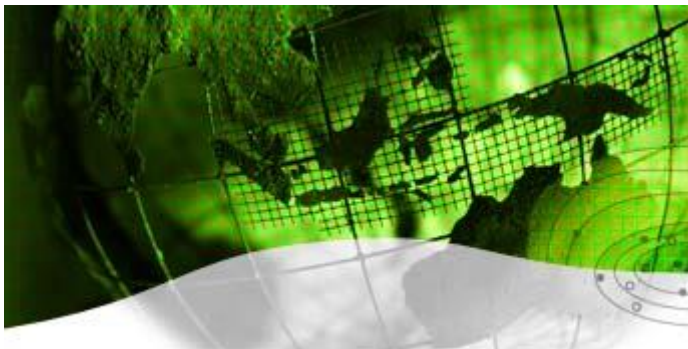




Company “KruKo” Ltd.
Russia, Moscow



HARDWARE ELECTROPROSPECTING COMPLEX

AGE-xxl

Комплекс программ обработки и анализа

данных электроразведки.

(WLF – Wet Line Finding)

Версия 3-5.1

Руководство пользователя.

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ВВЕДЕНИЕ. ЗНАКОМСТВО С ВОЗМОЖНОСТЯМИ КОМПЛЕКСА WLF.....	5
1.1. Возможности WLF.....	5
1.2. Описание входных и выходных данных.	7
1.3. Описание принципов диалога.....	8
1.4. Рекомендации по файловой организации.....	10
2. УСТАНОВКА И ЗАПУСК WLF.....	11
3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ.	13
3.1. Обработка каротажных данных.	14
3.2. Моделирование.	17
3.2.1. Горизонтальный электрический диполь.	18
3.2.2. Вертикальный электрический диполь в обсаженной скважине.....	20
3.3. Работа с картами. Привязка и проектирование профилей.	23
3.4. Проектирование полевых работ.	33
3.4.1. Проектирование таблицы свип-сигнала (SST).....	33
3.4.2. Проектирование схемы выполнения полевых работ.	35
3.4.3. Формирование REZ-файлов.....	35
3.5. Просмотр полевых данных.	36
3.6. Обработка полевых данных.	38
3.6.1. Обработка полевых материалов ЗС.....	39
3.6.2. Обработка полевых материалов ЧЗ.....	42
3.6.3. Обработка полевых материалов ДНМЭ.	44
4. ОБРАБОТКА, АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ.....	45
4.1. Базы Данных WLF.	46
4.1.1. Описание структуры базы данных.	46
4.1.2. Внешние действия с базой данных.....	50
4.1.3. Операции ввода-вывода данных.	53
4.2. Выбор объекта обработки.....	55
4.3. Редактирование и преобразование данных.....	56
4.4. Фильтрация и сглаживание.	59
4.5. Расчет новых параметров и трансформации.....	62
4.5.1. Общие процедуры.....	63
4.5.2. Обработка данных ЧЗ.....	65
4.5.3. Обработка данных ЗС.....	66
4.5.4. Процедуры преобразований параметров модели.....	67
4.6. Инверсия данных.....	69
4.7. Дополнительные возможности обработки и анализа.....	72

4.7.1. Управление выводом на экран.	72
4.7.2. Работа с картами.	74
4.7.3. Справки по объекту.	75
4.7.4. Обработка контрольных наблюдений.....	76
4.7.5. Моделирование и инверсия.	78
4.7.6. Преобразования параметров и аргументов.....	84
4.7.7. Привязка глубин.....	85
4.7.8. Кластеризация.....	85
5. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ И РЕЗУЛЬТАТОВ.....	89
5.1. Управление 2-D изображением.	89
5.2. Управление 3-D изображением.	90
5.3. Управление 4-D изображением.	102
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	105

Аннотация

Комплекс **WLF** создавался, *прежде всего*, для выполнения исследовательской деятельности, проектирования полевых работ, обработки полевых данных и анализа результатов при *проведении электроразведочных работ с использованием аппаратного электроразведочного комплекса AGE-xxl* (оригинальная разработка ООО «Фирма «КруКо», РФ, сертификат соответствия № РОСС RU.ME67.H00686).

Однако настоящая версия комплекса может применяться для обработки и анализа данных *частотных и временных методов электроразведки с искусственными источниками поля, полученных любыми аппаратными средствами, при выполнении наземных и скважинно-наземных электроразведочных работ во всем поисковом диапазоне: от локальных детальных работ на ВЧР до глубинных региональных нефтепоисковых работ.*

Комплекс **WLF** работает в среде **Windows** (Windows Vista, Windows XP, Windows 7) и разработан в среде интегрированного пакета для научных исследований **MATLAB 7.1.** с использованием MATLAB Compiler 4 (Release 14).

Комплекс поставляется в виде загрузочного модуля, содержит все необходимые библиотеки и не требует установки **MATLAB 7.1** на компьютере пользователя. В поставку комплекса входит программа установки MATLAB Component Runtime Library (MCR). В состав комплекса также входят исполняемые модули для обработки данных и математического моделирования, написанные на языке **FORTRAN**, и обеспечивающие необходимое быстродействие при выполнении численных процедур.

Комплекс защищен от несанкционированного использования при помощи аппаратно-программных средств (USB-ключи) от российской компании «Аладдин Р.Д.».

Комплекс **WLF** использует интерактивные возможности пакета **MATLAB 7.1.**, которые предоставляются в среде MATLAB Component Runtime Library (MCR). Кроме этого, важные функции комплекса обеспечены процедурами из различных инструментальных пакетов - **MATLAB 7.1 ToolBoxes**. Пользователю комплекса **WLF** рекомендуется иметь «под рукой» описание **MATLAB 7.1.**

Комплекс **WLF** обеспечивает организацию базы данных (БД) по площади исследований без каких либо ограничений на объем входных и результирующих данных. Однако для эффективной работы комплекса необходимо иметь возможность загрузки всей базы данных пользователя в оперативную память компьютера. Кроме этого, эффективность применения процедур инверсии напрямую зависит от быстродействия компьютера. В принципе же, никаких ограничений на тип применяемого компьютера не накладывается.

Комплекс **WLF** допускает настройку и расширение функциональных возможностей с помощью изменений в файле конфигураций и подключения новых процедур **MATLAB** при условии наличия на компьютере установленной версии **MATLAB 7.1.** (или выше) и поставке исходных текстов процедур комплекса **WLF**.

Настоящий документ содержит описание комплекса и руководство пользователя по его эксплуатации, а также имеет следующие приложения.

Приложение 1 – «Алгоритмы трансформаций и формулы расчета электроразведочных параметров», описывает формулы и алгоритмы, используемые при обработке данных.

Приложение 2 – «Возможности расширения системы», описывает структуры входных данных и возможности изменения параметров, влияющих на работу комплекса.

Приложение 3 – «Практические Упражнения», содержит примеры практического применения комплекса в форме видеороликов.

Приложение 4 – «Альбом графических приложений», содержит графические материалы, отражающие формы диалога **WLF** и примеры графического вывода результатов.

1. Введение. Знакомство с возможностями комплекса WLF.

Комплекс **WLF** обеспечивает выполнение широкого набора функций на различных этапах проектирования и проведения полевых электроразведочных работ по методам ЧЗ, ЗС и их различным модификациям с различными типами искусственных источников поля.

1.1. Возможности WLF.

На этапе анализа геологической задачи, проектирования и подготовки полевых работ:

- Выполнение поверки измерителей и получение технических характеристик.
- Привязка различных карт и схем к системе координаты пользователя.
- Проектирование измерительных профилей и источников поля.
- Проектирование временных токовых диаграмм.
- Проектирование и загрузка сеансов измерительных сессий для AGE-xxl-h.
- Обработка каротажных диаграмм и проектирование геоэлектрических моделей.
- Моделирование - вычисление компонент электромагнитного поля для различных типов наземных источников тока во временной и частотной области (ЗС и ЧЗ) в рамках горизонтально-слоистой модели с возможностью учета параметров поляризации и анизотропии.
- Моделирование - вычисление радиальной компоненты электрического поля для вертикального электрического источника в скважине с учетом обсадной колонны в частотной области (ЧЗ).

На этапе выполнения полевых работ и массовой обработки полевых данных измерителей AGE-xxl и AGE-xxl-h (а также комплекса USEM-24):

- Просмотр полевых записей и исправление служебной этикетки записи.
- Обработка полевых записей для методов ЗС и ЧЗ, создание базы данных.
- Статистика выполнения полевых работ: оценки качества и производительности.

На этапе обработки, анализа и интерпретации электроразведочных данных:

- Расчет поля эффективных сопротивлений R_w и R_t (нормировка на полупространство) для любой зоны источника, построение частотных и временных разрезов;
- Расчет St (эффективная проводимость), Ht (эффективная глубина) для ближней зоны метода переходных процессов – МПП-ЗСБ для различных установок.
- Расчет St , Ht для произвольной зоны - ЗС для магнитной компоненты dB_z/dt .
- Расчет зависимостей H_w и H_t различными методами, построение глубинных разрезов.
- Расчет интервальных сопротивлений и построение послойной модели среды.
- Инверсия наблюдаемых данных – решение обратной задачи во временной и частотной области (ЗС и ЧЗ) в рамках горизонтально-слоистой модели с возможностью учета параметра поляризации.
- Расчет различных параметров поляризуемости во временной и частотной области.

- Различные преобразования полей во временной и частотной области.
- Определение региональной (фоновой) и локальной (аномальной) части поля.
- Построение отчетной графики: графиков, карт, разрезов, поверхностей, тел и сечений (2D и 3D- графика).
- Экспорт результатов в различных форматах.

Таким образом, программный комплекс **WLF** представляет собой богатый набор инструментов для решения различных задач. Результаты применения этого инструментария, естественно, зависят от степени подготовки геофизика-обработчика, использующего комплекс **WLF**, и его опыта в эксплуатации комплекса.

Настоящая версия **WLF** поддерживает значительное число различных операций с данными (более тысячи), каждая из которых запускается на выполнение соответствующей кнопкой меню и, возможно, при запуске запрашивает дополнительные параметры для выполнения. Понятно, что подробное описание всех операций с указанием особенностей их применения в тех или иных случаях обработки и анализа данных является трудной задачей. Настоящее описание старается предоставить пользователю, по крайней мере, перечень всех возможных операций с коротким пояснением того, зачем эта операция может быть использована.

Особенностями организации обработки и анализа данных в **WLF** являются следующие важные моменты – их знание, по нашему мнению, должно облегчить процесс обучения работе с пакетом:

- В **WLF** предусматривается возможность совместной работы по анализу площадных электроразведочных данных, полученных разными методами (ЧЗ и ЗС) с различными измерительными установками (допускаются различные источники тока и различные измеряемые компоненты поля).
- Развитие комплекса **WLF** происходило и продолжается в настоящее время поэтапно, а непрерывно по все направлениям сразу. Это вызвано следующим - **WLF** постоянно используется разработчиками для обработки, анализа и интерпретации конкретных электроразведочных данных, причем эти данные поступают из полевых отрядов «нефтяной» и «рудной» тематики.
- Число поддерживаемых комплексом измерительных технологий постоянно увеличивается.
- Комплекс используется разработчиками как готовая платформа для любых экспериментов с обработкой и анализом данных. Иногда следы таких экспериментов остаются в инструментарии комплекса надолго и соответственно попадают в описание.
- Предусматривается, что все операции графического отображения данных, которые необходимы для анализа, интерпретации и создания отчета должны быть реализованы средствами комплекса.
- Для выполнения обработки данных по конкретному методу и определенной технологии предполагается создание отдельных документов – «Рекомендаций по применению WLF для данного метода».

1.2. Описание входных и выходных данных.

Комплекс **WLF** предназначен, прежде всего, для обработки полевых данных электроразведочного комплекса **AGE-xxl**. Однако, изменяя описание форматов файлов – результатов обработки полевых записей, можно создавать базы данных для анализа любых геофизических измерений, выполняемых в метрике «пространство, время».

Выходными данными комплекса являются изображения и различные результирующие данные в табличной форме. Собственные базы данных по исследуемой площади сохраняются в стандартных для **MATLAB** файлах (".mat").

При загрузке **WLF** используется файл конфигурации wlf.ini, определяющий логику работы комплекса и содержащий «значения по умолчанию» многих рабочих параметров. Содержание этого файла подробно описывается в Приложении 2.

Входные данные комплекса WLF.

- Файлы полевых записей комплекса **AGE-xxl** (двоичные файлы, имеют обычно расширение *.DAT, а первая буква имени указывает на метод: «С» – для ЧЗ, «Z» – для ЗС, формат файлов приведен в документации на комплекс **AGE-xxl**).
- **Файлы сигналов** - именно из этих файлов формируются **Базы Данных WLF**, это результаты обработки полевых записей комплекса **AGE-xxl**. Это могут быть также результаты любых других независимых измерений, представимые в виде таблиц (текстовые файлы, обычно имеют расширение *.REZ, формат может быть произвольный – правила описания формата смотри в файле конфигураций wlf.ini – Приложение 2).
- Файлы координат – содержат координаты источников и приемников поля (текстовые файлы, имеют обычно расширение *.txt или *.m, формат файлов указан в разделе 3.3.)
- Файлы каротажных диаграмм (текстовые файлы, имеют обычно расширение *.txt или *.dat, формат файлов указан в разделе 3.1.)
- Файлы моделей (двоичные файлы имеют расширение *.mod, текстовые - *.mt или *.txt, формат указан в 3.2.)
- Файлы растровых изображений карт и схем – поддерживаются большинство графических форматов (смотри описание **MATLAB**).
- Файлы с данными других программ для электроразведки: TemFast, Podbor, Fsit (смотри соответствующие описания).
- Файлы атрибутов – файлы описаний некоторых графических элементов, предназначенных для отображения на разрезе или карте (текстовые файлы, имеют расширение *.txt, формат файлов указан в разделе 3.3.)
- Файлы описаний элементов регуляризации для выполнения инверсии: *.reg-файлы (текстовые файлы, описание в разделе 4.6.)
- Файлы описания свип-сигнала – SST (текстовые файлы, описание в разделе 3.4.1.)

Выходные данные комплекса WLF.

- Файлы с базами данных во внутреннем формате **MATLAB** («mat»-файлы).
- Файлы растровых изображений, экспорт которых обеспечивает **MATLAB**.
- Файлы графических изображений в формате **MATLAB** («fig» - файлы).
- Файлы результатов – экспорт таблиц значений любых параметров с различным оформлением (текстовые файлы, расширение *.txt).
- Файлы со справочной информацией, отражающие состояние базы данных (текстовый формат, расширение *.txt, примеры).
- Файлы сигналов («rez» - файлы, в таком формате можно вывести любые результаты из Базы Данных **WLF**)
- Файлы моделей.

- Файлы координат.
- Файлы атрибутов.

1.3. Описание принципов диалога.

Все программы комплекса **WLF** обеспечивают диалог с пользователем на основе средств GUI (Graphic User Interface), предоставляемых в **MATLAB**. Это значит, что все программы комплекса работают в графических окнах **MATLAB** и поддерживают стандартные операции графического интерфейса (GUI).

В большинстве графических окон **WLF** верхняя строка меню, таким образом, будет содержать две группы операций: слева всегда располагаются стандартные операции **MATLAB** (подменю «**File**», «**Insert**»), а правая часть меню содержит список «прикладных» операций, поддерживаемых **WLF**.

Весь «прикладной» диалог комплекса **WLF** будет описываться в соответствующих разделах настоящего документа.

Использование всех стандартных операций GUI **MATLAB** возможно, но не обязательно. Список «прикладных» операций, поддерживаемых **WLF**, обеспечивает все необходимые действия по вводу-выводу данных, оформлению графических окон и т.д. Использование стандартных операций GUI **MATLAB** требует знания документации оболочки **MATLAB 7.1.**, но ниже приводится их краткое описание.

Подменю «**File**» содержит ряд операций и команд для работы с графикой и файлами графики:

- «**New**»/«**Figure**» – создание нового графического окна;
- «**Open...**» – открывает окно загрузки файла (например, ранее сохраненного графического окна из «**fig**»-файла);
- «**Close**» – закрывает текущее графическое окно;
- «**Save**», «**Save As...**» – сохранить графическое окно на диск (в виде файла с расширением «**fig**») под прежним или новым именем соответственно;
- «**Export Setup...**» – экспорт графического окна в нужном графическом формате;
- «**Page Setup...**» – вызывает диалоговое окно настройки параметров страницы для печати;
- «**Print Setup...**» – вызывает диалоговое окно настройки печати;
- «**Print Preview...**» – предварительный просмотр печати;
- «**Print...**» – вывод на печать.

Подменю «**Insert**» содержит операции вставки графических элементов:

- «**X Label**» – вставка/изменение надписи оси X;
- «**Y Label**» – вставка/изменение надписи оси Y;
- «**Z Label**» – вставка/изменение надписи оси Z;
- «**Title**» – вставка/изменение названия графика;
- «**Line**» – вставка прямой линии;
- «**Arrow**» – вставка односторонней стрелки;
- «**Text Arrow**» – вставка односторонней стрелки с пояснительной надписью;
- «**Double Arrow**» – вставка двусторонней стрелки;
- «**TextBox**» – вставка текстового поля с возможностью управления шрифтами и формулами по правилам, принятым в языке **TEX (LaTEX)**;
- «**Rectangle**» – вставка прямоугольника;

- «**Ellipse**» – вставка эллипса.

Многие из перечисленных операций разрешены только при включенной опции «**Edit Plot**» – редактирование графического объекта, она отмечена стрелочкой справа на инструментальной панели . Кроме нее, инструментальная панель графических окон **MATLAB** содержит следующие операции:

- «**New Figure**» – создание нового графического окна;
- «**Open File**» – открывает окно загрузки файла;
- «**Save Figure**» – сохранить графическое окно на диск;
- «**Print Figure**» – вывод на печать;
- «**Zoom In**» – увеличение масштаба просмотра изображения;
- «**Zoom Out**» – уменьшение масштаба просмотра изображения;
- «**Pan**» – перемещение графика с помощью «мыши»;
- «**Rotate 3D**» – вращение трехмерных графиков с помощью «мыши»;
- «**Data Cursor**» – режим интерактивного отображения значений точек графика;
- «**Insert Colorbar**» – отображение палитры цветов для текущего графика;
- «**Insert Legend**» – отображение легенды (пояснение в виде отрезков линий со справочными надписями) для текущего графика;

Отметим, что в среде **MATLAB** переключение между экранными кнопками с помощью клавиатуры производится, как обычно в Windows, клавишами «**Tab**» и «**Shift+Tab**», а нажатие экранных кнопок – клавишей «**Space**».

Кроме операций, предлагаемых графическим меню и инструментальной панелью, которые могут иметь альтернативный вызов с помощью клавиатуры (при помощи клавиши «**Alt**»), **WLF** поддерживает несколько своих «горячих» клавиш.

Так, для доступа к справочной информации в большинстве программных окон присутствует пункт меню «**Help**», в прочих программных окнах необходимо нажать комбинацию клавиш «**Ctrl+R**». Комплекс **WLF** снабжен контекстно-зависимой справочной системой, которая предоставляет справочную информацию в стандарте «html».

Комбинация клавиш «**Ctrl+Q**» позволяет выполнять команды системы **MATLAB**. Таким образом, реализована, например, возможность выполнять любые пользовательские операции с параметрами из базы данных. Подробнее об этом – в Приложении 2.

Вывод копии текущего графического объекта на «лист» осуществляется нажатием в комбинации клавиш «**Ctrl+L**». Это действие «копирует» активный графический объект с экрана на лист для печати (смотри раздел 5.2.). При первом вызове этой операции **WLF** предлагает «разбить» лист на необходимое число окон и указать порядок «выдачи» изображений – смотри *рисунок 22* (Альбом рисунков). Эта возможность **WLF** позволяет сформировать в отдельном графическом окне любое комбинированное изображение, которое может быть сохранено или выведено на печатающее устройство стандартными средствами **MATLAB**.

При выборе входных и выходных файлов, установке рабочих папок и других операций с файловой системой, **WLF** использует браузер файловой системы **MATLAB**, «стандартный» для программ в среде Windows.

Для удобства работы рекомендуется придерживаться определенных правил организации рабочих папок и наименования файлов, используемых при работе с **WLF**. Эти правила изложены в следующем разделе.

1.4. Рекомендации по файловой организации.

Выполняя операции по загрузке и выгрузке (ввод-вывод) файлов, **WLF** допускает произвольное расположение любых файлов, предлагая оператору установить путь к тому или иному файлу. Однако, для минимизации операций по выбору нужных папок, а также для поддержания порядка при работе **WLF** с различными площадями геофизических исследований, т.е. с различными наборами данных, рекомендуется придерживаться определенных правил.

Приводим пример начальной организации данных для площади «RegionName»:

..\RegionName

..\RegionName\DATA - папка для полевых данных, рекомендуется разделение по методам, станциям и типам записи (ток и поле –отдельно)

..\RegionName\DOC - папка для разных документов

..\RegionName\LOG-DATA - папка для каротажных данных

..\RegionName\MAPS - папка для файлов с картами и схемами.

После запуска **WLF** и выполнения операции «**Установить путь**» с указанием папки «RegionName» в ней появятся новая рабочая папка **WLFDATA**:

..\RegionName

..\RegionName\DATA

..\RegionName\DOC

..\RegionName\LOG-DATA

..\RegionName\MAPS

..\RegionName\WLFDATA – Головная папка для хранения баз данных

..\RegionName\WLFDATA\FIG - папка для хранения графических файлов

..\RegionName\WLFDATA\MOD - папка для хранения геоэлектрических моделей

..\RegionName\WLFDATA\REZ - папка для хранения результатов обработки

..\RegionName\WLFDATA\TOP - папка для хранения файлов с координатами

..\RegionName\WLFDATA\PRT - папка для хранения протоколов инверсии

Все создаваемые файлы баз данных, файлы отчетов и другую рабочую информацию **WLF** будет сохранять непосредственно в папке **WLFDATA**. Также в этой папке организуется текстовый файл описания процесса работы с площадью “wlf.hdr”, где хранится информация о площади работ и список созданных файлов баз данных с их текстовым описанием.

Рабочие программные файлы комплекса **WLF** размещаются в той же папке, откуда первый раз производился запуск wlf.exe:

..\WLF_EXE - папка, содержащая файлы wlf.exe и wlf.ctf

..\WLF_EXE\wlf_mcr - папка, образованная при первом запуске wlf.exe

..\WLF_EXE\wlf_mcr\WLF - здесь находится файл конфигурации wlf.ini

..\WLF_EXE\wlf_mcr\WLF\EXE_PROCESS - здесь находятся исполняемые модули (файлы *.exe), написанные не на языке MATLAB

При замене (модификации) версии wlf.exe и wlf.ctf перед первым запуском wlf.exe рекомендуется удалять папку «wlf_mcr», если она уже была создана ранее.

2. Установка и запуск WLF.

Комплекс программ **WLF** поставляется на CD-диске в виде пяти файлов:

haspdinst.exe	Установка драйверов для рабочей среды HASP SRM (защита с помощью USB ключа)
MCRInstaller.exe	Самораспаковывающийся архив приложения MATLAB Component Runtime – автономный набор общедоступных библиотек, необходимых для выполнения m-файлов MATLAB на компьютере конечного пользователя
wlf.ctf	Архив Component Technology File – содержит необходимые для работы приложения файлы, в том числе m-файлы в зашифрованном виде
wlf.exe	Исполняемое приложение
wlf.ico	Файл со значком приложения

Для установки **WLF** необходимо выполнить следующие операции:

1. Скопировать файлы с CD-диска в выбранную папку на диске компьютера.
2. Запустить на выполнение файл “haspdinst.exe” с ключом “-i”. Дождаться окончания установки.

3. Если на этом компьютере не установлена версия **MATLAB 7.1.**, то надо запустить на выполнение файл “MCRInstaller.exe”. Начнется процесс установки приложения MATLAB Component Runtime (необходимо указать путь установки).

4. После завершения установки приложения MATLAB Component Runtime комплекс **WLF** готов к первому запуску. Нужно подсоединить к одному из USB-портов компьютера защитный USB-ключ и запустить файл “wlf.exe”.

Во время первого запуска приложения “wlf.exe” происходит разархивация файла “wlf.ctf” и создается папка “wlf_mcr”. При первом запуске программа потребует также указать путь к текущей рабочей папке с данными по площади, например «RegionName» - см. пример в 1.3.

. После запуска **WLF** на экране появится основное меню – см. *рисунок 1*.

При последующих запусках **WLF** для удобства запуска рекомендуется создать ярлык для программы “wlf.exe”, в свойствах которого следует указать:

- «Рабочая папка» - папку, в которой находится файл “wlf.exe”;
- «Окно» - свернутое в значок;
- в качестве значка можно указать файл “wlf.ico”.

Примечание:

При установке программы на компьютер с ОС Windows-7 необходимо в свойствах программы указать режим совместимости с Vista.

Основное меню **WLF** содержит операции «Установить путь», «Обслуживание БД» и «Справка» и экранные кнопки:

«Обработка полевых данных»	«Обработка каротажных данных»
«Просмотр полевых данных»	«Моделирование»
«Работа с картами»	«Проектирование полевых работ»
«Запуск AGE»	

Изменить текущую установку «рабочей» площади можно используя операцию **«Установить путь»** - важно понимать, что **WLF** самостоятельно определяет факт наличия в указанной папке рабочего пространства (вложенной папки) **«WLFDATA»** и если необходимо создает это пространство (см.1.3).

Все операции с Базами Данных **WLF** по **«Обслуживание БД»** описываются в основном разделе этого документа – главе 4.

Подменю **«Справка»** содержит следующие пункты:

«Справка WLF» (можно использовать **«Ctrl+R»**) - доступ к справочной информации по системе **WLF** (WLF System Reference);

«О программе» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

Отметим, что все экранные кнопки, выведенные на экран основного меню **WLF**, не работают с Базами Данных **WLF**, а обеспечивают выполнение операций, обычно предшествующих созданию БД. Все эти операции описываются в следующем разделе.

3. Предварительные этапы обработки и анализа данных.

На предварительных этапах обработки и анализа данных **WLF** обеспечивает выполнение операций *полезных и необходимых при подготовке и проведении полевых электроразведочных работ с комплексом AGE-xxl*. Подробное описание этих операций приводится в настоящем разделе, а практические навыки применения даются в Приложении 3 – видеоролики Упражнений сделаны так, чтобы продемонстрировать широкий спектр возможностей **WLF**.

Цели описываемых операций и их результаты приведены в следующей таблице.

Операция	Цели выполнения операции	Входные данные	Выходные данные
Обработка каротажных данных	Построение геоэлектрических моделей. Анализ каротажных диаграмм по площади работ. Подготовка диаграмм для ввода в БД.	Файлы с данными каротажа.	Файлы атрибутов. Файлы моделей. Файлы сигналов. Графика.
Моделирование	Расчет модельных сигналов для разных моделей, методов и измерительных установок.	Файлы моделей. Файлы координат.	Файлы сигналов. Файлы координат. Файл протокола моделирования.
Работа с картами	Привязка графических карт и схем к координатам пользователя. Построение измерительных установок в координатах пользователя. Построение атрибутов – дополнительных объектов на карте.	Файлы карт и схем, растровый формат. Файлы координат. Файлы атрибутов.	Файлы координат. Файлы атрибутов. Файлы карт и схем с привязкой. Файлы-сводки о крестах профилей. Графика.
Проектирование полевых работ	Проектирование временных диаграмм источника тока. Выбор оптимальной измерительной установки. Создание «фиктивных» сигналов. Создание сеансов для автономных измерителей AGE-xxl-h.	Файлы «SST». Файлы координат. Файлы сеансов измерений для AGE-xxl-h.	Файлы «SST». Файлы сигналов. Файлы сеансов. Графика.
Просмотр полевых данных	Визуализация полевых записей комплекса AGE-xxl, анализ качества. Исправление полей этикетки записей.	Файлы полевых записей AGE-xxl.	Файлы полевых записей. Графика.
Обработка полевых данных	Обработка полевых записей комплекса AGE-xxl (или станции Usem-24), включая записи аппаратных проверок.	Файлы полевых записей AGE-xxl.	Файлы сигналов. Файлы этикеток записей. Файлы паспортов измерителей AGE. Графика.

При описании различных операций **WLF** будут часто встречаться упоминания о необходимости ввода управляющих параметров, влияющих на выполнение операций. Важно отметить, что значительное число таких параметров имеет значение «по умолчанию», которое задается (и может быть изменено пользователем) в файле конфигураций wlf.ini, подробное описание которого приводится в Приложении 2.

3.1. Обработка каротажных данных.

Знание каротажных данных необходимо для правильного проектирования полевых работ с использованием математического моделирования. Программное обеспечение, входящее в состав **WLF** позволяет, используя каротажные данные в цифровой форме, обработать их и подобрать горизонтально-слоистую геоэлектрическую модель для последующего запуска программы решения прямой задачи – математического моделирования измеряемых сигналов.

WLF обрабатывает каротажные данные, представленные в текстовом формате. Поскольку существует несколько похожих стандартов вывода цифровых каротажных диаграмм, то перед обработкой необходимо в любом текстовом редакторе подготовить файл данных каротажа для правильной работы программы **WLF**. На конкретном примере фрагмента каротажных данных поясним необходимые условия подготовки файла.

```
FORWARD_TEXT_FORMAT_1.0
STDEP =      1.0000
ENDEP = 2600.0000
RLEV =      0.1250
CURVENAME = RMLL, GR, DEN, SP, RT, RXO, RILM
END
~A DEPTH  RMLL    GR      DEN      SP      RT      RXO      RILM
769.6250  2.789  106.438  2.024  68.736  4.091  0.200  4.396
769.7500  2.555  105.284  2.031  68.625  4.524  0.200  4.490
769.8750  2.302  102.521  2.052  68.512  4.701  0.200  4.695
...
```

Приведен фрагмент «правильной» каротажной диаграммы, содержащей необходимые для обработки данные. Важные условия «правильности»:

- Файл может содержать любую информацию («header»), предваряющую собственно каротажные колонки с цифрами.
- Строка, содержащая имена колонок, должна начинаться с символов “~A” (буква “A” латинского алфавита), а в следующих строках за ней обязательно должна идти только цифровая информация – в виде таблицы чисел.
- Необходимо наличие двух имен колонок: “DEPTH” и “RT” для ввода значений глубины и сопротивления.
- Каротажная диаграмма должна содержать полностью заполненную матрицу данных. Если в какой-либо строке отсутствует число, то это приведет к ошибке чтения данных. Поэтому рекомендуется отрезать начало и конец каротажных данных, содержащих обычно «пустоты» по некоторым колонкам, либо удалить «лишние» колонки.

Для построения геоэлектрической модели желательно иметь каротажную диаграмму в максимальном диапазоне глубин, а также иметь представление о глубине залегания фундамента. Программа заполняет «недостающую» информацию о сопротивлении, устанавливая те или иные постоянные значения (которые всегда можно изменить), но это снижает достоверность всего процесса моделирования.

Работа по обработке каротажных данных запускается по кнопке «**Обработка каротажных данных**», **WLF** открывает графическое окно «**Подготовка модели**» и далее оператор должен выбрать файл каротажных данных для обработки. Предполагается, что он находится в папке «MOD» и имеет расширение “txt” или “dat”.

Если при чтении файла возникают ошибки, то **WLF** выдает сообщение об ошибке и оператор может снова открыть файл по кнопке «**Data**», оставаясь в окне обработки каротажных диаграмм. Другие операции этого окна при этом будут запрещены.

После того, как файл считан правильно, оператору необходимо ввести информацию о скважине: номер скважины и ее координаты, а также информацию о глубинах целевого горизонта и фундамента.

Затем на экране появится график каротажной диаграммы и включатся кнопки меню **WLF** – *рисунок 2*.

При обработке каротажных данных и построении модели **WLF** обеспечивает выполнение следующих операций:

«**Data**» - операции по вводу и выводу данных:

«**Загрузить данные...**» - загрузка нового файла каротажных данных;

«**Сохранить модель...**» - сохранение файла построенной модели;

«**Сохранить диаграмму в файл атрибутов...**» - сохранение каротажной диаграммы в текстовый файл определенного формата для возможности ее нанесения на разрез при дальнейшей работе с базой данных;

«**Сохранить диаграмму в файл REZ...**» - сохранение каротажной диаграммы в текстовый файл типа “.rez” (формат результатов обработки полевых данных **WLF**) для возможности создания базы каротажных данных;

«**Информация по скважине**» - вывод на экран информации о скважине.

«**Process**» - операции обработки каротажных данных:

«**Step 1 – предварит.фильтр**» - медианная фильтрация данных;

«**Step 2 – переход на др.сетку глубин**» - переход к новой равномерной сетке глубин;

«**Step 3 – показать S(H)**» - вычисление суммарной продольной проводимости S(H) по данным каротажа;

«**Step 4 – подбор модели**» - автоматический подбор модели;

«**Автозапуск**» - выполнение всех операций поочередно в автоматическом режиме;

«**Отменить все**» - возврат к загруженным из файла исходным данным.

«**Options**» - изменение параметров обработки:

«**Параметры фильтрации...**» - параметр фильтрации (размер окна медианного фильтра);

«**Сетка глубин...**» - шаг по глубине для новой сетки в метрах;

«**Число слоев...**» - число слоев подбираемой модели;

«**Изменить S0...**» - ввести в каротажную диаграмму первый слой с указанной проводимостью с целью сдвига кривой S(H).

