													. \	11	Λ	M,	器	•											
 R:\Field\200811_Сочи-Дублер\11 R:\Field\200811_Сочи-Дублер\11 										•				N.	K)	11	麗	į.											
R:\Field\200811_Сочи-Дублер\То В:\Field\200811_Сочи-Дублер\То В:\Field\200811_Сочи-Виблер\То													•	. 🦉		꽗	1	•						•				•	
Я:\Field\200811_Сочи-Дублер\Т			· ·			·	•	•	•	•	•	•	· .					2	·	•	•	•	·		·	•		•	
✓ R:\Field\200811 Сочи-Дублер\1: ✓ R:\Field\200811 Сочи-Дублер\1:	· .		··	·	÷	·	·	·	•	•	•	·	•							·	·	•	·	÷	·	·	•	•	
☑ R:\Field\200811_Сочи-Дублер\Т;	· ·	•	•	·	·	·	•	•	•	•	•	•	•		1	-8				2	·	·	·	·	·	·	•	•	
	, .	•	· ·	•	7	·	• •	•	•	Ŧ	•	• •	•	• •	•	5				M.	• •	· ·	·	7	·	• •	•	•	
	· ·	•	•	•	·	·	•	•	•	•	•	•	•		• •	• •	T.			10		•	·	•	•	•	•	•	
	*		- ·		-	Ċ	. +			•		•		-			- 🕅		N	<u>_</u>		Al	÷	*	÷		•	·	-
			Sec.																	÷,	1	19							
		j		25						÷							-			1		of the second	di).						-
	•	ſ	15-37																	and a									►

Топооснова формируется на вкладке **Топооснова** из нескольких растров, каждый из которых имеет привязку к местности (см. <u>Дополнительные настройки приложения</u>). Здесь же задается файл с пикетами профиля, который будет отображаться поверх растров. Все элементы управления, отвечающие за формирование топоосновы расположены в левой части вкладки. В правой части, отображаются сами растры. Горизонтальные размеры обеих частей могут быть изменены с помощью подвижного разделителя.

Приставка имени пикетов. Задайте символьную последовательность, которая будет использоваться как часть имени пикета. Имена пикетов (в файле пикетов или в проекте) должны быть сформированными из двух частей: текстовой приставки и номера. Строковая приставка может быть произвольной (по умолчанию "пк"), и ее необходимо указать для правильного разделения имени пикета на составные части и для добавления ее в имена дополнительных пунктов. Номер пикета должен быть числом, отражающим количество сотен метров.

Группа параметров *Отображать:* позволяет задать перечень отображаемых объектов и настроить цвета визуализации.

Пикеты. Установите данный флаг, если требуется отображать пикеты профиля. Выберите файл с координатами пикетов, формирующих линию профиля и служащих опорными точками для формирования имен дополнительных пунктов наблюдения. Каждому пикету в файле соответствует одна строка. В строке должны быть представлены две горизонтальные координаты точки и ее имя, например, «75500 25675 пк23». По умолчанию пикеты профиля на схеме будут отображаться зелеными метками, соединенными сплошными зелеными линиями. Нажмите на расположенную слева кнопку ™, если требуется изменить цвет отображения пикетов.

Пункты наблюдения. Установите данный флаг, если требуется отображать основные пункты наблюдения. Нажмите на расположенную слева кнопку , если требуется изменить цвет отображения основных пунктов.

Дополнительные пункты. Установите данный флаг, если требуется отображать дополнительные пункты наблюдения. Нажмите на расположенную слева кнопку . если требуется изменить цвет отображения основных пунктов.

Растры. Установите данный флаг, если требуется отображать растры, из которых будет формироваться топооснова проекта.

Прозрачные. Установите данный флаг, если для улучшения качества восприятия растров топоосновы, требуется сделать их фон прозрачным. Прозрачность актуальна, когда растры имеют большую площадь заливки одного цвета, а объекты отображены схематически контрастными линиями. Если растр не имеет одноцветного фона (например, космоснимок), его прозрачность лучше отключить.

Создайте ниже список растров. Редактирование списка осуществляется из контекстного меню, в котором имеются команды: Добавить растр, Заменить растр, Удалить растр, Загрузить привязку, Привязать растр вручную, Информация. Какой из растров в списке следует отображать на схеме указывают флаги слева от имени файла каждого растра. Выделение любого из растров в списке приведет к его визуализации справа. Растр во вкладке То-пооснова всегда отображается в оригинальном размере, без масштабирования.

Команды контекстного меню.

Добавить растр. Команда, позволяющая добавить растр в список. Выберите файл с нужным растром в появившемся диалоговом окне, следом выберите также файл с привязкой растра к местности. При отказе от выбора файла-привязки растра появится запрос его угловых координат. Введите их в предложенном формате, если они известны. Если угловые координаты не известны, их можно внести позже в файл-привязки, который появится после сохранения проекта.

Заменить растр. Команда позволяет сменить файл растра, либо его привязку, либо и то и другое. Последовательность возникающих запросов аналогична последовательности запросов команды Добавит растр.

Удалить растр. Команда удаляет растр из списка проекта. Сами растры и соответствующие им файлы-привязки не удаляются.

Загрузить привязку. Команда позволяет задать файл привязки растра. Приложением поддерживается три формата файлов с привязкой, из которых два являются общепринятыми в ГИС-системах (<u>ТАВ</u> и <u>МАР</u>) и один – <u>внутренний формат</u>. При загрузке растров файлы, содержащие привязку во внутреннем формате, при их наличии загружаются в проект автоматически без запросов. Данная команда позволяет задать такой файл явно.

Привязать растр вручную. Команда позволяет начать выполнение привязки текущего растра с помощью мыши. При ее вызове появляется запрос на указание левого нижнего угла растра с помощью мыши. Укажите его и задайте его координаты в появившемся диалоге. Следующим появится запрос на указание мышью правого верхнего угла растра. Привязка заканчивается запросом на ввод его координат. Привязка растра может быть прервана щелчком мыши на списке растров (после появившегося запроса на указание угла растра) либо отказом от ввода данных в появляющихся диалогах.

Информация. Выберите данную команду, чтобы отобразить текущую привязку растра. Привязка растров в приложении хранится в трех системах координат. Информация о привязке в каждой из них будет отображена в сообщении в виде таблицы.

Выбранные в списке растры всегда отображаются в окне справа от списка. Навигация по растру, если он не помещается в окно, осуществляется с помощью полос прокрутки, либо с помощью движения мыши при удерживании нажатой правой кнопки.

5.4. Выполнение экспресс-расчетов

Быструю оценку различных величин, которые могут использоваться при сейсмическом микрорайонировании, в приложении можно выполнить с помощью специализированных калькуляторов, расположенных на вкладке *Калькуляторы*.

Здесь имеется возможность выполнить следующие виды экспресс-расчетов:

- рассечет влияния гидрогеологических факторов
- расчет влияния фактора различия сейсмической жесткости пород
- расчет влияния фактора рельефа
- расчет параметров колебания грунта
- преобразование координат

Первые три вида расчетов предполагают получение оценки приращения сейсмической интенсивности.

Гидрогеологический фактор – группа параметров, позволяющих оценить влияние гидрогеологического фактора на сейсмические свойства пород. Группа разделена на два калькулятора, разделенных горизонтальной линией. Верхний позволяет оценить изменение сейсмической интенсивности при разной водонасыщенности пород. Изменение любого из параметров сразу приведет к пересчету приращения сейсмической интенсивности, значение которой отображается под надписью **Приращение, баллы**. Нижний калькулятор рассчитывает **плотность влажного грунта, г/см³**, при различной пористости.



Тип по водонасыщаемости. Выберите тип пород по их способности насыщаться влагой. Подробности см. в главе <u>Установка параметров грунта</u>.

УГВ. Укажите отметку уровня грунтовых вод от земной поверхности.

Плотность сухого грунта, г/см³. Задайте плотность грунта в сухом состоянии.