«**Service**» - изменение параметров модели и графического вывода:

«**Редактирование модели**» - вкл./выкл. графического редактирования модели на экране (с помощью указателя мыши);

«**Откат**» - «откат» редактирования;

«**Изменить модель (текст.)**» - редактирование текстового описания модели;

«**Времен.ось**» - управление вертикальной «временной» осью (пересчет глубин в значения времени (t) или периодов ЧЗ (T));

«**Показать/скрыть**» - вкл./выкл. оси периодов на графике;

«**Настроить...**» - изменение параметра "Kht" в формуле пересчета глубин во времена $t_i = S_i \times H_i \times Kht \times 10^{-6}$;

«**Ввод АВ...**» - ввод описания скважинных диполей (общее число диполей, номера диполей и глубины питающих электродов);

«**Параметры колонны...**» - ввод описания колонны скважины (глубины верхнего и нижнего концов колонны, площадь сечения трубы, сопротивление материала – все значения влияют на результат моделирования);

«**Глубина фундамента...**» - ввод и редактирование глубины залегания фундамента (параметр влияет на результат моделирования);

«**Целевой горизонт...**» - ввод и редактирование глубины залегания целевого слоя (параметр используется только для графического вывода – интервал глубин выделен розовым цветом на графике);

«**Параметры скважины...**» - редактирование номера и координат скважины.

«**Help**» - вызов справки:

«**Справка WLF**» (можно использовать «**Ctrl+R**») - доступ к справочной информации для текущего окна;

«**О программе**» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

Рекомендуется следующая последовательность выполнения операций при обработке любых каротажных данных:

- Подготовка файла каротажных данных в любом текстовом редакторе.
- Чтение файла и ввод достоверной информации о скважине и глубине залегания фундамента.
- Автоматическое создание модели (число слоев – 7) по кнопкам меню «**Process**»/«**Автозапуск**». Возможно раздельное последовательное выполнение операций (Step1-Step4).
- Графическое редактирование модели по кнопкам меню «**Service**»/«**Редактирование модели**». Графическое редактирование выполняется с помощью указателя мыши. Выделяя (с помощью левой кнопки мыши) и сдвигая вертикальные или горизонтальные линии на модели разреза, оператор тем самым изменяет сопротивления и мощности произвольного слоя. При этом значения сопротивлений слоев, больших 1 Ом*м, округляются до целых, значения глубин слоев округляются в соответствии со значением параметра «**Сетка глубин...**»/«**Шаг по глубине**». При графическом редактировании можно также добавлять или удалять новый слой разреза – для этого необходимо использовать правую кнопку мыши (при указании на вертикальную линию слой добавляется, при указании на горизонтальную линию – удаляется). Графическое редактирование сопровождается выводом текущих значений сопротивления или глубины при соответствующем перемещении вертикальных или горизонтальных линий. Каждая операция редактирования также сопровождается изменениями на графике $S(H)$ и в таблице описания модели в правой части графического окна. Целью графической редакции является хорошее совпадение графиков $S(H)$, построенных по данным каротажа (график синего цвета) и текущей модели (график зеленого цвета). Можно также контролировать выбор модели по значению суммарной проводимости разреза S , если эта величина известна по другим данным электроразведки (данным МТ-исследований, например). См. *рисунок 3*.
- Корректировка параметров выбранной модели в текстовом виде по кнопкам «**Service**»/«**Изменить модель (текст.)**». Эта операция позволяет ввести конкретные значения параметров модели (глубин и сопротивлений), известные из априорной информации.

- Если данная скважина может быть использована для спуска скважинных электрических диполей, то необходимо задать их число и параметры по кнопкам «**Service**»/«**Ввод АВ...**». Все значения глубин задаются в метрах.
- Для выполнения расчетов по построенной модели необходимо также ввести информацию об обсадной колонне скважины по кнопкам «**Service**»/«**Параметры колонны...**». Значения глубин устья (как правило – это 0 метров) и забоя скважины должны задаваться для каждой скважины индивидуально. Значения сопротивления материала и площади сечения проводящего кольца могут приниматься по умолчанию, если о них нет точных сведений.
- Сохранение построенной модели по кнопкам «**Data**»/«**Сохранить модель...**». Описание модели сохраняется в каталоге “...\WLFDATA\MOD” в виде двоичного файла (расширение “.mod”) и текстового файла (расширение “.mt”)

3.2. Моделирование.

Позволяет рассчитать значения сигналов электромагнитного поля для различных геоэлектрических моделей и измерительных установок. Это может помочь получить оценки ожидаемого уровня измеряемых в поле сигналов, а также оценить степень влияния изменения того или иного параметра модели (слоя) на измеряемые полевые сигналы.

Важно отметить, что эта операция только выполняет расчет и создает файлы «модельных» сигналов и файлы «модельных» координат – исходные данные для Базы Данных **WLF**, а сам анализ полученных сигналов необходимо производить при работе с БД, причем возможности процедур моделирования также доступны непосредственно при работе с БД (смотри раздел 4.). В этом случае применения моделирования (при запуске из БД при наличии там полевых данных) расчет «модельных» сигналов будет выполняться для реальных измерительных установок и частотно-временных параметров, существующих в текущий момент в БД. Поэтому использование этой операции из основного меню **WLF** целесообразно только тогда, когда БД с полевыми данными еще нет – то есть на предварительном этапе. При этом необходимо помнить, что расчет будет производиться по сетке времен (или частот), заданной в файле конфигураций **wlf.ini**.

Однако, если на этом предварительном этапе уже известна схема применяемых измерительных установок на площади работ и эта схема имеет изменяемую геометрию, например, для любых работ с закрепленным источником поля, то рекомендуется все-таки выполнять моделирование не из основного меню **WLF**, а по следующему алгоритму:

- Создать файл координат (смотри раздел 3.3.)
- Создать «фиктивные» файлы сигналов (смотри раздел 3.4.3.)
- Создать из них БД и, работая с ней, выполнять моделирование (смотри раздел 4).

Таким образом, применять моделирование из основного меню **WLF** имеет смысл лишь тогда, когда у нас еще нет БД с полевыми данными и нет схемы измерений на площади работ (нельзя построить файл координат), или она не имеет большого значения при фиксированной геометрии измерительной установки, например, при измерении «петля-петля» (установка Q-q).

Для моделирования в этом случае **WLF** предоставляет следующие возможности:

- Расчет различных компонент электромагнитного поля во временной области (режим ЗС) или частотной области (режим ЧЗ) на поверхности горизонтально-слоистой среды при возбуждении поля заземленной на поверхности горизонтальной

электрической линией (AB) или незаземленной прямоугольной генераторной рамкой (Q). Расчет выполняется для одного профиля параллельного линии АВ (расстояние от АВ задается пользователем) или проходящего по продольной оси генераторной рамки Q. Размеры источника, длина профиля и шаг пикетов указываются пользователем. Модель среды содержит параметры для каждого слоя: мощность, удельное сопротивление, параметры поляризации, коэффициент анизотропии. Число слоев не более 25.

- Расчет радиальной горизонтальной компоненты электрического поля в частотной области (режим ЧЗ) на поверхности горизонтально-слоистой среды при возбуждении поля вертикальной электрической линией (AB), заземленной на обсаженную скважину. Возможно задание нескольких линий АВ с указанием параметров обсадной колонны и отметок глубин заземлений. Расчет выполняется для одного радиального профиля. Длина профиля и шаг пикетов указываются пользователем. Модель среды содержит параметры для каждого слоя: мощность, удельное сопротивление, параметры поляризации. Число слоев не более 30.

3.2.1. Горизонтальный электрический диполь.

Файл результатов моделирования во временной области содержит значения параметра E_s - ЭДС по заданному профилю и имеет формат файла сигналов – исходного файла для создания БД **WLF**. Расчет производится по заданному набору времен для заданного набора пикетов, т.е. на выходе формируется результат по «модельному» профилю, готовый для загрузки в базу данных **WLF**.

Файл результатов моделирования в частотной области содержит значения действительной (Re) и мнимой (Im) частей выбранной компоненты поля по заданному профилю и также имеет формат файла сигналов. Расчет производится по заданному набору периодов (частот) для заданного набора пикетов. На выходе формируется «модельный» профиль, готовый для загрузки в базу данных **WLF**.

Для расчета можно выбрать одну из следующих компонент электромагнитного поля: E_x , E_y , H_x , H_y , H_z , dBz/dt . Для расчета нескольких компонент можно указать их комбинацию.

Запуск процесса моделирования производится:

- по кнопке «**Моделирование**»/«**ЗС гориз.**» – временной режим с учетом поляризации и анизотропии проводимости.
- по кнопке «**Моделирование**»/«**ЧЗ гориз.**» – частотный режим с учетом поляризации и анизотропии проводимости.

При этом возможны как создание новой модели, так загрузка и редактирование существующих моделей среды (созданных, например, при обработке каротажных данных). Результатами моделирования являются файлы типа “.rez”

Моделирование выполняется с помощью процедур **PCVOGOSS**, **ETAUGOSS**, разработанных для среды **MATLAB** (автор – Дрейзин В.Э.)

При запуске моделирования во временном режиме из основного меню **WLF** набор времен для расчета определяется списком времен в файле “wlf.ini” – строка **TESdef=** блока **[model]**.

При запуске моделирования в частотном режиме из основного меню **WLF** набор обрабатываемых периодов определяется списком периодов в файле “wlf.ini” (строка **TBASE** блока **[arr]** – периоды основных гармоник) – к основным периодам добавляются периоды 3-х и 5-х гармоник

После запуска программа открывает графическое окно «**Моделирование**» - *рисунок 4.*

Меню этого окна содержит следующие операции:

«**Data**» - операции по вводу и выводу данных:

«**Загрузить модель...**» - загрузка уже созданной модели (параметры среды) в формате **WLF**;

«**Загрузить модель из текстового файла...**» - загрузка текстовой модели среды;

«**Новая модель**» - создание новой модели;

«**Новая «томографическая» модель**» - создание новой «томографической» модели с автоматическим расчетом сетки глубин (геометрическая прогрессия с коэффициентом **Kh_tomo** и задаваемой глубиной). Коэффициент глубин и дополнительные параметры (максимальное количество слоев модели **NLayers_tomo** и ограничение (снизу) мощности первого слоя **Lmin_tomo**) задаются в файле “wlf.ini”, блок **[model]**;

«**Сохранить модель**» - сохранение файла модели;

«**Сохранить модель как...**» - сохранение файла модели в новый файл;

«**Process**» - операции запуска программы расчета:

«**Запуск моделирования**» - запуск расчета прямой задачи;

«**Service**» - изменение параметров модели и графического вывода: операции повторяют операции аналогичных кнопок при обработке каротажных данных (смотри предыдущий раздел). По кнопке «**Service**»/«**Изменить модель (текст.)**» осуществляется корректировка параметров подобранной модели в текстовом виде. Эта операция позволяет ввести конкретные значения не только глубин и сопротивлений, но также параметров поляризации слоев η , τ (интенсивность и постоянная времени процесса поляризации) и анизотропии проводимости слоев Λ (ρ вертикальное / ρ горизонтальное).

«**Help**» - вызов справки:

«**Справка WLF**» (можно использовать «**Ctrl+R**») - доступ к справочной информации для текущего окна;

«**О программе**» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

Если модель невозможно создать при обработке каротажных данных (нет данных, например), то необходимо либо создать текстовый файл с параметрами модели среды и загрузить его командой «**Data**»/«**Загрузить модель из текстового файла...**», либо создавать модель среды в диалоге **WLF** по кнопке «**Data**»/«**Новая модель**».

Текстовый файл модели должен содержать значения мощности слоев (в метрах) и их сопротивлений (в Ом*м). На примере - трехслойная модель среды на фундаменте. Подразумевается наличие фундамента на глубине 4500 м:

1000	10
1500	5
2000	15

При загрузке файла **WLF** предложит задать данные о глубине залегания целевого слоя (используется только для отображения) и глубине залегания фундамента. После этого активизируются все кнопки графического окна.

Графическое отображение модели и правила ее редактирования такие же, как описанные в предыдущей главе «**Обработка каротажных данных**».

При создании новой модели в диалоге с **WLF** (без загрузки текстового файла) необходимо сразу указать число слоев модели среды и заполнить таблицу мощностей и сопротивлений. Остальной диалог повторяет только что приведенный.

Запуск программы расчета прямой задачи производится по кнопке **«Process»/«Запуск моделирования»**, после чего **WLF** делает запрос о наборе пикетов для расчета и их расстоянии друг от друга (значения по умолчанию находятся в файле **“wlf.ini”** в строчках **pkt= razn=** блока **[model]**), причем всегда пикет № 0 модельного профиля располагается на экваторе АВ.

Затем запрашиваются: номер АВ, размер АВ (в метрах), расстояние от приемников поля до питающей линии (в метрах) – *рисунок 5*.

Затем запрашивается имя рассчитываемой компоненты поля (из списка: dBz/dt, Ex, Ey, Hx, Hy, Hz) и номер «модельного» профиля.

При начале счета выводится окно, показывающее динамику времени счета. Производится расчет поля для заданного диполя, результат формируется в файле типа **“.rez”** аналогично результатам полевых наблюдений.

Дополнительно формируется текстовый файл координатных данных, содержащий «координаты» сформированного профиля и источника АВ, причем центр АВ имеет координаты (0,0). Новый файл сохраняется в папке **“...\WLFDATA\TOP”**. Имя файла совпадает с именем файла модели, но имеет расширение **“.m”**.

В текстовый файл протокола **“model.prt”** папки **“...\WLFDATA\MOD”** записываются параметры текущей модели и параметры расчета, а именно: модель среды, имя файла модели, номер АВ, размер АВ, номер сформированного профиля, сетка и разнос пикетов, дата и время расчета.

Результаты расчета имеют размерность «микровольт/ампер/метр», то есть все сигналы приведены к единичному размеру датчика поля и току 1 ампер.

Для режима ЗС сигнал становления рассчитывается «на выключении тока» - то есть рассчитывается отклик среды на выключение постоянного тока в источнике поля.

3.2.2. Вертикальный электрический диполь в обсаженной скважине.

Файл результатов моделирования в частотной области содержит значения действительной (Re) и мнимой (Im) частей электрической компоненты поля для радиально-ориентированной приемной линии. Формат файла результатов моделирования повторяет формат файлов сигналов – результатов обработки полевых данных (режим ЧЗ) в системе **WLF**. Расчет производится по заданному набору периодов (частот) для заданного набора пикетов, т.е. на выходе формируется «модельный» профиль, готовый для загрузки в базу данных **WLF**.

Задание входных параметров и расчет поля производится по кнопке **«Моделирование»/«ЧЗ верт.»** основного меню **WLF**. При этом возможны создание новой и редактирование существующих моделей среды и питающего источника.

Особенностью используемого алгоритма является возможность предварительной количественной оценки растекания тока по обсадной трубе скважины и разложение поля длинного распределенного вертикального источника на сумму различных по мощности вертикальных электрических диполей, распределенных по глубине скважины.

Программа расчета, реализованная для версии **WLF 3-5.1**, имеет следующие ограничения:

- Число слоев горизонтально-слоистой модели – не более 30.
- Число точек (пикетов) для одного запуска программы – не более 99.

При запуске программы из основного меню **WLF** набор обрабатываемых периодов определяется списком периодов в файле “wlf.ini” (строка **TBASE** блока **[arr]** – периоды основных гармоник) – к основным периодам добавляются периоды для 3-х и 5-х гармоник.

После запуска кнопки «**Моделирование**» основного меню **WLF** программа открывает графическое окно «**Моделирование**».

Меню этого окна содержит следующие операции:

«**Data**» - операции по вводу и выводу данных:

«**Загрузить модель...**» - загрузка уже созданной модели (параметры среды) в формате **WLF**;

«**Загрузить модель из текстового файла...**» - загрузка текстовой модели среды;

«**Новая модель**» - создание новой модели;

«**Новая «томографическая» модель**» - создание новой «томографической» модели с автоматическим расчетом сетки глубин (геометрическая прогрессия с коэффициентом **Kh_tomo** и задаваемой глубиной). Коэффициент глубин и дополнительные параметры (максимальное количество слоев модели **NLayers_tomo** и ограничение (снизу) мощности первого слоя **Lmin_tomo**) задаются в файле “wlf.ini”, блок **[model]**;

«**Сохранить модель**» - сохранение файла модели;

«**Сохранить модель как...**» - сохранение файла модели;

«**Информация по скважине**» - вывод на экран информации о скважине;

«**Process**» - операции запуска программы расчета:

«**Запуск моделирования**» - запуск расчета прямой задачи;

«**Просмотр диаграммы растекания тока**» - вывод диаграммы растекания тока.

«**Service**» - изменение параметров модели и графического вывода:

все операции, за исключением «**Service**»/«**Изменить модель (текст.)**», повторяют операции аналогичных кнопок при обработке каротажных данных (смотри предыдущую главу).

«**Help**» - вызов справки:

«**Справка WLF**» (можно использовать «**Ctrl+R**») - доступ к справочной информации для текущего окна;

«**О программе**» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

По кнопке «**Service**»/«**Изменить модель (текст.)**» осуществляется корректировка параметров выбранной модели в текстовом виде. Эта операция позволяет ввести (скорректировать) конкретные значения не только мощностей и сопротивлений, но и параметров поляризации среды η, τ (по умолчанию =0). Если для всех слоев модели указать η, τ , равными 0, будет произведен расчет поля без учета поляризации. Для сохранения введенных значений η, τ необходимо записать модель в файл.

Если модель невозможно создать при обработке каротажных данных (нет данных, например), то необходимо либо создать текстовый файл с параметрами модели среды, либо создавать модель среды в диалоге **WLF**. При создании новой модели (без загрузки

текстового файла) необходимо сразу указать число слоев модели среды и заполнить таблицу мощностей и сопротивлений.

После загрузки (или создания) модели, **WLF** предложит задать данные об используемой скважине (ее номер и координаты), глубине залегания целевого слоя (используется только для отображения), и глубине залегания фундамента.

После этого активизируются все кнопки графического окна и необходимо использовать «**Service**»/«**Ввод АВ...**» для задания глубин спуска заземлений и «**Service**»/«**Параметры колонны...**» для задания параметров обсадной колонны (глубины начала и конца колонны, площадь сечения и сопротивление материала колонны). Последние два параметра устанавливаются «по умолчанию» в значения из файла “wlf.ini” (строки **SC=0.0075**; и **RC=2.5e-7**; блока **[carot]**), определяющие параметры «обычной» скважины (в России).

Параметры линий АВ и обсадной колонны сохраняются вместе с параметрами модели по кнопке «Сохранить модель».

Графическое отображение модели и правила ее редактирования такие же, как описанные в предыдущей главе «**Обработка каротажных данных**».

После создания модели и задания конфигурации источников можно оценить, как будет растекаться ток при заданных параметрах колонны до выполнения процедуры расчета переменного поля. Для этого необходимо использовать операцию «**Process**»/«**Просмотр диаграммы растекания тока**». **WLF** выводит графическое окно с диаграммой растекания тока. Это окно (смотри *рисунок 6*) содержит графическое изображение модели среды и питающих источников, а также диаграммы плотности тока для различных диполей.

Графики значений плотности тока (вертикальные) закрашены цветом в соответствии со значением интеграла под кривой графиков, который характеризует общую «передаваемую» в среду энергию. Цветовая шкала нормирована от 0.5 до 1 (полная отдача в среду) и позволяет приблизительно оценить какое количество тока «работает» на электроразведку. Остальная часть тока «разогревает» обсадную колонну и ее содержимое. Локальные максимумы на графиках плотности тока показывают, на каких глубинах происходит максимальная отдача (в местах с наименьшим сопротивлением среды), а их относительная величина – какой «вес» имеют эти места по сравнению с общим распределенным диполем.

На приведенной диаграмме выполнен расчет для модели среды и питающей установки, используемой при работах на месторождении Ту Ха (КНР). Из приведенной диаграммы видно:

- для обеих линий АВ характерна общая «отдача» 80-90% тока в среду;
- максимальный ток на глубине идет в среду с отметки 1700м для АВ1 и 2500м для АВ2, что делает теоретически возможным возбуждение целевого пласта;
- существование значительного максимума плотности тока на 1700м для АВ2 затрудняет различие результатов измерений от АВ1 и АВ2.

Запуск процедуры расчета «модельных» сигналов производится по кнопке «**Process**»/«**Запуск моделирования**». Для начала расчета **WLF** делает запрос о наборе пикетов и их расстоянии друг от друга (значения по умолчанию находятся в файле “wlf.ini” в строчках **pkt=**, **razn=** блока **[model]**) и номере «модельного» профиля.

При начале вычислений выводится окно, показывающее динамику времени счета. Производится расчет поля для всех заданных источников и каждый результат формируется в отдельном файле сигналов типа “.rez”.

В текстовый файл протокола “model.prt” папки “...\WLFDATA\MOD” записываются параметры текущей модели и параметры расчета: номер скважины, Chink Parameters, глубины заземлений АВ, модель среды, имя файла модели, номер сформированного профиля, сетка и разнос пикетов, дата и время расчета.

Результаты расчета имеют размерность «микровольт/ампер/метр».

Для сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными удобнее запускать расчет прямой задачи непосредственно из блока работы с базой данных по командам «Обслуживание БД»/«Работа с базой...» и далее «Service»/«Моделирование ЧЗ (верт.источник)». На *рисунке 7* приводятся профильные графики «модельных» и экспериментальных кривых для площади Ту Ха (КНР).

На примере вывода значений амплитуды сигнала для периода 8 с (верхний график) и амплитудного параметра (расчет по двум АВ) для того же времени видно отличное совпадение экспериментальных результатов (профили 7 и 8) и модельных кривых.

3.3. Работа с картами. Привязка и проектирование профилей.

Координатная привязка всей площади измерений необходима для проектирования полевых работ и правильного отображения полученных результатов. **WLF** позволяет, используя произвольные карты площади работ (топографические, структурные или схемы коммуникаций) в растровом формате, обработать их и осуществить точную привязку в системе прямоугольных координат пользователя (при условии «привязки» нескольких точек на карте – не менее 2-ух точек).

Привязка картографической информации необходима также для возможного наложения результатов обработки и анализа на существующую структурную карту. При работе с базой данных по площади можно отображать результаты обработки на разные карты. Для этого рекомендуется заранее выполнить привязку всех карт. При выполнении привязки **WLF** сохраняет для каждой карты (имеющей оригинальное имя файла, например “struct_map.jpg”) соответствующий «связующий» файл с тем же именем, но с расширением “.gr” (для нашего примера – файл “struct_map.gr”). Это позволяет не тратить в дальнейшем время на выполнение привязки.

Внимание! **WLF** может модифицировать файлы изображений карт при выполнении координатной привязки. Рекомендуется сохранять оригинальные файлы в отдельном месте.

Вся информация о координатах точек измерений и положении источников должна быть собрана в один координатный файл перед созданием БД по площади. При создании БД **WLF** загружает всю информацию о координатах в базу и, в дальнейшем, сохраняет ее при сохранении БД в ‘mat-файлах’. При создании базы данных **WLF** «связывает» с базой только одну карту и один координатный файл. Однако во время работы с базой данных будет возможно всегда изменить (переключиться на связь с другими файлами) используемые топографические данные без создания новой базы данных.

Настоящий раздел описывает формат файла координат и операции по привязке карт и проектированию измерительных установок – измерительных профилей и источников поля.

WLF обрабатывает координатные данные, представленные в текстовом формате. На конкретном примере фрагмента файла координатных данных поясним необходимые условия подготовки файла. Приведен фрагмент файла – результата топографических

работ на площади Ту Ха (КНР), содержащего полный список данных, переданных топографическим отрядом.

```
%      Coordinate table for To Ha Basin
0      16  4764209.31  16295804.32  506.00      .00  000.00
0       6  4763945.00  16291913.00  501.00      .00  000.00
1       1  4764168.60  16295833.10  506.22      .00  149.47
1       2  4764124.90  16295856.40  506.83     49.52  150.69
1       3  4764080.80  16295880.10  505.50     50.06  151.04
...
1      93  4760118.70  16298021.10
1      94  4760074.90  16298045.10
1      95  4760031.20  16298069.90  386.08     50.25  151.58
1      96  4759987.80  16298094.30  383.49     49.79  151.57
2       1  4764167.80  16295808.70  505.80     00.00  178.22
2       2  4764115.90  16295809.10  505.94     51.90  178.94
...
21     73  4767233.10  16293471.60  544.42     50.23   25.37
21     74  4767278.00  16293492.90  545.21     49.70   25.37
21     75  4767323.60  16293514.50
21     76  4767368.80  16293536.00
21     77  4767414.20  16293557.50
21     78  4767459.20  16293578.90  547.96     49.83   25.37
21     79  4767504.60  16293600.50  548.69     50.28   25.37
```

Файл оформляется в виде таблицы и может иметь произвольное имя (по умолчанию с расширениями “.m” или “.top”). Строка файла, начинающаяся с символа “%”, воспринимается системой как строка комментария и будет использована в качестве подписи к выводимому изображению.

Файл координат **WLF** требует наличия в файле первых 4-х столбцов:

- 1 – номер профиля, целое число всегда > 0;
- 2 – номер пикета, любое целое число;
- 3 – координата – “North” (или Y) точки площади в метрах;
- 4 – координата – “East” (или X) точки площади в метрах.

Если есть данные в 5-ом столбце таблицы (допускается заполнение не всех строк этого столбца, если он является последним), то **WLF** понимает эти данные как значения высоты (Altitude) точки измерений и, в этом случае, может отображать данные рельефа. Данные последующих столбцов игнорируются (в нашем примере там была указана длина линии MN и ее азимут в градусах).

Для задания координат **скважин** необходимо указать в первом столбце значение “0”, а во втором – номер скважины:

```
0      Nwell      NorthW      EastW
```

где Nwell – номер скважины и NorthW, EastW – координаты скважины.

Рекомендуется заполнять в координатном файле данные о всех скважинах на площади работ.

Для задания координат **скважинного диполя (AB)** необходимо в таблице координат указать:

```
-Nab      Nwell      NorthW      EastW
```

где Nab – номер диполя и NorthW, EastW – координаты скважины.

Если задается скважинный источник, то отдельно задавать скважины с тем же номером в файле координат не нужно.

Для задания координат точек А и В наземного диполя (AB) необходимо в таблице координат указать:

-Nab	0	NorthA	EastA
-Nab	1	NorthB	EastB,

где Nab – номер диполя и NorthA, EastA, NorthB, EastB – координаты точек заземления питающего диполя.

Для задания координат источника в виде прямоугольной незаземленной петли (Q) необходимо в таблице координат указать:

-Nab	1	North1	East1
-Nab	2	North2	East2
-Nab	3	North3	East3
-Nab	4	North4	East4,

где Nab – номер источника, а North1-North4, East1-East4 – координаты углов генераторной рамки.

Примечание: система также поддерживает загрузку координатных файлов **WLF** версии 3-1.0 и ниже (в формате m-файлов MATLAB).

Работа по топографической привязке запускается по кнопке **«Работа с картами»** основного меню **WLF**. Далее **WLF** предлагает открыть используемые файлы карты и координат профилей. Если при загрузке файла карты не обнаружен соответствующий файл привязки, то **WLF** выдает **«Нет файла привязки карты»** и открывает графическое окно **«Работа с картой»**, содержащее изображение карты и пользовательское меню **WLF** – *рисунок 8*. Поддерживаются операции:

«Data» - операции по вводу и выводу карт:

«Загрузить графический файл...» - загрузка новой карты;

«Печать в масштабе...» - вывод карты на печать (плоттер) в выбранном масштабе (см. операцию **«Scale»** ниже);

«Экспорт в масштабе...» - вывод карты в графический файл в выбранном масштабе;

«Service» - операции по привязке, проектированию и работе с профилями на карте:

«Привязка карты» - включение режима привязки;

«Добавить профиль» - ввод нового профиля (или линии АВ);

«Редактировать профиль» - изменение пикетажа профилей;

«Сохранить профили в файл...» - сохранение профилей в новый координатный файл;

«Загрузить топоданные из файла...» - загрузка существующего координатного файла;

«Отображать координаты курсора» - включение отображения координат положения курсора на экране для ввода новых профилей и анализа картографической информации, при нажатой кнопке «мыши» дополнительно отображается дистанция (в метрах) и дирекционный угол (в градусах);

«Показать подписи профилей» - выводит на экран «метки» для всех профилей;

«Сводка по “крестам” профилей» - выводит на экран сводку по перекрестиям профилей для всей площадки (№ профиля / № пикета) с возможностью сохранения информации в текстовый файл;

«Подписи пикетов» - управляет режимом вывода подписей пикетов профилей;

«**Выкл.**» - режим вывода профилей без подписей отдельных пикетов;

«**Авто**» - режим автоматического вывода подписей пикетов, необходимо указать шаг подписи (через сколько пикетов подписывать);

«**Вручную**» - необходимо ввести список подписываемых профилей и список подписываемых пикетов.

«**Графически**» - для вывода подписи пикета необходимо отметить его щелчком «мыши».

«**Работа с атрибутами**» - работа с атрибутами. При работе с картами атрибутом является произвольная линия (или контур) на карте либо интервал профиля, если загружен координатный файл.

«**Контур**» - ввод произвольной линии или контура.

«**Разомкнутая кривая**», «**Замкнутая кривая**» - эти операции позволяют на карте отметить ручным образом произвольную линию (рисование контура залежи, например). Линия вводится как набор отмеченных точек на площади с возможной последующей сплайн-интерполяцией. Ввод контура завершается нажатием правой кнопки мыши, либо клавиши «Enter». Каждый введенный контур может иметь свой номер, который нужно ввести при завершении ввода.

«**Сохранить в файл...**» - сохранение введенных контуров в текстовый файл атрибутов на диске.

«**Загрузить из файла...**» - загрузка и отображение ранее сохраненных контуров из файла атрибутов.

«**Интервал**» - операция применима только при загруженном координатном файле (на карте отображена сетка профилей)

«**Вручную**» - выбор интервала на профиле или на группе профилей. Ввод осуществляется нажатием левой кнопки мыши и последующим «растягиванием» области выделения с захватом нужной части профиля на экране. Каждый введенный интервал (или группа интервалов) может иметь свой номер, который нужно ввести при завершении ввода.

«**Сохранить в файл...**» - сохранение введенных интервалов в текстовый файл атрибутов на диске.

«**Загрузить из файла...**» - загрузка и отображение ранее сохраненных интервалов из файла атрибутов.

«**Setting**» -

«**Настройка объектов**» - выводит на экран окно настройки графических объектов (линии профилей, линии АВ, подписанные пикеты, скважины и их подписи). Позволяет изменять тип, толщину и цвет линий («Line Style», «Line Width», «Line Color»), устанавливать вид и размер точек («Marker», «Marker Size»), изменять вид, размер, тип и цвет шрифта («Font Name», «Font Size», «Font Weight», «Font Color») и делать подписи невидимыми (пункт «Visible»). Установленные значения актуальны в течение сеанса работы с программой. Значения «по умолчанию» задаются в файле «Plot.set», который загружается при запуске WLF.

Кнопка «**Сохранить параметры**» позволяет сохранить в файл типа “set” текущие значения параметров для использования в последующих сеансах работы с программой. Кнопка «**Загрузить параметры**» загружает предварительно сохраненные установки из файла настройки. Кнопка «**Восстановить**»

устанавливает значения параметров, принятые по умолчанию – т.е. загруженные из файла «Plot.set» при запуске WLF.

«**Scroll**» - перерисовывает изображение на экране в исходном масштабе (непривязанное изображение: 1 пиксел на экране = 1 пикселу исходного изображения, привязанное изображение: 1 пиксел на экране = 1 метр) и окно установки масштаба (в правом верхнем углу экрана). В случае, если изображение не помещается целиком на экране, дополнительно выводятся полосы горизонтальной и вертикальной прокрутки. Окно установки масштаба – интерактивное, величина масштабирования может регулироваться пользователем.

«**Scale**» - операции масштабирования:

«**1:10000**», «**1:25000**», «**1:50000**», «**1:100000**» – кнопки установки требуемого масштаба (список может быть дополнен пользователем, значения по умолчанию находятся в файле “wlf.ini” в строке **ScaleList=** блока [wlf])

«**Inform**» - информация о величине пиксела в метрах;

«**Help**» - вызов справки:

«**Справка WLF**» (можно использовать «**Ctrl+R**») - доступ к справочной информации для текущего окна;

«**О программе**» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

Операция привязки новой карты к системе координат пользователя выполняется по кнопке «**Service**»/«**Привязка карты**».

При чтении каждой новой карты из графического файла координатная сетка понимается в пикселах экрана (смотри на *рисунке 8*). Для выполнения графической привязки необходимо выбрать операцию «**Привязка карты**»/«**По 2-м точкам**», либо «**Привязка карты**»/«**По 3-м точкам**».

Первая операция используется, если изображение оцифровано без искажений (имеет одинаковый масштаб по осям). Для выполнения точной привязки необходимо иметь на карте две точки с известными координатами, расположенные по диагонали листа (иначе возможно искажение по одной из координат).

Вторая операция используется, если изображение по какой-то причине имеет разный масштаб по осям (первая операция в этом случае искажает изображение). Для выполнения точной привязки необходимо иметь на карте три точки с известными координатами. Две первые точки должны быть расположены по диагонали листа (как в первом случае). Третья точка используется для вычисления точного угла разворота карты и не должна находиться на одной горизонтали (вертикали) с первыми двумя точками.

Можно использовать для привязки отметки скважин на карте, но точнее всего использовать узлы координатной сетки, если она есть.

После запуска процедуры изображение на экране рисуется в исходном масштабе (1 пиксел на экране = 1 пикселу изображения). В случае, если изображение не помещается целиком на экране, дополнительно выводятся полосы горизонтальной и вертикальной прокрутки. **WLF** предлагает указать по очереди местоположение точек привязки, при этом можно использовать операции масштабирования и сдвига изображения, выполняемые стандартными средствами **MATLAB**. Окно навигации – интерактивное, позволяет установить «фокус» на необходимое место изображения и изменить его масштаб.

Подтверждение ввода точки привязки (кнопка «ОК») необходимо выполнять только после выполнения операций масштабирования и сдвига.

Указание точки привязки осуществляется нажатием левой кнопки мыши при положении курсора на требуемой точке карты. **WLF** запрашивает координаты каждой

точки привязки в новой системе координат («North», «East»). После ввода координат последней точки привязки **WLF** осуществляет преобразование графической информации (возможна задержка в несколько секунд) и затем выводит карту в новой системе координат.

Новое изображение содержит километровую координатную сетку (выводится точками) и ограничивается площадью, содержащей все профили и имеющей целое число километров по обеим осям. Лишняя часть карты, если на ней нет «координатной» информации о профилях, скважинах или АВ не будет выводиться в дальнейшем.

Затем при наличии координатного файла рекомендуется загрузить его командой **«Service»/« Загрузить топоданные из файла...»** и убедиться в правильности привязки карты. Пример привязанной карты – на *рисунке 9*.

WLF сохраняет новую карту и файл привязки (“имя_файла_карты.gr”) в папке “...WLFDATA\TOP” по запросу **«Сохранить привязку?»** (необходимо нажать кнопку **«Yes»**). Если потребуется «новая» привязка, то необходимо удалить файл “.gr” из этой папки и, при необходимости, заново переписать в эту папку оригинальный файл изображения карты.

При загрузке из меню **«Data»** графического файла, уже имеющего сопутствующий файл привязки “.gr”, автоматической привязки не происходит. В этом случае привязка осуществляется по кнопке **«Привязка карты»/«Из файла»**. Файл привязки должен находиться в той же папке, что и графический файл.

Операция **«Scale»** позволяет выбрать удобный масштаб вывода карты на экран (и печать). Если изображение не умещается на экране, можно использовать операцию сдвига **«Pan»**. На печать или в графический файл вся карта выводится в установленном масштабе по командам **«Data»/«Печать в масштабе...»** и **«Data»/«Экспорт в масштабе...»** причем весь необходимый диалог осуществляется стандартными средствами **MATLAB**.

Внимание! При выводе на печать или в графический файл с желанием сохранить масштаб запрещается использовать любые преобразования, искажающие изображение, которые могут предлагаться в стандартном диалоге **MATLAB**.

Для корректного масштабирования выводимых изображений на экране монитора необходимо установить реальный размер экрана монитора (строка **MonitorSize=[width height]** блока **[wlf]** файла “wlf.ini”).

По кнопке **«Service»/«Привязка карты»/«Оцифровка графиков»/«Привязка»** может осуществляться привязка отсканированного документа с графиками для их оцифровки – получении цифровых значений функции. Для этого сначала необходимо последовательно указать по две точки на осях X, Y графиков и их реальные значения. После этого с помощью операции **«Service»/« Добавить профиль»/«Нарисовать»** (эта операция описывается ниже) повторяем линию графика и, таким образом, получаем значения функции.

В случае контрастного по качеству графика возможно использовать для сканирования операцию **«Service»/«Привязка карты»/«Оцифровка графиков»/«Автооцифровка в окне»** (маркером нужно указать точку графика – «затравочный» пиксел нужного цвета). В этом случае по кнопке **«Service»/ «Привязка карты»/«Оцифровка графиков»/«Чувствительность»** можно задать чувствительность к цвету.

Введенные линии тем или иным образом данные нужно отметить как **«AB»** и сохранить в файле координат по кнопке **«Service»/«Сохранить профили в файл...»**.

Ввод (проектирование) новых профилей или АВ выполняется по команде **«Service»/« Добавить профиль»** на «привязанной» карте в рабочей системе координат.

Можно также использовать эту операцию для добавления новых профилей к уже существующему координатному файлу.

Операция **«Добавить профиль»/«Нарисовать»** позволяет ввести линию вручную при помощи указателя «мыши». После инициализации команды на экране появляется указатель «перекрестие», а в левом нижнем углу работает индикатор точки положения указателя. Первое нажатие левой кнопки мыши задает начало профиля (пикет 1), затем можно перемещать указатель (режим «резиновая нить», кнопка мыши свободна) в любое место, причем индикатор показывает расстояние в метрах и дирекционный угол для проектируемого участка профиля. Возможно проектирование «кусочно-линейного» профиля, в этом случае каждый участок ограничивается новым нажатием левой кнопки мыши. При построении профиля могут быть использованы кнопки **«Delete»/«BackSpace»** (удаление последней введенной точки) и **«Enter»** (окончание ввода). Для окончания ввода на конце профиля можно также нажать правую кнопку мыши. После этого появится запрос типа и номера введенной линии (профиль или АВ). Если профиль (или АВ) с таким номером уже существует, то выводится предупреждающее сообщение и есть возможность ввести другой номер профиля (АВ) или заменить «старый» профиль (АВ). Чтобы спроектировать прямоугольную генераторную рамку, следует ввести линию, состоящую только из одной точки (центр рамки), после этого появится запрос размеров (в метрах) и интерактивное окно изменения дирекционного угла оси рамки (в градусах).

Примечание: операция **«Нарисовать»** не поддерживается в режиме просмотра **«Scroll»**.

Операция **«Добавить профиль»/«По точкам»** позволяет ввести линию нового профиля или АВ по известным координатам его начала и конца (в рабочей системе координат). В диалоговом окне необходимо ввести через пробел или запятую координаты North и East известных точек профиля (концов АВ).

Операция **«Добавить профиль»/«АВ из файла»** позволяет ввести данные о координатах новых источников поля в случае, если эти данные представимы в терминах «профиль, пикет». В этом случае необходимо заранее подготовить текстовый файл следующего вида:

AB N	Line	PointA	PointB
275	119	224	154
276	119	210	140
277	119	180	110
278	119	160	90
279	119	134	64
280	119	110	40
281	119	84	14
282	119	64	-6
283	119	50	-20
284	116	-20	50
285	116	-6	64
286	116	14	84
287	116	40	110
288	116	64	134

Если в файле координат нет данных об упомянутых пикетах, то такой АВ не будет введен в список вновь проектируемых.

Операция **«Добавить профиль»/«Из файла»/«Стандартный»** позволяет ввести линии профилей из стандартного (для **WLF**) координатного файла.

Операция **«Добавить профиль»/«Из файла»/«Специальный»** позволяет ввести линии профилей из текстового файла специального формата по известным координатам выборочных точек этих профилей (в рабочей системе координат). Это обычно маршрутный файл GPS-приемника. Формат файла следующий:

% Line	coordinates			
1	4764168.60	16295833.10	506.22	
1	4764124.90	16295856.40	506.83	
1	4764080.80	16295880.10		
...				
1	4760118.70	16298021.10		
1	4760074.90	16298045.10		
1	4760031.20	16298069.90	386.08	
1	4759987.80	16298094.30	383.49	
2	4764167.80	16295808.70	505.80	
2	4764115.90	16295809.10		
...				
21	4767233.10	16293471.60	544.42	
21	4767278.00	16293492.90	545.21	
21	4767323.60	16293514.50		
21	4767368.80	16293536.00		
21	4767414.20	16293557.50	547.15	
21	4767459.20	16293578.90		
21	4767504.60	16293600.50	548.69	

Столбец 1 содержит номер профиля, столбец 2 – координату “North” известных точек профиля, столбец 3 – координату “East” точек профиля, столбец 4 (если есть) – значения высоты (Altitude) точек профиля. 4-й столбец может содержать значения высот не для всех пикетов. При загрузке такого файла происходит интерполяция существующих значений на все пикеты профиля.

Операция **«Добавить профиль»/«Из файла»/«Рельеф (X,Y,Z)»** позволяет ввести данные рельефа местности из файла, содержащего три столбца (“East”, “North” и “Altitude”). С учетом этих данных будет произведена интерполяция значений альтитуды для точек спроектированных профилей и расстояние между пикетами профиля измеряется по поверхности рельефа (обычно, для полевых работ с «косой»).

Операция **«Добавить профиль»/«Из файла»/«Рельеф (SHP-file)»** позволяет ввести данные рельефа местности из Shape-файла (стандарный формат для ГИС приложений). При открытии файла надо выбрать имя поля, содержащего данные альтитуды.

Во всех других случаях расстояние между пикетами профиля измеряется по проекции на горизонтальную плоскость (т.е. по карте).

Сохранение координат проектных профилей в файл производится по команде **«Service»/«Save Lines to file...»**. При этом потребуются ввести номер первого пикета на профиле, шаг нумерации пикетов и расстояние между пикетами (разнос) в метрах.

Операция **«Service»/«Редактировать профиль»** позволяет изменить нумерацию пикетов на уже введенном (или загруженном из координатного файла) профиле. Команда **«Реверс пикетажа»** «переворачивает» нумерацию пикетов выделенного профиля. Команда **«Сдвиг пикетажа»** позволяет «сдвинуть» нумерацию пикетов выделенного профиля на целое число пикетов. Команда **«Умножение пикетажа»** позволяет «умножить» нумерацию пикетов выделенного профиля на коэффициент. Полученные номера пикетов округляются. Команда **«Интерполяция пикетажа»** позволяет сформировать координаты для «пропущенных» пикетов на профиле.

При запуске операций с координатными данными по кнопке **«Работа с картами»** основного меню **WLF** можно отказаться от работы с картой и работать только с координатным файлом с целью просмотра и анализа существующей системы профилей. В этом случае необходимо указать файл координат (запрос **«Файл с топографическими?»**) и **WLF** откроет графическое окно **«Просмотр топографических данных»**. Поддерживаемые операции:

«Data» -

«Загрузить топоданные...» - загрузка нового координатного файла;

«Печать в масштабе...» - вывод изображения на печать (плоттер) в выбранном масштабе (см. операцию «Scale»);

«Экспорт в масштабе...» - вывод изображения в графический файл в выбранном масштабе;

В случае наличия в файле данных о высоте (5-й столбец - Altitude) в окне может выводиться рельеф площади (по кнопке «Service»/«Изменить вид отображения»). При выводе 3-мерных изображений **WLF** обеспечивает стандартное меню, сопровождающее все графические окна 3-D изображений – *рисунок 10*:

«Set plotting» - установка параметров:

«Plot type» - тип изображения поверхности:

«surf» - трехмерная цветная поверхность

«surfl» - трехмерная затененная поверхность с освещением

«mesh» - трехмерная сетчатая поверхность

«meshz» - трехмерная сетчатая поверхность «с занавесом»

«waterfall» - «водопад»

«pcolor» - плоский рисунок в «псевдоцветах»

«contour» - контурный график

«contourf» - контурный график с заливкой

«Shading» - способ закраски изображения:

«faceted» - «фасетчатая» поверхность

«flat» - режим с отключением отображения ребер

«interp» - билинейная интерполяция цветов

«Colormap» - тип цветовой палитры из списка

«Axis» - управление осями:

«normal» - восстанавливает полный размер осей и исходный масштаб;

«equal» - устанавливает одинаковый масштаб для всех осей;

«vis3d» - закрепляет коэффициент сжатия осей для вращения трехмерных объектов.

Для анализа изображения на панели инструментов активизируются кнопки масштабирования и вращения (пространственного поворота) изображения.

По умолчанию при загрузке файла **WLF** отображает план системы профилей - *рисунок 11*.

«Service» -

«Изменить вид отображения» - переключает вид отображения: в случае наличия данных о высоте (Altitude) на экран выводится поверхность с отображением профилей на рельефе;

«Добавить профиль» - ввод нового профиля;

«Редактировать профиль» - изменение пикетажа профилей;

«Сохранить профили в файл...» - сохранение профилей в новый координатный файл;

«Отображать координаты курсора» - включение отображения координат положения курсора;

«Показать подписи профилей» - выводит на экран «метки» для всех профилей.

«Сводка по “крестам” профилей» - выводит на экран сводку по перекрестиям профилей для всей площадки (№ профиля / № пикета) с возможностью сохранения информации в текстовый файл.

«Подписи пикетов» - управляет режимом вывода подписей пикетов профилей.

«Работа с атрибутами» - в режиме работы без карты атрибутом является произвольная линия (или контур), либо интервал профиля.

«Setting» -

«Настройка объектов»- выводит на экран окно настройки графических объектов.

«Scale» - операции масштабирования:

«1:10000», «1:25000», «1:50000», «1:100000» – кнопки установки требуемого масштаба

«Inform» - информация о величине пиксела в метрах;

«Help» - вызов справки:

«Справка WLF» (можно использовать «Ctrl+R») - доступ к справочной информации для текущего окна;

«О программе» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

Графическое отображение профилей по умолчанию производится точками с подписями номера пикета для каждого N-го (N – значение параметра **N_Label** блока **[topo]** в файле “wlf.ini”). При использовании указателя мыши («щелчок» левой кнопкой) на каком-либо пикете **WLF** выделяет указанный профиль другим цветом и выводит «метку» профиля – информацию о номере профиля, его длине и дирекционном угле. При повторном нажатии кнопки мыши индицируется также номер указанного пикета.

При указании на скважину **WLF** рисует концентрические окружности радиусом 1,2,3... км с центром в точке скважины, что позволяет оценить расстояние от скважины для разных точек измерения.

При указании на линию наземного **AB WLF** выводит информацию об **AB** – его длину и дирекционный угол, а также рисует ортогональные линии, позволяющие оценить область попадания в «створ» точек измерения.

При указании на линию рамки (незаземленная петля) **WLF** выводит информацию об источнике – площадь прямоугольной рамки и дирекционный угол, а также рисует ортогональные линии, позволяющие оценить смещение точек измерения относительно осей рамки.

В заключение этого раздела приводится описание формата файла атрибутов.

Файлы атрибутов – текстовые файлы определенного формата, содержащие информацию об объектах, наносимых на карту или разрез. Такой файл может создаваться при работе в системе **WLF** по кнопкам меню «Работа с атрибутами»/«Контур»/«Сохранить в файл...», «Работа с атрибутами»/«Интервал»/«Сохранить в файл...», либо в любом текстовом редакторе. Файл атрибута, содержащий каротажную диаграмму, может быть создан в программе работы с каротажными данными. Пример файла:

Type:	Map
Number:	1
Label:	Рудная залежь
Color:	[1 0 0]
Line Width:	2.5
Line Style:	-

```

Marker:      .
Marker Size: 0.5
Coordinates:
5187100.7    12479447.7
5187093.9    12479482.1
5187080.4    12479518.0
5187061.9    12479552.9
5187040.0    12479584.7
5187016.6    12479610.8
5186993.3    12479628.9
5186976.0    12479636.1

```

...

Первые 9 строчек – заголовок текущего объекта, содержит следующие поля:

- «Type» – тип объекта, может быть следующим: «Map» (контур на карте), «Section» (контур на разрезе), «Interval» (участок профиля на разрезе и на карте), «Plot Region» (границы отрисовки площадных изображений), «Well» (каротажная диаграмма)
- «Number» – цифровой идентификатор объекта
- «Label» – описание объекта, выводится на экран вместе с объектом
- «Color» – цвет линии
- «Line Width» – толщина линии
- «Line Style» – стиль линии, может быть: - | -- | : | -. | none
- «Marker» - вид маркера, может быть: + | o | * | . | x | square | diamond | v | ^ | > | < | pentagram | hexagram | none
- «Marker Size» – размер маркера
- «Line Number» – номер профиля (для «Section» и «Interval»)
- «Coordinates» – список координат (X, Y), либо номера первого и последнего пикета участка профиля («Interval»).

Один файл атрибутов может содержать несколько объектов. Загрузка и отображение ранее сохраненных объектов из файла атрибутов производится по кнопкам меню **«Работа с атрибутами»/«Контур»/«Загрузить из файла...»**, **«Работа с атрибутами»/«Интервал»/«Загрузить из файла...»**.

3.4. Проектирование полевых работ.

На этапе проектирования полевых работ WLF предоставляет следующие режимы работы:

- проектирование временной диаграммы сигнала тока - Sweep Signal Table (SST) для выполнения полевых работ с использованием комплекса AGE-xxl;
- проектирование схемы выполнения полевых работ с некоторыми типами измерительных установок, использующих в качестве источника линию АВ;
- формирование в соответствии с файлом координат файлов «фиктивных» сигналов (".rez"-файлов) для создания БД и последующего моделирования.

3.4.1. Проектирование таблицы свип-сигнала (SST).

Работа по проектированию таблицы свип-сигнала запускается по кнопке **«Проектирование полевых работ»/«Таблица свип-сигнала»**. WLF открывает

графическое окно «Проектирование свип-сигнала» и отображает на экране SST «по умолчанию» – см. *рисунок 12*.

Для загрузки существующей SST (текстовый файл формата комплекса AGE-xxl) предназначена кнопка «Загрузить свип...» в нижней части графического окна.

При сохранении созданной таблицы свип-сигнала в файл (кнопка «Сохранить свип...» в нижней части графического окна) можно сохранить файл свип-сигнала в нескольких форматах:

- рабочий файл свип-сигнала, принятый для комплекса AGE-xxl в 2004 году - (кнопка «Старый формат»),
- расширенный универсальный рабочий файл свип-сигнала, принятый в 2010 году - (кнопка «Новый формат»),
- либо текстовый файл, пригодный для включения в отчет или проект (кнопка «Текстовый файл»).

Ниже приведен пример текстового файла SST (новый формат).

```
*****
N      Число   Длина периода  Число   Длина   Основная   Время   Размер
п/п   отсчетов тока   в отсчетах периодов периода,с   частота,Гц   записи,с   записи,МБ
1      128      512      256      0.128      7.813      32.768      0.500
2      256     1024      256      0.256      3.906      65.536      1.000
3      512     2048      256      0.512      1.953     131.072      2.000
4     1024     4096      128      1.024      0.977     131.072      2.000
5     2048     8192      128      2.048      0.488     262.144      4.000
6     4096    16384      100      4.096      0.244     409.600      6.250
7     8192    32768      192      8.192      0.122    1572.864     24.000
*****
dT: 250 мкс
ГУ: с паузой
Общий размер: 39.75 МБ
Время: 43м 25с = 2605с
```

При проектировании необходимо установить:

- требуемый период дискретизации (в мкс)
- нужное число каналов
- режим работы генераторной установки.

Затем путем редактирования второго и третьего столбца таблицы и добавлением/удалением строк таблицы (нужно использовать правую кнопку мыши) сформируется нужный свип-сигнал.

При вводе необходимо следовать указаниям:

- период дискретизации для AGE-xxl выбирается из набора 500, 1000, 2000, 4000, 8000 мкс; для AGE-xxl-h – 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, мкс
- длительность полного периода должна быть целым четным числом от 4 до 32767;
- длительность тока должна быть целым четным числом не больше половины длительности периода;
- число периодов должно быть целым числом от 16 до 32767;
- число каналов может быть целым числом от 1 до 24.

По кнопке «Отобразить» на экран выводится новое графическое окно, в котором выводится набор всех периодов/частот, которые будут получены в результате обработки полевых материалов (1-х, 3-х и 5-х гармоник периодов свип-сигнала).

Кнопка «Проверить» отслеживает ошибки в длительностях (индикация красным цветом) и дублирование периодов в общем наборе периодов свип-сигнала (индикация желтым цветом).

3.4.2. Проектирование схемы выполнения полевых работ.

Работа по проектированию схемы выполнения полевых работ запускается по кнопке «**Проектирование полевых работ**»/«**Схема выполнения полевых работ**». WLF открывает графическое окно «**Проектирование**» и отображает на экране схему “стандартной” расстановки – см. *рисунок 13*.

Первым этапом проектирования является редактирование схемы расстановки. Пользователю предоставляется возможность вручную установить требуемый тип расстановки, измеряемые компоненты поля, шаг между пикетами (в метрах) и число каналов измерительной станции.

Для перехода к следующим этапам предназначена кнопка «**Next**». Кнопка «**Previous**» позволяет вернуться к предыдущему этапу проектирования.

Следующим этапом проектирования является подбор оптимальной схемы отработки профиля (*рисунок 14*). На экране схематично изображены: линия профиля, наземные диполи и пронумерованные расстановки, обрабатываемые от этих диполей. Длина одной расстановки определяется на этапе 1.

Необходимо установить реальную длину обрабатываемого профиля, минимальную и максимальную длину диполя (исходя из разумных ограничений), отступ от края диполя и допуск на перекрытие соседних расстановок разных диполей. После этого надо нажать кнопку «**Подбор**», перебрать полученные варианты с помощью кнопок со стрелками и остановиться на приемлемом варианте.

В нижней части экрана отображается информация о выбранном варианте отработки: общее количество наземных диполей, длина диполя, отступ от края диполя; количество расстановок, обрабатываемых от одного диполя, общее количество расстановок, длина одной расстановки, перекрытие соседних расстановок разных диполей и перекрытие длины профиля.

На последнем этапе проектирования можно попытаться произвести оценку производительности работ (*рисунок 15*). Пользователю предлагается установить реальные значения следующих величин (в часах): время записи одной расстановки, время раскладки одной расстановки, время раскладки/перекладки диполя, продолжительность рабочего дня. На экране отображаются принятая схема отработки профиля и временной (почасовой) график выполнения работ. Над графиком выполнения работ отображается общее время выполнения работ (в днях) и средняя производительность работ (расстановок в день). При установке флажка «**конвейер**» расчет времени производится по «конвейерному» методу – пишем одну расстановку и в это время кладем следующую.

3.4.3. Формирование REZ-файлов.

При запуске процесса моделирования из основного меню WLF (раздел 3.2.) необходимо каждый раз вручную вводить «геометрию» расположения источников поля и точек наблюдения. Гораздо удобнее проводить моделирование, имея перед глазами готовую схему расположения профилей и питающих источников. Это возможно при запуске расчета прямой задачи при работе с БД (раздел 4.). Но если полевые работы еще не выполнены и полевых данных нет в наличии, можно собрать БД с «фиктивными» сигналами, в которой присутствуют профили измерений и источники поля в соответствии с указанным координатным файлом и затем в этой базе проводить моделирование.

Кнопка **«Проектирование полевых работ»/«Сформировать REZ-файлы»** позволяет на основе указанного координатного файла сформировать набор файлов «фиктивных» сигналов (в качестве значений – 0).

При запуске процедуры происходит запрос координатного файла площади работ. Затем **WLF** выводит диалоговое окно, в котором можно установить режимы работы (ЧЗ, ЗС) и выбрать нужные компоненты поля, при этом возможно выбрать оба режима и несколько компонент.

WLF создает отдельно файлы сигналов для каждого режима и каждой пары «профиль, источник». Таким образом, каждый файл содержит сигналы для всех компонент по всему профилю.

3.5. Просмотр полевых данных.

Просмотр полевых данных позволяет визуально оценить полевые данные, получить представление об измеряемых сигналах и уровне помех. При просмотре полевых данных существует возможность производить оценку качества полевого материала, используя средства спектрального анализа данных **WLF**.

Запуск режима просмотра осуществляется по кнопке основного меню **WLF** **«Просмотр полевых файлов»**. Затем требуется указать путь к нужному файлу.

Внимание! Во избежание ошибки файл полевых данных не должен иметь установленного атрибута **«Read only»**, который обычно появляется при использовании CD/DVD для передачи полевых данных.

После считывания заголовка **WLF** открывает окно **«Просмотр полевой записи»** и активизирует меню с кнопками:

«Data» -

«Открыть файл...» - загрузка файла;

«Открыть второй файл...» - загрузка еще одного файла с возможностью просмотра открытых файлов одновременно в одном окне;

«Открыть все файлы...» - загрузка всех полевых файлов из указанной папки.

«Options» - установка параметров просмотра:

«Смотрим по блокам» - при включении этого режима просмотра в кадре отображается целиком каждый частотный диапазон свипа;

«Размер кадра» - размер кадра в точках;

«Пауза» - время паузы между кадрами (в секундах).

«Service» - дополнительные возможности:

«Этикетка (вид 1)» - вывод этикетки записи на экран с возможностью корректировки в «общем виде». Редактировать можно следующие поля этикетки записи:

- общие: номер работы, номер станции, дату и время записи, номер и размер источника поля;

- по каналам: тип (использовать правую кнопку мыши), усиление, номер профиля, номер пикета и размер датчика. Для повторения предыдущей операции можно просто нажать **«Enter»** в следующем поле таблицы. Изменения в полевой файл будут записаны по кнопке **«Сохранить файл»**.

«**Этикетка (вид 2)**» - вывод полной этикетки записи на экран с возможностью корректировки. Редактировать можно все поля этикетки записи, кроме рабочих установок измерителя AGE-xxl-h. Изменения в полевой файл будут записаны по кнопке «**Сохранить**».

«**Таблица свипа**» - вывод на экран таблицы свип-сигнала, на котором производилась запись, с возможностью корректировки. Изменить можно метод работы, режим работы ГУ, дискретизацию записи и, собственно, расписание свипа. Также можно загрузить нужный свип из файла. Изменения в полевой файл будут записаны по кнопке «**Сохранить файл**». По кнопке «**Сохранить как текст**» можно записать таблицу свипа в стандартный SST файл.

«**Сохранить этикетку в текстовый файл**» - сохранение всех полей этикетки записи в файл текстового формата “.lbl”.

«**Help**» - вызов справки:

«**Справка WLF**» (можно использовать «**Ctrl+R**») - доступ к справочной информации для текущего окна;

«**О программе**» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

После запуска просмотра панель управляющих кнопок расположена в правой части экрана. Для начала просмотра необходимо включить кнопку «**Пуск**» в нижней части панели.

В цикле просмотра возможно использование операций – *рисунок 16*:

«**Каналы**» - выбор каналов записи для просмотра;

«**Стоп**» - остановка просмотра, для продолжения необходимо «отжать» кнопку;

«**AutoX**», «**AutoY**» – кнопки осуществляют автоматический подбор масштаба вывода сигналов на экран для координатных осей X, Y. Кроме этого можно вручную ввести необходимые границы для масштабирования.

«**Разнос**» - установка режима «центрирования» каналов, когда на экран каналы выводятся один над другим по порядку (первый канал – внизу), нажатием правой кнопки мыши можно изменить интервал между каналами;

«**Кадр**» - индикатор/указатель номера кадра в текущем диапазоне, работает «**Scroll Bar**» и ввод номера в окне указателя;

«**50 Гц**» - переключатель (включатель) цифрового фильтра 50 Гц;

«**Фильтр**» - переключатель цифрового фильтра. Нажатием правой кнопкой мыши вызывается диалоговое окно с возможностью выбора проектирования ЦФ или загрузки готового фильтра из файла “.mat”. Спроектировать можно фильтр Чебышева любого типа (ФНЧ, ФВЧ, полосовой или режекторный), указав следующие параметры: тип фильтра, частота дискретизации сигнала (Гц) и границы полос пропускания и задерживания (в Гц). Рассчитанные коэффициенты фильтра можно сохранить в mat-файл и подгружать в дальнейшем из файла. Частотную характеристику полученного фильтра можно видеть на экране.

«**В ед. U**» - перевод выводимого сигнала в единицы поля с возможностью учета размера датчика (микровольт, или микровольт/метр).

«**СПМ**» - переключатель графического окна спектрального оценивания (оценка спектральной плотности мощности сигнала по кадру);

«**Профиль**» - переключатель графического окна для пространственного вывода оценок амплитуды и фазы, полученных для 1,3,5 гармоник на участке профиля;

«**Тренд**» - включение режима удаления из сигнала низкочастотного тренда (доступен только при просмотре сигнала по блокам);

«**hold**» - переключатель стирания кадра, используется для графического наложения сигналов.

Таким образом, **WLF** обеспечивает удобный просмотр полевых данных с возможностью контроля качества записи на измеряемом участке профиля (на *рисунке 17* представлены графики изменения амплитуды и фазы на участке профиля – пикеты 21-29).

Графические фрагменты записей и спектральных оценок можно экспортировать стандартными средствами системы **MATLAB**.

При просмотре записей тока комплекса **AGE-xxI** сигналы тока и напряжения по кнопке «**В ед. U**» пересчитываются в амперы и вольты. В полевых записях тока первый канал содержит запись напряжения, второй – тока.

3.6. Обработка полевых данных.

WLF обеспечивает обработку многоканальных полевых записей полевых измерителей комплекса **AGE-xxI** и записей тока и напряжения на **UCS-02M** (также могут обрабатываться данные телеметрической станции **USEM-24** и генераторной установки **Hitec**). В результате обработки формируются файлы сигналов, необходимые для создания БД (раздел 4).

При обработке полевых записей ЧЗ (режим свип-сигнала) основными результатами являются комплексные значения частотных характеристик поля (нормировка спектров сигналов на спектр прямоугольного импульса) – это параметры БД: Re, Im – по 1,3,5-м гармоникам каждого периода свип-сигнала.

При обработке записей ЗС (и ДНМЭ) основным результатом являются значения сигналов переходного процесса – это параметр БД: Es – по сетке времен регистрации.

Кроме этого при обработке полевых данных могут быть получены следующие дополнительные параметры БД: En, Epr, EpZS

Параметр En (вектор из 4 значений) содержит:

- En(1)- оценка уровня шума 50 (60) Гц в единицах поля.
- En(2)- средневзвешенная спектральная оценка уровня низкочастотного шума во время записи.
- En(3)- значение поправки в накопленный сигнал, введенный при удалении низкочастотного тренда.
- En(4)- количество прошедших в накопление ЗС импульсов с учетом отбраковки.

Параметр Epr (скаляр – одно значение) – значение сигнала на полке тока (важно для работы с электрическими компонентами в режиме «с паузой»)

Параметр EpZS (вектор, аргументом является время в секундах от начала записи ЗС) – среднее значение «нулевого» уровня сигнала за один период ЗС, дает представление о поведении низкочастотного дрейфа во время записи, а также о величине смещения на входе канала (важно для электрических компонент при оценке величины естественного электрического поля).

Для получения корректных результатов обработки необходимо соблюдать следующие условия при выполнении полевых работ и сдаче полевого материала в обработку.

- Этикетка полевых записей должна содержать правильно заполненные поля, определяющие режим и параметры записи.

- Режим синхронизации полевых записей с работой и записями тока должен выполняться с максимальной точностью.
- При начале работ с полевыми файлами метода ЧЗ для данной площади необходимо установить список основных периодов свип-сигнала в файле “wlf.ini” (строка **TBASE** блока **[arr]**).
- Последние соглашения по заполнению этикеток полевых файлов комплекса AGE-xxl:
 - Нерабочий канал должен выделяться знаком “—” в поле типа канала;
 - Индукционные датчики на каналах указываются как “Hz”, “Hx”, “Hy” в поле типа канала.
 - В поле «длина MN» для датчиков указывается:
 - “1” - датчик IMD-100 на высокой чувствительности (8K, S=200000);
 - “2” - датчик ВТЕМ-47 (S=50*50*26)
 - “8” - датчик IMD-100 на низкой чувствительности (1K, S=25000);
 - “3” – датчик IMD-100 на средней чувствительности (2K, S=50000);
 - “4” – датчик IMD-100 на рабочей чувствительности (4K, S=100000);
 - “5” – датчик IMD-250 (S=250000).

Тип датчика IMD-100 (1 – новый (поставка 2011 г.), 2 – старый (поставка 2005 г.)) должен быть установлен в файле “wlf.ini” (строка **IMD_type** блока **[proc]**). Для «новых» датчиков эффективная площадь S увеличена на 5%.

- Для приемной петли в поле «длина MN» должно быть указано число $\sqrt{S}$, где S – эффективная площадь петли.

3.6.1. Обработка полевых материалов ЗС.

Следует помнить, что для режима ЗС полевые записи и записи тока обрабатываются отдельно.

В зависимости от значения параметра «**Setting**»/«**Накопление**» существует возможность обработать весь объем данных целиком, либо, разбив его на две половины, получить два результата с независимой обработкой каждой части записи. Такая обработка позволяет получить оценку точности измерений в каждом пункте без выполнения «контрольных» наблюдений. В этом случае второй результат будет «пронумерован» как +1000, то есть иметь «номер работы» исходной записи +1000.

При обработке **полевых записей ЗС** в режиме «с паузой» в качестве результата – в компоненте Es может быть получен (в зависимости от значения параметра «**Setting**»/«**Импульс**»):

- Накопленный двуполярный сигнал в паузе – значение параметра=«пауза»,
- Накопленный положительный сигнал в паузе – значение «пауза+»
- Накопленный отрицательный сигнал в паузе – значение «пауза-»
- Накопленный двуполярный сигнал на токе – значение «ток»
- Накопленный положительный сигнал на токе – значение «ток+»,
- Накопленный отрицательный сигнал на токе – значение «ток-» .

При обработке **записей тока ЗС** в режиме «с паузой» в качестве результата, кроме компоненты Es могут быть получены дополнительные компоненты (при установке значения параметра **KeyCurProc=1** в файле “wlf.ini”):

- I+ накопленный положительный сигнал на токе – значение «ток+»;
- I- накопленный отрицательный сигнал на токе – значение «ток-»;
- Ip накопленный двуполярный сигнал в паузе – значение параметра=«пауза»;
- Ip+ накопленный положительный сигнал в паузе – значение «пауза+»;
- Ip- накопленный отрицательный сигнал в паузе – значение «пауза-».

Следите при запуске обработки за значениями параметров обработки, установленных по умолчанию в файле ‘wlf.ini’.

В общем случае, алгоритм обработки полевых материалов ЗС содержит следующие этапы:

- Все данные (либо обе половины объема записи поочередно) загружаются в память.
- Производится оценка уровня промышленной помехи (50 Гц).
- Устанавливается минимальное окно накопления (число периодов сигнала) - параметр **NPmin** блока **[proc]** файла “wlf.ini”.
- Производится фильтрация помех на записи, удаление низкочастотного шума, промышленной помехи 50 Гц.
- Производится средневзвешенная спектральная оценка уровня низкочастотного шума.
- Производится отбраковка «плохих» периодов по спектральным оценкам периодов сигнала. Информация об отбракованных периодах записывается в текстовый файл “protocol.all” или “protocol_cur.all” в папке “...\WLFDATA\REZ”. Первый период бракуется всегда.
- Производится «простое» накопление оставшихся периодов сигнала.
- Выделяется результирующий импульс сигнала.
- Производится пересчет значений в единицы поля.

Результат обработки полевых записей имеет размерность:

- микровольт/метр – для E_x , E_y ;
- микровольт/метр² – для B_z , H_z .

Запуск обработки полевых данных ЗС осуществляется по кнопке основного меню **WLF «Обработка полевых данных»**. В появившемся диалоговом окне необходимо выбрать вариант **«Данные ЗС»/«Полевая запись AGE-xxl»** или **«Данные ЗС»/«Запись тока AGE-xxl»**. **WLF** открывает окно **«Обработка полевой записи»** и активизирует меню с кнопками – *рисунок 19*:

«Пуск» -

«Папка...», «Файл...» - можно указать папку с файлами или отдельный файл.