Коэффициент пористости. Задайте значения коэффициента пористости в диапазоне от 0 до 1.

<u>Фактор сейсмической жесткости</u> – калькулятор, позволяющий оценить влияние фактора различий сейсмической жесткости на приращение сейсмической интенсивности (*Приращение, баллы*). Параметры скорости и плотности сгруппированы в две колонки, из которых первая характеризует эталонный грунт (*эталон*), вторая – *исследуемый грунт*.

-Фактор сейскишеск	oŭ wectu	ootu			
тактор сеисмическ	ON WECH	сости			
	Эталон		Исследу	јемый	Приращение,
			грун	н	баллы
Скорость, м/с	h200	\$	1200	\$	0.00
Плотность, г/см^3	2.20	\$	2.20	\$	
🔲 С учетом тензоч	увствите.	пьнос	ти		
Изменения скорости, м/с	200	\$	200	\$	

Скорость, м/с. Задайте значения для однотипных скоростей (Vp или Vs) распространения волн для эталонного и исследуемого грунтов.

Плотность, *г/см*³. Задайте значения плотности грунта для эталонного и исследуемого грунтов.

С учетом тензочувствительности. Флаг, позволяющий учитывать нелинейные свойства грунтов, связанные с их тензочувствительностью. См. главу <u>Учет нелинейных эффек-</u><u>тов</u>.

Изменения скорости, м/с. Задайте изменения скорости распространения волн на эталоне и исследуемом грунтах, обусловленные явлением тензочувствительности.

<u>Фактор рельефа</u> – калькулятор, позволяющий оценить влияние фактора рельефа местности на приращение сейсмической интенсивности (*Приращение, баллы*). При оценке приращения всегда ведется расчет таких параметров долины, как В, I/H, Кверх, Книз, К, описание которых дано в главе <u>Влияние рельефа местности</u>.

Фактор рельефа Ширина долины, м	3000	\$	Приращение, баллы
Высота долины, м	300	•	0.00
Превышение точки над дном долины, м	150	\$	B =5.10 VH =8.00
Скорость Vs, м/с	1200	•	Кверх =1.00
Период колебаний, с	2.00	\$	Книз =1.00 К =1.00

Ширина долины, м. Задайте горизонтальное расстояние между точками долины, расположенными в ее верхних точках по разные стороны от реки.

Высота долины, м. Задайте вертикальное расстояние между самой нижней и верхней точками долины.

Превышение точки над дном долины, м. Задайте вертикальное расстояние между самой нижней точкой долины и исследуемой точкой.

Скорость Vs, м/с. Задайте скорость поперечной волны для расчета ее длины.

Период колебаний, с. Задайте период поперечной волны для расчета ее длины.

<u>Параметры колебания грунта</u> – калькулятор, позволяющий преобразовать сейсмическую *интенсивность, баллы* в соответствующие ей величины нормального *смещения, скорости смещения* и *ускорения* грунта, выраженные в см, см/с и см/с², соответственно.

\$
4.00
8.00
100.00

Преобразование координат – группа элементов управления для проверки процедуры преобразования координат и для преобразования координат пункта из одной системы в другую. Задайте координаты точки в одной из систем координат (X, Y, Z – в прямоугольной или Lat, Lon, Alt – в географической). Пересчет выполняется сразу после изменения любого элемента согласно параметрам преобразования, указанным во вкладке *Общие параметры*.



5.5. Дополнительные настройки

Все дополнительные настройки приложения выполняются на вкладке *Настройки*. Всего на вкладке представлено три группы настроек: *Загрузка записей*, *Сейсмическая интенсивность* и *Координаты*. Каждая из них отвечает за определенную группу операций, выполняемых приложением.

<u>Загрузка записей</u> – группа настроек, влияющих на характер добавления исходных данных в проект.

Загрузка записей		
🔽 Автоматическое распознавание ко	омпоне	нт
Макс, разрыв между записями, с	10	\$
Частота оцифровки по умолчанию, Гц	50	\$

Автоматическое распознавание компонент. Флаг, влияющий на распознавание компонент каналов записи при ее добавлении в проект. Если флаг включен, то при добавлении файла будет выполняться проверка имен его каналов на наличие в них символов-

идентификаторов компонент, которые могут указывать их ориентацию на восток («е» или «Е»), север («п» или «N») и вертикально вверх («z» или «Z»). Если в имени канала будет встречаться два или более символов-идентификатора, то во внимание будет приниматься только первый из них. При отсутствии символов-идентификатора в имени канала, а также при отключении флага распознавания все каналы будут устанавливаться как вертикальные.

Макс. разрыв между записями, с. Укажите допустимую величину разрыва между записями, по которой будет определяться необходимость объединения файлов в одну запись. Если разрыв между одной из загруженных в проект записью и добавляемой меньше указанного порога, то эти две записи будут считаться как непрерывные и будут объединены. Объединенная запись получит имя раннего файла, а их длительность просуммируется. Объединяться могут только записи, имеющие один и тот же идентификатор пункта, одинаковую частоту оцифровки и одинаковый набор каналов.

Частота оцифровки по умолчанию, Гц. Задайте частоту оцифровки для тех фалов, в которых она явно не содержится. Частота оцифровки по умолчанию актуальна для файлов в формате UGRA.

<u>Сейсмическая интенсивность</u> – группа параметров, оказывающих влияние на способ получения данных о сейсмической интенсивности в пунктах.



Взвешивание оценок dI. Задайте набор диапазонов периодов и соответствующих им весовых коэффициентов, которые используются при расчете объединенных оценок приращений интенсивности, опирающихся на результаты двух способов оценки локальных усилений (стандартный и Накамуры). Весовые коэффициенты позволяют учитывать влияние поверхностных шумов в пункте наблюдения на результаты обоих способов оценки ΔI . Установка коэффициентов ниже единичного уровня будет ослаблять вклад оценки в объединенную оценку. По умолчанию вклад оценок способом Накамуры составляет 1 для всех периодов колебаний. Для оценок стандартным способом установлены и значения вкладов 1, 0.6 и 0.2 для длиннопериодных, среднепериодных и короткопериодных колебаний, соответственно. Уменьшение вкладов оценок стандартным способом связано с необходимостью учета подверженности данного способа влиянию техногенных помех.

Стандартное отклонение I, баллы. Задайте величину стандартного отклонения, которая используется в процедуре создания случайной ошибки сейсмической интенсивности для дополнительных пунктов наблюдения. Случайная ошибка рассчитывается вероятностным методом (используется распределение Гаусса) и прибавляется к интенсивности дополнительного пункта наблюдения при интерполяции (см. также <u>Графическое представление</u> <u>итогов</u> и <u>Интерполяция</u>).

<u>Координаты</u> – группа элементов управления, определяющих параметры преобразования координат из одной систем в другую. Поскольку в приложении может использоваться как местная плоская система координат, так и геодезическая, возникает необходимость их взаимного преобразования.

MicroReg 1.2. Справочная информация

🔘 Шло	оская прямоуго	ольная (пр.	. Гаусса-Крюгерај
🔘 Гео	дезическая	WGS-84	•
Местн	ая система ко	ординат	-Глобал, пересчет
dx, м	7500008.87		$XYZ \rightarrow LLA$
dy, м	4784571.04		$LLA \to XYZ$
dz, м	0.00		$XYZ \leftrightarrow LLA$
wx, *	0		🗖 Пикеты
wy, *	0		🔲 Пункты
wz, *	5.10980825 E	-6 🚍	Доп.пункты Растры 20
м	0.999991715	14 🕃	30

Основная система координат. Выберите систему координат, которая будет считаться основной и использоваться в проекте для визуализации результатов на карте. Выберите вариант Плоская прямоугольная (пр. Гаусса-Крюгера), если основной будет местная прямоугольная плоская система координат в проекции Гаусса-Крюгера. Выберите вариант *Геодезическая*, если основной является геодезическая система координат (широта, долгота, высота). Геодезическая система, в свою очередь, может быть двух видов: WGS-84 (эллипсоид WGS-84, используемый в GPS) и CK-42 (Пулковская система координат 1942 г. на эллипсоиде Красовского).