«Фильтр» - установка фильтров обработки (последовательность выбора имеет значение). Установки по умолчанию для программы обработки полевых записей определяются параметром **SWF** блока **[proc]** файла “wlf.ini”:

- 1 – удаление помехи 50 Гц с помощью триангулярного фильтра;
- 2 – удаление помехи 50 Гц комбинированным фильтром:
 - Начало каждого импульса – первые NPnt точек (параметр задается в файле “wlf.ini”) подвергается аддитивной фильтрации с помощью экстраполяции шума 50 Гц в конце предыдущего импульса.

- Остальная часть импульса обрабатывается триангулярным фильтром.
- Место «сшивки» импульса сглаживается.
- 3 – фильтр импульсных помех;
- 4 – разностное накопление (необходимо указать количество повторений этой операции);
- 5 – удаление НЧ тренда из записи (учет смещения «нулевого уровня»);
- 6 – удаление помехи 50 Гц заменой (считаем, что на «хвосте» периода сигнала длиной NRep (задается в файле “wlf.ini”) точек – чистая помеха 50 Гц, и вычитаем ее из сигнала);
- 7 – удаление помехи 50 Гц с помощью полосового БИХ-фильтра;
- 8 – ранговое накопление (получение накопленного сигнала с отбрасыванием крайних значений).

Для программы обработки тока аналогичный параметр – **SWCur**. Доступны фильтры: импульсных помех, 50 Гц триангулярный и 50 Гц полосовой.

«Service» -

«**Бланки этикеток**» - формирования текстового файла с бланками этикеток полевых файлов из указанной папки. Создается текстовый файл “labels.txt” в выбранной папке.

«Setting» -

«**Импульс**» - выбор результирующего импульса сигнала (по умолчанию – сигнал в паузе) – актуально только для обработки полевой сигнала;

«**Накопление**» - выбор способа обработки записи – либо объем целиком, либо две половины поочередно (в этом случае формируются по два файла результата на каждый обработанный полевой файл, результату обработки первой половины данных присваивается истинный номер работы, второй половины – номер работы +1000).

«**Help**» - вызов справки:

«**Справка WLF**» (можно использовать «**Ctrl+R**») - доступ к справочной информации для текущего окна;

«**О программе**» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

Обработка запускается нажатием кнопки «**Пуск**»/«**Папка...**» или «**Пуск**»/«**Файл...**». **WLF** обеспечивает обработку как отдельного файла, так и всех файлов выбранной папки. Перед началом обработки потребуется установить путь к папке, где будут сохраняться результаты обработки. По умолчанию **WLF** предлагает сохранять данные в папке “...\WLFDATA\REZ”. Процесс обработки сопровождается выводом графиков результатов в текущее окно.

Для возврата в основное окно **WLF** после окончания обработки необходимо закрыть окно программы обработки.

Примечание:

При обработке полевых файлов большого объема (многоканальных) возможна нехватка памяти, выделяемой **MATLAB** для организации в ней массива необходимого объема (ошибка **MATLAB** «**Out of memory**»). Для уменьшения требуемого объема

памяти можно запускать обработку по каждому каналу записи отдельно. Для этого нужно установить параметр **KEY_KAN** блока **[proc]** файла “wlf.ini” равным «1».

В случае, если при обработке ЗС не был включен фильтр 5 («Удаление НЧ тренда»), существует возможность в собранной базе данных по кнопке «Учет уровня «0» для Es» меню «Form» к параметру Es применить нужную поправку для корректирования нулевого уровня сигнала ЭДС.

3.6.2. Обработка полевых материалов ЧЗ.

Алгоритм обработки полевых материалов ЧЗ использует те же процедуры фильтрации и накопления, что и обработка ЗС, применяя их поочередно к каждому диапазону свип-сигнала. Полевые записи и записи тока для режима ЧЗ обрабатываются одинаково. Алгоритм обработки содержит следующие этапы:

- Все данные диапазона загружаются в память.
- Устанавливается минимальное окно накопления (число периодов сигнала) - параметр **NPmin** блока **[proc]** файла “wlf.ini”.
- Производится установленная оператором фильтрация помех на записи.
- Производится отбраковка «плохих» периодов по спектральным оценкам периодов сигнала. Информация об отбракованных периодах записывается в текстовый файл “protocol.all” или “protocol_cur.all” в папке “...\WLFDATA\REZ”. Первый период бракуется всегда.
- Производится «простое» накопление оставшихся периодов сигнала.
- Производится расчет спектра сигнала с сохранением комплексных значений для 1,3,5 гармоник (номера гармоник определяются параметром **HarmNum** блока **[proc]** файла “wlf.ini”).
- Производится нормировка полученных спектральных оценок на спектр «идеального» прямоугольного импульса (если параметр **KeyFNorm**=1 в файле “wlf.ini”) и пересчет значений в единицы поля с учетом длин измерительных линий (MN) и эффективной площади петли (датчика).

Результат обработки полевых записей имеет размерность:

- микровольт/метр – для E_x , E_y ;
- микровольт/метр² – для B_z , H_z ;
- микроампер/метр – для H_x , H_y .

Результаты обработки для тока – «ампер», для напряжения – «вольт».

- Результаты обработки каждого частотного диапазона сохраняются в памяти до завершения обработки последнего диапазона.

Запуск обработки полевых данных ЧЗ и также записей тока режима ЧЗ осуществляется по кнопке основного меню **WLF** «Обработка полевых данных». В появившемся диалоговом окне необходимо выбрать вариант «Данные ЧЗ» и далее «ЧХ». **WLF** открывает окно «Обработка полевой записи» и активизирует меню с кнопками:

«Пуск» -

«Папка...», «Файл...» - можно указать папку с файлами или отдельный файл.

«**Фильтр**» - установка параметров фильтров обработки. Аналогично обработке материалов ЗС.

«**Service**» -

«**Бланки этикеток**» - формирование текстового файла с бланками этикеток полевых файлов из указанной папки. Создается текстовый файл “labels.txt” в выбранной папке.

«**Setting**» -

«**Накопление**» - выбор способа обработки записи – либо объем целиком, либо две половины поочередно (в этом случае формируются по два файла результата на каждый обработанный полевой файл, результату обработки первой половины данных присваивается истинный номер работы, второй половины – номер работы +1000).

«**Help**» - вызов справки:

«**Справка WLF**» (можно использовать «**Ctrl+R**») - доступ к справочной информации для текущего окна;

«**О программе**» - вывод информации о версии программы и фирме-разработчике.

Обработка запускается нажатием кнопки «**Пуск**»/«**Папка...**» или «**Пуск**»/«**Файл...**» . **WLF** обеспечивает обработку как отдельного файла, так и всех файлов выбранной папки.

Затем необходимо установить путь к папке, где будут сохраняться результаты обработки. По умолчанию **WLF** предлагает сохранять данные в папке “...\WLFDATA\REZ”.

При обработке записей поля, в случае, если выбран потоковый режим обработки, появится окно запроса номера профиля. Будут обрабатываться только файлы записей, отработанных на этом профиле. В случае отказа от выбора профиля будут обрабатываться все файлы выбранной папки. Далее следует запрос типа канала (компоненты) для отображения на экране в процессе обработки. При отказе от выбора компоненты будут выводиться данные по всем каналам записи.

Процесс обработки сопровождается выводом графиков результатов в текущее графическое окно – *рисунок 18*. Окно разделено на 4 части, где в левой половине отображаются графики результатов (Re, Im) в частотной области для последней записи (различными цветами окрашены графики для разных каналов), а в правой половине выводится пространственное (по профилю) распределение результатов по основным гармоникам (цвета – по значениям периодов).

Таким образом, в процессе обработки в правой части окна формируется результат обработки по профилю, причем допускается использование стандартных средств **MATLAB** для изменения масштаба вывода и его фиксации для всех выводимых результатов.

Для возврата в основное окно **WLF** после окончания обработки необходимо закрыть окно программы обработки.

Существует возможность **обработки полевых материалов ЧЗ в режиме становления поля ЗС** (для любого периода свип-сигнала происходит выделение накопленного импульса поля – алгоритм обработки ЗС см. ниже). Запуск обработки осуществляется по кнопке основного меню **WLF** «**Обработка полевых данных**». В появившемся диалоговом окне необходимо выбрать вариант «**Данные ЧЗ**» и далее

«ЭДС». Номер обрабатываемого периода свип-сигнала определяется параметром **NTime** блока **[proc]** файла “wlf.ini”.

3.6.3. Обработка полевых материалов ДНМЭ.

Метод ДНМЭ является по сути методом ЗС, выполняемым с определенной измерительной установкой. Записи ДНМЭ представляют собой двухканальные записи электрических компонент (Ех), записанных трех-электродной осевой установкой на постоянном разное.

Реализация этого метода с многоканальным комплексом AGE-xxl, допуская несколько разносов, предполагает строгое закрепление каналов записи:

- каждый нечетный канал пишет разность потенциалов между крайними электродами - сумму смежных MN;
- каждый следующий (четный) канал пишет разность смежных MN

Обработка записей ДНМЭ аналогична обработке записей ЗС, но имеет следующую особенность: кроме сигнала становления «в паузе» (параметр Es) может обрабатываться и сигнал «на токе» (параметр Es_pr). Следовательно, при обработке записей ДНМЭ результаты обработки нечетных каналов записывается в параметры Es, Epr и Es_pr, а результат обработки четных каналов записывается в параметры Es2, Epr2 и Es_pr2.

4. Обработка, анализ и интерпретация данных.

Прежде чем приступить к полному описанию всех возможных операций обработки, анализа и интерпретации данных, мы дадим их краткую сводку с указанием соответствующего раздела настоящего документа:

- Организация и обслуживание Базы Данных – раздел 4.1.
- Операции редактирования и преобразования данных (дифференцирование, интегрирование, интерполяция, нормировка и др.) - раздел 4.3.
- Одномерная фильтрация и сглаживание данных – раздел 4.4.
- Двумерная фильтрация – раздел 5.2.
- Преобразования данных при графическом отображении – раздел 4.7.1.
- Расчет различных геоэлектрических параметров по аналитическим формулам – раздел 4.5. и Приложение 1
- Расчет поля эффективных сопротивлений R_w и R_t – раздел 4.5. и Приложение 1.
- Расчет S-трансформаций данных ЗС – раздел 4.5. и Приложение 1.
- Расчет различных зависимостей N_w и N_t разделы 4.5., 4.7.7. и Приложение 1.
- Расчет интервальных сопротивлений и построение послойной модели среды без решения обратной задачи – раздел 4.5. и Приложение 1.
- Моделирование и инверсия – разделы 4.6 и 4.7.5.
- Различные преобразования полей для анализа – раздел 4.5. и Приложение 1.
- Построение отчетной графики: графиков, карт, разрезов, поверхностей, тел и сечений (2D и 3D- графика) – разделы 5.2. и 5.3.
- Кластерный анализ данных – раздел 4.7.8.
- Экспорт любых результатов в различных форматах – раздел 4.1.3.
- Различные сервисные операции – разделы 4.7.2.-4.7.4.

Полная информация о поддержке различных измерительных установок процедурами обработки (трансформации, моделирование, инверсия) дается в следующей таблице.

Установка, компонента		Метод ЧЗ				Метод ЗС			
		п/пр.	$\rho_{\text{эфф}}$	модель	инверсия	п/пр.	$\rho_{\text{эфф}}$	модель	инверсия
AB-MN	Ex	ρ, η, τ	ρ, η	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho (\eta)$	ρ, η, τ	ρ, η	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	h, ρ
	Ey	ρ, η, τ	ρ, η	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–	–	–	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–
	Exy	ρ, η, τ	ρ, η	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho (\eta)$	–	–	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	h, ρ
AB-q	Bz, Hz	ρ	ρ	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho (\eta)$	ρ, η, τ	ρ, η	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	h, ρ
	Hx, Hy	ρ	ρ	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–	–	–	–	–
Q-q	Bz, Hz	ρ	ρ	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	h, ρ	ρ, η, τ	ρ	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–
Q-MN	Exy	ρ, η, τ	ρ, η	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	h, ρ	–	–	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–
AB-MN скваж.	Er, Ex	ρ, η, τ	ρ	h, ρ, η, τ	h, ρ	–	–	–	–

4.1. Базы Данных WLF.

Основная работа по обработке, анализу и интерпретация данных осуществляется **WLF** с использованием баз данных (БД), которые создаются и обслуживаются **WLF**. Созданные БД сохраняются на диске в виде двоичных файлов типа “.mat”, имеющих стандартный формат системы **MATLAB** для сохранения на диске рабочего пространства («Workspace»).

При работе с данными по одной исследуемой площади **WLF** допускает создание нескольких БД (число не ограничено), причем при каждом сохранении новой БД **WLF** предлагает ввести ее имя и строку комментария, которая сохраняется вместе с именем созданной БД в текстовом файле “wlf.hdr” в каталоге “...\WLFDATA”. Этот файл образуется при создании первой БД по данной площади и, таким образом, содержит всех БД, созданных при работе с площадью. Ниже приведен пример файла “wlf.hdr”:

```
Наименование площади:          Dagang
-- -- -- -- -- -- -- --

dag1.mat:          first DB with Dagang data
DagangWRK.mat:     DB edited T=8sec, Ph_P
```

При создании баз данных рекомендуется сопровождать каждую новую базу понятным комментарием.

4.1.1. Описание структуры базы данных.

Комплекс **WLF** предназначен, прежде всего, для работы с полевыми электроразведочными данными, полученными по технологии площадной электроразведки. Обработанные данные полевых измерений по всей площади работ представляют собой набор многомерных данных, измеренных в пространстве (набор профилей и пикетов) и времени (набор значений периодов для ЧЗ и времен для ЗС). Кроме этого, измерения могут выполняться для различных источников (AB, Q), а измеряться могут различные компоненты поля. Измерения могут выполняться различными измерительными станциями. Ряд измеренных результатов объединяется между собой по общему времени выполнения измерений – необходимым образом вводится понятие «работы» или «записи». Вместе с данными полевых измерений в базе хранятся также результаты измерения тока и напряжения, выполненные на генераторной установке. Наконец, при обработке данных в базе могут появляться новые данные, являющиеся результатом трансформаций исходных полевых данных.

Таким образом, все множество данных должно быть некоторым способом структурировано – т.е. организовано так, чтобы было возможно быстро производить выборку требуемых данных для различных операций обработки и графического анализа. Структура базы данных, разработанная для **WLF**, позволяет решить эту задачу не только для конкретных результатов данного метода электроразведки, но и изменять (расширять, развивать) базу данных для новых приложений.

Все пространство данных в базе **WLF** имеет внутреннюю иерархическую структуру с выделенными «координатами», по которым может производиться выборка данных. Терминология, принятая в **WLF** не является «правильной» с научной точки зрения, но позволяет достаточно понятно объяснить управление базой. Ниже приводится описание принятых терминов – «координат», с пояснением возможных изменений и развития (там, где это возможно).

«Компонента»

Настоящая версия предполагает наличие следующих компонент поля (имена задаются в явном виде в разделе **[viewcomp]** файла “wlf.ini”):

[viewcomp]		
1	Bz	– результаты обработки данных dBz/dt (приемная петля)
2	Ex	– результаты обработки данных Ex (MN)
3	Ey	– результаты обработки данных Ey (MN)
4	Hx	– результаты обработки данных dBx/dt (индукционный датчик)
5	Hy	– результаты обработки данных dBy/dt (индукционный датчик)
6	Hx	– результаты обработки данных dBz/dt (индукционный датчик)
7	Uab	– результаты обработки напряжения на АВ
8	Iab	– результаты обработки тока на АВ
9	Ish	– резерв (используется для отладки генераторных установок)
10	RgBz	– региональное (фоновое) поле для Bz
11	AnBz	– аномальное поле для Bz
12	RgEx	– региональное поле для Ex
13	AnEx	– аномальное поле для Ex
14	RgEy	– региональное поле для Ey
15	AnEy	– аномальное поле для Ey
16	RgHx	– региональное поле для Hx
17	AnHx	– аномальное поле для Hx
18	RgHy	– региональное поле для Hy
19	AnHy	– аномальное поле для Hy
21	RgHz	– региональное поле для Hz
22	AnHz	– аномальное поле для Hz
20	Exy	– результаты расчета модуля полного вектора поля Exy по его ортогональным проекциям Ex и Ey
23	RgExy	– региональное поле для Exy
24	AnExy	– аномальное поле для Exy
25	Z	– расчетная компонент комплексного импеданса (Ex/Hy)
26	RgZ	– региональное поле для Z
27	AnZ	– аномальное поле для Z
28	I+	– результаты обработки тока (положительный импульс на включении)
29	I-	– результаты обработки тока (отрицательный импульс на включении)
30	Ip	– результаты обработки тока (осредненный импульс на выключении)
31	Ip+	– результаты обработки тока (положительный импульс на выключении)
32	Ip-	– результаты обработки тока (отрицательный импульс на выключении)
33	Mod1	– резерв для моделирования
...		
41	Mod9	– резерв для моделирования

Компоненты 1-9 (и возможно 28-32) заполняются при чтении файлов типа “.rez” при создании БД. Остальные могут быть созданы при работе с БД.

WLF допускает расширение списка компонент (число не ограничено). При расширении не следует изменять номера уже существующих, но изменять их имена возможно.

«Параметр»

Основная рабочая «единица» данных **WLF** – это вектор значений какого-либо параметра (функции), соответствующий вектору-аргументу. Для входных данных ЧЗ вектор-аргумент – это список периодов (в секундах), по которым получены результаты

расчета комплексной частотной характеристики. Для входных данных ЗС – это список значений времени для кривой (функции) сигнала становления поля.

Предполагается, что каждый parameter, поступающий в БД при создании или рассчитанный позднее, имеет общие значения аргумента для всех профилей, пикетов, АВ и станций.

WLF допускает различные значения аргумента для одного и того же параметра, однако в этом случае некорректной становится обработка и визуализация данного параметра во временной (частотной) области. В этом случае WLF предоставляет дополнительные возможности обработки: интерполяция на единую сетку значений аргумента, объединение диапазонов аргумента.

Настоящая версия поддерживает наличие следующих параметров (имена задаются в явном виде в разделе **[viewparam]** файла “wlf.ini”):

[viewparam]	
1	Re – действительная часть комплексной частотной характеристики
2	Im – мнимая часть комплексной частотной характеристики
3	Ph_P – двухчастотный фазовый parameter
4	En – параметр, отражающий условия измерений, имеет 4 значения: En (1) – оценка уровня шума 50 Гц; En (2) – средневзвешенная спектральная оценка уровня низкочастотного шума En (3) – смещение «нулевого уровня» накопленного сигнала, En (4) – количество прошедших в накопление импульсов с учетом отбраковки
5	Es – значения сигнала становления для ЗС
6	A – амплитуда (модуль) частотной характеристики
7	F – фаза частотной характеристики
8	Epr – значение сигнала становления на “полке” накопленного импульса тока в полевой записи ЗС (проходящее)
9	EpZS – низкочастотный тренд во время записи ЗС
и т.д.	

Обычно (для работ с комплексом AGE-xxl) параметры 1, 2, 4, 5, 8, 9 являются результатами программ обработки полевых данных и вводятся при создании БД. Остальные могут быть созданы при работе с БД (раздел 4.5.)

Ниже приводится список поддерживаемых параметров без нумерации с пояснениями. Формулы расчета параметров приводятся в Приложении 1.

Ro_w1, Ro_w2	– кажущееся удельное сопротивление для ЧЗ (в зависимости от частоты)
Ph_P3	– трехчастотный фазовый параметр, по трем соседним гармоникам
Ph_P135	– трехчастотный фазовый параметр, по трем гармоникам с каждой частоты исходного свипа
DPh_P	– разностный двухчастотный фазовый параметр
DPh_P3	– разностный трехчастотный фазовый параметр
P_Amp	– кажущаяся поляризация для ЧЗ
Am_P	– амплитудный параметр
Df_P	– дифференциальный параметр
PFE	– процентный частотный эффект
MCF	– металл-фактор
Rw	– эффективное удельное сопротивление для ЧЗ (в зависимости от частоты)
Sw	– кажущаяся продольная проводимость (в зависимости от частоты)
Hw	– эффективная глубина в зависимости от частоты
Ri_w	– интерпретационное сопротивление для ЧЗ (в зависимости от частоты)
Eta, Eta1, Eta2, Eta3	– эффективная поляризация для ЧЗ (в зависимости от частоты)
EPS, EPS1, EPS2	– эффективная диэлектрическая проницаемость для ЧЗ (в зависимости

	от частоты)
ReE, ImE, AE, FE, Ph_PE, Ph_PE135	– значения соответствующих параметров, рассчитываемые аналитически в процессе решения уравнения для Rw (или Eta)
EsE	– значение ЭДС, рассчитываемое аналитически в процессе решения уравнения для Ro_t
ReM, ImM, AM, FM, Ph_PM, Ph_PM135, RwM, SM, EsM	– значения соответствующих параметров, рассчитываемые аналитически для найденной модели среды (в процессе инверсии)
Ro_t1, Ro_t2, Ro_t3	– кажущееся удельное сопротивление для ЗС (по параметру Es, в зависимости от времени)
Ro_k1, Ro_k2	– кажущееся удельное сопротивление для ЗС (по параметру Epr)
Ro_t, Rt, R_t	– эффективное сопротивление для ЗС (в зависимости от времени)
Es_h	– Es в зависимости от глубины
Ro_h	– эффективное сопротивление для ЗС (в зависимости от глубины)
St	– эффективное значение кажущейся продольной проводимости (в зависимости от времени)
Ht, H_t	– эффективная глубина в зависимости от времени
E_vp	– кажущаяся поляризация для ЗС
f_t	– функциональная зависимость, объединяющая измерения в ближней и дальней зонах источника по временным кривым зондирования с установкой АВ-q
Sf	– суммарная продольная проводимость до кровли изолятора
Hf	– суммарная мощность до кровли проводника
Rf	– среднее сопротивление опорной толщи
Ri_t	– интерпретационное сопротивление (в зависимости от времени)
Ri_h	– интерпретационное сопротивление (в зависимости от глубины)
Rh	– эффективное значение удельного электрического сопротивления (в зависимости от глубины)
Sh	– эффективное значение кажущейся продольной проводимости (в зависимости от глубины)
Gh	– удельная электропроводность для ЗС
Lpr	– приведенное расстояние
T	– периоды ЧЗ
t	– времена становления ЗС
Ri, R	– «модель среды» (до 25 слоев), параметр включает в себя глубины слоев, послойные сопротивления и поляризацию слоев (если есть)
RCeps1, RCeps2	– вещественный кепстр
CCeps1, CCeps2	– комплексный кепстр
Hilb1, Hilb2	– преобразование Гильберта
Mu	– магнитный параметр
Rod	– эффективное сопротивление, определенное по кинематическому алгоритму дистанционно-временного зондирования
EP	– потенциал
Tf, Ff	– аргумент и значения особых точек кривой
As	– параметр подбора асимптот БЗ для ЭДС, включает в себя: угол наклона, показатель степени, смещение уровня
Es2, Epr2, EpZS2, DU, D2U, P1, PS, Dphi, Es_pr, Es2_pr, DU_pr, D2U_pr, P1_pr, PS_pr	– параметры ДНМ
Err_Eta1, Err_Eta Err_Rw Err_Eps1, Err_Eps2 Err_R Err_Rt	– невязки решения уравнений

WLF допускает расширение списка параметров (число не ограничено). При расширении не следует изменять номера параметров с 1 по 9. При вводе новых параметров пользователь должен будет или применить собственные программы обработки полевых материалов для получения новых параметров или подключить необходимые m-функции для их расчета в БД.

«Профиль», «пикет»

Обычные для полевых работ координаты данных. Важно отметить, что для правильного графического отображения результатов необходимо наличие в БД данных о реальных пространственных координатах («North», «East») всех точек измерений. Таким образом, пара внешних «интерфейсных» координат («профиль», «пикет») имеет реальные пространственные координаты.

Данные о номерах профилей и пикетов считываются из файлов типа “.rez”. При наличии ошибок в нумерации профилей и пикетов **WLF** допускает исправления в этикетке записи (работы) непосредственно при работе с БД.

Значения номеров профилей должны быть только положительными целыми числами. Это требование обуславливается правилами создания файлов координат, где нулевыми значениями номера профиля отмечаются координаты скважин, а отрицательными задаются координаты источников поля.

Значения номеров пикетов могут быть произвольными целыми числами.

«Работа (запись)»

Технология выполнения полевых работ предполагает *одновременное выполнение измерений* на нескольких точках благодаря использованию многоканальных измерительных станций. Группа результатов таких измерений оформляется на каждой измерительной станции в виде отдельного файла. При этом регистрация тока и напряжения на генераторной установке оформляется таким же образом. Естественно иметь одинаковый номер такой группы измерений для полевых данных разных станций и записей тока. Таким образом, вводится понятие номера работы (записи).

«Станция»

Полевые измерения могут выполняться различными измерительными станциями, поэтому номер станции также является «координатой» в БД. **WLF** требует, чтобы *все записи тока выполнялись станцией №1*, а остальные номера присваивались полевым станциям.

«AB» (так именуется любой источник тока, даже и рамка Q)

При выполнении наземных и скважинно-поверхностных работ может использоваться несколько источников. Номер AB считывается из файлов типа “.rez” и таким образом происходит разделение данных по нескольким AB. Информация о номере AB должна правильно заполняться операторами станций в этикетке полевой записи.

WLF допускает свободное заполнение БД, т.е. позволяет иметь для разных компонент, например, заполненные поля различных параметров. При этом экономится оперативная память компьютера и время при перезаписи или преобразовании данных. Вся работа по выбору части необходимых для обработки и анализа данных выполняется с помощью удобного интерфейса выбора объекта данных.

Исходными данными для настоящей версии **WLF** являются файлы сигналов типа “.rez”, полученные программами обработки (или моделирования), входящими в состав комплекса **WLF**. Организация ввода данных позволяет, однако, создавать в комплексе **WLF** БД из других данных, допускающих подобную структуризацию. Для ввода любых табличных данных в БД необходимо исправить раздел **[arr]** файла “wlf.ini” – смотри Приложение 2.

4.1.2. Внешние действия с базой данных.

В основном меню **WLF** выполняются следующие «внешние» операции:

«Обслуживание БД» -

«Создание базы...» - создание новой базы данных из файлов типа “.rez”;

«Импорт данных» - создание новой базы из импортируемых форматов;

«Сводка по базе...» - справка по существующей БД;

«Статистика по базе...» - статистика по существующей БД;

«Работа с базой...» - обработка и анализ данных в БД.

«Создание базы...»

Новая база данных может быть сформирована из файлов типа “.rez”, которые получены либо в результате обработки полевых материалов, либо в результате моделирования. Эти файлы должны находиться в одной папке (по умолчанию это папка “...\WLFDATA\REZ”).

Создание новой БД сопровождается диалогом. Если это первая БД в текущем рабочем каталоге, необходимо заполнить информацию о названии площади работ. Данные об этом сохраняются в файле заголовка “wlf.hdr” (смотри выше).

Далее на экран выводится запрос **«Параметры загрузки файлов»**. На этом этапе можно выбрать, какие компоненты и параметры мы хотим получить в базе. Набор параметров, привлекаемых в новую базу данных, определяется выбором режима работы («ЧЗ» или «ЗС») и именами выбираемых компонент.

Будет осуществлена выборочная загрузка файлов “.rez” из выбранной папки. Если отметить вариант **«все файлы»**, будет осуществлена загрузка в базу всех файлов “.rez” из выбранной папки.

Для создания БД требуется указать папку, содержащую файлы типа “.rez”. Для начала загрузки базы нужно выбрать один из файлов. На самом деле файлы могут иметь любое другое расширение имени, например, “.rus”. **Программа определяет шаблон расширения по выделенному пользователем файлу.** Это позволяет (при большом желании) содержать в одной папке разные по типу файлы данных и создавать из них отдельные БД.

При создании БД формат вводимых файлов должен соответствовать разделу описания входных данных в файле “wlf.ini” (смотри Приложение 2). Иначе, возможно аварийное завершение создания БД с выдачей сообщения.

После окончания загрузки всех файлов с выбранным расширением последует запрос графического файла карты площади работ и файла координат, которые будут автоматически привязаны к новой БД (в файле БД непосредственно хранятся координаты в виде таблицы, а также ссылка на графический файл карты – путь и имя файла). На этом этапе можно отказаться от выбора этих файлов, если, например, они еще не подготовлены. Загрузка координат и карты может быть проведена уже в процессе работы с БД.

На последнем этапе происходит запрос имени файла новой базы данных. По умолчанию новая БД создается в папке “WLFDATA” рабочей площади.

«Импорт данных»

Для возможности работы с выходными данными других программ, **WLF** поддерживает создание БД из файлов других форматов: “TEM-FAST”, “PODBOR”, “FSIT”, “EPIS” (все эти программы распространены в РФ).

«Сводка по базе...»

Операция позволяет получить на экране и в виде текстового файла информацию о БД в следующей форме:

DataBase Name:

CZ_2007.mat

```

Number of Lines:          11
Number of AB:             28
Number of Parameters:     2
Number of Components:     5

```

```

=====
All points:

```

```

Bz          1597
Ex          1598
Ey          1595
Hx          54
Iab         1

```

```

=====
Line N      Number of points

```

```

  0          1
  4         166
  5         192
...
 14          50
 16         131

```

```

=====
AB N        AB Type      AB Size,m (m*m)  Azimuth,deg.

```

```

  1          Dipole      7845          63
  2          Dipole      8022          66
  3          Dipole      8185          78
...
 27          Dipole      5181         185
 28          Dipole      6261         166

```

```

=====
Cycle #      T (sec)      1/T (Hz)
=====

```

```

= Re =

```

```

  1          0.002          500
  2          0.002667       374.9531
  3          0.0028         357.1429
...
 59          8.192          0.12207
 60         16.384          0.061035

```

```

= Im =

```

```

  1          0.002          500
  2          0.002667       374.9531
  3          0.0028         357.1429
...
 59          8.192          0.12207
 60         16.384          0.061035

```

«Статистика по базе...»

Операция получения статистики по базе позволяет получить на экране статистическую информацию о работе каждой станции, записи которой присутствуют в БД, в виде графиков и соответствующей текстовой информации (количество сделанных работ, общее число отработанных точек (наблюдений), общее число рабочих дней, производительность (точек в день) по каждой станции) – смотри *рисунок 20*. Под

«отработанной точкой» понимается уникальная пара **«№ профиля – № пикета»**, присутствующая в этикетке конкретной работы.

И, НАКОНЕЦ, операция **«Работа с базой...»** начинает основную работу **WLF** по обработке, анализу и интерпретации данных.

4.1.3. Операции ввода-вывода данных.

При работе с БД **WLF** всегда поддерживает следующие операции ввода-вывода в (из) БД, которые доступны по кнопке **«Data»** из верхней строки меню:

«Data» - операции ввода-вывода системы **WLF**:

«Load...» - загрузка новой базы данных;

«Save» - сохранение «рабочей» базы данных в исходный файл;

«SaveAs...» - сохранение «рабочей» базы данных в новый файл;

«SavePart...» - сохранение части «рабочей» базы, т.е. только выбранного объекта данных (правила выбора объекта см. ниже) в новый файл;

«AddData...» - добавление в «рабочую» базу новых данных из файлов типа «.rez»;

Операция добавления новых данных в существующую базу позволяет, например, добавить в уже созданную БД результаты обработки новых профилей. При этом нужно помнить, что если новые результаты сохранялись в стандартной (по умолчанию) папке "...\\WLFDATA\\REZ" и она содержала результаты ранее обработанных файлов, то операция добавления будет работать со всеми файлами из данной папки, что эквивалентно процедуре создания базы. Здесь и можно использовать возможность смены расширения имени для файлов, уже введенных в базу: например после выполнения операции создания или добавления все «загруженные» файлы могут быть переименованы в файлы с расширением ".dbz". Программное окно **«Параметры загрузки файлов»** дополнительно имеет поле ввода **«№ работы + ...»**, в котором можно указать целочисленный «сдвиг» номеров подгружаемых работ (по умолчанию «0»). Это позволяет обойти существующее ограничение на номер работы при записи «в поле» (максимально допустимый номер работы – 999). Таким образом, при превышении максимального номера работы нумерацию работ можно начинать заново, эти работы следует записывать в новую папку, при сборке базы эти данные надо подгружать в БД со «сдвигом» номеров работ (например, на 1000).

«ExportData...» - экспорт данных (выбранного объекта) из базы в различных форматах:

«EPIS» – в двоичные файлы формата системы "EPIS" записываются либо значения выбранного параметра (из базы ЗС), либо Re, Im (если есть, иначе A, F) (из базы ЧЗ) для выбранной компоненты. Каждый файл содержит данные по одному профилю и одному АВ.

«Вывод ЧЗ» – в текстовые файлы табличной формы записываются результаты обработки ЧЗ (компоненты Ex и AnEx) для выбранных профилей в следующем виде:

Пр	Пкт	X	Y	Rk (ом*м)	аном Rk (ом*м)	ВП (%)	аном ВП (%)
301	0	23210	54343	255.2555938	41.5907503	4.5966482	0.0768477
301	40	23236	54313	216.4832411	4.4224404	4.5276173	0.0986508
301	80	23263	54283	237.0000341	26.3553270	4.3991378	0.0639029
...							

Пользователь должен выбрать частоту (период) для которой выводятся значения, а также тип фазового параметра, по которому определялись значения ВП.

«Вывод ЧЗ-ЗС» – в текстовые файлы записываются данные для выбранных профилей в следующем виде:

```

Date           | 14.03.93
Line           | 27
Picket         | 100
AB number      | 1
AB length (m)  | 0
Distance (m)   |
Angle (degrees)|
-----
      T (sec.)      Ex (mkV/A/m)      Ey (mkV/A/m)      dBz/dt (mkV/A/m/m)
0.00100                                0.05116137
0.00200                                0.05116137
0.00300                                0.05116137
...