Местная система координат. Установите параметры преобразования dx, dy, dz (смещения параллельного переноса начала координат местной системы относительно начала координат в проекции Гаусса-Крюгера), wx, wy, wz (повороты осей местной системы координат) и M (коэффициент масштабирования в местную систему координат), используемые в формулах конверсии между различными системами координат (см. <u>Преобразование координат</u>).

Глобальный пересчет. Группа параметров, определяющих вид преобразования координат и данные, подвергаемые этому преобразованию.

ХҮZ->LLA Кнопка для глобального преобразования из местной системы координат в выбранную геодезическую.

LLA-> XYZ Кнопка для глобального преобразования из выбранной геодезической системы координат в местную.

ХҮZ<->LLA Кнопка для глобального дополнения имеющихся координат координатами в других системах, если они не заданы. Координаты считаются не заданными, если все три координаты равны нулю.

Пикеты. Установите этот флаг, если требуется глобальное преобразование для пикетов проекта.

Пункты. Установите этот флаг, если требуется глобальное преобразование для основных пунктов проекта.

Доп. пункты. Установите этот флаг, если требуется глобальное преобразование для дополнительных пунктов проекта.

Растры. Установите этот флаг, если требуется глобальное преобразование для привязок растров проекта.

Линии. Установите этот флаг, если требуется глобальное преобразование для линий, участвующих в формировании топоосновы проекта.

2D. Нажатие кнопки позволяет использовать координаты, введенные в системе WGS-84 и в местной координатной сетке, при решении аппроксимационной задачи, результатом которой являются параметры преобразования координат на плоскости (dx, dy, wz, M). В качестве исходных данных используются координаты только тех пунктов, которые отмечены в списке исходных записей на вкладке *Обработка* \ *Исходные спектры*.

3D. Нажатие кнопки позволяет использовать координаты, введенные в системе WGS-84 и в местной координатной сетке, при решении аппроксимационной задачи, результатом которой являются параметры преобразования координат в пространстве (dx, dy, dz, wx, wy, wz, M). В качестве исходных данных используются координаты только тех пунктов, которые отмечены в списке исходных записей на вкладке Обработка \ Исходные спектры.

Дополнять СК при загрузке записей. Установите этот флаг, если требуется, чтобы при загрузке записей, имеющих информацию о координатах, дополнение координатами в остальных системах выполнялось автоматически.

<u>Топорастры</u> – группа элементов управления привязкой растров при их загрузке в систему. Данные настройки используются в том случае, если информация о привязке растров содержится в имени файлов.

-T	
гопорастры	
🥅 Привязка в имени файла	Размеры по умолчанию
Позиция Х 🔽 🚖	Ширина 400.00 🚖
Позиция Ү 🚺 🚖	Высота 300.00 🚖
Разделитель –	

Привязка в имени файла. Установите данный флаг, если в имени файлов растра имеется информация о привязке растров (координаты левого нижнего угла).

Позиция Х. Задайте номер позиции в имени файла, с которой начинается координата Х левого нижнего угла растра.

Позиция Ү. Задайте номер позиции в имени файла, с которой начинается координата Ү левого нижнего угла растра.

Разделитель. Задайте символ, который используется в имени файла для разделения координат X и Y.

Размеры по умолчанию. Задайте *Ширину* и *Высоту* растра в текущих единицах.

5.5. Добавление примечаний к проекту

Проект может сопровождаться дополнительной информацией, которая может быть полезна в ходе обработки, и куда могут быть занесены данные об объекте и пр. Для этого предусмотрена вкладка **Примечания**. Данные вкладки хранятся в отдельном файле \$*PrjDir**Notes.rtf* и могут также редактироваться другими редакторами.

5.6. Активация приложения

Для полнофункциональной работы копия приложения должна быть активирована. Неактивированная копия позволяет пользоваться только меню «?». К активации можно прступить посредством выбора команды *Активация* в меню «?». При этом появится диалоговое окно с предложением отправить разработчику уникальный идентификатор. Идентификатор является кодом, определяющим привязку приложения к уникальным системным и аппаратным ресурсам компьютера. Получив код активации, введите его в предлагаемое поле и нажмите кнопку *Ок*.

MicroReg 1.2. Справочная информация

Активация приложения 🛛 💌					
Для активации приложения используйте идентификатор: ViF6F1F0C3					
Отправьте идентификатор разработчику, получите код активации					
E-mail: dr@mi-perm.ru ICQ: 83021564					
Введите код активации					
Ok Отмена					

Активационный код содержит также сведения о сроке действия лицензии, по истечении которого некоторые функции приложения становятся недоступными. Запросите у разработчика новый код активации для продолжения полнофункциональной работы приложения.

6. Приложения

6.1. Используемые форматы записи данных проекта

6.1.1. Форматы записи частотных характеристик аппаратуры

Приложением распознаются два формата ЧХ аппаратуры. Оба формата используют аналитический способ записи ЧХ через нули и полюсы.

Пример записи поля	Комментарии
ZEROS 3	количество нулей
0 0	1-й нуль (если значение равно (0; 0), то его
	можно опустить)
0 0	2-й нуль
0 0	3-й нуль
POLES 4	количество полюсов
0 0	1-й полюс (если значение равно (0; 0), то
	его можно опустить)
0 0	2-й полюс
0 0	3-й полюс
0 0	4-й полюс
CONSTANT 1e-11	множитель ЧХ

6.1.1.1. Формат SAC (PAZ)

Примечание: Формат не содержит данных о единицах измерения, поэтому пользователю необходимо самостоятельно проконтролировать правомерность использования ЧХ в каждом конкретном случае

6.1.1.2. Формат RSP

При записи данных используется структура INI-файла с секциями. Первая секция содержит общие сведения об аппаратуре.

[DEVICE]	
Serial	= 1514
Model	= CM3-KB
Note	=
Date	= 2008.03.05
Response in units	= m/s
Response out units	= V
Transfer function type	= F
	(F – FAP, то есть набор точек [частота, амплитуда и фаза];
	S – полюсы и нули на S-плоскости;
	С – каскад полиномов произвольного порядка;
	В – каскад полиномов 2-го порядка)
ZP available	= True; присутствие в файле ЧХ, заданной полюсами и нулями
FAP available	= True; присутствие ЧХ, заданной частотой, амплитудой и фазой
BiCascade available	= False; присутствие ЧХ, заданной каскадом полиномов 2-го порядка
Cascade available	= False; присутствие ЧХ, заданной каскадом полиномов

72

Вторая секция зависит от параметра Transfer function type:
для Transfer function type = F								
[FAP] набор точек, описывающих ЧХ								
0.214 9372.360 0.000; частота [Гц], амплитуда [Response out units/ Response in units],								
фаза [радианы]								
0.340 27104.979 0.000								
0.488 55571.849 0.000								
0.976 89802.471 0.000								
1.997 85485.914 0.000								
для Transfer function type = S								
[ZP] описание ЧХ полюсами и нулями								
Normalization type $= 0; 0 - \text{нет нормализации (в полосе пропускания A4X = 1)}$								
1 – АЧХ = Normalization value на частоте Normalization frequen-								
СУ								
2 – АЧХ умножается на Normalization factor								
Normalization value = 1; значение АЧХ на частоте Normalization frequency								
(только для Normalization type = 1)								
Normalization frequency = 1; частота нормализации где АЧХ = Normalization value								
(только для Normalization type = 1)								
Normalization factor = 1; множитель АЧХ (только для Normalization type = 2)								
Number of zeroes = 1; количество нулей								
Number of poles $= 2$; количество полюсов								
[ZEROES] список нулей								
0 0; вещественная и мнимая части нуля АЧХ								
[POLES] список полюсов								
0 0; вещественная и мнимая части полюса АЧХ								
0 0								
Transfer fur stion ture C way D								
<u>для Transfer function type = С или В</u>								
Number of sections = 3 ; количество секции в каскаде								
Order01=2 ; порядок полинома 1-й секции каскада								
Order02=1 ; порядок полинома 2-й секции каскада								
Order03=n ; порядок полинома 3-й секции каскада								
[SECTION01] пример описания секции с коэффициентами полицома 2 го порядка								
$12 13 1 \cdots \text{коэффициентами полинома 2-то порядка}$								
1.2 1.3 1 , $KOS\Psi\Psi$ ициснты числителя 00, 01 и 02 75 4.1 : roothuurus anavarang al. a2 (a0 на развотод так как развис -1)								
75 4.1 , KO9 ψ ψ uquentisi 3hamenatenisi at, a2 (a0 he 3adaetes, tak kak beetda -1)								
[SECTION02] пример описания секции с коэффициентами полинома 1-го порядка								
13 1 ; koododuuueutu uucuuteug b 0 u b 1								
75 : Koode du lueur en antena en al								
[SECTION03] пример описания секции с коэффициентами полинома n-го порялка								
b[0] b[1] b[2] b[n-1] b[n] : коэффициенты числителя								
a[1] a[2] a[3] a[n] : коэффициенты знаменателя								

Если количество коэффициентов в числителе и знаменателе разное, то n = наибольшему количеству, а для меньшего ряда коэффициентов принимают дополнительные коэффициенты равными 0.

6.1.1.3. Формат FAP

Простой формат для хранения ЧХ в виде точек спектра. Первая строка файла содержит количество строк загружаемой ЧХ, далее идут сами данные ЧХ (2 или 3 колонки). В первой колонке содержится частота, во второй – амплитуда, в третьей (если присутствует) – фаза в радианах. Ниже приведен пример содержимого файла в формате FAP.

3 0.100000 0.227291 0.101746 0.215813 0.103523 0.204915

6.1.1.4. Форматы SEED и GSE

Система позволяет загружать ЧХ, заданные полюсами и нулями в форматах SEED (version 2.4) и GSE (version 2.1). Поскольку форматы позволяют хранить историю изменения ЧХ аппаратуры, во внимание принимается только ее последний вариант. Подробности представления ЧХ в данных форматах представлены в соответствующей документации.

6.1.2. Форматы записи файлов привязки растров топоосновы

Форматы МАР и ТАВ – широко используемые форматы для привязки растров топоосновы в системах ГИС. Самый простой способ их получения – использовать продукт **SASPlanet**, позволяющий получать качественные прямоугольные растры космоснимков любого участка планеты вместе с файлами привязок. Описание самих форматов далее не приводится, даны только примеры их записи для одного и того же растра, левый верхний угол которого имеет координаты 34.7978210449219 с.ш. и 44.4020994187007 в.д., а правый нижний угол – 36.8384456634521 с.ш. и 43.0838356405955 в.д. Размеры растра: горизонтальные – 1585, вертикальные – 1412. Предполагается, что все координаты, имеющиеся в файлах МАР и ТАВ, заданны в геодезической системе WGS-84. Если они заданы в других системах, дополнение координат будет давать неверные результаты.

Описание внутреннего формата дано полностью.

6.1.2.1. Формат МАР

OziExplorer Map Data File Version 2.2	
Dag_1-1.bmp	
R:\Field\200905_Сочи_Дагомыс\topo\Dag_1-1.bmp	
1,Map Code,	
WGS 84,, 0.0000, 0.0000, WGS 84	
Reserved 1	
Reserved 2	
Magnetic Variation,,,E	
Map Projection, Mercator, PolyCal, No, AutoCalOnly, No, BSBUseWPX, No	
Point01,xy, 0, 0,in, deg, 43, 44.4020994187007,N, 39, 34.7978210449219,E, grid, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
Point02,xy, 1585, 1412,in, deg, 43, 43.0838356405955,N, 39, 36.8384456634521,E, grid, , , , , , N	N
Point03,xy, 0, 1412,in, deg, 43, 43.0838356405955,N, 39, 34.7978210449219,E, grid, , , , , N	
Point04,xy, 1585, 0,in, deg, 43, 44.4020994187007,N, 39, 36.8384456634521,E, grid, , , , , , N	
Point05,xy, 792, 706,in, deg, 43, 43.7430283996477,N, 39, 35.818133354187,E, grid, , , , , N	
Point06,xy, 792, 0,in, deg, 43, 44.4020994187007,N, 39, 35.818133354187,E, grid, , , , , N	
Point07,xy, 0, 706,in, deg, 43, 43.7430283996477,N, 39, 34.7978210449219,E, grid, , , , , , N	
Point08,xy, 1585, 706,in, deg, 43, 43.7430283996477,N, 39, 36.8384456634521,E, grid, , , , , N	
Point09,xy, 792, 1412,in, deg, 43, 43.0838356405955,N, 39, 35.818133354187,E, grid, , , , , N	
Point10,xy, , ,in, deg, , ,N, , ,W, grid, , , ,N	
Point11,xy, , ,in, deg, , ,N, , ,W, grid, , , ,N	
Point12,xy, , ,in, deg, , ,N, , ,W, grid, , , ,N	
Point13,xy, , ,in, deg, , ,N, , ,W, grid, , , ,N	
Point14,xy, , ,in, deg, , ,N, , ,W, grid, , , ,N	
Point15,xy, , , in, deg, , , N, , , , W, grid, , , , , N	
Point16.xy, in deg. N. W. grid, N.	

Point17,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point18,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point19,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point20,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point21,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point22,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point23,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point24,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point25,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point26,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point27,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point28,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point29,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Point30,xy,	,	,in, deg,	,	,N,	,	,W, grid,	,	,	,N
Projection Setup,,,,,,,									
Map Feature :	= M	F; Map C	omme	ent = l	МC	These foll	ow if t	they ex	xist
Track File $=$ 1	ΓF	These for	ollow	if they	exis	st			
Moving Map	Para	ameters =	MM?	The	se fo	llow if they	exist		
MM0,Yes									
MMPNUM,4									
MMPXY,1,0,0									
MMPXY,2,1	585,	0							
MMPXY,3,1	585,	1412							
MMPXY,4,0,	141	2							
MMPLL,1, 39	9.57	99636840	82, 43	3.7400	3499	903117			
MMPLL,2, 3	9.61	39740943	909, 4	43.740	0349	903117			
MMPLL,3, 39	9.61	39740943	909, 4	43.718	30639	9273433			
MMPLL,4, 39.579963684082, 43.7180639273433									
MM1B,1.72608367257149									
MOP,Map Open Position,0,0									
IWH,Map Image Width/Height,1585,1412									

6.1.2.2. Формат ТАВ

!table !version 300 !charset WindowsCyrillic

```
Definition Table
File "Dag_1-1.bmp"
Type "RASTER"
(39.579963684082,43.7400349903117) (0, 0) Label "Точка 1",
(39.6139740943909,43.7180639273433) (1585, 1412) Label "Точка 2",
(39.579963684082,43.7180639273433) (0, 1412) Label "Точка 3",
(39.6139740943909,43.7400349903117) (1585, 0) Label "Точка 4",
(39.5969688892365,43.7290504733275) (792, 706) Label "Точка 5",
(39.5969688892365,43.7290504733275) (0, 706) Label "Точка 6",
(39.579963684082,43.7290504733275) (0, 706) Label "Точка 6",
(39.579963684082,43.7290504733275) (0, 706) Label "Точка 7",
(39.6139740943909,43.7290504733275) (1585, 706) Label "Точка 8",
(39.5969688892365,43.7180639273433) (792, 1412) Label "Точка 9"
CoordSys Earth Projection 1, 104
Units "degree"
```

6.1.2.3. Внутренний формат

Файлы в данном формате используются для хранения привязок растров топоосновы внутри проекта. Файлы привязок растров располагаются в папке *\$PrjDir\TopoData*. Имя файла-привязки складывается из трех частей. Первая часть описывает систему координат, в которой задана привязка. Возможные варианты: *Pul42_*, *Pul42GK_*, *WGS84_*. Вторая часть име-

ни совпадает с именем файла-растра. Третью часть имени файла-привязки составляет символ "*t*", примыкающий в конце. Ниже приведены примеры имен файлов-привязки для растра *Dag_1-1.bmp* в трех системах координат:

Pul42_Dag_1-1.bmpt Pul42GK_Dag_1-1.bmpt WGS84_Dag_1-1.bmpt

Файл привязки содержит всего две строки параметров, однозначно описывающих местоположение растра в системе координат. Представление параметров (экспоненциальное, с фиксированной точностью) не имеет значения.