```

На каждый пикет формируется отдельный файл.

«Профильный вывод» – вывод в текстовый файл матрицы данных по профилю (все АВ объединяются) для любого параметра любой компоненты. В первом столбце содержатся значения аргумента параметра, в пером строке - значения номеров пикетов профиля.

«PODBOR» – в текстовые файлы формата системы “PODBOR” записываются значения сигнала ЭДС (параметр Es выбранной компоненты) для выбранных профилей и АВ, на каждый пикет формируется отдельный файл.

«Zond» – экспорт в текстовые файлы “.z2d”, “.sp2”, или “.igm”, используемые системой «ZOND geophysical software» («ZondRes2d», «Zondsp2d» и «Zondmag2d» соответственно). Записываются значения выбранных параметров выбранной компоненты для выбранных профилей и АВ (пикеты профиля записываются построчно).

«REZ» – в текстовые файлы формата “.rez” записываются данные объекта (разрешается выбор одного параметра для одной компоненты), каждый файл содержит данные по одному профилю и одному АВ. Используя эту операцию совместно с операцией добавления данных в БД можно объединять различные базы данных.

«Reg» – в текстовые файлы “.reg” записываются данные для формирования параметра регуляризации для процедур инверсии. При этом файлы *.reg формируются и именуются для каждого пикета выбранных профилей и АВ. Подробнее правила формирования этих файлов описываются в разделе 4.6.

«Save Line from screen...» - запись графиков (одного профиля) с экрана в текстовой файл в виде матрицы данных;

«Save X,Y,Z from screen...» - экспорт выведенного на экран объекта данных в текстовой файл для чтения в **SURFER** (например);

«Info» - вывод информации о дате последней модификации БД.

4.2. Выбор объекта обработки.

После загрузки базы **WLF** открывает основное окно работы с базой, обеспечивающее все необходимые операции – *рисунок 21*. Список основных операций с данными находится в верхнем меню окна, а в правой части – кнопки управления выбором объекта данных и управления графическим отображением.

Прежде чем выполнять какие-либо операции с данными в **WLF** необходимо выделить часть данных – «задать объект», с которым будут производиться операции. Действия по заданию объекта могут быть связаны с используемой формой графического отображения. **WLF** обеспечивает графический вывод кривых (2-D), поверхностей и контурных карт (3-D), а также более сложные многомерные изображения.

Основные операции **WLF** выполняет с набором кривых, поэтому, поясним, прежде всего, правила задания объекта для создания 2-D изображений и обработки данных, представимых в виде функций $Y=f(X)$.

На *рисунке 23* мы видим на экране графики параметра **A** компоненты **Ex** как функций времени для профиля 402, АВ 20, станция 6. Данные выводятся для всех записей по всем пикетам.

Для задания объекта данных **WLF** предоставляет окна выбора для каждой «координаты» базы данных (см. раздел 9.1). Выбор «Комп.» и «Парам.» определяет ось Y. Выбор «Проф.», «АВ» и «Станц.» ограничивают объем выводимых данных. Окна «Пикеты» и «Раб.» отражают полный список. Ось X задается как частотно-временная «периоды» или как пространственная – «пикеты». При выборе пространственной оси X окно «Пикеты» переименовывается в окно «Периоды» и наоборот.

Таким образом, для задания объекта данных необходимо:

- Выбрать нужную компоненту - «Комп.»
- Выбрать нужный параметр - «Парам.»
- Выбрать нужный профиль - «Проф.»
- Выбрать нужный АВ - «АВ»
- Выбрать нужные записи, если это необходимо - «Раб.»
- Выбрать нужную станцию - «Станц.»
- Определить ось X - «периоды» или «пикеты» .
- Выбрать нужные пикеты в случае «временной» оси X (или времена в случае «пространственной» оси X), если это необходимо.

Примечание. Если выбранным параметром является «модель среды» (т.е. R или Ri), внизу списка параметров появляется дополнительное окошко выбора параметра модели, в качестве параметра можно указать: удельное сопротивление слоя, глубину слоя, мощность слоя, суммарную продольную проводимость слоев, поляризацию слоя.

WLF допускает в каждом «координатном» окне возможность произвольного выбора: можно выбирать одно значение, несколько или все. Для этого используются обычные для Windows способы: одновременное выделение значения левой кнопкой мыши и нажатие клавиш «Shift» или «Ctrl». Все окна также имеют стандартные средства «прокрутки» - «стрелки» и клавиши («End», «Home»).

Все координатные окна связаны таким образом, что после выделения какого-либо значения в одном окне может измениться список значений в другом. Например, для выбранной компоненты «Bz» может не оказаться вообще ни одного «живого» параметра, и соответственно будет пустым список профилей и пикетов. Рекомендуется

последовательно определять объект в пространстве базы в соответствии со смысловой иерархией (см. чуть выше на перечисление операций задания объекта).

Если компонента и параметр определены, то для удобства дальнейшего задания объекта окна «профиль», «АВ», «работа» и «станция» имеют управляющий элемент (radiobutton), который является кнопкой включения «важности» для отбора допустимых значений остальных окон. Так, при включенной кнопке «важности» возле окна «АВ» после задания номера АВ, в остальных окнах останутся только значения профилей и работ, выполненных с этим АВ.

Выполняя некоторые операции с выбранным профилем (или работами) бывает необходимо переключать разные параметры (для их сравнительного анализа, например). Для того чтобы каждый раз после изменения выбора компоненты, не пришлось снова определять объект в следующих окнах, существует возможность фиксации (удержания) объекта при переключении различных параметров. Это достигается нажатием кнопки «fix», которая находится как раз под фиксируемыми окнами.

Точно также можно фиксировать значение окна «Пикеты» («Периоды»), что особенно удобно для последовательного анализа по разным профилям значений некоторых параметров на фиксированной частоте. Соответствующая кнопка «fix» находится справа от имени этого окна.

При переходе к работе с параметром, который имеет другие значений аргумента, необходимо выключать кнопку «fix» для возможности появления в окне этих новых значений аргумента.

Широкие возможности выбора объекта, предлагаемые **WLF**, требуют повышенного внимания и аккуратности от пользователя (особенно неопытного). Ограниченный размер «координатных» окон не позволяет, например, визуально контролировать правильность всех выбранных значений «координаты». Это особенно касается использования клавиш «Shift» и «Ctrl» при множественном выборе значений из предлагаемого списка.

Рекомендуется увидеть выбранный объект в его графическом отображении, визуально оценить «картинку» и только после этого проводить с данными необходимые операции.

Любой выбранный объект может быть выведен на экран как множество графиков по кнопке «Show 2D».

4.3. Редактирование и преобразование данных.

Основная (по времени выполнения) работа с данными заключается в редактировании и фильтрации (сглаживании) набора кривых с постоянным визуальным контролем за исполняемыми действиями. Настоящий и следующий разделы описания объясняют возможности, предоставляемые комплексом **WLF** при выполнении этой работы. Все эти возможности доступны из основного меню графического окна «**Работа с базой**» по кнопке «EditCurve», причем работа в этих режимах выполняется только с теми данными, которые мы видим в данный момент на экране. Если экран не содержит данных, то операция «EditCurve» недоступна. Таким образом, выполнение всех операций возможно только после выбора объекта данных и его отображения по кнопке «Show 2D» - *рисунок 29*.

Редактирование (также как и фильтрация) может выполняться с различными «частями» данных, представленных на экране, поэтому до тех пор, пока пользователь не выберет объект действия, часть операций будет недоступна. Это видно из приведенного на рисунке кадра данных.

Правильный порядок работы, таким образом, всегда заключается в предварительной установке объекта действия и настройке параметров используемых действий. Затем необходимо разрешить выполнение действия и графическим образом (указателем мыши) указать на объект данных, подлежащий редактированию или фильтрации.

Если действие не разрешено, то **WLF** в качестве действия с данными отображает их «координаты» при указании на какой-либо объект данных на экране. На *рисунке 30* видно, как это выполняется. При указании мышкой на некоторую точку некоторой кривой **WLF** выделил точками всю кривую, затем выделил «звездочкой» указанную точку и, наконец, вывел сверху экрана все «координаты» указанного объекта данных.

Ниже приводится список возможных действий по обработке кривых.

«**EditCurve**» - редактирование данных, представленных на экране в виде набора кривых:

«**Режим редактирования**» - включение режима редактирования данных (элементы интерфейса пользователя с правой стороны окна гасятся и на их месте появляются кнопки меню редактирования данных) – смотри *рисунок 31*:

«**Область действия**» - выбор объекта действия, это может быть «точка», «интервал» или «кривая». Возможно указать также применение выбранной операции сразу со всеми графиками (флажок «**Все кривые**»).

«**Настройка ред.**» - установка используемого действия редактирования, это может быть:

«**нет**» - запрет редактирования, применяется для выполнения операций фильтрации и других, не связанных с «исправлением» данных.

«**ручн. +**» - операция ручного графического сдвига данных по оси Y.

«**ручн. ***» - операция ручного графического сдвига данных по оси Y-Log (в логарифмическом масштабе).

«**авто +**» - автоматическое изменение данных на некоторую константу, которая задается в качестве параметра (равносильно операции графического сдвига данных по оси Y).

«**авто ***» - автоматическое умножение данных на некоторую константу, которая задается в качестве параметра (это равносильно операции графического сдвига данных по оси Y-Log). Эту операцию с параметром «NaN» (системная константа MATLAB для обозначения неопределенности – Not-a-Number) можно использовать, чтобы «удалить» данные.

«**АвтоМасшт**» - автоматическое сжатие или растяжение участка кривой, применяется для редактирования больших отклонений без искажения их формы (при разумном задании крайних точек интервала).

Примечание: арифметические операции сложения и умножения в зависимости от состояния кнопки «**LogY**» панели «**Отображение**» применяются либо к самим значениям, либо к их десятичному логарифму.

Существует также возможность вращения выделенного «объекта» данных. Включается нажатием «**Ctrl+A**». Затем предлагается выбрать графически центр вращения и изменить угол наклона кривой.

Включение/выключение режима редактирования данных также возможно нажатием «горячей» клавиши «**Ctrl+E**». В этом случае можно быстро переключаться

между двумя меню (например, когда результат редактирования неудовлетворительный и нужно восстановить исходные данные на экране по кнопке «**Show 2D**»)

«**Выделение объекта**» - разрешает указать объект действия. Если «не включено», то работает аппарат определения координат (смотри выше).

«**Настройка фильтрации**» - установка параметров фильтрации. Подробно – в следующем разделе.

«**AutoRun**» - запуск фильтрации в автоматическом режиме. Подробно – в следующем разделе.

«**Run**» - запуск одного фильтра по выбору из списка фильтров.

«**Undo**» - возврат к исходным данным. Работает только при фильтрации данных. При редактировании не поддерживается.

«**Отметить пикеты**» - операция позволяет выделить особенные интервалы кривых для их «специального» отображения при последующем выводе.. При выполнении операции потребуется выделить участок кривой нажатием левой кнопки мыши на крайних точках интервала. Для снятия (отмены) выделения необходимо использовать правую кнопку мыши.

«**Сохранить отметки**» - сохранение информации о выделенных интервалах в базе. Требуется использовать эту операцию также после отмены выделения для сохранения этой отмены.

«**Нормировать**» - операция «нормализации» данных на некоторую выбранную кривую (равносильно операции вычитания). Таким образом, можно графически построить любую «разность» между имеющимися в базе данными.

«**Копировать**» - операция копирования («размножения») выделенной кривой для ее сохранения (замены) в остальные данные.

«**Осреднить**» - операция позволяет построить «среднюю» кривую для набора кривых на экране (берется медианная оценка). Полученная кривая копируется в остальные данные, как в предыдущей операции.

«**Расчет ошибки**» - расчет погрешностей для кривых на экране.

Если данные выведены на экран в логарифмическом масштабе по «Y», для каждой i-й кривой (отдельно для каждого значения аргумента) рассчитывается относительная погрешность в % по формуле:

$$\delta E = \left| \frac{E_i - E_{cp}}{E_{cp}} \right| \cdot 100\% \quad , \text{ где } E_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i .$$

Если данные выведены на экран в линейном масштабе по «Y», для каждой i-й кривой (отдельно для каждого значения аргумента) рассчитывается абсолютная погрешность (в единицах параметра) по формуле:

$$\Delta E = |E_i - E_{cp}| \quad , \text{ где } E_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i .$$

Здесь n – количество кривых на экране. Рассчитанные кривые отображаются на экране.

«**Добавить шум**» - операция позволяет добавить к данным на экране нормально распределенный шум с указанной дисперсией. В диалоговом окне ввода необходимо ввести дисперсию шума $S = \sigma^2$ (σ – с.к.о. в единицах сигнала на экране).

«Расчет производной» - операция расчета производных dY/dX с возможностью сохранить их в базе данных (этим отличается от операции «View»/«Показать производные»).

«Расчет интеграла» - операция расчета определенного интеграла с переменным верхним пределом $\int_a^x Y(t)dt$ (первообразной функции $Y=f(X)$).

«Изменить сетку (интерполяция)» - операция работает только при «пространственном» представлении данных (ось X - по пикетам) и позволяет получить данные по равномерной сетке пикетов для всех профилей.

«Запись в базу» - эта операция сохраняет выполненные изменения с данными в базе. При использовании операции есть возможность записать преобразованные (обработанные) данные в значения другой компоненты. В этом случае исходные данные не будут изменены.

WLF отражает результаты всех выполненных операций в графическом окне в виде множества кривых. Без использования операции «Запись в базу» исходные данные остаются без изменения. Все изменения пропадут после вывода нового изображения по команде «Show 2D». Не забывайте сохранять данные, если Вас устраивает результат выполнения действия, который Вы видите на экране.

4.4. Фильтрация и сглаживание.

WLF предоставляет некоторый набор фильтров для выполнения операций с данными, которые могут применяться как во временной, так и в пространственной области для редакции импульсных помех, выделения (или подавления) определенных частот и сглаживания данных.

Краткое пояснение применяемых фильтров и настройки их параметров приводится в настоящем разделе. Ряд фильтров представляют собой «готовые» фильтры инструментальных пакетов **MATLAB**, поэтому для более полного понимания их работы необходимо руководствоваться документацией **MATLAB**.

Все используемые фильтры имеют собственные параметры, которые определяют их работу. **WLF** загружает «по умолчанию» значения параметров фильтров из строки **PreSetFilter**= блока **[filter]** файла “wlf.ini”.

Настройка параметров фильтрации при работе **WLF** производится по команде «EditCurve»/« Настройка фильтрации» в окне «Настройка фильтрации» - *рисунок 32*. Основная часть окна позволяет настроить параметры фильтров:

- «Фильтр 1» - медианный (ранговый) фильтр для удаления импульсных помех, параметр задает размер окна, по которому выбирается «среднее» значение в смысле «медианы».
- «Фильтр 2» - другой фильтр для удаления импульсных помех, параметры которого задают размер окна и максимально допустимое отклонение точки.
- «Фильтр 3» - фильтр для удаления линейного тренда, параметр указывает необходимость только убрать среднее значение из данных.
- «Фильтр 4» - сглаживающий адаптивный фильтр Винера (**MATLAB**). Параметры: размер скользящего окна и мощность гауссова белого шума, которым поврежден сигнал. Если второй параметр опущен, мощность шума оценивается автоматически.

- **«Фильтр 5»** - сглаживающий фильтр Савицкого-Голея (**MATLAB**). Параметры: порядок фильтра, определяющий степень полинома и размер окна. При расчете кривая в окне аппроксимируется полиномом, минимизирующим средний квадрат отклонения. Размер кадра должен быть нечетным, порядок фильтра должен быть меньше размера окна.

- **«Фильтр 6»** - здесь возможно выбрать любой новый фильтр, сконструированный в **MATLAB** (кнопка **«Из файла»**). Кроме того, по кнопке **«Расчет...»** можно рассчитать фильтр Чебышева любого типа (ФНЧ, ФВЧ, полосовой или режекторный), указав следующие параметры: тип фильтра, частота дискретизации сигнала (Гц) и границы полос пропускания и задерживания (в Гц). Рассчитанные коэффициенты фильтра можно сохранить в mat-файл и подгружать в дальнейшем из файла. Частотную характеристику полученного фильтра можно увидеть, выбрав флажок **«ЧХ»**.

- **«Фильтр 7»** - сплайн-сглаживание (**MATLAB**). Кроме установки параметра сглаживания ([0..1]), по кнопке **«Веса сплайна»** можно установить различные весовые коэффициенты для разных интервалов данных (по оси X). В случае параметрического вывода данных применение этого фильтра имеет некоторые особенности, а именно: чтобы указать вид шкалы аргумента этого фильтра (линейная или логарифмическая) нужно установить или снять «флажки» на кнопках **«Log X»**, **«Log Y»** (для параметра-аргумента и параметра-функции соответственно), не нажимая кнопку перерисовки **«Show 2D»**, и применить фильтр.

- **«Фильтр 8»** - фильтр «скользящее среднее». Параметром фильтра является размер скользящего окна, кнопкой **«рекурсивно»** включается режим рекурсивного применения фильтра.

- **«Фильтр 9»** - фильтр для выравнивания амплитудных значений сигнала, параметры задают размер окна и тип определения «характерной» амплитуды.

- **«Фильтр 10»** - фильтр для приведения функции к монотонному виду. Параметры задают тип функции (возрастающая или убывающая) и направление работы фильтра (вперед или назад по сигналу).

- **«Фильтр 11»** - процедура расчета коэффициентов непрерывного одномерного вейвлет-преобразования. Параметры: имя вейвлета и номер вейвлет-коэффициента, по которому осуществляется разложение. Кнопка **«Show wavelet»** позволяет просмотреть графики выбранного вейвлета и синусоиды с частотой, равной средней частоте вейвлета.

- **«Фильтр 12»** - специальный фильтр для выравнивания ЭДС - временных сигналов становления поля с помощью теоретических асимптот. Работает в билогарифмическом масштабе. Позволяет избавиться от шумов на «хвосте» сигнала, которые оказывают сильное влияние на вид получаемых дифференциальных трансформант. Порядок работы следующий:

- нажать кнопку **«Ограничения»**, на экране появляется прямая линия (асимптота с угловым коэффициентом, указанным в окошке **«наклон»**), на самом деле их три: сплошная – исходная и две пунктирных – ограничения на подбор;

- можно графически установить ограничения на подбор (положением двух пунктирных линий – нижней и верхней границы): нажатием левой кнопки мыши и последующим перетаскиванием изменяем положение прямой, нажатием правой кнопки мыши и последующим перетаскиванием – угол наклона прямой; можно пропустить этот пункт;

- вернуться в окно **«Настройка фильтрации»** и нажать кнопку **«Применить»** - в появившемся окне **«Параметры подбора»** отображаются параметры установленных асимптот-границ подбора (углы наклона и показатели степени), а

также параметр **«Мин./макс. смещение уровня»**, регулирующий разрешение смещения «нуля» сигнала ЭДС; все параметры можно изменить;

- вернуться в окно настройки фильтра, здесь можно дополнительно установить границы интервала аппроксимации (на котором будем производиться подбор асимптот по методу наименьших квадратов) и целевого интервала (на котором будет произведена замена исходного сигнала асимптотой) и установить флажки **«инт-л аппр.»** и **«целевой интервал»** соответственно; если какой-либо флаг не установлен, при запуске фильтрации необходимо будет указать графически границу нужного временного интервала, если ни один флаг не установлен, считается, что интервалы совпадают;

- параметром **«уровень шума»**, зависящим от уровня шума на кривой, можно регулировать точность процедуры подбора;

- закрыть окно настройки и запустить фильтрацию обычным образом.

Можно включить любой фильтр в список фильтрации для автоматического выполнения. Это делается указанием флажка **«AutoKey»** в левой части строки описания фильтра. Таким образом, может быть сформировано задание на фильтрацию данных, причем порядок выполнения определяется номером фильтра, т.е. первым выполняется фильтр с меньшим порядковым номером (фильтры удаления импульсных помех, конечно, должны предшествовать операциям сглаживания).

В нижней части окна **«Настройка фильтрации»** можно настроить общие для всех фильтров условия их применения:

Если установлен флажок **«применить к производным»**, то все операции фильтрации применяются не к исходным кривым, а к их производным (dY/dX), а затем полученные значения интегрируются.

Если установлен флажок **«расчет остатка»**, то после выполнения операции фильтрации данных автоматически производится вычитание результата фильтрации из исходных данных, и, таким образом на экране остается «остаток» - это быстрый способ получить аномальные значения после сглаживания данных.

Установка флажка **«исправлять “NaN”»** позволяет в случае, когда фильтруемая функция не имеет числовых значений (т.е. принимает значение «NaN» – Not-a-Number) в каких-то точках внутри области определения, произвести после выполнения сглаживающей фильтрации интерполяцию данных в этих точках. Операция работает только для фильтров №№ 4-8.

Если установлен флажок **«фильтровать профиль»**, то операция пространственной фильтрации профильных данных, содержащих данные по нескольким АВ, происходит для всего профиля «в целом», таким образом, игнорируется факт разбиения профиля на несколько участков на экране.

Сформированное задание на фильтрацию может быть сохранено по кнопке **«Сохранить параметры»**. По умолчанию сохранение происходит в служебный файл “flt.set” в рабочем каталоге “WLF”, однако возможно указывать любое имя файла и, таким образом, иметь несколько готовых наборов настройки фильтрации. Загрузка установленных ранее параметров фильтрации производится по кнопке **«Загрузить параметры»**.

Также возможно настройку фильтрации сохранить в произвольный текстовый файл по кнопке **«Сохранить как текст...»**. Таким образом, заданное состояние фильтрации может быть отражено затем в отчете по обработке и анализу данных.

Применение фильтрации осуществляется так же, как и редактирование данных: объект действия должен быть определен в меню **«Область действия»** (обычно это объект будет **«кривая»**, однако допускается **«интервал»**), затем разрешить его выделение по

кнопке «**Выделение объекта**» и затем указать объект на экране. При этом изменится его отображение (утолщением кривой). Если установлен выбор «**все кривые**», то операцию выделения производить не нужно, дальнейшие действия будут выполняться со всеми данными на экране.

Выполнять фильтрацию можно, применяя по очереди нужный фильтр, либо запустить задание на фильтрацию по кнопке «**AutoRun**», если нужные фильтры отмечены флажком «**AutoKey**». Запуск работы одиночного фильтра может быть выполнен двумя способами: либо по кнопке «**Run**» и выбору фильтра из списка, либо «быстрым» запуском по клавишам «**Ctrl+n**», где «n» – номер фильтра. В обоих случаях надо помнить номер применяемого фильтра.

После выполнения операции фильтрации **WLF** перерисует «старую» кривую пунктирной линией, а «новый» результат выведет полным цветом. Пока на экране выведены пунктирные линии, можно применять клавишу «**Undo**» для возврата к исходным значениям.

Можно использовать операции фильтрации многократно, применяя каждый раз новую операцию к результату предыдущей.

Для разумного использования возможностей фильтрации данных необходимо иметь опыт применения тех или иных фильтров к различным данным.

Следующее замечание касается использования возможностей автоматической фильтрации данных. В идеальном случае необходимо опробовать разные варианты фильтрации на нескольких кривых (для разных профилей, например), и потом, убедившись в идентичности результатов, запускать такую операцию по всему объему данных. В реальных случаях, к сожалению, часто приходится подходить к фильтрации каждой профильной кривой индивидуально.

4.5. Расчет новых параметров и трансформации.

После обработки полевых файлов комплекса AGExx1 файлы результатов (“.rez”) содержат «первичные» параметры:

- **Re, Im** – для режима ЧЗ
- **En, Es, Epr, EpZS** – для режима ЗС.

Результатами работы программ моделирования также являются «первичные» параметры **Re, Im, Es**.

Таким образом, при создании новой базы данных она может содержать только эти «первичные» параметры для реально измеренных компонент поля. Дальнейшая работа с БД предусматривает расчет новых параметров и, возможно, компонент с целью построения профильной и площадной картины изменения геоэлектрических параметров пригодных для интерпретации. При расчете новых параметров с помощью геофизических трансформаций возможно перейти к построению глубинной модели разреза от измеренной частотно-временной модели. Обычно, такой переход сводится к построению функций H_t и H_w , и расчету полей эффективного сопротивления R_t и R_w , и суммарной проводимости S_t и S_w .

Как правило, рассчитанные в БД параметры, сохраняют «аргумент» своих «родителей», то есть, представляют собой зависимости от времени или частоты (периода). Однако, кроме этого, существует возможность анализа (с графическим отображением в соответствующей плоскости) различных «параметрических» зависимостей – то есть, анализа связи параметров друг с другом. Таким образом, например, имея в БД параметры $S(w)$ и $H(w)$, можно сформировать параметр $S(H)$.

4.5.1. Общие процедуры.

Возможности, которые обеспечивает **WLF**, для формирования параметров и расчета новых компонент собраны в отдельный список операций (порядок важен – рекомендуется соблюдать указанный порядок операций) под кнопкой меню **«Form»**. Все операции выполняются с выбранным объектом данных, если не отмечено иное.

«Form» -

«Нормировка базы на ток» - выполняет нормировку на ток **всех данных** (профилей, АВ и т.д.) независимо от выбранного объекта. Процедуре нормировки подвергаются параметры **Re, Im, A, F, Es, Epr**, если они есть в базе. *Нормировка затрагивает только те работы (записи), для которых имеется соответствующая запись тока (параметр Iab)*. Операция выполняется над всеми профилями и components независимо от выбранного объекта. **WLF** отмечает в базе данные, которые подвергаются нормировке и не допускает для них повторного выполнения операции.

«Объединение диапазонов аргумента» - в случае, если БД была сформирована из работ, содержащих разные аргументы одного и того же параметра, эта операция позволяет объединить разные работы на одном пикете (после этого «лишние» работы удаляются). Для значений аргумента, в которых имеются данные по нескольким работам, по запросу может быть выбрано либо среднее значение данных - **«Ср.арифм.»**, либо данные по одной из кривой (левой - **«Левая кривая»** или правой - **«Правая кривая»**). Операция выполняется для **всех данных**, содержащих разные значения аргумента, независимо от выбранного объекта.

При выполнении операции все повторные (контрольные) наблюдения будут удалены из базы. Обработку и получение статистики по контролю необходимо выполнять с каждым из диапазонов отдельно.

«Нормировка базы на ЧХ каналов» - выполняет нормировку на частотную характеристику каналов измерительных станций **всех данных** (профилей, АВ и т.д.) независимо от выбранного объекта. Процедуре нормировки подвергаются параметры **Re, Im**, если они есть в базе. Для каждой станции в базе (кроме станции №1, которая пишет ток) должны присутствовать работы с записью FRF каналов этой станции, оформленные, как обычные полевые данные. Операция выполняется над всеми профилями и компонентами независимо от выбранного объекта. **WLF** отмечает в базе данные, которые подвергаются нормировке и не допускает для них повторного выполнения операции. Перед нормировкой полевых данных сами записи FRF нормируются на амплитуду самой низкой частоты канала одной из записей FRF.

«Расчет базы» - выполняет автоматический расчет ряда параметров в базе при установленном состоянии параметров фильтрации (из файла “flt.set”). Не выполняет нормировку на ток и ЧХ. Так как определяемый по этой кнопке «ряд параметров» задан раз и навсегда, применение этой операции ограничено.

«Операции с данными ЧЗ» - смотри 4.5.2.

«Операции с данными ЗС» - смотри 4.5.3.

«Фильтрация во врем.области» - выполняет фильтрацию данных во временной области при установленных параметрах фильтрации.

«Фильтрация в простр.области» - выполняет фильтрацию данных в пространственной области при установленных параметрах фильтрации.

«Расчет регионального поля»

Одной из задач анализа данных, является построение непротиворечивой картины распределения аномального поля параметра по исследуемой площади. Для этого необходимо сначала определить «региональное» (фоновое) поле параметра, которое, само по себе, может использоваться при геологической интерпретации результатов. При построении «регионального» поля, прежде всего, необходимо, чтобы резкие искажения данных вдоль профилей, вызванные различными источниками искажений (характер их здесь не рассматриваем), не внесли ощутимый вклад в его построение. Важным моментом здесь является априорное знание о существующих источниках, искажающих данные.

Процедура выполняет расчет «регионального» поля для компонент **Ex, Ey, Vz, Hx, Hy, Z**. Операция выполняется с помощью установленной фильтрации исходных данных компоненты **Comp** и записи результатов в «региональную» **RgComp**

«Расчет аномального поля» - выполняет расчет «аномального» поля для компонент **Ex, Ey, Vz, Hx, Hy, Z**. Операция выполняется по формуле $AnComp = Comp - RgComp$, либо $AnComp = Comp / RgComp$ в зависимости от параметра **AnKeyLog** раздела **[private]** файла "wlf.ini" (=0 – вычитание, =1 – деление).

«Получить обратную функцию»

Выполняет процедуру получения обратной функциональной зависимости $F(X) \rightarrow X(F)$ для выбранного объекта данных (X – период (частота) или время). Результат записывается на место исходных данных. Имеет смысл для монотонных функций $F(X)$. Если 2D графики на экране имеют вид «временной» зависимости (ось X – «периоды»), можно перед запуском процедуры с помощью кнопок масштабирования предварительно установить интервал оси X , на котором функция монотонна. *После выполнения процедуры значение аргумента выбранного параметра изменится для всех данных в базе, поэтому профиля или компоненты этого параметра, не участвующие в этой процедуре, окажутся недоступными.*

«Расчет вещественного кепстра (врем.)»

Вычисляет вещественный кепстр (обратное преобразование Фурье логарифма амплитуды преобразования Фурье) данных во временной области. Результат записывается в параметр **RCeps1**.

«Расчет вещественного кепстра (простр.)»

Вычисляет вещественный кепстр (обратное преобразование Фурье логарифма амплитуды преобразования Фурье) данных в пространственной области. Результат записывается в параметр **RCeps2**.

«Расчет комплексного кепстра (врем.)»

Вычисляет комплексный кепстр (обратное преобразование Фурье комплексного логарифма преобразования Фурье) данных во временной области. Результат записывается в параметр **CCeps1**.

«Расчет комплексного кепстра (простр.)»

Вычисляет комплексный кепстр (обратное преобразование Фурье комплексного логарифма преобразования Фурье) данных в пространственной области. Результат записывается в параметр **CCeps1**.

«Расчет преобразования Гильберта (врем.)»

Вычисляет преобразование Гильберта во временной области. Результат записывается в параметр **Hilb1**.

«Расчет преобразования Гильберта (простр.)»

Вычисляет преобразование Гильберта в пространственной области. Результат записывается в параметр Hilb2.

«Определение особых точек временной кривой»

Процедура позволяет определить в указанном пользователем диапазоне времен/периодов значение аргумента, соответствующее минимуму/максимуму выбранного параметра и значение параметра в этой точке. Процедура формирует новые параметры Tf и Ff соответственно.

4.5.2. Обработка данных ЧЗ.

Формулы и алгоритмы расчета параметров для данных ЧЗ приводятся в Приложении 1. В данном разделе дается краткий обзор всех операций, выделенных в несколько групп.

Операции первичной обработки:

«Коррекция фазы»

«Расчет A (амплитуда) по Re, Im»

«Расчет F (фаза) по Re, Im»

Операции расчета эффективных значений удельного сопротивления и поляризуемости - **«Расчет Ro, Eta»:**

«Расчет каж. уд. сопротивления Ro_w1 по A»

«Расчет каж. уд. сопротивления Ro_w2 по A»

«Расчет эфф. уд. сопр. Rw (по выбору: A, Re, Im)»

«Расчет Rw и поляризации Eta для Ex (по выбору: A, Re и Im)»

«Расчет параметров для $(i \cdot Im + Re) / (i \cdot Im - Re)$ »

«Расчет Eta1 по Rw и Re для Ex»

«Расчет Eta2 по Rw и Im для Ex»

«Расчет Eta3 по Rw и Re, Im для Ex»

Операции расчета параметров поляризуемости **«Расчет IP-параметров»:**

«Расчет Ph_P (2-частотный фазовый параметр) по Re, Im»

«Расчет Ph_P (2-частотный фазовый параметр) по F»

«Расчет Ph_P3 (3-частотный фазовый параметр) по Re, Im»

«Расчет Ph_P135 (3-частотный фазовый параметр) по Re, Im»

«Пересчет параметра по формуле расчета ф.п.»

«Расчет P_Amp (ампл. поляризационный параметр) по A»

«Расчет PFE (процентный эффект частоты) по A»

«Расчет MCF (металл-фактор) по Ro»

«Расчет DPh_P (2-част. разностный фазовый параметр)»

«Расчет DPh_P3 (3-част. разностный фазовый параметр)»

Операции расчета глубинных оценок параметров - **«Работа с Ro и H»:**

«Расчет Hf, Sf и Rf (по Ro)»

«Расчет Hw (по Ro)»

«Пересчет Ht (H_t) в Hw»

«Пересчитать Hw с учетом альтитуды»

«Расчет Sw по Ro и Hw»

«Расчет интерпрет.сопротивления Ri_w по Sw и Rw»

«Пересчет параметра на равномерную сетку H»

Операции инверсии (подробное описание в разделе 4.6.) и расчета параметров горизонтально-слоистой модели – «Послойные модели»:

«Подбор профильной модели $R(H)$ по A »
«Подбор профильной модели $R(H)$ ($E_x, E_{xy}, B_z(Hz)$, Re, Im, A, F, R_w)»
«Подобрать модель $R(H)$ по A (интеракт.)»
«Подобрать модель $R(H)$ по R_w (интеракт.)»
«Подобрать модель $R(H)$ и $E(H)$ по A »
«Подобрать модель $R(H)$ по A с регуляризацией по S (интеракт.)»
«Подобрать модель $R(H)$ по R_w с регуляризацией по S (интеракт.)»
«Подобрать модель $R(H)$ ($E_x, E_{xy}, B_z(Hz)$, Re, Im, A, F) с регуляризацией»
«Подобрать модель $R(H)$ и $E(H)$ ($E_x, E_{xy}, B_z(Hz)$, Re, Im, A, F) с регуляризацией»
«Расчет H_w (по $R(H)$)»
«Расчет H_w (по $E_t(H)$)»

Разные дополнительные процедуры:

«Расчет A_m_P (амплитудный параметр) по A »
«Расчет Df_P (дифференциальный параметр) по A »
«Поворот осей (пересчет Re, Im для E_x, E_y)»
«Расчет модуля вектора параметра по E_x, E_y »
«Расчет комплексного модуля полного вектора поля E_{xy} по E_x, E_y »
«Расчет Z (импеданс)»
«Расчет E_s по Re, Im »
«Расчет приведенного расстояния L_{pr} по R_o »
«Сформировать параметр T »

4.5.3. Обработка данных ЗС.

Формулы и алгоритмы расчета параметров для данных ЗС приводятся в Приложении 1. В данном разделе дается краткий обзор всех операций, выделенных в несколько групп.

Операции расчета удельного сопротивления «Расчет R_o, E_t »:

«Расчет каж.уд.сопротивления R_{o_t1} по E_s »
«Расчет каж.уд.сопротивления R_{o_t2} по E_s »
«Расчет каж.уд.сопротивления R_{o_t3} по E_s »
«Расчет каж.уд.сопротивления R_{o_k1} по E_{pr} »
«Расчет каж.уд.сопротивления R_{o_k2} по E_{pr} »
«Расчет эфф.уд.сопротивления R_{o_t} по E_s »
«Расчет эфф.уд.сопр. R_{o_t} и поляризации E_{t1} по E_s »

Операции расчета параметров поляризации «Расчет IP-параметров»:

«Расчет кажущейся поляризации $E_{\nu p}$ »
«Расчет ДНП в паузе»
«Расчет ДНП на пропускании»

Операции расчета глубинных оценок «Работа с R_o и H »:

«Расчет H_f, S_f и R_f (по R_o)»
«Расчет H_t (по R_o)»
«Расчет H_t (по $R(H)$)»

«Расчет H_t по St , связь Н-Т по каротажу»
 «Расчет H_t по St , связь Sh - St по каротажу»
 «Пересчет H_w в H_t »
 «Расчет интерпрет.сопротивления Ri_t по St и Rt »
 «Пересчет Rt по St и H_t »
 «Пересчитать $H(t)$ с учетом альтиуды»
 «Расчет St по Ro и H_t »
 «Пересчет параметра на равномерную сетку H (по H_t)»
 «Пересчет параметра на равномерную сетку H (по H_t)»

Трансформации для соосной установки Q-q «FAST-TEM трансформации»:

«Расчет R_t и H_t по Ro (по Барсукову)»
 «Расчет R_t , St и H_t по Es Q-q (рудн.)»

Основные трансформации режима ЗС «ТЕМ трансформации»:

«Замена Es асимптотой БЗ»
 «Дифф. трансформация ЗСБ (расчет St , H_t , Rt)»
 «Исправить Es (для трансф. ЗС КГУ)»
 «Трансформация ЗС КГУ (расчет St , Rt , H_t)»
 «Трансформация ЗС КГУ ($Q=4AB$)»

Операции инверсии и расчета интервального сопротивления - «Послойные модели»:

«Подобрать модель $R(H)$ по Es »

Разные дополнительные процедуры:

«Учет уровня "0" для Es »
 «Устранение отрицательных значений Es »
 «Расчет f_t по Es для АВ-q»
 «Расчет потенциала EP по $EPZS$ »
 «Расчет дифференциальных параметров по Es »
 «Расчет Re и Im по Es »
 «Расчет спектра Es »
 «Расчет Es по спектру»
 «Поворот осей (пересчет Es для Ex , Ey)»
 «Расчет приведенного расстояния Lpr по Ro »
 «Сформировать параметр t »

4.5.4. Процедуры преобразования параметров модели.

После выполнения обработки данных ЧЗ или ЗС в базе могут находиться параметры, определяющие полученную слоистую модель среды. В данном разделе дается краткий обзор операций с такими параметрами, выделенных в отдельную группу. Формулы и алгоритмы расчета параметров приводятся в Приложении 1.

«Form» -

«Расчет параметров послойной модели» - выполняет операции над параметрами слоистой модели:

«Пересчитать Sh в Ri (выделить слои)»
 «Расчет сумм.проводимости SM по R (SM_i by R_i)»
 «Расчет уд.электропроводности Gh по Sh »

«Сформировать параметр $R(H)$ из модели»
«Пересчитать H для R с учетом альтитуды»
«Пересчет параметра R (R_i) в R_h (на равномерную сетку H)»

4.6. Инверсия данных.

Решение обратной задачи – инверсия данных, выполняется WLF только для «одномерной» - горизонтально-слоистой модели среды с использованием процедур моделирования, описанных ранее.

Все процедуры инверсии, обсуждаемые в настоящем разделе, реализуют различные варианты решения задачи минимизации функционала невязки, рассчитываемого по значениям параметров горизонтально-слоистой модели и полевого эксперимента для данных ЧЗ. Используемые установки: АВ-q и АВ-MN.

Важнейшим условием корректной применимости этих процедур является необходимость привлечения априорной информации, которая может быть использована несколькими способами:

- Задание начальной (стартовой) модели среды.
- Ввод ограничений на изменения параметров модели.
- Выбор комбинации геоэлектрических параметров, по которым считается невязка. При этом возможно привлечение различных компонент.
- Формирование параметра регуляризации.
- Применение интерактивных процедур инверсии, допускающих вмешательство оператора для корректировки модели.

Начальную модель для инверсии можно загрузить из файла модели (*.mod) или из текстового файла, в этом случае инверсия для всех пикетов будет выполняться одинаково. Возможно, для каждого пикета выбирать свою стартовую модель из переменной R – массива «послойного» описания разреза по профилю. Наконец, возможно, использовать стартовую модель только при работе с первым пикетом профиля, а в дальнейшем в качестве стартовой модели использовать результат инверсии с предыдущего пикета. Выбор способа задания стартовой модели указывается при запуске любой процедуры инверсии в диалоговом окне «**Модель**» по командам «**Data**»/«**Загрузить модель...**», «**Загрузить модель из текст.файла...**», «**модель из R(H)**». После загрузки любой стартовой модели возможно ее редактирование и сохранение.

В зависимости от выбранной процедуры инверсии параметрами модели являются значения мощностей слоев, значения удельного сопротивления и, возможно, значения интенсивности поляризуемости и коэффициента анизотропии. При запуске процедуры инверсии WLF предоставляет возможность зафиксировать параметры любого слоя или задать интервал допустимых значений параметров. Для задания одинаковых для всех слоев модели интервалов изменения параметров используется операция «**Service**»/«**HLim**», «**RLim**». В диалоговом окне «**Модель**» возможно также исправление значения любого параметра модели и всех границ изменения параметров.

Выбор комбинации нескольких геоэлектрических параметров для выполнения инверсии может существенно улучшить результат за счет уменьшения интервала эквивалентности – зоны различных значений некоторых параметров модели, при которых геоэлектрические параметры не различаются.

Использование параметра регуляризации традиционно для решения обратных задач. Если обозначить обычный функционал невязки как F_1 , то введение параметра регуляризации приводит к решению задачи минимизации $F = F_1 + \text{Alpha} * F_2$, где F_2 – называют функционалом-стабилизатором, а Alpha – коэффициентом регуляризации. Важным преимуществом WLF является возможность сформировать «сложный» стабилизатор, использующий несколько элементов «привязки» решения. Общая формула стабилизатора в WLF имеет вид:

$$F2 = \sqrt{\text{sum}(Wi * (fi - Ci)^2) / \text{sum}(Wi)}, \quad \text{где:}$$

- Wi – вес каждого элемента;
- f_i – функционал, позволяющий рассчитать значение элемента по текущим параметрам модели;
- C_i – априорное значение элемента.

Частным случаем использования регуляризации является «привязка» решения к значению суммарной проводимости разреза S – так работают две процедуры инверсии, описанные ниже. При запуске этих процедур на экран должна быть выведена профильная кривая суммарной проводимости, с которой берутся значения параметра для регуляризации.

Для общего случая регуляризации предварительно должны быть сформированы текстовые файлы “.reg”, в которых сохраняется информация о параметрах регуляризации. Такие файлы формируются для каждого профиля, АВ и пикета. Правила формирования файлов следующие:

- на экран нужно вывести профильную кривую, содержащую значения регуляризирующего «элемента» C_i на пикетах профиля;
- по запросу WLF по кнопке **«Data»/«ExportData»/«Reg»** необходимо указать формулу расчета регуляризирующего «элемента» f_i из параметров модели НН (вектор мощностей слоев), RR (вектор послойных сопротивлений) и вес регуляризирующего параметра Wi .
- файлы по числу номеров пикетов формируются в папке WLFDATA\PRT
- процедуру можно повторять для других априорных «элементов», описания будут добавлены в существующие REG-файлы, образуя «сложный» стабилизатор.

Важно отметить, что файлы типа *.reg имеют текстовый формат и, в принципе, могут быть сформированы без **WLF** любым текстовым редактором. При этом необходимо следить за правильностью (в смысле языка **MATLAB**) ввода расчетных формул f_i . Правила именования файлов также должно соблюдаться (номер профиля, номер АВ и номер пикета формируют имя файла - «PRnnnABmmmmPKjjj»). Ниже приведен пример файла с регуляризатором по параметру суммарной проводимости:

```
Ff=[sum(HH./RR).];  % функция расчета элемента по параметрам модели
Cf=[100.0];        % априорное значение элемента – 100 Сим
Wf=[1];            % вес элемента
```

При запуске процедур инверсии в окне **«Processing»** выводятся графическое и текстовое представление модели – в правой части окна, и графики «полевого» и модельного геоэлектрического параметра, выбранного для выполнения инверсии. При выполнении интерактивных процедур в окне **«Processing»** все время доступны операции:

- «Stop»** - исправление текущей модели среды;
- «End»** - переход к следующему пикету профиля с сохранением в базе наилучшего приближения на текущем пикете;
- «Exit»** - прерывание процедуры подбора.

При выполнении неинтерактивных процедур инверсии работают «горячие» клавиши:

- «Alt+X»** – переход к следующему пикету профиля с сохранением в базе наилучшего приближения на текущем пикете;
- «Alt+C»** - прерывание процедуры подбора.

Далее в этом разделе кратко описываются все доступные процедуры инверсии.

«Подбор профильной модели $R(H)$ по A »

- автоматический подбор модели по параметру A для одного профиля от одного источника. Для наземного АВ процедура работает для компонент B_z, H_z, E_x, E_{xy} . Для скважинного АВ процедура работает с компонентой $E_x(E_r)$. Процедура может применяться к группе выбранных профилей (и источников).

«Подбор профильной модели $R(H)$ ($E_x, E_{xy}, B_z(H_z), Re, Im, A, F, R_w$)»

*

- автоматический подбор «профильной» модели. Эта процедура позволяет выполнять подбор по любой комбинации параметров Re, Im, A, F, R_w .

«Подобрать модель $R(H)$ по A (интеракт.)»

- интерактивный подбор модели по параметру A (наземный АВ – компоненты B_z, E_x, E_{xy} , скважинный АВ – компонента $E_x(E_r)$). Процедура применяется к выбранным пикетам профиля.

«Подобрать модель $R(H)$ по R_w (интеракт.)»

- интерактивный подбор модели по параметру R_w (наземный АВ – компоненты B_z, E_x, E_{xy} , скважинный АВ – компонента $E_x(E_r)$). Процедура применяется к выбранным пикетам профиля.

«Подобрать модель $R(H)$ и $E(H)$ по A »

- подбор $R(H)$ и поляризуемости $E(H)$ по параметру A (наземный АВ, компоненты B_z, E_x, E_{xy}), старт с заданной модели (или из $R(H)$), возможность фиксации и ограничения параметра, запрос «модель с предыдущего пикета» (при выборе стартовой модели из $R(H)$ игнорируется). Процедура применяется к выбранным пикетам профиля.

«Подобрать модель $R(H)$ по A с регуляризацией по S (интеракт.)»

- интерактивный расчет по параметру A (наземный АВ, компоненты B_z, E_x, E_{xy}) выполняется с регуляризацией по суммарной проводимости S . Процедура применяется к выбранным пикетам профиля. При запуске процедуры на экран должна быть выведена профильная кривая суммарной проводимости, с которой берутся значения параметра для регуляризации.

«Подобрать модель $R(H)$ по R_w с регуляризацией по S (интеракт.)»

- интерактивный расчет по параметру R_w (наземный АВ, компоненты B_z, E_x, E_{xy}) с регуляризацией по суммарной проводимости S . Процедура применяется к

выбранным пикетам профиля. . При запуске процедуры на экран должна быть выведена профильная кривая суммарной проводимости, с которой берутся значения параметра для регуляризации.

«Подобрать модель $R(H)$ ($E_x, E_{xy}, B_z(Hz)$, Re, Im, A, F) с регуляризацией» *

- подбор по Re, Im, A, F в любой комбинации с регуляризацией. Процедура применяется к выбранным пикетам профиля.

«Подобрать модель $R(H)$ и $E(H)$ ($E_x, E_{xy}, B_z(Hz)$, Re, Im, A, F) с регуляризацией» *

- то же самое, но осуществляется подбор $R(H)$ и поляризации $E(H)$. В качестве параметра модели дополнительно может использоваться вектор поляризации слоев EТА.

Примечание: процедуры, отмеченные знаком «*», работают только с данными, которые находятся в компонентах B_z , H_z , E_x и E_{xy} . Остальные процедуры могут работать с данными, сохраненными в любых компонентах (напр., RgB_z , $Mod1$ и т.п.).

4.7. Дополнительные возможности обработки и анализа.

В этом разделе описываются дополнительные возможности обработки и анализа данных, обеспечиваемые WLF по кнопкам «**View**» и «**Service**» основного меню окна «**Работа с базой...**».

4.7.1. Управление выводом на экран.

Дополнительные возможности управления изображением могут быть выбраны по кнопке «**View**» из верхнего меню графического окна «**Работа с базой...**».

«**View**» -

«**Параметрический вывод**» - установка этого переключателя переводит вывод 2D-изображений в режим вывода параметрических функций. Это позволяет выбрать в качестве аргумента любого параметра какой-либо из других параметров того же аргумента. Например, если в базе имеются параметры $S(t)$ и $H(t)$ (временные зависимости кажущейся продольной проводимости и глубины), то, выбрав в качестве аргумента параметр $H(t)$ и в качестве функции параметр $S(t)$, мы получим на экране набор графиков $S(H)$.

При отрисовке «профильных» графиков в этом режиме запрашивается набор значений параметра-аргумента, который задается в виде списка **MATLAB**: <начальное значение>:<шаг>:<конечное значение> либо явным перечислением значений.

Режим параметрического вывода действует до отмены этого переключателя.

«Настройка осей» - этот переключатель позволяет выбрать для любого параметра базы свой режим отображения, применив одну из формул пересчета осей X и Y. Список доступных формул задается в файле “wlf.ini” (разделы [XAxes], [YAxes]). *В разделе [YInvAxes] должны быть заданы функции, обратные функциям раздела [YAxes].*

Ниже приводится список доступных «по умолчанию» формул из “wlf.ini”

[XAxes]	[YAxes]	[YInvAxes]
x	y	y
1/x	1/y	1/y
sqrt(x)	$y^{(1/3)}$	y^3
sqrt(2*pi*x)	log10(y)	10^y
log10(x)	tanh(y)	atanh(y)
2*pi*x		

Для возврата к «обычному» выводу необходимо выбрать X=x и Y=y.

«Показывать только осн. гармоники» - переключатель задает режим работы только с результатами, полученными по основным гармоникам режима ЧЗ, т.е. сокращает список значений временного аргумента.

«Показывать выдел. пикеты» - этот переключатель задает режим отображения отмеченных (выделенных) интервалов кривых для всех видов графического вывода. Отмеченные интервалы будут выводиться большей толщиной линии (в режиме 2-D) или большей толщиной полосы (в режиме 3-D).

«Показать только контроль» - переключатель задает режим выбора и отображения только контрольных точек из общего объема данных.

«Показать альтитуду по профилю» - переключатель включает специальный режим просмотра 2-D, при котором при «профильном» выводе любого параметра на экран выводится график изменения альтитуды по профилю.

«Показывать производные» - переключатель включает вывод графиков производных dY/dX для всех кривых, представленных на экране. В зависимости от установленного масштаба (линейный или логарифмический) может быть показана соответствующая производная, например $d(\lg Y)/dX$ (в данном случае на экране в логарифмическом масштабе по оси Y будут отображаться значения $10^{d(\lg Y)/dX}$).

«Показать СПМ сигнала» - эта кнопка выводит в отдельное окно графики спектральной плотности мощности (контроль частотной «энергетики» сигнала) для всех графиков, представленных на экране. Ось X графиков СПМ – частотная.

«Показать асимптоты» - по этой кнопке можно включить вывод на экран любой комбинации теоретических кривых – асимптот отображаемого параметра, которые допускают графическую редакцию (сдвиг), сопровождаемую выводом теоретического значения параметра.

Это позволяет проводить графоаналитическую интерпретацию кривых R_w для ЧЗ, E_s и R_t для ЗС методом касательных. Все асимптоты представляют собой прямые линии в билигарифмическом масштабе осей.

- Асимптоты **«Линия S для Ro ЧЗ, ЗС»** и **«Линия S для Ro ЗСБ»** проводятся под углом 63° ($\operatorname{tg}\alpha=2$) и при совмещении с правой ветвью кривых ρ показывают суммарную продольную проводимость разреза.
- Асимптота **«Линия H для Ro ЧЗ, ЗС»** проводится под углом -63° ($\operatorname{tg}\alpha=-2$) и при совмещении с ниспадающей ветвью кривых ρ показывает глубину залегания кровли проводящих пород.

- Асимптота «Es Ex ЗСБ» проводится под углом -56° ($\text{tg}\alpha=-3/2$) и при совмещении с правой ветвью кривых Es компоненты Ex показывает р ближней зоны.
- Асимптота «Es Bz ЗСБ без фонд.» проводится под углом -68° ($\text{tg}\alpha=-5/2$) и при совмещении с правой ветвью кривых Es компоненты Bz показывает р ближней зоны.
- Асимптота «Es Bz ЗСБ с фонд.» проводится под углом -76° ($\text{tg}\alpha=-4$) и при совмещении с правой ветвью кривых ЭДС компоненты Bz показывает суммарную продольную проводимость разреза.
- Асимптоты «Es Ex ЗСД» и «Es Bz ЗСД» проводятся параллельно оси X и в области ранних времен Es показывают р дальней зоны.

Примечание. Параметры разреза по асимптотам Es рассчитываются по геометрии установки для среднего из выведенных на экран пикетов, если их несколько.

«Показывать шаблон» - этот переключатель включает вывод на экран графика из сохраненного ранее файла шаблона. Чтобы сохранить кривую с экрана в качестве шаблона, нужно «выделить» ее (так же как для выполнения фильтрации), и затем «щелкнуть» на выделенной кривой правой кнопкой мыши. При выполнении WLF предлагает выбрать файл шаблона для сохранения и ввести имя шаблона - в один файл можно сохранить несколько шаблонов с разными именами.

«Scale» - устанавливает масштаб при выводе по «пространственной» оси.

«1:10000», «1:25000», «1:50000», «1:100000» – кнопки установки требуемого масштаба (список может быть дополнен пользователем, значения по умолчанию находятся в файле “wlf.ini” в строке **ScaleList=** блока [wlf]).

Установка масштаба работает только, если в базе имеется таблица координат точек измерений. Масштаб поддерживается на экране и при выводе на печать.

«Вид» - эта операция позволяет разделить все графическое окно на необходимое количество «подокон» и работать с каждым «подокном» отдельно, что удобно для анализа различных данных.

«Скрыть элементы интерфейса» - позволяет расширить рабочую область для графического вывода, освобождая правую часть экрана, занятую меню операций выбора объекта и управления изображением.

«На лист» - эта операция копирует содержимое графического окна «Работа с базой» на «лист для печати» (смотри раздел 5.2.). Аналогичную операцию выполняет «горячая клавиша» «Ctrl+L» - только для текущего графического объекта. Рекомендуется использовать операцию «View»/«На лист» в случае, если применяется разбивка основного графического окна операцией «Вид» и мы хотим одной операцией выполнить копирование всех графических «подокон» на лист. В остальных случаях лучше использовать «Ctrl+L».

4.7.2. Работа с картами.

Следующие две операции **WLF** позволяют, не прекращая работу с выбранным объектом (в новом окне), выполнить необходимые действия с файлом координат и привязанной картой аналогично операции «Работа с картами» из главного меню WLF.

«Service» -

«Просмотр топоподанных» - открывает графическое окно **«Просмотр топографических данных»** с отображением системы профилей, возможно с наложением на ранее «привязанную» карту площади (в этом случае графическое окно называется **«Работа с картой»**). Основные операции **WLF** при работе в этом окне описаны в разделе 3.3. Дополнительные возможности описываются ниже.

«Изменить топоподанные» - позволяет изменить «привязанные» к рабочей базе карту и/или таблицу координат. При изменении этой информации не забудьте сохранить БД, если эти изменения нужны в дальнейшей работе с БД.

При запуске **«Просмотр топоподанных»** во время работы с БД **WLF** обслуживает дополнительные операции – *рисунок 25*.

«Service» -

«Показать “отработанные” точки» - раскрашивает разным цветом пикеты, в которых производились измерения выбранного в окне **«Работа с базой»** объекта данных:

«без раскраски» - закрашивает «отработанные» пикеты одним цветом;

«по АВ» - раскраска по номерам АВ;

«по времени записи» - раскраска по дате выполнения записи (по месяцам);

«по станциям» - раскраска по номерам станций.

В зависимости от номера выбранной компоненты (1-Bz, 2-Ex, 3-Ey) условными знаками пикетов являются соответственно “+”, “О”, “Х”. Пикеты, на которых произведено несколько измерений, закрашиваются белым цветом.

«Сформировать новый профиль» - формирование нового профиля из данных, имеющихся в базе и **выбранных в качестве объекта обработки** (смотри *рисунок 26*). При этом новый профиль может быть сформирован отрисовкой на экране с помощью мыши - **«Нарисовать»**, или **«По точкам»** - ввод координат узловых точек профиля. Эта операция, в отличие от операции **«Добавить профиль»**, формирует новый профиль, состоящий из уже существующих на экране точек – пикетов существующих профилей.

Новый профиль «собирается» по всем компонентам и параметрам, существующим в БД.

4.7.3. Справки по объекту.

Эти операции позволяют получить справочную информацию о существующих данных БД с возможностью сохранить справку в текстовом файле.

«Service» -

«Сводка по объекту» - выводит на экран информацию о выбранном объекте данных: пары профиль/АВ и соответствующие номера работ/станций и отработанных пикетов.

«Этикетка» - выводит на экран содержание этикетки выбранной записи (с возможностью сохранения этикетки в текстовый файл) и позволяет внести следующие изменения:

- исправить номер и длину АВ, а также тип АВ (1 - скважинный диполь, 2 - наземный диполь, 3 - незаземленная петля) и параметр АВ (для скважинных АВ это глубина середины диполя);
- произвести «реверс» пикетажа;
- исправить значения номеров профиля и пикета, а также размера датчика для любой точки, при этом для повторения предыдущей операции можно просто нажать **«Enter»** в следующем поле таблицы;
- удалить «плохой» канал или всю работу из базы.

Примечание. Любые исправления в этикетке записи применяются ко всем данным базы, относящимся к этой записи (все рассчитанные параметры и компоненты для этой записи).

«Сводка по контролю» - выводит справку о контрольных точках выбранного параметра для всей базы данных.

4.7.4. Обработка контрольных наблюдений.

Следующие операции позволяют получить оценки погрешности измерений на основе сравнения результатов обработки контрольных точек.

«Service» -

«Статистика по контролю (ф.1)» - выполняет обработку контрольных наблюдений для выбранного объекта данных и выводит полученные статистические результаты в форме частотно-временных графиков погрешности для каждой контрольной.

«Средняя ошибка контрольных измерений (ф.1)» - выводит среднюю ошибку контрольных наблюдений для выбранного объекта данных в виде частотно-временного графика погрешности.

«Статистика по контролю (ф.2)» - выполняет обработку контрольных наблюдений для выбранного объекта данных и выводит полученные статистические результаты в виде гистограмм, позволяющих увидеть число контрольных точек с различной оценкой погрешности.

«Удалить контрольные точки» - удаление контрольных точек из базы данных. Рекомендуется выполнять эту операцию до фильтрации и сглаживания кривых, но только после редактирования возможного «сдвига» между записями. При удалении **WLF** может сохранить в базе или первое (сортировка по номеру станции, затем по номеру работы) значение результата, или среднеарифметическое значение, или среднее значение в смысле «медианы». Пользователь производит выбор, исходя из собственных предпочтений и знания результатов.

Обработка контрольных наблюдений выполняется по выбранному объекту данных для любого выбранного параметра.

Расчет статистики осуществляется для всех значений аргумента соответствующего параметра (для всего набора периодов). Форма 1 отображает результаты для всех периодов, форма 2 – только для набора периодов основных гармоник. Для параметра Es (ЭДС) сетка времен для расчета статистики задается в файле “wlf.ini” – строка **EST=** блока **[wlf]**.

WLF выводит результат обработки в отдельное графическое окно, которое может быть сохранено стандартными средствами системы **MATLAB** или выведено «на лист» с использованием комбинации клавиш «**Ctrl+L**».

Для параметров **Re**, **Im**, **A**, **Es** и др. рассчитывается относительная погрешность в % по формуле:

$$\delta E = \left| \frac{E_i - E_{cp}}{E_{cp}} \right|_{\max} \cdot 100\% \quad , \text{ где } E_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i .$$

Для параметров **F**, **Ph_P** и др. рассчитывается абсолютная погрешность (в единицах параметра) по формуле:

$$\Delta E = \left| E_i - E_{cp} \right|_{\max} \quad , \text{ где } E_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i .$$

Здесь n – количество измерений на пикете. Расчет выполняется независимо для всех значений аргумента (т.е. периода для **A** или времен для **Es**).

Способ расчета статистики любого параметра может быть изменен в файле “wlf.ini” – блок **[viewparam]**.

Примеры вывода «Формы 1» и «Формы 2» приведены на *рисунках 27, 28*.

«Форма 1» содержит вывод для всех контрольных точек объекта графиков оценки точности измерений (для **Re**, **Im**, **A**, **Es** и прочих – в %, для **F**, **Ph_P** - в градусах).

Приведен пример «Формы 1» для контрольных точек по нескольким (не всем) профилям. Цветами различаются графики для различных точек по площади.

«Форма 2» содержит вывод гистограмм точности измерений (для **Re**, **Im**, **A**, **Es** и прочих – в %; для **F**, **Ph_P** - в градусах.). Гистограммы разбиваются на 4 группы по полученной точности. Для приведенного примера вывода параметра **Ph_P** – это значения точности в градусах: “<0.05”, “0.05-0.2”, “0.2-1” и “>1”. Величина столбцов гистограммы указывает на количество точек, попадающих в тот или иной интервал точности. Различным цветом выделены результаты для различных частот (периодов).

Кнопка «**Переключить градацию интервалов**» в меню «**Settings**» окна «**Результат обработки контрольных точек**» позволяет переключить градацию интервалов точности (для параметра **Ph_P** это: “<0.01”, “0.01-0.05”, “0.05-0.2” и “>0.2”).

При указании мышкой на линию или точку графика («Форма 1») или столбец гистограммы («Форма 2») в верхней части окна выводится информация об объекте выделения. Для отмены следует указать мышкой на любое пустое место координатных осей.

По кнопке «**Средняя ошибка контрольных измерений**» расчет выполняется для выбранного объекта данных с учетом погрешностей результатов измерений всех «контрольных» пикетов по формулам:

$$\delta E_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta E_j \quad \text{или} \quad \Delta E_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Delta E_j \quad , \text{ где } N - \text{ количество «контрольных» пикетов}$$

для выбранного объекта данных; δE_j , ΔE_j – относительная или абсолютная погрешность измерений на j -м пикете .

4.7.5. Моделирование и инверсия.

Процедуры моделирования, доступные по кнопке «**Service**» при работе с БД и обсуждаемые в настоящем разделе, дополняют возможности **WLF** в сфере математического моделирования, рассмотренные в разделе 3.2., где также пояснялось отличие в применении обоих вариантов применения этих процедур. В случае использования моделирования при работе с БД также доступны несколько дополнительных процедур.

Что касается инверсии, то по кнопке «**Service**» при работе с БД возможно запустить процедуру инверсии данных ЧЗ для целого профиля с возможностью оперативно влиять на процесс профильной инверсии данных. Все остальные процедуры инверсии подробно описаны в разделе 4.6.

«**Service**» -

«**Моделирование ЧЗ (верт.источник, радиальный профиль)**» - эта операция позволяет создать в базе новый радиальный (относительно скважины) «модельный» профиль. Набор периодов для моделирования всегда совпадает с набором периодов экспериментальных данных Re, Im (если они есть, если нет – берется из файла “wlf.ini” (строка **TBASE** блока **[arr]** – периоды основных гармоник) – к основным периодам добавляются периоды 3-х и 5-х гармоник). Для сравнения полевых сигналов с модельными существует возможность пересчета радиального модельного профиля на реальную сетку профилей (см. ниже).

«**Моделирование ЧЗ (верт.источник)**» - эта операция позволяет создать в базе «модельные» профили с учетом геометрии полевых профилей. Набор периодов для моделирования всегда совпадает с набором периодов экспериментальных данных Re, Im (если они есть, если нет – берется из файла “wlf.ini” (строка **TBASE** блока **[arr]** – периоды основных гармоник) – к основным периодам добавляются периоды 3-х и 5-х гармоник). Расчет поля производится строго для указанных периодов и в точках наблюдения, определяемых файлом координат.

«**Моделирование ЧЗ с учетом поляризации (гориз.источник)**» - процедура моделирования при работе с БД аналогична процедуре, запускаемой из основного меню **WLF**, описанной в разделе 3.2. (расчет компонент электромагнитного поля в частотной области на поверхности горизонтально-слоистой среды при возбуждении поля горизонтальным электрическим диполем, модель среды с учетом поляризации и анизотропии проводимости). Набор периодов для моделирования всегда совпадает с набором периодов экспериментальных данных Re, Im (если они есть, если нет – берется из файла “wlf.ini” (строка **TBASE** блока **[arr]** – периоды основных гармоник) – к основным периодам добавляются периоды 3-х и 5-х гармоник). Расчет выполняется для профилей и АВ, заданных в объекте данных, для выбранной компоненты поля. При запуске процедуры расчета необходимо ввести шаг пикетов (в пикетах). Далее пользователю предлагается выбрать один из вариантов: сформировать «новые» профили той же компоненты поля, для которой осуществляется расчет, сформировать «новый» АВ для той же компоненты поля или заполнить для выбранных профилей другую компоненту поля. В первом случае **WLF** автоматически присваивает «новым» профилям номера +300 от реального номера профиля и обновляет топоданные.

«**Моделирование ЗС с учетом поляризации (гориз.источник)**» - процедура моделирования при работе с БД аналогична процедуре, запускаемой из основного меню **WLF**, описанной в разделе 3.2. (расчет компонент электромагнитного поля во временной области на поверхности горизонтально-слоистой

среды при возбуждении поля горизонтальным электрическим диполем, модель среды с учетом поляризации и анизотропии проводимости). Набор времен для моделирования всегда совпадает с набором времен экспериментальных данных ЭДС (если они есть, если нет – берется из файла “wlf.ini” – строка **TESdef**= блока **[model]**). Расчет выполняется для профилей и АВ, заданных в объекте данных, для выбранной компоненты поля. При запуске процедуры расчета необходимо ввести шаг пикетов (в пикетах). Далее пользователю предлагается выбрать один из вариантов: сформировать «новые» профили той же компоненты поля, для которой осуществляется расчет, сформировать «новый» АВ для той же компоненты поля или заполнить для выбранных профилей другую компоненту поля. В первом случае **WLF** автоматически присваивает «новым» профилям номера +300 от реального номера профиля и обновляет топоданные.

Расчет поля производится для определенной «модельной» сетки разносов по «модельной» сетке времен. Для «модельных» точек осуществляется расчет полярных компонент поля точечного диполя, затем выполняется интерполяция результатов для реальных точек наблюдения, затем пересчет результатов в декартовы компоненты поля для линии конечной длины (интегрирование по линии АВ) и, наконец, пересчет (интерполяция) на требуемую сетку времен.

«Моделирование 3С-2 (гориз.источник)» - эта процедура моделирования при работе с БД немного отличается от предыдущей процедуры, и процедуры, запускаемой из основного меню **WLF**, описанной в разделе 3.2. (расчет компонент электромагнитного поля во временной области на поверхности горизонтально-слоистой среды при возбуждении поля горизонтальным электрическим диполем, модель среды без учета поляризации). Отличия заключаются в алгоритме расчета сигнала в начальной и поздней стадиях процесса становления, а также возможности учета поля от дополнительного горизонтального источника, который может моделировать локальные неоднородности среды на произвольной глубине разреза.

Набор времен для моделирования всегда совпадает с набором времен экспериментальных данных ЭДС (если они есть, если нет – берется из файла “wlf.ini” – строка **TESdef**= блока **[model]**). Расчет выполняется для профилей и АВ, заданных в объекте данных, для выбранной компоненты поля. При запуске процедуры расчета необходимо ввести шаг пикетов (в пикетах). Далее пользователю предлагается выбрать один из вариантов: сформировать «новые» профили той же компоненты поля, для которой осуществляется расчет, сформировать «новый» АВ для той же компоненты поля или заполнить для выбранных профилей другую компоненту поля (например, в результате расчета по профилям компоненты E_x можно заполнить компоненту RgE_x модельными данными). В первом случае **WLF** автоматически присваивает «новым» профилям номера +200 от реального номера профиля и обновляет файл координат.