Первая строка содержит два параметра, разделенных одним или несколькими пробелами: разрешение по горизонтали и разрешение по вертикали. Разрешение есть величина, равная расстоянию на местности, соответствующему одному пикселю растра. Разрешение задается в единицах измерения системы координат привязки. Если система координат геодезическая, то разрешение задается в градусах на пиксель, если местная, то в метрах на пиксель.

Вторая строка содержит координаты на местности, соответствующие левому-верхнему углу растра. Первой идет абсцисса или долгота, за ней следует ордината или широта. Ниже представлены примеры содержимого упомянутых выше трех файлов привязки.

Pul42_Dag_1-1.bmpt.	
2.14577056350918E-0005	1.55593600885678E-0005
3.95822740563569E+0001	4.37401188223151E+0001
Pul42GK_Dag_1-1.bmpt.	
1.71774910272900E+0000	1.74281918918236E+0000
4.68520214388751E+0004	6.06420591625051E+0004
Pul42GK_Dag_1-1.bmpt.	
2.14576721191765E-0005	1.55602428954655E-0005
3.95799636840820E+0001	4.37400349903117E+0001

Формат хранения привязок достаточно прост и удобен для редактирования, причем в некоторых случаях редактироваться может не только файл привязки но и сам растр, не беспокоясь, что нарушится качество привязки. Так, например, если известны уточненные координаты левого верхнего угла растра, то их просто нужно ввести во второй строке файлапривязки. При неизменности размеров растра его разрешение останется тем же.

При необходимости так же достаточно безболезненно можно изменить и размеры растра, но приемлемым является только отсечение его правой и/или нижней частей. При таких изменениях новые координаты правого нижнего угла будут рассчитаны автоматически, исходя из координат левого верхнего угла и неизменного разрешения растра. Все другие виды трансформаций приведут к искажению привязки и как следствие неверному отображению растра в топооснове.

6.2. Результаты сравнения SpecEst и MicroReg

(сравниваются параметры расчета и спектры)

Тестовые данные:

20-минутная запись шума (061029-120134.t29) тремя компонентами (Z, N, E).

Показатель SpecEst						MicroReg						
Параметры расчета												
Файл	061	061029-120134.t29.sl					061029-120134.t29.rec					
	(конвертированный)					(исходный)						
Частота оцифровки	400.54871					400.18395						
Длина окна, с	заданная 20.45					заданная 20						
	реальная 20.5					реальная 20.47						
	(округляе	ется до	десятых	долей		(подбирає	ется про	ограммо	й, чтобы			
		програ	ммой)			кол-во значений было равно степени						
	вручную изменена на 20.4, чтобы					двойки, или остается неизменным в						
	кол-во зна	чении	совпадал	10 C M1-		зависимости от выбранных настро-						
	<u> 9102 (91</u>		$\frac{\log}{10\pi \pm 21}$			<u>ek)</u>						
АЦУ каналор	0192 (0		нал тап	нуль)		8192 (сигнал)						
АЛА Каналов	и интерпо		нором д погле ме			некотог	ирован	пазоне и	NHOMOM I	5		
	и интерно	лирова ными 7	ппыс ме	лду за-		панный по	лом диа пином (onneneng	астот, тет значе.	_		
	за прелепам	ии лиап	азона ра	, івны зна-		данныи полином определяет значе-						
	чения	м в краі	йних точ	ках								
Весовая функция временного окна	Ханна – д.	ля спек	тров мо	цности,	Ханна							
	прямоугольная – для амплитудных					(имеется возможность выбора вида						
		спект	ров	-		функции дл	ія любь	іх типов	спектрон	3)		
Нормировка N/N _{pow2}		имее	тся				име	ется				
	Спе	ктры	мощн	ости								
Совпадение спектров в рабочей	совпадают	в преде	лах погр	ешности		совпадают	в пред	елах пог	решности	1		
полосе частот (рис. 1, 3)	определ	ения зн	начений	АЧХ		аппроксимации АЧХ						
Область определения		[0; F	F _N]			[0;F _N]						
Выраженность пиков (рис. 1, 3)		четк	кие			четкие						
Уровень значений при изменении		постоя	нный			постоянный						
длины окна (рис. 3)												
	A M H H											
Совпаление спектров в рабоней	AMIIJI	итудн		ктры	T	форма совпалает						
полосе частот (рис 2 4)	фс амплиту	ла мен	ынадаст, ыне ~ в '	2 nasa		форма совпадает, амплитула больше ~ в 2 раза						
nonoce meror (pre. 2, 1)	Частота	2 pusu	Отношения в окне				2 pusu	Т				
	Гп	, initial,		5 c 1,7		20 c	D oluite	80 c				
	2.7					1,7		2,0		_		
	16.6		3,3			3.0		3,0				
	24,7		2,9			1,3		2,3				
	50		2,1			2,1		2,2		_		
	70			2,6		2,7		2,7				
	85		7,7			8,7		8,2				
Область определения	$[-F_N, F_N])$					[0;F _N]						
Выраженность отдельных пиков	четкие на низких частотах и разма- занные на высоких (влияние пря-					четкие						
(рис. 2, 4)												
17. 0	моугольной оконной функции)					D						
Уровень значений при изменении	Растет с увеличением длины окна				Растет с увеличением длины окна					ł		
длины окна (рис. 4)	Частота Отно		ошения в окне			частота	Отн	Отношения в окне 5 с 20 с 20				
	Пика, 1 ц	5 C	20 C	80 C		пика, 1 ц	5 C	20 C	80 C	l		
	2,/	1,/1	0,75	20,1		2,1	2,70	11,5	40,/			
	10,0	0,25	0,75	2,01		24.7	0,81	2,28	0,39			
	<u>4,/</u> 50	0,10	0,77	1,4		<u>24,7</u> 50	0,47	1,04	3, 4	l		
	70	5/19	20.4	84.8		70	14.3	55 5	226	l		
	85	1.12	2.6	5.7		85	8.64	22.7	44.6	l		

© Дягилев Р.А., ГИ УрО РАН, 2010





© Дягилев Р.А., ГИ УрО РАН, 2010

MicroReg 1.2. Справочная информация



6.3. Используемые преобразования и расчеты

6.3.1. Преобразование координат

Преобразование координат из одной системы в другую осуществляется согласно формулам, изложенным в ГОСТ Р 51794-2001.

6.3.1.1. Преобразование геодезических координат

Прямое и обратное преобразование геодезических координат из системы WGS в геодезические координаты на эллипсоиде Красовского (СК-42) выполняют по формулам:

$$B_{5} = B_{a} + \Delta B$$

$$L_{5} = L_{a} + \Delta L$$

$$H_{5} = H_{a} + \Delta H$$

$$(6.3.1.1.1)$$

где *B*, *L*, *H* – геодезические широта и долгота, выраженные в единицах плоского угла, и высота, м;

 ΔB , ΔL , ΔH – поправки к геодезическим координатам точки;

а, б – системы координат.