В процедуру моделирования включена возможность расчета сигнала по дополнительному источнику поля. Для этого необходимо установить режим работы по кнопке **«Process»/«Тип моделирования»/«Два источника»**. При этом первым источником является источник (АВ), выбранный в объекте данных. Для привлечения в расчет второго источника необходимо заранее ввести его координаты в файл координат БД. В меню **«Service»** окна **«Моделирование»** активизируются новые кнопки:

«Граница погружения 2-го АВ» - позволяет установить «глубину» нового источника поля, которая может находиться на кровле любого из слоев текущей модели (отображается графически горизонтальной линией)

«Тип 2-го АВ» - позволяет выбрать тип второго источника (длинная линия или диполь)

«Знак 2-го АВ» - позволяет выбрать «знак» нового источника поля (с каким знаком сигнал от второго источника войдет в результирующий сигнал). При запуске расчета дополнительно запрашивается номер второго источника, с которым он фигурирует в топоданных.

«Расчет Re, Im для полупространства» - процедура выполняет расчет Re и Im для компонент электромагнитного поля в частотной области **для полупространства** при возбуждении поля горизонтальным электрическим диполем с учетом поляризации среды.

Уравнения для различных составляющих электромагнитного поля источника в виде заземленного прямолинейного кабеля конечной длины имеют вид (см. Вешев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе):

$$E_x = -\frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \frac{l+x}{r_1^3} + \frac{l-x}{r_2^3} + \int_{-l}^l \frac{1-(1+k_1 r) e^{-k_1 r}}{r^3} d\zeta \right\},$$

$$E_y = \frac{I\rho y}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_2^3} - \frac{1}{r_1^3} \right\},$$

$$H_x = \frac{2I}{4\pi} \left[\frac{y}{r_2^2} I_1\left(\frac{k_1 r_2}{2}\right) K_1\left(\frac{k_1 r_2}{2}\right) - \frac{y}{r_1^2} I_1\left(\frac{k_1 r_1}{2}\right) K_1\left(\frac{k_1 r_1}{2}\right) \right], \quad dB_x = i\omega\mu H_x,$$

$$H_y = \frac{2I}{4\pi} \left\{ \frac{k_1^2}{8} \int_{-l}^l \left[I_0\left(\frac{k_1 r}{2}\right) K_0\left(\frac{k_1 r}{2}\right) - I_2\left(\frac{k_1 r}{2}\right) K_2\left(\frac{k_1 r}{2}\right) \right] d\zeta + \right. \\ \left. + \frac{l+x}{r_1^2} I_1\left(\frac{k_1 r_1}{2}\right) K_1\left(\frac{k_1 r_1}{2}\right) + \frac{l-x}{r_2^2} I_1\left(\frac{k_1 r_2}{2}\right) K_1\left(\frac{k_1 r_2}{2}\right) \right\}, \quad dB_y = i\omega\mu H_y,$$

$$H_z = \frac{2Iy}{4\pi \cdot k_1^2} \int_{-l}^l \frac{3-(3+3k_1 r + k_1^2 r^2) e^{-k_1 r}}{r^5} d\zeta, \quad dB_z = i\omega\mu H_z,$$

$$dB_z = 2I\rho y \int_{-l}^l \frac{3-(3+3k_1 r + k_1^2 r^2) e^{-k_1 r}}{r^5} d\zeta, \text{ где:}$$

I – сила тока в питающей линии;

ρ – удельное сопротивление среды;

l – половина длины питающей линии;

x, y – координаты точки измерения в системе источника (начало координат в центре источника, ось x вдоль линии источника);

ζ – текущая координата на кабеле;

$$r = \sqrt{(\zeta - x)^2 + y^2}; \quad r_1 = \sqrt{(l + x)^2 + y^2}; \quad r_2 = \sqrt{(l - x)^2 + y^2}$$

$k_1 = \sqrt{-i\omega\mu_0 / \rho}$ – волновое число проводящего полупространства в случае немагнитного полупространства и низкочастотного электромагнитного поля, когда можно пренебречь влиянием токов смещения, т.е. диэлектрической проницаемостью среды;

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ (Гн/м) – магнитная проницаемость вакуума;

ω – круговая частота,

I_ν, K_ν – модифицированные функции Бесселя 1-го и 2-го рода порядка ν (от мнимого аргумента).

Сопротивление и поляризация представлены в рамках классической модели Cola-Cola, описывающей частотную дисперсию сопротивления среды в виде:

$$\rho(i\omega) = \rho_0 \left(1 + \frac{\eta}{1 - \eta + (-i\omega\tau)^c} \right), \text{ где}$$

ρ_0 – активное сопротивление;

η – интенсивность поляризации, $0 \leq \eta \leq 1$;

τ – постоянная времени процесса поляризации (принята по умолчанию за 1);

c – логарифмическая скорость релаксации (принята по умолчанию за 0.5).

Набор периодов для расчета совпадает с набором периодов экспериментальных данных Re, Im (если они есть). Расчет выполняется для профилей и АВ, заданных в объекте данных. При запуске процедуры расчета необходимо ввести шаг пикетов (в пикетах). Далее пользователю предлагается выбрать один из вариантов: сформировать «новые» профили той же компоненты поля, для которой осуществляется расчет, сформировать «новый» АВ для той же компоненты поля или заполнить для выбранных профилей другую компоненту поля. В первом случае **WLF** автоматически присваивает «новым» профилям номера +400 от реального номера профиля и обновляет топоданные.

«Расчет Re, Im для полупространства над поляризуемым шаром» - процедура выполняет расчет поля заземленного источника над равномерно-поляризованным шаром, помещенным в однородное полупространство. Рассчитываются параметры Re и Im для компонент электромагнитного поля в частотной области при возбуждении поля горизонтальным электрическим диполем с учетом поляризации. Результатом является сумма нормального поля источника (в условиях «ближней зоны») с аномальным полем шара.

В топографических данных должны присутствовать координаты скважины, обозначающей место расположения шара. Перед расчетом необходимо задать: $\rho_{\text{пп}}$ – удельное сопротивление полупространства (Ом*м), $\rho_{\text{ш}}$ – удельное сопротивление шара (Ом*м), τ – постоянная времени процесса поляризации (с), η – коэффициент поляризуемости, r – радиус шара (м), h – глубина залегания шара (м).

Набор периодов для расчета совпадает с набором периодов экспериментальных данных Re, Im (если они есть). Расчет выполняется для профилей и АВ, заданных в объекте данных. При запуске процедуры расчета необходимо ввести шаг пикетов (в пикетах). Далее пользователю предлагается выбрать один из вариантов: сформировать «новые» профили той же компоненты поля, для которой осуществляется расчет, сформировать «новый» АВ для той же компоненты поля или заполнить для выбранных профилей другую компоненту поля. В первом случае **WLF** автоматически присваивает «новым» профилям номера +500 от реального номера профиля и обновляет топоданные.

«Расчет Es для полупространства» - процедура выполняет расчет ЭДС для компонент электромагнитного поля во временной области для однородного полупространства при возбуждении поля горизонтальной электрической линией АВ с учетом поляризации среды.

Уравнения для различных составляющих электромагнитного поля источника в виде заземленного прямолинейного кабеля конечной длины имеют вид:

$$E_x(t) = \frac{I_p}{2\pi} \int_{-1}^1 \left(\Phi(u) - \frac{2u}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} + \eta(3\cos^2\theta - 2)e^{n^2/u^2} [1 - \Phi(n/u)] + \right. \\ \left. + \eta[\Phi(u) - \frac{2un}{\sqrt{\pi}}] e^{-u^2} + \eta e^{n^2/u^2} e^{2n} [1 - \Phi(n/u + u)](1 - 2n + 2n^2) \right) \frac{1}{r^3} d\zeta$$

$$dB_z(t)/dt = \frac{I\rho}{2} \int_{-1}^1 \left(\Phi(u) - \frac{2u}{\sqrt{\pi}} \left(1 + \frac{2u^2}{3}\right) e^{-u^2} - \eta e^{n^2/u^2} \operatorname{erfc}(n/u) + \right. \\ \left. + \eta \left[\Phi(u) - \frac{2un}{\sqrt{\pi}} \left(1 - \frac{2}{3}n + \frac{2}{3}u^2\right) e^{-u^2} \right] + \right. \\ \left. + \eta e^{n^2/u^2} e^{2n} \operatorname{erfc}(u + n/u) \left(1 - 2n + 2n^2 - \frac{4}{3}n^3\right) \right) \frac{\sin\theta}{r^4} d\zeta$$

Параметр $u = r\sqrt{\mu\rho/2}/\sqrt{t}$ используется при описании электродинамических явлений над неполяризующимися средами, параметр $n = r\sqrt{\mu\rho/2}/\sqrt{\tau}$ не зависит от t и определяет соотношение между скоростью поляризационных и электродинамических явлений, τ - постоянная времени процесса поляризации, η - коэффициент поляризуемости, $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\lambda^2} d\lambda$ - интеграл вероятности, $\operatorname{erfc}(x) = 1 - \Phi(x)$.

Набор времен для расчета совпадает с временами экспериментальных данных E_s (если они есть). Расчет выполняется для профилей и АВ, заданных в объекте данных. При запуске процедуры расчета необходимо ввести шаг пикетов (в пикетах). Далее пользователю предлагается выбрать один из вариантов: сформировать «новые» профили той же компоненты поля, для которой осуществляется расчет, сформировать «новый» АВ для той же компоненты поля или заполнить для выбранных профилей другую компоненту поля. В первом случае **WLF** автоматически присваивает «новым» профилям номера +400 от реального номера профиля и обновляет топоданные.

«Привести E_s к центру источника» - позволяет произвести учет геометрии расстановок через моделирование поля ЗС для горизонтальной линии АВ. Сигналы E_s по всему профилю приводятся к сигналу экваториальной установки. Перед расчетом необходимо указать модель среды, для нее выполняется расчет поля по профилю и формируются геометрические коэффициенты, на которые умножается полевой сигнал. Дополнительно в БД формируется «модельный» сигнал в центре источника (профиль 0), который может быть использован в следующей процедуре.

«Разделить индукцию и поляризацию» - эта операция может выполнить разделение индукционных и поляризационных эффектов на кривых становления поля E_s . В базе данных в профиле №0 должен находиться «модельный» индукционный сигнал (например, полученный в предыдущей процедуре). Процедура на указанном интервале времен осуществляет аппроксимацию разности полевого и модельного сигналов по формуле, описывающей поляризационный процесс, затем полученный поляризационный сигнал вычитается из полевого. В остатке - индукционный процесс. Полученные сигналы могут быть сохранены в БД в различных компонентах.

«Пересчитать модел.профиль на реальные (верт.ист.)» - эта операция позволяет «пересчитать» существующий в базе «модельный» радиальный профиль, рассчитанный от скважинного АВ (отметим, что он всегда радиальный - т.е. идет по прямой линии от скважины) на реальные профили, которые могут иметь произвольное расположение относительно скважины. Напомним, что в результате моделирования мы получаем всегда параметры Re , Im , а остальные параметры можно заполнить при работе с базой (см. раздел 9.9).

Операция пересчета выполняется для профилей, заданных в объекте данных. Пользователю предлагается выбрать один из вариантов: сформировать «новые» профили той же компоненты поля, для которой осуществляется пересчет

или заполнить для выбранных профилей другую компоненту поля (например, в результате пересчета модельного профиля на профили компоненты E_x можно заполнить компоненту RgE_x модельными данными). В первом случае **WLF** автоматически присваивает «новым» профилям номера +200 от реального номера профиля и обновляет топоданные.

«**Ручной подбор ЧЗ**» - интерактивный подбор модели среды для пикетов всего профиля с помощью решения прямой задачи ЧЗ. Должен быть выбран один из параметров R_o (R_w , R_{o_w1} , R_{o_w2}) и пикеты для работы (может быть выбран профиль целиком). При расчете R_{o_w1} и R_{o_w2} используются асимптотические формулы (для БЗ и ДЗ соответственно) и время счета кривой немного сокращается. Далее надо выбрать исходную модель – либо общую для всего профиля из файла модели, либо заранее полученную в базе (параметр R) – надо указать «**модель из $R(H)$** ». Если используется модель из $R(H)$, список пикетов параметра R должен совпадать с пикетами параметра R_o . После этого запускается расчет прямой задачи для всех выбранных пикетов, который может занять довольно продолжительное время. Далее на экран выводится окно «**Line Inversion**», в котором отображаются:

1. «**Field pseudo cross-section**» $R_w(\sqrt{T})$ – полевой частотный разрез сопротивлений.

2. «**Theory pseudo cross-section**» $R_w(\sqrt{T})$ – теоретический частотный разрез сопротивлений по модели.

3. «**Resistivity cross-section**» $R(H)$ – глубинный разрез (модель среды). Мышкой можно выбрать очередной пикет. Переход на следующий пикет может быть осуществлен также с помощью клавишей со стрелками.

4. Окно «**Picket №**»: кривая синего цвета с точками – полевая $R_w(\sqrt{T})$, красная – теоретическая кривая $R_w(\sqrt{T})$ (в одних осях), зеленым цветом – модель среды R (в своих осях). В зависимости от выбора кнопок меню «**Setting**»/«**Вид осей $R(H)$** » может быть отображена зависимость $R(H)$ («**normal**», «**square**»), либо $R(\sqrt{T})$ (а не от H , для пересчета $H \rightarrow \sqrt{T}$ используется формула $H = K\sqrt{\rho T}$) – «**Пересчет $T \rightarrow H$** ». Коэффициент K можно изменить в меню «**Setting**»/«**Коэфф. пересчета $T \rightarrow H$** » (по умолчанию =503.29). «Мышкой» можно двигать вертикальные/ горизонтальные границы, правой кнопкой добавлять/удалять слои (как в программе обработки каротажа и моделирования). В случае «ручного» редактирования модели в режиме $R(\sqrt{T})$ в соответствии с формулой пересчета изменяются мощности всех нижележащих слоев модели (в метрах). Кнопка меню «**Setting**»/«**Выбор масштабирования**» позволяет переключать «фокус» масштабирования между осями (окнами) R_w и R . Кнопка «**Setting**»/«**Не показывать псевдоразрезы**» убирает с экрана разрезы 1-2.

5. Таблица: удельное сопротивление слоя ($\Omega \cdot m$), мощность слоя (m), глубина подошвы слоя (m), текущая суммарная продольная проводимость (Cm). Можем изменять мощность и удельное сопротивление слоев.

При любом изменении модели текущего пикета перерисовываются разрезы 2-3. Параметры отображения разрезов можно менять по кнопке «**Setting**»/«**Отображение**». Записать в параметр R сформированные модели по профилю можно по кнопке «**Service**»/«**Запись в базу**». Если параметра R нет в базе, он будет сформирован, если есть, перезаписан. В параметре $ErrR$ сохраняются невязки по пикетам. Кнопка меню «**Service**»/«**Восстановить текущий пикет**» восстанавливает считанную из БД модель для текущего пикета.

4.7.6. Преобразования параметров и аргументов.

Эти процедуры выполняют специфические операции с данными различных параметров, полученными от нескольких источников, а также позволяют изменять аргументы данных.

«Service» -

«Объединить АВ» - эта операция позволяет перегруппировать базу таким образом, что данные по всем профилям базы для выбранных АВ будут объединены так, как будто они измерены от одного АВ. Объединение данных происходит для всех имеющихся параметров выбранной компоненты.

«Осреднить выбранные профили» - эта операция производит по-пикетное осреднение значений выбранного параметра для выделенных профилей. При этом подразумевается, что это параллельные профили с одинаковым пикетажем. Результат записывается на место исходных значений для всех выделенных профилей.

«Нормировать параметр» - эта операция производит нормировку (по выбору: деление или вычитание) выбранного параметра на одно из значений этого же параметра. Это значение параметра соответствует выбранному из списка значению аргумента. При установленном флажке **«Возврат уровня»** происходит «возвращение» нормированных сигналов на прежний уровень. Уровень возврата оценивается как среднее значение параметра. При установленном флажке **«уровень из RgComp»** значение уровня возврата берется из региональной компоненты выбранного параметра (соответственно надо заранее сформировать региональный «фон», на который мы «сажаем» данные). Операция нормировки производится для выбранного объекта данных для отмеченных пикетов (в окне **«Пикеты»**). Результат записывается в БД на место исходных значений.

«Сформировать разность АВ» - эта операция позволяет сформировать «разностный» АВ из двух выбранных. Расчет осуществляется по формулам: $Re = Re_2 - Re_1$, $Im = Im_2 - Im_1$, $Es = Es_2 - Es_1$, где Re_1 , Re_2 – значения действительной части спектра при измерениях от двух АВ; Im_1 , Im_2 – значения мнимой части; Es_1 , Es_2 – значения ЭДС. Расчет происходит по всем профилям выбранной компоненты. Номера АВ – операндов и результата указываются пользователем. Если в расчете участвуют данные наземных источников АВ или Q, то WLF предлагает также ввести координаты для нового сформированного источника.

«Изменить аргумент» - эта операция позволяет выполнить одно из следующих действий *для всех данных* выделенного параметра в БД:

- **«Изменить список»** - изменить список значений аргумента. В появившемся окне необходимо выделить нужные значения аргумента.
- **«Добавить задержку»** - эта операция позволяет изменить все значения аргумента на постоянное число («задержку»). Значение «задержки» может быть отрицательным.
- **«Умножить аргумент»** - эта операция позволяет изменить все значения аргумента умножением на постоянное число.

«Изменить список основных гармоник» - эта операция позволяет изменить список периодов основных гармоник данных ЧЗ, если они были неправильно заполнены при сборке базы (список основных гармоник в строке **TBASE** блока **[arr]** файла **wlf.ini** не соответствовал рабочей SST).

«Пересчитать аргумент Es» - эта операция работает с параметром Es и позволяет пересчитать ЭДС с равномерной сеткой по времени (полученную обработкой полевых материалов режима ЗС) в ЭДС с логарифмической сеткой

времен. Количество временных «точек» на декаду задается в файле “wlf.ini” – строка **NDec**= блока [wlf]. Пересчет происходит на интервале времен, где можно произвести осреднение исходных отсчетов сигнала.

4.7.7. Привязка глубин.

Эти несколько процедур могут использоваться для построения и анализа глубинных зависимостей параметров.

«Service» -

«Отобразить Sh, Rh или Rl из файла модели» - эта операция позволяет вывести в текущие координатные оси на экране данные из файла модели (по выбору: суммарная проводимость Sh, послойное Rh или интегральное продольное сопротивление Rl) в виде графика от глубины. Это позволяет, например, визуально сравнить проводимость, рассчитанную по выбранной модели, с реальной зависимостью $S(H)$, полученной в результате дифференциальной трансформации ЗСБ из полевых данных.

«Пересчитать и нарисовать Rt и St по Rh» - эта операция позволяет получить по функции $R_0(H)$ (модель или каротажные данные) зависимость $R_0(t)$ и $S(t)$, вручную подбирая параметры пересчета различных интервалов глубин.

Порядок работы следующий:

- разбить окно на 3 части (по вертикали) с помощью кнопки «View»/«Вид»;
- в первое окно вывести зависимость $R(H)$ из файла модели (либо саму модель, либо каротажную диаграмму);
- установить текущим следующее окно и нажать кнопку **«Пересчитать и нарисовать Rt и St по Rh»**;
- в появившемся окне указать интервалы глубин, соответствующие им интервалы времен и коэффициенты пересчета, а также начальное время и соответствующую ему начальную проводимость, получим графики зависимостей $R(t)$ и $S(t)$;
- в последнее окно вывести параметр St для сравнения. Для привязки по точкам перегиба можно использовать сравнение первых производных функции St.

«Сохранить параметры пересчета H-T в файл модели» - эта операция позволяет сохранить полученные параметры пересчета в файл модели (для дальнейшего использования процедурой **«Расчет H_t по St, связь H-T по каротажу»**).

4.7.8. Кластеризация.

Возможности анализа многопараметрических данных, предоставляемые методами кластеризации (классификации или распознавания образов) позволяют выделять на разрезе или карте области с определенными свойствами анализируемых параметров. Эта информация может быть полезна при интерпретации данных электроразведки.

Включенная в состав комплекса **WLF** процедура кластеризации (использованы стандартные функции пакета Statistics Toolbox системы **MATLAB**) является иерархической и включает в себя следующие операции:

- расчет парных расстояний между объектами;
- масштабирование (нормализация) данных различных параметров базы;
- расчет иерархического дерева кластеров с использованием различных методов;
- расчет аналога коэффициента корреляции, характеризующего качество разбиения исходных объектов на дерево кластеров;
- разбиение иерархического дерева кластеров на отдельные кластеры.

Процедура кластеризации запускается по кнопке **«Кластеризация»** меню **«Service»** графического окна **«Graphic output»**, которое должно содержать одно или несколько координатных осей с графическими объектами из программы отображения 3-мерных данных **«3-D Plots»** (полученных по кнопке **«На лист»**). Эти графические объекты должны представлять собой «площадные» отображения каких-либо параметров базы данных. В качестве входных данных алгоритма кластеризации используются значения параметров из выделенных на экране окна координатных осей. Оси выделяются щелчком «мыши» при нажатой кнопке **«Edit Plot»** инструментальной панели графического окна с удержанием клавиши «Shift». В качестве объектов для объединения в группы выступают узлы прямоугольной координатной сетки, полученной при формировании 3-D изображения (раздел 5.2.) с соответствующими значениями параметра в этих узлах. Особый случай – изображения типа «bag», при этом в качестве объектов для объединения в группы будут использованы пикеты профилей с соответствующими значениями параметров.

Новое графическое окно **«Кластеризация»** по оформлению подобно графическому окну **«3-D Plots»** с добавлением группы кнопок в левой части окна, предназначенных для установки параметров кластеризации (*рисунок 39*). В основном меню графического окна доступны следующие операции (подробное описание в разделе 5.2):

«Service» -

«Сводка по кластерам» - получение сводки по сформированным кластерам (с возможностью вывода в текстовый файл). Сводка содержит (для каждого кластера) следующие сведения: среднее значение и дисперсию по каждому параметру, а также «мощность» кластера (в %).

«Печать в масштабе...»

«Экспорт в масштабе...»

«Работа с атрибутами»

«Показать АВ»

«Setting» -

«Скрыть элементы интерфейса»

«Настройка объектов»

«Выводить карту на лист»

«Scale» -

«1:10000», «1:25000», «1:50000», «1:100000»

«Inform»

В левой части графического окна выводится меню управления параметрами алгоритма кластеризации. Для полного понимания параметров необходимо изучать

документацию на Statistics Toolbox системы **MATLAB** и литературу по методам кластеризации.

«**Distance**» - выбор метрики для расчета парных расстояний между объектами:

- «**euclidean**» - евклидово расстояние
- «**cityblock**» - расстояние по Манхэттену
- «**mahalanobis**» - расстояние Махаланобиса
- «**minkowski**» - расстояние в метрике Минковского с показателем 2
- «**cosine**» - one minus the cosine of the included angle between observations (treated as vectors)
- «**correlation**» - one minus the sample linear correlation between observations (treated as sequences of values)
- «**spearman**» - one minus the sample Spearman's rank correlation between observations (treated as sequences of values)
- «**hamming**» - расстояние Хэмминга (percentage of coordinates that differ)
- «**jaccard**» - one minus the Jaccard coefficient, the percentage of nonzero coordinates that differ
- «**chebychev**» - maximum coordinate difference.

«**Method**» - выбор метода (алгоритма) кластеризации:

- «**single**» - алгоритм «ближайшего соседа» (nearest distance)
- «**complete**» - алгоритм «дальнего соседа» (furthest distance)
- «**average**» - алгоритм «средней связи» (unweighted average distance)
- «**weighted**» - взвешенный алгоритм «средней связи» (weighted average distance)
- «**centroid**» - центроидный алгоритм (расстояние по «центрам тяжести» групп) (unweighted center of mass distance) (*)
- «**median**» - взвешенный центроидный алгоритм (расстояние по «центрам тяжести» групп) (weighted center of mass distance) (*)
- «**ward**» - пошаговый алгоритм (min variance algorithm) (*)

*) Результаты, полученные с помощью алгоритмов «centroid», «median» и «ward» являются значимыми, только если в качестве метрики используется евклидово расстояние.

Кнопки переключения «**cutoff**»/«**maxclust**» позволяют выбрать «принцип» объединения узлов дерева в группы: либо с учетом ограничения на максимальное число кластеров («**maxclust**»), либо с учетом ограничения на величину «расстояния» (в выбранной метрике) между узлами дерева («**cutoff**»). Величину «ограничения» можно изменять в текстовом поле над кнопками переключения.

Кнопка «**учесть геометрию**» позволяет дополнительно к входным данным алгоритма (значения параметра Z) добавить еще два параметра – реальные координаты объектов (X и Y).

Кнопка «**Cophenetic correlation coefficient**» позволяет получить аналог коэффициента корреляции, характеризующий качество (чем ближе к 1, тем лучше) разбиения исходных объектов на дерево кластеров.

Примечание: в случае большого объема исходных данных в целях более эффективного использования памяти компьютера рекомендуется отключить расчет этого коэффициента.

«**Parameter for Colormap**» - выбор одного из параметров базы, по которым проводится кластеризация, для раскраски кластеров. В этом случае значение цвета кластера выбирается из текущей палитры в соответствии со средним значением этого

параметра по данному кластеру. Если установлено **«none»**, раскраска обычная (по номеру кластера).

Чтобы применить установленные с помощью вышеупомянутых кнопок параметры алгоритма кластеризации (за исключением последней кнопки, которая выполняется немедленно), необходимо нажать кнопку **«Пуск»**.

5. Визуализация данных и результатов.

Визуализация данных является важной составной частью анализа и интерпретации. **WLF** использует богатые возможности интерактивной графики **MATLAB**, добавляя к этим возможностям специфические операции по организации графического отображения данных.

Все совокупное множество операций по управлению изображением рассматривается в настоящем разделе. Необходимо также обращаться к разделу 4.7.1., где обсуждаются дополнительные операции по управлению 2-D изображением.

5.1. Управление 2-D изображением.

Элементы управления 2-D изображением находятся в нижней части управляющего меню в правой колонке окна «Работа с базой», начиная с переключателя «Ось X», управляющего разверткой графиков.

Поясним работу этого переключателя на примере вывода конкретных данных, представимых в виде функций $Y=f(X)$.

На *рисунке 23* мы видим на экране графики параметра А компоненты Ех как функций времени для профиля 402, АВ 20, станция 6. Данные выводятся для всех записей по всем пикетам. Переключатель «Ось X» стоит в положении «периоды».

На *рисунке 24* мы видим графики значений параметра А компоненты Ех как пространственных функций для профиля 402, АВ 20, станция 6. Данные выводятся для всех периодов (частот) по всем пикетам. Изображение изменилось, так как переключатель «Ось X» находится в положении «пикеты».

Переключатель «Раскраска» позволяет «раскрашивать» множество графиков, изменяя цвета для какой либо «координаты» данных. В данном случае разным цветом покрашены графики для разных периодов. Список возможного выбора значений этого переключателя зависит от выбранного объекта. В общем случае, можно изменять цвета по любой из «координат»:

- Компонентам – если выводятся графики нескольких компонент;
- Параметрам – если выводятся графики нескольких параметров;
- Профилям – если выводятся графики по нескольким профилям;
- Расстановкам (уникальная пара работа-станция) – всегда;
- АВ – если выводятся графики от нескольких АВ;
- Станциям – если выводятся графики по нескольким станциям;
- Пикетам/периодам - всегда.

Ниже переключателя находятся кнопки управления свойств «Freeze» и «Log» для осей Y и X, служащие соответственно для закрепления масштаба и логарифмического вывода. Кнопка «mark» позволяет выводить графики не линиями, а маркерами. Кнопка «eq» позволяет установить одинаковый масштаб для осей X и Y. Кнопка «hold» запрещает стирание экрана – используется для наложения различных графиков.

5.2. Управление 3-D изображением.

При отображении 3-мерных данных **WLF** использует мощные средства системы **MATLAB** для графического вывода. Стандартными формами изображения являются графики поверхностей (различных типов) и карты линий уровня. Кроме этого, в **WLF** используются иные формы вывода, достаточно распространенные в разведочной геофизике.

Кнопка «**Show 3D**», по которой выводится 3-D графика, применяется только к тем данным, которые выведены на экран по кнопке «**Show 2D**». Это сделано специально для того, чтобы было легче понять, *что* выводиться в графическое окно «**3-D Plots**», в которое **WLF** выводит 3-D изображение.

В окне «3-D Plots» всегда выводится трехмерное представление множества кривых, отображенных в рабочем окне WLF «Работа с базой».

3-D пространство, в котором формируется изображение данных **WLF**, может иметь следующие координаты:

- 1 – «North», «East», «F»
- 2 – «Time», «Points», «F»
- 3 – «Depth», «Points», «F»

где «North», «East» - реальные площадные координаты (в метрах);

«Time» - координата, соответствующая аргументу параметра: частота(период) или время (в секундах);

«Depth» - глубина (в метрах)

«Points» - номера пикетов;

«F» - значение параметра.

В первой системе координат (заметим, что время тут отсутствует) могут выводиться данные для фиксированного времени одного (любого) параметра одной (любой) компоненты, представленные по множеству профилей (по крайней мере, 2-х). В этом случае обязательно иметь данные о координатах точек измерений в базе данных. В этой системе координат изображение поверхностей и карт линий уровня будет иметь привычные («пространственные») оси X и Y, а ось Z будет соответствовать значениям параметра.

В первой системе координат WLF выводит множество «пространственных» графиков по многим профилям, построенных для одного значения времени с экрана 2-D.

В остальных системах координат могут выводиться данные, измеренные во времени (и пересчитанные «на глубину»), для фиксированного профиля (число точек на профиле больше одной) для одного любого параметра одной любой компоненты. В этом случае не обязательно иметь данные о координатах точек. В этой системе координат ось X соответствует номерам пикетов, ось Y – значениям аргумента параметра. Ось Z будет соответствовать значениям параметра. Тогда, например, изображение карты линий уровня будет иметь вид «временного» разреза по профилю.

В «профильной» системе координат WLF выводит множество «пространственных» графиков по одному профилю, построенных для разных значений времени, либо множество «временных» графиков по одному профилю, построенных для разных пикетов, с экрана 2-D.

Таким образом, формируем правила для 3-D вывода:

- Для 3-D графики необходимо, чтобы в «координатных» окнах выбора объекта были указаны только по одному значению компоненты и параметра.
- Для вывода поверхностей и карт по площади измерений необходимо фиксировать значение периода и вывести на экран множество графиков для всех (нескольких) профилей. В базе должна быть таблица координат пикетов на площади.
- Для вывода «временных» (или глубинных) разрезов по какому-либо профилю необходимо фиксировать профиль и вывести на экран множество графиков. Для этого отображения таблица координат не нужна.
- Если ограничить диапазон вывода параметра (оси Y) на экране 2-D (например, с помощью кнопок «**Zoom In**»/«**Zoom Out**»), 3-D изображение будет построено с учетом этих ограничений.

Если выбранный объект данных невозможно представить в трехмерном изображении, то кнопка «**Show 3D**» просто не будет включаться или при нажатии кнопки будет выводиться сообщение об ошибке.

На приведенном примере (*рисунок 33*) можно увидеть, как выполняются правила управления 3-D графикой. Был выбран объект: component - Bz, параметр - A, профиль - 1701, AB - 15. Установлено «**Ось X**» – «пикеты» и выведено множество кривых для разных периодов.

После нажатия «**Show 3D**» **WLF** построит график поверхности во второй системе координат. Для того, чтобы получить «привычное» изображение разреза, необходимо использовать кнопку «**Plot Type**»/«**contour**» (смотри *рисунок 34*), либо «**Plot Type**»/«**contourf**», либо «**Plot Type**»/«**pcolor**».

На полученном графике имеем горизонтальную ось пикетов и вертикальную ось времен. Цветом – значения параметра (амплитуды).

Проверим правила на построении площадного изображения в первой системе координат – на *рисунке 35*. На поверхности видна сетка профилей. Правильность установки объекта можно проверить самостоятельно.

Это важно - «Gridding»

Для отображения 3-D данных (т.е. какой-либо поверхности) в системе **MATLAB** должны быть заданы значения параметра (Z) в узлах прямоугольной сетки (X,Y).

В случае использования «профильной» системы координат узлами сетки являются реальные значения (пара «номер пикета» / «значение периода») и в качестве координаты Z выбирается значение параметра для этого узла.

В первой системе координат («площадное» отображение) предварительно происходит пересчет (аппроксимация) данных, заданных на обычно неравномерной сетке (произвольной), на равномерную прямоугольную сетку. Шаг равномерной сетки и способ аппроксимации задаются в разделе **[topo]** файла “wlf.ini”. Шаг равномерной сетки (в метрах) задается параметром **dH**, способ аппроксимации – параметром **gridding_method**.

Аппроксимация осуществляется:

– с помощью стандартных процедур пакета **MATLAB**, в этом случае значение параметра **gridding_method** может быть одним из следующих:

- 'linear' – аппроксимация треугольными гранями
- 'cubic' – сглаживание участков поверхности кубическими сплайнами
- 'nearest' – аппроксимация горизонтальными площадками
- 'v4' – специальное сглаживание с использованием градиента,

– либо процедурами пакета **SURFER** (значение параметра **gridding_method** может быть:

- 'srfKriging'
- 'srfInverseDistance'
- 'srfMinCurvature'
- 'srfShepards'
- 'srfNaturalNeighbor'
- 'srfNearestNeighbor'
- 'srfRegression'
- 'srfRadialBasis'
- 'srfTriangulation'

(подробнее об этих способах см. документацию к пакету **SURFER**). При использовании процедур пакета **SURFER** рекомендуется прописать путь к программной папке **SURFER** в разделе **[wlf]** файла “wlf.ini” (например, “**SURFER_path=-'c:\Program Files\GoldenSoftware\Surfer8';**”).