Поправки к геодезическим координатам определяют по следующим формулам:

$$\Delta B = \frac{\rho}{(M+H)} \left[\frac{N}{a} e^2 \sin B \cos B \Delta a + \left(\frac{N^2}{a^2} + 1 \right) N \sin B \cos B \frac{\Delta e^2}{2} - \left(\Delta x \cos L + \Delta y \sin L \right) \sin B + \Delta z \cos B \right] - \left(\Delta x \cos L + \Delta y \sin L \right) \sin B + \Delta z \cos B \right] - \omega_x \sin L (1 + e^2 \cos 2B) + \omega_y \cos L (1 + e^2 \cos 2B) - \rho m e^2 \sin B \cos B$$

$$\Delta L = \frac{\rho}{(N+H) \cos B} (-\Delta x \sin L + \Delta y \cos L) + tg B (1 - e^2) (\omega_x \cos L + \omega_y \sin L) - \omega_z$$

$$\Delta H = -\frac{a}{N} \Delta a + N \sin^2 B \frac{\Delta e^2}{2} + (\Delta x \cos L + \Delta y \sin L) \cos B + \Delta z \sin B - Ne^2 \sin B \cos B \left(\frac{\omega_x}{\rho} \sin L - \frac{\omega_y}{\rho} \cos L \right) + \left(\frac{a^2}{N} + H \right) m$$
(6.3.1.1.2)

где ΔB , ΔL , ΔH – поправки к геодезическим широте, долготе, ...", и поправка к высоте, м;

В, L, H – геодезические широта, долгота, рад, и высота, м;

- Δx , Δy , Δz линейные элементы трансформирования системы координат а относительно системы координат б, м;
 - $\omega_x \, \omega_y \, \omega_z$ угловые элементы трансформирования системы координат а относительно системы координат б, ...";
 - *m* дифференциальное различие масштабов систем координат б и а;

а, б – системы координат

$$\Delta a = a_{5} - a_{a};$$

$$\Delta e^{2} = e_{5}^{2} - e_{a}^{2};$$

$$a = \frac{a_{5} + a_{a}}{2};$$

$$e^{2} = \frac{e_{5}^{2} + e_{a}^{2}}{2};$$

M – радиус кривизны меридианного сечения ($M = a(1 - e^2)(1 - e^2 \sin^2 B)^{-3/2}$);

N – радиус кривизны первого вертикала ($N = a(1 - e^2 \sin^2 B)^{-1/2}$);

 $a_{\rm f}$, $a_{\rm a}$ – большие полуоси эллипсоидов в системах координат б и а соответственно;

 $e_{\delta}^{2}, e_{a}^{2}$ – квадраты эксцентриситетов эллипсоидов в системах координат б и а соответственно;

 ρ – число угловых секунд в 1 радиане (ρ = 206264,8062").

При преобразовании из системы a в систему δ используют значения геодезических координат в системе a, а при обратном переходе – в системе δ .

Формулы (<u>6.3.1.1.2</u>) обеспечивают вычисление поправок к геодезическим координатам с погрешностью, не превышающей 0,3 м (в линейной мере), а для достижения погрешности не более 0,001 м выполняют вторую итерацию, то есть учитывают значения поправок к геодезическим координатам по формулам (<u>6.3.1.1.1</u>) и повторно выполняют вычисления по формулам (<u>6.3.1.1.2</u>). При этом

$$B = \frac{B_{a} + (B_{a} + \Delta B)}{2}$$

$$L = \frac{L_{a} + (L_{a} + \Delta L)}{2}$$

$$H = \frac{H_{a} + (H_{a} + \Delta H)}{2}$$

(24 6.3.1.1.3)

6.3.1.2. Преобразование геодезических координат в плоские прямоугольные координаты и обратно

Для получения плоских прямоугольных координат в принятой на территории Российской Федерации проекции Гаусса-Крюгера используют геодезические координаты на эллипсоиде Красовского.

Преобразование геодезических координат из других систем в геодезические координаты на эллипсоиде Красовского осуществляют по формулам (<u>6.3.1.1.1</u>), (<u>6.3.1.1.2</u>). Плоские прямоугольные координаты с погрешностью не более 0,001 м вычисляют по формулам:

 $x = 6367558,4968B - \sin 2B(16002,8900 + 66,9607 \sin^2 B + 0,3515 \sin^4 B - l^2(1594561,25 + 5336,535 \sin^2 B + 26,790 \sin^4 B + 0,149 \sin^6 B + l^2(672483,4 - 811219,9 \sin^2 B + 5420,0 \sin^4 B - 10,6 \sin^6 B + l^2(278194 - 830174 \sin^2 B + 572434 \sin^4 B - 16010 \sin^6 B + l^2(109500 - 574700 \sin^2 B + 863700 \sin^4 B - 398600 \sin^6 B)))));$

$$y = (5 + 10n)10^{5} + l\cos B (6378245 + 21346,1415\sin^{2} B + 107,1590\sin^{4} B + 0,5977\sin^{6} B + l^{2}(1070204,16 - 2136826,66\sin^{2} B + 17,98\sin^{4} B - 11,99\sin^{6} B + l^{2}(270806 - 1523417\sin^{2} B + 1327645\sin^{4} B - 21701\sin^{6} B + l^{2}(79690 - 866190\sin^{2} B + 1730360\sin^{4} B - 945460\sin^{6} B)))),$$

где *x*, *y* – плоские прямоугольные координаты определяемой точки в проекции Гаусса - Крюгера, м;

В – геодезическая широта определяемой точки, рад;

l – расстояние от определяемой точки до осевого меридиана зоны, рад, вычисляемое по формуле

 $l = \{L - [3 + 6(n - 1)]\}/57,29577951;$

L – геодезическая долгота определяемой точки, ...;

n – номер шестиградусной зоны в проекции Гаусса-Крюгера, вычисляемый по формуле

$$n = E[(6+L)/6],$$

E[...] – целая часть выражения, заключенного в квадратные скобки.

Преобразование прямоугольных координат проекции Гаусса-Крюгера на эллипсоиде Красовского в геодезические координаты осуществляют по формулам:

$$B = B_0 + \Delta B;$$

$$L = 6(n - 0.5)/57,29577951 + l,$$

где *B*, *L* – геодезические широта и долгота определяемой точки, рад;

 B_0 – геодезическая широта точки, абцисса которой равна абциссе x определяемой точки, а ордината равна нулю, рад;

n – целая часть числа, вычисляемого по формуле

$$n = E[y \ 10^{-6}],$$

E[...] – целая часть выражения, стоящего в квадратных скобках;

у – ордината определяемой точки в проекции Гаусса-Крюгера, м;

β – вспомогательная величина, вычисляемая по формуле

$$\beta = x/6367558,4968;$$

х – абцисса определяемой точки, в проекции Гаусса - Крюгера, м;

*z*₀ – вспомогательная величина, вычисляемая по формуле

$$z_0 = (y - (10n + 5)10^5) / (6378245 \cos B_0).$$

Далее вычисления геодезических координат определяемой точки выполняют по следующим формулам:

$$B_{0} = \beta + \sin 2\beta \ (0,00252588685 - 0,00001491860 \sin^{2}\beta + 0,0000011904 \sin^{4}\beta);$$

$$\Delta B = -z_{0}^{2} \sin 2B_{0} (0,251684631 - 0,003369263 \sin^{2}B_{0} + 0,000011276 \sin^{4}B_{0} - -z_{0}^{2} (0,10500614 - 0,04559916 \sin^{2}B_{0} + 0,00228901 \sin^{4}B_{0} - 0,00002987 \sin^{6}B_{0} - -z_{0}^{2} (0,042858 - 0,025318 \sin^{2}B_{0} + 0,014346 \sin^{4}B_{0} - 0,001264 \sin^{6}B_{0} - -z_{0}^{2} (0,01672 - 0,00630 \sin^{2}B_{0} + 0,01188 \sin^{4}B_{0} - 0,00328 \sin^{6}B_{0}))));$$

$$l = z_{0} (1 - 0,0033467108 \sin^{2}B_{0} - 0,0000056002 \sin^{4}B_{0} - 0,000000187 \sin^{6}B_{0} - -z_{0}^{2} (0,16778975 + 0,16273586 \sin^{2}B_{0} - 0,00052490 \sin^{4}B_{0} - 0,00000846 \sin^{6}B_{0} - -z_{0}^{2} (0,0420025 + 0,1487407 \sin^{2}B_{0} + 0,003282 \sin^{4}B_{0} - 0,000034 \sin^{6}B_{0} - -z_{0}^{2} (0,01225 + 0,09477 \sin^{2}B_{0} + 0,00328 \sin^{6}B_{0}))))).$$

6.3.1.3. Преобразование прямоугольных координат

6.3.1.3.1. 2D-вариант

Пусть задано n точек $P_a(x,y)$ в системе координат a и соответствующее количество точек $P_{\delta}(x,y)$ в системе координат δ . Необходимо определить параметры трансформации между ними: начало координат (x_0 , y_0) системы δ в системе a, масштабный фактор M, и угол поворота *ф*. Прямое преобразование из системы *а* в систему *б* имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{\delta} = M \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \end{pmatrix}_{a}.$$
 (6.3.1.3.1)

Ему соответствует обратное преобразование

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{\dot{a}} = \frac{1}{M} \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi \\ -\sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{\dot{a}} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}.$$
 (6.3.1.3.2)

Для облегчения решения задачи определения неизвестных коэффициентов преобразования будем использовать выражение (6.3.1.3.2). Изменим набор неизвестных параметров, включив масштабный коэффициент в состав множителей матрицы поворота, и заменив их коэффициентами a_1 и a_2 , то есть

$$\frac{1}{M} \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi \\ -\sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 \\ -a_2 & a_1 \end{pmatrix}$$
(6.3.1.3.3)

Теперь неизвестные параметры можно определить, минимизируя сумму квадратов расстояний между точками в системе a и трансформированными точками из системы b. Квадрат расстояния R между парой таких точек можно записать в следующем виде

$$R^{2} = \Delta x^{2} + \Delta y^{2} = (x_{a} - a_{1}x_{\delta} - a_{2}y_{\delta} - x_{0})^{2} + (y_{a} + a_{2}x_{\delta} - a_{1}y_{\delta} - y_{0})^{2}$$

Дифференцируя выражение $\sum R^2 = \min$ по неизвестным переменным a_1 , a_2 , x_0 и y_0 , получим систему уравнений, для решения которой может быть использовано минимум 2 пары точек.

$$\begin{cases} a_{1}\left(\sum_{\alpha} x_{\delta}^{2} + \sum_{\beta} y_{\delta}^{2}\right) + x_{0}\sum_{\alpha} x_{\delta} + y_{0}\sum_{\beta} y_{\delta} - \sum_{\alpha} x_{a}x_{\delta} - \sum_{\alpha} y_{a}y_{\delta} = 0 \\ a_{2}\left(\sum_{\alpha} x_{\delta}^{2} + \sum_{\beta} y_{\delta}^{2}\right) + x_{0}\sum_{\beta} y_{\delta} - y_{0}\sum_{\alpha} x_{\delta} + \sum_{\alpha} x_{\delta}y_{a} - \sum_{\alpha} x_{a}y_{\delta} = 0 \\ a_{1}\sum_{\alpha} x_{\delta} + a_{2}\sum_{\beta} y_{\delta} + x_{0} \cdot n - \sum_{\alpha} x_{a} = 0 \\ a_{1}\sum_{\alpha} y_{\delta} - a_{2}\sum_{\alpha} x_{\delta} + y_{0} \cdot n - \sum_{\alpha} y_{a} = 0 \end{cases}$$
(6.3.1.3.4)

Система уравнений (6.3.1.3.4) является линейной и легко решается относительно неизвестных коэффициентов a_1 , a_2 , x_0 и y_0 . Масштабный коэффициент M можно определить из выражения (6.3.1.3.3) и условия $\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi = 1$:

$$M = 1/\sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$
,

а угол поворота определяется по формуле

 $\varphi = \arctan(a_2 / a_1).$

6.3.1.3.2. 3D-вариант

Пусть задано *n* точек $P_a(x, y, s)$ в системе координат *a* и соответствующее количество точек $P_{\delta}(x, y, z)$ в системе координат δ . Необходимо определить параметры трансформации между ними: начало координат (x_0, y_0, z_0) системы δ в системе *a*, масштабный фактор *M*, и углы поворота вокруг осей: *A*, *B* и *C*. Прямое преобразование из системы *a* в систему δ имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{\delta} = M \begin{pmatrix} \cos A \cos B \cos C - \sin A \sin C & \cos A \cos B \sin C + \sin A \cos C & \cos A \sin B \\ \sin A \cos B \cos C + \cos A \sin C & \sin A \cos B \sin C + \cos A \cos C & \sin A \sin B \\ -\sin B \cos C & \sin B \sin C & \cos B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ z - z_0 \end{pmatrix}_{a}$$
(6.3.1.3.5)

Ему соответствует обратное преобразование

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{a} = \frac{1}{M} \begin{pmatrix} \cos A \cos B \cos C - \sin A \sin C & \sin A \cos B \cos C + \cos A \sin C & -\sin B \cos C \\ \cos A \cos B \sin C + \sin A \cos C & \sin A \cos B \sin C + \cos A \cos C & \sin B \sin C \\ \cos A \sin B & \sin A \sin B & \cos B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{\delta} + \begin{pmatrix} x_{0} \\ y_{0} \\ z_{0} \end{pmatrix}$$
(6.3.1.3.6)

Для облегчения решения задачи определения неизвестных коэффициентов преобразования будем использовать выражение (6.3.1.3.6). Изменим набор неизвестных параметров, включив масштабный коэффициент в состав множителей матрицы поворота, и заменив их коэффициентами a_{ij} , (*i*=1, 2, 3; *j*=1, 2, 3), то есть

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{a} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{\delta} + \begin{pmatrix} x_{0} \\ y_{0} \\ z_{0} \end{pmatrix}.$$

Теоретически для решения задачи достаточно при другой замене переменных число неизвестных можно уменьшить до 10, однако ее решение значительно усложнится. Здесь же неизвестные параметры можно определить, минимизируя сумму квадратов расстояний между точками в системе a и трансформированными точками из системы b. Квадрат расстояния R между парой таких точек можно записать в следующем виде

$$R^{2} = \Delta x^{2} + \Delta y^{2} + \Delta z^{2} = (x_{a} - a_{11}x_{\delta} - a_{12}y_{\delta} - a_{13}z_{\delta} - x_{0})^{2} + (y_{a} - a_{21}x_{\delta} - a_{22}y_{\delta} - a_{23}z_{\delta} - y_{0})^{2} + (z_{a} - a_{31}x_{\delta} - a_{32}y_{\delta} - a_{33}z_{\delta} - z_{0})^{2}$$

Дифференцируя функционал $F = \sum R^2 = \min$ по неизвестным переменным a_{ij} , x_0 , y_0 и z_0 , получим систему уравнений, для решения которой может быть использовано минимум 6 пар точек.

$$\begin{cases} \sum x_{a}x_{\delta} - a_{11} \sum x_{\delta}^{2} - a_{12} \sum x_{\delta}y_{\delta} - a_{13} \sum x_{\delta}z_{\delta} - x_{0} \sum x_{\delta} = 0 \\ \sum x_{a}y_{\delta} - a_{11} \sum x_{\delta}y_{\delta} - a_{12} \sum y_{\delta}^{2} - a_{13} \sum y_{\delta}z_{\delta} - x_{0} \sum y_{\delta} = 0 \\ \sum x_{a}z_{\delta} - a_{11} \sum x_{\delta}z_{\delta} - a_{12} \sum y_{\delta}z_{\delta} - a_{13} \sum z_{\delta}^{2} - x_{0} \sum z_{\delta} = 0 \\ \sum y_{a}x_{\delta} - a_{21} \sum x_{\delta}^{2} - a_{22} \sum x_{\delta}y_{\delta} - a_{23} \sum x_{\delta}z_{\delta} - y_{0} \sum x_{\delta} = 0 \\ \sum y_{a}y_{\delta} - a_{21} \sum x_{\delta}y_{\delta} - a_{22} \sum y_{\delta}^{2} - a_{23} \sum y_{\delta}z_{\delta} - y_{0} \sum y_{\delta} = 0 \\ \sum y_{a}z_{\delta} - a_{21} \sum x_{\delta}z_{\delta} - a_{22} \sum y_{\delta}^{2} - a_{23} \sum y_{\delta}z_{\delta} - y_{0} \sum z_{\delta} = 0 \\ \sum y_{a}z_{\delta} - a_{21} \sum x_{\delta}z_{\delta} - a_{22} \sum y_{\delta}z_{\delta} - a_{23} \sum x_{\delta}z_{\delta} - z_{0} \sum x_{\delta} = 0 \\ \sum x_{a}x_{\delta} - a_{31} \sum x_{\delta}^{2} - a_{32} \sum x_{\delta}y_{\delta} - a_{33} \sum x_{\delta}z_{\delta} - z_{0} \sum x_{\delta} = 0 \\ \sum z_{a}y_{\delta} - a_{31} \sum x_{\delta}z_{\delta} - a_{32} \sum y_{\delta}^{2} - a_{33} \sum y_{\delta}z_{\delta} - z_{0} \sum y_{\delta} = 0 \\ \sum z_{a}z_{\delta} - a_{31} \sum x_{\delta}z_{\delta} - a_{32} \sum y_{\delta}^{2} - a_{33} \sum x_{\delta}z_{\delta} - z_{0} \sum y_{\delta} = 0 \\ \sum x_{a} - a_{31} \sum x_{\delta}z_{\delta} - a_{32} \sum y_{\delta}z_{\delta} - a_{33} \sum z_{\delta}^{2} - z_{0} \sum z_{\delta} = 0 \\ \sum x_{a} - a_{11} \sum x_{\delta} - a_{12} \sum y_{\delta} - a_{13} \sum z_{\delta} - x_{0}n = 0 \\ \sum y_{a} - a_{21} \sum x_{\delta} - a_{32} \sum y_{\delta} - a_{33} \sum z_{\delta} - z_{0}n = 0 \\ \sum z_{a} - a_{31} \sum x_{\delta} - a_{32} \sum y_{\delta} - a_{33} \sum z_{\delta} - z_{0}n = 0 \end{cases}$$

Поскольку сумма квадратов строк или столбцов матрицы преобразования в (6.3.1.3.6) равна 1, найдем масштаб и углы поворота

$$M = 1 / \sqrt{a_{31}^2 + a_{32}^2 + a_{33}^2} ,$$

$$A = \arctan(a_{32}/a_{31}) ,$$

$$B = \arccos(a_{33}M) ,$$

$$C = \arctan(-a_{23}/a_{13}) .$$

6.3.2. Интерполяция

6.3.2.1. Генерация имени дополнительного пункта

При добавлении в проект дополнительного пункта в случае включенного режима автоматического именования дополнительных пунктов, имя добавляемого или перемещаемого пункта определяется с помощью интерполяционных подходов. В качестве исходных данных используются номера ближайших пикетов N1 и N2, которые преобразуются в линейные координаты профиля X1 и X2, соответственно. Поскольку номера пикетов, по сути, отмеряют сотни метров от некоторого условного начала профиля, их координаты получаются умножением на 100:

XI = 100 NI; X2 = 100 N2.

Имя нового пункта получается из линейной координаты профиля X (см. рисунок), которая соответствует точке пересечения линии профиля с перпендикуляром к ней, проходя-

щим через новый пункт, и рассчитывается из плоских координат *x* и *y* этого пункта и ближайших пикетов по формуле

$$X = \frac{R1^2 - R2^2 + X2^2 - X1^2}{2(X2 - X1)},$$
(6.3.2.1)

где *R1* и *R2* – расстояния от пункта, для которого рассчитывается линейная координата *X*, до пикетов *N1* и *N2*, соответственно.



6.3.2.2. Интерполяция на профиле

При интерполяции на профиле в качестве аргумента (координаты на профиле) используются численные представления имен ближайших по списку опорных пунктов X1 и X2. Не обязательно такие пункты будут пространственно располагаться ближе к текущему, чем другие опорные пункты. Первый ближайший опорный пункт ищется в части списка, идущей до текущего пункта, второй – в части, идущей после текущего пункта. Если в той или иной части списка опорных пунктов нет, то таковыми будут считаться крайние пункты профиля.

В обоих опорных пунктах известны значения интерполируемой величины Z1 и Z2, соответственно. Интерполируемое, значение в промежуточном пункте с линейной координатой X, получается согласно формулы линейной интерполяции:

$$Z = Z1 + (X - X1)\frac{Z2 - Z1}{X2 - X1} + Rand(0, D)$$
(6.3.2.2)

В приведенном выражении интерполируемое значение может дополнительно осложняться случайной ошибкой, величина которой подчиняется нормальному закону распределения (функционал Rand(0,D)) с нулевым средним и дисперсией D.

Данный подход позволяет также экстраполировать значения Z, если координата X находится за пределами диапазона [X1, X2].

6.3.2.3. Интерполяция на плоскости

При интерполяции на плоскости интерполируемое значение в пункте определяется с помощью подхода, описанного выше в главе 6.3.2.1. Здесь в качестве переменных X используются значения интерполируемой величины Z в каждой из опорных пунктов. Из множества опорных пунктов по критерию минимума расстояния выбираются два ближайших. Предполагая линейное изменение интерполируемой величины Z на плоскости, проходящей через выбранные опорные пункты, и имеющей наклон только вдоль линии, соединяющей эти опорные пункты, по формуле (6.3.2.1) можно определить значение Z в любой другой точке этой плоскости, зная ее координаты.

6.3.3. Динамическая коррекция

Динамическая коррекция используется для изменения амплитуд какого-либо параметра таким образом, чтобы они находились в заданном интервале граничных значений.

Если изначально параметр V, для которого выполняется динамическая коррекция, имеет диапазон значений $[V_{min}; V_{max}]$, то соответствующие ему значения V', скорректированные на новый диапазон $[V'_{min}; V'_{max}]$ будут определяться согласно выражению

$$V' = V'_{\min} + (V - V_{\min}) \frac{V'_{\max} - V'_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}.$$

7. Литература

ГОСТ Р 51794-2001 Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. Госстандарт России, 10 с.

Заалишвили В.Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования / В.Б.Заалишвили. М.: ОИФЗ РАН, 2000. 367 с.

Канасевич Э.Р. Анализ временных последовательностей в геофизике. М.: Недра, 1985. 400 с.

МДС 22-1.2004. Методические рекомендации по сейсмическому микрорайонированию участков строительства транспортных сооружений. М.: МИИТ, 2004. 61 с.

РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. Введ. 1998-01-01. М.: Госстрой РСФСР, 1998. 14 с.

Сейсмическое микрорайонирование / под ред. О.В.Павлова и В.А.Рогожина. М.: Наука, 1984. 236 с.

Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. М.: «Советское радио», 1980. 224 с.

Хованова Н.А., Хованов И.А. Методы анализа временных рядов. http://chaos.ssu.runnet.ru/kafedra/edu_work/textbook/khovanovs-01/pos.html

Press W.H., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., Flannery B.P. Numerical recipes in C: the art of scientific computing. Cambridge University Press, 1992. 994 p.

Nakamura Y.A. Method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground [Tekct] / Y.A. Nakamura // QR RTRI. 1989. Vol. 30. P. 25-33.

Формат CSS v3.0. http://www.ceme.gsras.ru/software/WSG/DOC/CSSv30/CSS-v30.doc

GüralpCompressedFormat(GCF)QuickReferencehttp://www.guralp.com/articles/20060404-howto-gcfformat

Provisional GSE 2.1. Message Formats & Protocols. GSETT-3, 1997. 132 p.

SEED reference manual. Standard for the Exchange of Earthquake Data. SEED Format Version 2.4 / IFDSN, IRIS, USGS, 2010. 212 p.

130 recording format specification. Refraction technology, Inc, 42 p.