Кроме этого, существует возможность использовать в случае площадных работ исходную сетку (географические координаты точек профиля) – для этого нужно в качестве параметра **gridding_method** задать пустую строку (“”).

При открытии окна «**3-D Plots**» **WLF** поддерживает основные операции в верхней строке меню:

- «**Filter**» - установка параметров двумерной фильтрации;
- «**Service**» - различные операции управления 3-D изображением;
- «**Settings**» - установка параметров графического вывода;
- «**Scale**» - установка масштаба вывода.

«**Filter**» -

- «**Filter Options**» - установка параметров двумерной фильтрации.
- «**AutoRun**» - запуск поочередного выполнения фильтров.
- «**Run**» - запуск одного фильтра по выбору.
- «**Отменить все**» - возврат к исходной поверхности
- «**Применить к 2D графикам**» - вернуть результат фильтрации на 2-D графики.

Все используемые фильтры имеют собственные параметры, которые определяют их работу. **WLF** загружает «по умолчанию» значения параметров фильтров из строки **PreSetFilter2=** блока **[filter2]** файла “wlf.ini”.

Все фильтры представляют собой стандартные фильтры **MATLAB** (Signal Processing Toolbox):

- «**Фильтр 1**» - медианный (ранговый) фильтр для удаления импульсных помех. Параметр задает размер маски фильтра, по которой выбирается среднее значение в смысле «медианы». Центральному элементу маски присваивается значение медианы выборки.
- «**Фильтр 2**» - ФНЧ Гаусса. Параметры: размер маски фильтра и с.к.о. распределения Гаусса, которое используется при формировании маски фильтра.
- «**Фильтр 3**» - усредняющий НЧ фильтр. Параметр - размер маски фильтра.

- **«Фильтр 4»** - усредняющий фильтр с порогом. Параметры: размер окна и абсолютное значение «порога». Центральному элементу окна присваивается среднее значение всей выборки только в том случае, если разница между исходным значением и средним больше порогового значения.
- **«Фильтр 5»** - сглаживающий адаптивный фильтр Винера. Параметры: размер скользящего окна и мощность гауссова белого шума, которым поврежден сигнал. Если второй параметр опущен, мощность шума оценивается автоматически.
- **«Фильтр 6»** - ФВЧ Лапласа. Размер маски 3x3. Параметр управляет соотношением между центральным и граничными элементами маски и должен быть в диапазоне [0,1].
- **«Фильтр 7»** - лапласиан-гауссиан - аналогично последовательному применению фильтров Гаусса и Лапласа. Параметры: размер маски и с.к.о. распределения Гаусса, которое используется при формировании маски фильтра.
- **«Фильтр 8»** - фильтр, повышающий «резкость». Размер маски 3x3. Параметр управляет соотношением между центральным и граничными элементами маски и должен быть в диапазоне [0,1].
- **«Фильтр 9»** - фильтр Превита для выделения горизонтальных или вертикальных границ. Размер маски 3x3.

Усредняющий фильтр относится к фильтрам нижних частот. Он предназначен для фильтрации высокочастотного шума и его работа сопровождается размытием «изображения».

Фильтр Гаусса также относится к НЧ фильтрам. В отличие от усредняющего фильтра он в меньшей степени размывает обрабатываемое «изображение». Маска этого фильтра формируется в соответствии с распределением Гаусса.

Фильтр Лапласа относится к ВЧ фильтрам и предназначен для выделения границ (перепадов) во всех направлениях.

Лапласиан-гауссиан также относится к ВЧ фильтрам, но в отличие от фильтра Лапласа выделяет более резкие перепады.

Кроме установки параметров, в окне **«Настройка фильтрации»** можно включить любой фильтр в список фильтрации для автоматического выполнения. Это делается указанием ключа **«AutoKey»** в левой части строки описания фильтра.

Сформированное задание на фильтрацию может быть сохранено по кнопке **«Сохранить параметры»** в служебный файл “flt2.set” в каталоге “WLF”, а также в произвольный текстовый файл, который указывает пользователь, по кнопке **«Сохранить как текст...»**. Таким образом, заданное состояние фильтрации может быть отражено затем в отчете по обработке и анализу данных. Также возможна загрузка установленных ранее (и сохраненных) параметров фильтрации по кнопке **«Загрузить параметры»**. Кнопки **«ОК»** и **«Cancel»** имеют обычную функцию.

2-D фильтрация работает в любых системах координат. Использование 2-D фильтрации в первой системе координат позволяет оценивать результат фильтрации данных сразу по всем профилям, наблюдая за изменением поверхности. Применение 2-D фильтрации, однако, ограничено некоторыми «отрицательными» факторами:

- Обычно, расстояние между профилями значительно превышает шаг по профилю, что делает результат фильтрации сильно зависимым от качества **«gridding»**.
- Потеря при фильтрации значительной части данных по краям площади, причем количественно эта потеря прямопропорциональна качеству фильтра (размеру окна фильтрации).

- Необходимость знать («чувствовать») параметры различных фильтров, предлагаемых **WLF** из набора готовых фильтров библиотеки **MATLAB**.

Схема использования 2-D фильтрации такая же, как и одномерной (смотри п. 4.4.), за исключением того, что здесь не надо выбирать объект – объект в виде поверхности находится перед глазами. Важно отметить наличие операции **«Filter»/«Применить к 2D графикам»** – она позволяет сохранить результат фильтрации в базе данных, причем непосредственно по этой кнопке изменяются графики в основном окне **«Работа с базой»**. Поэтому, для изменения данных в базе надо просто переключиться в окно **«Работа с базой»** и обычным способом сохранить измененные на экране данные.

«Service» - выполнение служебных функций (см. *рисунок 36*).

«Печать в масштабе...» - вывод сформированного изображения в установленном масштабе на графическое устройство (плоттер, печать).

«Экспорт в масштабе...» - вывод сформированного изображения в установленном масштабе в графический файл.

«Подписи пикетов» -

а) для изображений, построенных в первой («пространственной») системе координат управляет режимом вывода подписей пикетов профилей:

«Выкл.» - режим вывода профилей без подписей отдельных пикетов;

«Авто» - режим автоматического вывода подписей пикетов, необходимо указать шаг подписи (через сколько пикетов подписывать);

«Вручную» - необходимо ввести список подписываемых профилей и список подписываемых пикетов.

«Графически» - для вывода подписи пикета необходимо отметить его щелчком «мыши».

б) для изображений, построенных в «профильной» системе координат («разрезы») управляет выводом подписей пикетов:

«Выкл.» - подписи оси пикетов устанавливаются системой по умолчанию;

«Авто» - режим автоматического вывода подписей пикетов, необходимо указать шаг подписи (через сколько пикетов подписывать);

«Вручную» - необходимо ввести список подписываемых пикетов;

«Пересчет оси» - выводится диалоговое окно, в котором можно указать формулу пересчета подписей пикетов (например, «x*100»). Эта операция может быть использована, например, для пересчета номеров пикетов в «метры».

«Настройка изолиний» - управляет режимом вывода подписей изолиний для изображений типа «contour», «contourf» (карты линий уровня):

«Подписи изолиний» - управляет режимом вывода подписей изолиний (при этом подписываемая изолиния выделяется также толщиной):

«Выкл.» - режим вывода изолиний без подписей;

«Авто» - режим автоматического вывода подписей изолиний, необходимо указать шаг подписи (через сколько подписывать);

«Вручную» - необходимо ввести список значений подписываемых изолиний (надо знать, по каким значениям проведены изолинии, их можно предварительно провести вручную – см. ниже **«Значения изолиний»**).

«Графически» - для вывода подписи необходимо «щелкнуть» указателем «мыши» на изолинии.

«Значения изолиний» - позволяет вручную задать список значений, по которым будут проводиться изолинии.

«Толщина изолиний» - позволяет изменять толщину изолиний.

«Работа с атрибутами» - в зависимости от системы координат текущего изображения атрибутами могут являться:

«Контур» (произвольная линия или контур). Доступны следующие операции:

«Разомкнутая кривая», «Замкнутая кривая» - эти операции позволяют в текущих осях отметить ручным образом произвольную линию. Линия вводится как набор отмеченных точек на площади с возможной последующей сплайн-интерполяцией. Ввод контура завершается нажатием правой кнопки мыши, либо клавиши «Enter». Каждый введенный контур может иметь свой номер, который нужно ввести при завершении ввода.

«Сохранить в файл...» - сохранение введенного контура в текстовый файл атрибутов на диске.

«Загрузить из файла...» - загрузка и отображение ранее сохраненных контуров из файла атрибутов.

«Интервал» - по умолчанию представляет собой в первой системе координат – утолщенную линию красного цвета на линии профиля, во второй – утолщенную двухстороннюю стрелку красного цвета в верхней части изображения с вертикальными штрих-пунктирными линиями. Доступны следующие операции:

«Показать выделенные пикеты» - осуществляет анализ отмеченных пикетов базы (по операциям **«EditCurve»/«Отметить пикеты»**, **«Сохранить отметки»**) и отображает их в текущих осях;

«Вручную» - выбор интервала вручную. Ввод осуществляется нажатием левой кнопки мыши и последующим «растягиванием» области выделения с захватом нужной области на экране. Каждый введенный интервал (группа интервалов) может иметь свой номер, который нужно ввести при завершении ввода.

«Сохранить в файл...» - сохранение введенных интервалов в текстовый файл атрибутов на диске.

«Загрузить из файла...» - загрузка и отображение ранее сохраненных интервалов из файла атрибутов.

Остальные виды атрибутов применимы только к изображениям в «профильной» системе координат.

«Скважина» (стилизованное изображение буровой вышки) – для временного или иного разреза по одному профилю (вторая система координат). Координаты скважин должны присутствовать в таблице координат точек измерения базы данных. Если в таблице координат присутствует альтитуда, по запросу можно произвести ее учет при выводе скважины на разрез.

«“Кресты” профиля» - выводит на месте пересечения текущего профиля с другим профилем отметку пересечения: вертикальную линию в верхней части изображения с подписями номеров профилей и ближайших пикетов;

«Каротажная диаграмма» - отображение ранее сохраненной каротажной диаграммы на глубинном разрезе по одному профилю.

Координаты скважины должны присутствовать в таблице координат точек измерения базы данных. Файл атрибутов должен содержать ранее сохраненную каротажную диаграмму. Номер скважины в файле атрибутов должен соответствовать номеру скважины в таблице координат. Если в таблице координат присутствует альтитуда, по запросу можно произвести ее учет при выводе каротажной диаграммы на разрез.

Все атрибуты применимы только с плоскими формами изображения (карты линий уровня, изображение «rcolor», графики «bar» и т.п.).

«Показать АВ» - в случае площадной картинке отображает положение источников поля.

«Область отрисовки данных» - эта операция позволяет изменить границу области вывода сформированного изображения по первым двум координатам:

«Изменить графически» - для задания новой границы необходимо последовательно указывать точки с помощью левой кнопки мыши. Нажатие правой кнопки мыши обозначает окончание ввода (последняя точка границы).

«Сохранить в файл...» - сохранение введенной вручную границы в текстовый файл атрибутов на диске.

«Загрузить из файла...» - загрузка и применение ранее сохраненной границы области отрисовки из файла атрибутов.

Кнопка **«Область отрисовки данных»** доступна только в режиме вывода плоских форм изображения (карты линий уровня). Результаты влияют на все формы вывода, кроме графиков «bar».

«Setting» -

«Скрыть элементы интерфейса» - позволяет расширить рабочую область для графического вывода, освобождая правую часть экрана, занятую меню операций управления изображением.

«Настройка объектов» - выводит на экран окно настройки графических объектов (линии профилей, линии АВ, подписанные пикеты, скважины и их подписи). Позволяет изменять тип, толщину и цвет линий («Line Style», «Line Width», «Line Color»), устанавливать вид и размер точек («Marker», «Marker Size»), изменять вид, размер, тип и цвет шрифта («Font Name», «Font Size», «Font Weight», «Font Color») и делать подписи невидимыми (пункт «Visible»). Установленные значения актуальны в течение сеанса работы с программой. Кнопка **«Сохранить параметры»** позволяет сохранить в любой файл (принято расширение “*.set”) текущие значения параметров для использования в последующих сеансах работы с программой. Кнопка **«Загрузить параметры»** загружает предварительно сохраненные установки из файла настройки. Кнопка **«Восстановить»** устанавливает значения параметров, принятые по умолчанию.

При запуске WLF загружает «по умолчанию» настройки параметров из файла «plot.set», находящегося там же, где «wlf.ini».

«Настройка атрибутов» -

«Выносить контуры с плана на разрез» - позволяет построенный на «карте» контур отобразить в виде интервала на профиле, который этот контур пересекает – операция актуальна при выводе разреза;

«Показывать загруженные атрибуты» - позволяет автоматически выводить отмеченные и загруженные из файла атрибуты на изображение.

«**Выводить карту на лист**» - если этот переключатель включен, то при выводе сформированного 3-D изображения «на лист для печати» по кнопке «**На лист**» происходит наложение изображения на карту, ранее привязанную к БД, с включением режима «прозрачности». Эта операция актуальна только для «площадных» изображений (построенных в первой системе координат).

«**Scale**» - устанавливает необходимый масштаб вывода. Работает, если в базе данных присутствует таблица координат точек измерений. В случае вывода разрезов по профилю в основном окне «**Работа с базой**» должен быть включен режим «**View**»/»**Scale**».

«**1:10000**», «**1:25000**», «**1:50000**», «**1:100000**» – кнопки установки требуемого масштаба;

«**Inform**» - выводит информацию о величине пиксела в метрах.

В правой части окна «**3-D Plots**» выводится меню управления параметрами отображения, значительная часть которых является стандартом для **MATLAB** и описывается в документации.

«**Plot Type**» - задание формы графического вывода

«**surf**» - трехмерная цветная поверхность (**MATLAB**)

«**surfl**» - трехмерная затененная поверхность с освещением (**MATLAB**)

«**mesh**» - трехмерная сетчатая поверхность (**MATLAB**)

«**meshz**» - трехмерная сетчатая поверхность «с занавесом» (**MATLAB**)

«**waterfall**» - «водопад» (**MATLAB**)

«**pcolor**» - карта в «псевдоцветах» (**MATLAB**)

«**contour**» - карта линий уровня (**MATLAB**)

«**contourf**» - карта линий уровня с заливкой (**MATLAB**)

«**slice1**», «**slice2**» - построение ряда 2D графиков, разнесенных по третьей координате (например, множество графиков $R_o(t)$, каждый график на своем пикете). Применяется для построения временных разрезов.

«**slicecont1**», «**slicecont2**» - аналогично «**slice**», но с добавлением подложки, представляющей собой построение типа «**contourf**», применяется для построения временных разрезов.

«**bar**» - построение изображения с выводом вдоль профилей закрашенных столбцов, в соответствии со значениями параметра и выделением «прогнозных» участков.

«**normbar**» - аналогичное изображение с приведением значений параметра на каждом профиле к диапазону [0 1].

«**graphic**» - построение семейства профильных графиков, наложенных на сетку профилей. При этом способе отображения тип, толщина и цвет линий графиков определяется параметрами для линий АВ, установленными в окне «**Настройка объектов**».

Последние три способа вывода актуальны только для «площадных» изображений (построенных в первой системе координат).

«**Shading**» - способ закраски («Color Shading Mode», **MATLAB**)

«**faceted**» - «фасетчатая» поверхность (**MATLAB**)

«**flat**» - режим, при котором не отображаются ребра (**MATLAB**)

«**interp**» - билинейная интерполяция цветов (**MATLAB**)

«**Colormap**» - установка различных цветовых палитр. Это меню имеет специальную кнопку «С», позволяющую изменить границы цветовой

шкалы для текущего графика и количество цветов в текущей палитре. По умолчанию диапазон изменения цветов совпадает с диапазоном оси «Z» (т.е. значение цвета определяется значением параметра).

Существует возможность сохранить в файл текущую цветовую палитру и загрузить ее в дальнейшем. Для этого нужно «нажать» кнопку «С», используя правую клавишу мыши и указать имя файла.

«**Axis**» - управление осями (все под управлением **MATLAB**).

«**on**» - включает метки, маркеры и фон осей

«**off**» - выключает метки, маркеры и фон осей

«**vis3d**» - закрепляет коэффициент сжатия осей для вращения трехмерных объектов

«**normal**» - восстанавливает полный размер осей и восстанавливает исходный масштаб

«**equal**» - устанавливает одинаковый масштаб для всех осей

«**equal_xy**» - устанавливает одинаковый масштаб по осям X и Y

«**grid on**» - добавляет линии координатной сетки к текущим осям

«**grid off**» - убирает их

«**reset**» - устанавливает автоматическое масштабирование для осей X, Y, Z текущего графика.

Меню управления видом осей «**Scale**» позволяет установить линейный («**linear**») или логарифмический («**log**») масштаб для любой оси текущего графика. Кнопки «**X**», «**Y**», «**Z**» этого меню позволяют изменить границы графика по соответствующей оси. Кроме этого по кнопке «**Z**» можно вручную управлять масштабом оси Z путем изменения «коэффициента сжатия» (AspectRatio) этой оси, а нажатие правой кнопкой «мыши» на кнопке «**Y**» позволяет вручную изменить подписи этой оси.

Кнопки «**hold**» и «**xor**» позволяют наложить последующее изображение на текущее (**hold**) или применить к ним маску «исключающее ИЛИ» (**xor**).

Примечание. При выводе изображений типа «**slice1**», «**slice2**», «**slicecont1**», «**slicecont2**», «**graphic**» оконное меню содержит некоторые дополнительные функции:

«**Service**» -

«**Показать расстановки**» - для изображения, построенного во второй системе координат («разрез»), выделяет разным цветом данные, относящиеся к разным записям – кроме изображений типа «**graphic**».

«**Setting**» -

«**Масштаб**» - устанавливает «размах» 2D графиков (в % от горизонтального размера осей для разрезов или в метрах для площадных графиков).

«**Тип масштабирования**» - в зависимости от выбора «**Общее**»/«**Отдельно**» значение, установленное в «**Масштаб**», применяется либо ко всей совокупности графиков (в этом случае сохраняется относительный размер графиков), либо к каждому графику отдельно.

«**Привязка оси графика**» - установка значения параметра, соответствующего «пикетной» оси графика, позволяет управлять «уровнем» привязки графиков.

«**Заливка графиков**» - раскраска разным цветом областей больше некоторого значений и/или меньше некоторого значения. Необходимо ввести цвета и границы закраски.

Способ отображения 3D графики **«Lighting Surface»** – источник освещения добавляется/удаляется нажатием правой кнопки мыши на **«Z»** и выбором из контекстного меню. При этом форма графического вывода **«Plot Type»** должна быть установлена в **«surf»**. Масштабом оси Z можно регулировать степень освещенности. Пример см. *рисунок 43*.

«На лист» - вывод сформированного 3-D изображения на «лист для печати» с возможностью его разбиения – аналогично применению «горячей» клавиши **«Ctrl+L»** или операции **«View»/«На лист»** основного окна **«Работа с базой»**. При первом вызове этой операции **WLF** предлагает «разбить» лист на необходимое число окон и указать порядок «выдачи» изображений – смотри *рисунок 22А* и открывает новое окно «листа».

Новое графическое окно **«Graphic output»** содержит стандартное меню **MATLAB**, а также операции **«Service»** и **«Setting»**, позволяющее выполнить ряд специфических прикладных функций, обсуждаемых ниже.

«Service» -

«Печать в масштабе...» - вывод сформированного изображения в установленном масштабе на графическое устройство (плоттер, печать). При взаимодействии исполнительной системы **MATLAB** с драйверами некоторых печатающих устройств возможны проблемы. В этом случае используется следующая операция.

«Экспорт в масштабе...» - вывод сформированного изображения в установленном масштабе в графический файл. Установки вывода задаются в стандартном окне **«Page Setup» MATLAB** (рекомендуется пользоваться установками по умолчанию). Возможные типы графического файла: TIFF 150/300 dpi, JPEG, BMP, PCX. При этом при импорте файла формата JPEG в другие графические программы необходимо вручную указать значение разрешения 150 точек на дюйм (это вызвано некорректным формированием файла средствами MATLAB).

«Экспорт X,Y,Z» - операция экспорта данных из активного графического объекта (**WLF** предлагает выделить «на листе» необходимый объект – графическое «подокно») в файл типа **«X,Y,Z»** - для использования в SURFER. Операция выделения нужного объекта выполняется при нажатой кнопке **«Edit Plot»** (значок ) инструментальной панели MATLAB. Объект выделяется щелчком левой кнопки мыши при указании на оси объекта.

«Экспорт в ESRI shp-файл» - аналогичная операция экспорта, но в формате Shape-файла.

«Объединить оси» - эта операция позволяет «наложить» друг на друга любые изображения с этого листа. Формируется новое графическое окно с единственными координатными осями, в которое копируются все выделенные на экране координатные оси. Для выделения нескольких объектов необходимо при операции выделения удерживать нажатой клавишу **«Shift»**.

«Кластеризация» - эта кнопка запускает алгоритм кластеризации (разбиения на классы по некоторым параметрам) выбранных данных. В качестве входных данных алгоритма используются значения параметров из выделенных на экране графических объектов. Описание процедуры приводится в разделе 4.7.8.

«Setting» -

«Одинаковый масштаб по X», «Одинаковый масштаб по Y» - позволяет установить для выделенных объектов листа одинаковый масштаб по осям X или Y – в режиме **«Авто»** или **«Вручную»**.

«**Режим выдачи**» - позволяет управлять режимом «выдачи» изображений в текущий «лист для печати»:

«**Авто**» - изображения выдаются последовательно в определенном при открытии листа порядке.

«**Вручную**» - следующее изображение будет выдано в выделенное окно, использование этого режима позволяет «заменять» на текущем листе те или иные графические объекты.

«**Заккрыть**» - текущий лист «закрывается» для выдачи, для выдачи следующего изображения будет открыто новое графическое окно «**Graphic output**».

WLF допускает одновременное существование нескольких окон «**Graphic output**», с полной поддержкой всех операций «внутри» каждого окна. Однако, вывод изображений возможен только в одно окно – то, которое было открыто последним.

В системе координат «**Depth**», «**Points**», «**F**» выводятся также «послойные» данные из параметров типа R или Ri. При использовании кнопки «**Show 3D**» для этих параметров WLF обеспечивает вывод послойных разрезов в окне «**Layer Plots**».

Графическое окно **WLF** для отображения «послойных» данных «**Layer Plots**» организовано аналогично окну «**3-D Plots**» для вывода трехмерных изображений, однако, в основном меню графического окна «**Layer Plots**» добавлена следующая операция:

«**Edit**» -

«**Режим редактирования**» - включение/выключение режима «ручного» редактирования элементов послойной модели. При активизации режима в верхней части графического окна отображается график суммарной продольной проводимости S(H). Графическое редактирование выполняется с помощью указателя мыши. Сдвигая (с помощью левой кнопки мыши) горизонтальные границы слоев на модели разреза, оператор тем самым изменяет мощность произвольного слоя. При графическом редактировании можно также добавлять или удалять новые границы слоев – для этого необходимо использовать правую кнопку мыши (при этом выводится контекстное меню «**Удалить границу**»/«**Добавить границу**»). Удаляется близлежащая к месту щелчка граница, новая граница добавляется в месте щелчка. Для изменения значения параметра (удельного сопротивления) необходимо использовать «двойной щелчок» мыши или комбинацию «**Shift**»+щелчок левой кнопкой и в поле ввода установить новое значение параметра. Каждая операция редактирования сопровождается изменениями на графике S(H).

«**Запись в базу**» - сохранение параметров текущей модели с экрана в базе. При этом, однако, не происходит изменения изображения на экране 2D. При использовании этой операции есть возможность записать данные в значения другой компоненты (аналогично сохранению данные в режиме «**Edit Curve**»). В этом случае исходные данные не будут изменены.

«**Service**» - операции те же, что в окне «**3-D Plots**», смотри описание выше.

«**Setting**» - здесь добавлена операция

«**Учет альтитуды**» - включает/выключает режим учета альтитуды на каждом пикете профиля (работает, если координатный файл с топоданными содержит значения альтитуды пикетов профилей).

«**Scale**» - операции те же, что в окне «**3-D Plots**», смотри описание выше.

В правой части окна «**Layer Plots**» выводится меню управления параметрами отображения.

«**Plot Type**» - задание формы графического вывода:

«**layer**» - «послойный» вывод.

«**Shading**» - способ закраски:

«**faceted**» - «фасетчатое» изображение;

«**flat**» - режим с отключением отображения границ;

«**mesh**» - сетчатое изображение.

«**Colormap**» - установка различных цветовых палитр из списка. Дополнительно это меню снабжено кнопкой «**C**», которая позволяет вручную установить диапазон используемой палитры цветов (в масштабе оси Z) и количество цветов в текущей палитре.

«**Axis**» - управление осями:

«**on**» - включает метки, маркеры и фон осей;

«**off**» - выключает метки, маркеры и фон осей;

«**vis3d**» - закрепляет коэффициент сжатия осей для вращения трехмерных объектов;

«**normal**» - восстанавливает полный размер осей и восстанавливает исходный масштаб;

«**equal**» - устанавливает одинаковый масштаб для всех осей;

«**equal_xy**» - устанавливает одинаковый масштаб по осям X и Y;

«**grid on**» - добавляет линии координатной сетки к текущим осям;

«**grid off**» - убирает их;

«**reset**» - устанавливает автоматическое масштабирование для осей X, Y, Z для текущего графика.

«**Scale**» - управление масштабом и видом координатных осей. Меню разделено на три группы - для оси X, оси Y и оси Z. Каждая группа содержит кнопки переключения вида соответствующей оси «**linear**»/«**log**» и кнопку масштабирования «**X**», «**Y**» или «**Z**». Кнопки масштабирования позволяют вручную установить диапазон вывода по соответствующей оси.

Кнопки «**hold**» и «**xor**» позволяют наложить последующее изображение на текущее (hold) или применить к ним маску «исключающее ИЛИ» (xor).

«**На лист**» - вывод изображения на лист «для печати» - в окно «**Graphic output**».

Следует иметь в виду, что WLF создает только одно графическое окно «**3-D Plots**» и только одно графическое окно «**Layer Plots**» (в отличие от множества окон «**Graphic output**».) Поэтому в случае изменения изображения в основном окне «**Работа с базой**» и повторного нажатия кнопки «**Show 3D**» новое 3D изображение будет сформировано в уже существующем окне с прежними установками и заменой данных. Эта особенность может быть использована для выполнения однотипного вывода похожих данных. Однако, в общем случае, необходимо закрывать окна «**3-D Plots**» и «**Layer Plots**» по окончании работы с ними.

5.3. Управление 4-D изображением.

При увеличении размерности данных до 4, **WLF** позволяет автоматически повторить операции, управляющие 3D выводом для отображения множества 3D-изображений.

Для этого необходимо сначала настроить параметры 3D-изображения, выведя, например, в окно «**3-D Plots**» разрез по одному из профилей. Окно после этого закрывать не надо. Затем нужно вернуться в основное окно «**Работа с базой**» и вывести на экран по «**Show 2D**» графики параметра по нескольким профилям. После этого нужно использовать правую кнопку мыши на кнопке «**Show 3D**» и **WLF** предложит выбрать один из способов вывода многомерных данных:

- «**Объемный “кубик”**» – данные в 4-D представлении (этот способ вывода установлен по умолчанию). Для использования всех возможностей этого способа вывода необходимо знать правила задания параметров функций **MATLAB** для 4-D графики, так как именно от них зависит получаемая форма представления данных. Подробнее об этой форме вывода – ниже в текущем разделе.
- «**Разрезы по профилям**» – вывод множества разрезов в пространстве.
- «**Вывод разрезов “на лист”**» – набора множества разрезов на лист для печати.

Примеры вывода множества «обычных» 3D изображений приводятся на *рисунках 40-43*.

4-D пространство, в котором формируется изображение данных **WLF**, может иметь следующие системы координат:

«**North**», «**East**», «**Time**», «**F**» или «**North**», «**East**», «**Depth**», «**F**»

где «**North**», «**East**», «**Depth**» - пространственные координаты (метры);

«**Time**» - координата, соответствующая аргументу параметра;

«**F**» - значение параметра.

В этой системе координат выводятся данные для нескольких значений временного аргумента одного (любого) параметра одной (любой) компоненты, одного (любого) АВ, представленных по множеству профилей (по крайней мере, двух). В этом случае обязательно иметь данные о координатах точек измерений в базе данных. В этой системе координат изображение поверхностей будет иметь «привычные» оси X и Y (площадные координаты), ось Z будет соответствовать значениям аргумента («**Time**»). Способ отображения данных 4-й оси (значения параметра) определяется типом функции вывода изображения (см. ниже).

После нажатия кнопки запуска формирования изображения «**Show 3D**» на экране появляется новое графическое окно «**3-D View**», в котором последовательно отображаются трехмерные изображения площадного распределения параметра для каждого значения временного аргумента. По окончании расчета в этом окне выводится «изоповерхность» – поверхность, в точках которой значение параметра одинаково. Затем создается новое графическое окно «**4-D Plots**» для работы с 4-D данными (*рисунок 37*).

В основном меню графического окна «**4-D Plots**» доступны следующие операции:

«**Service**» -

«Показать топоданные» - отображает поверх существующего изображения сетку профилей (пикеты отображаются точками) и скважины (в виде вертикальных линий).

«Setting» -

«Скрыть элементы интерфейса» - позволяет расширить рабочую область для графического вывода.

В правой части окна **«4-D Plots»** выводится меню управления параметрами отображения.

«Plot Type» - задание формы графического вывода:

«slice» - строит плоские сечения объемной фигуры в направлении осей X, Y, Z. По умолчанию фигура рассекается пополам по осям X, Y, Z.

«isosurface» - извлекает из объемной фигуры «изоповерхность» (поверхность, в точках которой значение параметра одинаково). Значение параметра определяется переменной “isovalue”. По умолчанию эта переменная не определена “isovalue=[]”. В этом случае система определяет значение параметра, анализируя гистограмму данных. Вручную изменить значение переменной можно в окне ввода текста, в котором отображается сформированное «задание» на формирование изображения.

«isocaps1», «isocaps2» - отрисовывает «торцы» для «изоповерхности» объемной фигуры, параметр этой команды “enclose”, принимающий значения “above” (**«isocaps1»,**) или “below” (**«isocaps2»**), определяет, значения параметра в «торцах» больше или меньше значения “isovalue”, т.е. какую часть фигуры закрывают «торцы».

«subvolume1», «subvolume2» - извлекает «часть» из объемной фигуры. По умолчанию фигура рассекается пополам по осям X, Y, Z. При использовании **«subvolume1»** отрисовывается та часть фигуры, которой соответствуют значения параметра меньше значения “isovalue”; при использовании **«subvolume2»** – большие (*рисунк 38*).

Границы сечений и прочие изменяемые параметры можно задавать вручную в командном окне в нижней части окна **«4-D Plots»**.

«Shading» - способ закраски («Color Shading Mode»):

«faceted» - «фасетчатая» поверхность;

«flat» - режим с отключением отображения ребер;

«interp» - билинейная интерполяция цветов.

«Colormap» - установка различных цветовых палитр из списка. Дополнительно это меню снабжено кнопкой **«С»**, которая позволяет вручную установить диапазон используемой палитры цветов (в масштабе значений параметра).

«Axis» - управление осями:

«on» - включает метки, маркеры и фон осей;

«normal» - восстанавливает полный размер осей и восстанавливает исходный масштаб;

«auto» - автоматически устанавливает размер осей и масштаб;

«equal_xy» - устанавливает одинаковый масштаб по осям X и Y;

«equal» - устанавливает одинаковый масштаб для всех осей;

«vis3d» - закрепляет коэффициент сжатия осей для вращения трехмерных объектов;

«grid on» - добавляет линии координатной сетки к текущим осям;

«**grid off**» - убирает их;
«**off**» - выключает метки, маркеры и фон осей;
«**clear**» - очистка текущих осей.

«**Light**» - управление источниками света:

«**flat**», «**phong**», «**gouraud**» - выбор алгоритма расчета эффектов освещенности поверхности от текущего источника света;
«**none**» - «выключение» текущего источника света;
«**add right**» - добавление нового источника света с правой стороны осей;
«**add left**» - добавление нового источника света с левой стороны осей;
«**delete**» - удаление источников света.

По умолчанию при формировании нового изображения создается источник света с алгоритмом «**phong**».

Меню управления видом оси Z (кнопка «**Z**») позволяет изменить границы графика по этой оси. Кроме этого по кнопке «**Z**» можно вручную управлять масштабом оси Z путем изменения «коэффициента сжатия» (AspectRatio) этой оси.

«**На лист**» - вывод сформированного изображения «на лист для печати».

В текстовом командном окне выводится сформированное «задание» на формирование 4-D изображения. При нажатии какой-либо кнопки управления происходит перерисовка и вывод нового изображения на экране. Существует возможность изменить вручную формулы в текстовом окне, например, изменив параметр «**isovalue**». Для отрисовки нового изображения необходимо «щелкнуть» указателем мыши в любом месте координатных осей, либо нажать комбинацию клавиш «**Ctrl+Enter**».

Новое изображение всегда накладывается на текущее. При необходимости удалить текущее изображение следует использовать кнопку «**clear**» меню «**Axis**».

Список литературы.

1. Инструкция по электроразведке. Недра, 1984 г.
2. Электроразведка. Справочник геофизика. М., Недра, 1989 г.
3. Сидоров В.А. Импульсная индуктивная электроразведка. Недра, 1985 г.
4. Комаров В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Недра, 1972 г.
5. Куликов А.В, Шемякин Е.А. Электроразведка фазовым методом вызванной поляризации. Недра, 1978 г.
6. Вешев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. Недра, 1980 г.
7. Хмелевской В.К. Электроразведка. МГУ, 1984 г.
8. Матвеев Б.К. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. Недра, 1982 г.
9. Поршнев С.В. MATLAB 7. Основы работы и программирования. Учебник. Издательство: [Бином-Пресс](#), 2006 г.
10. <http://matlab.exponenta.ru/> - сайт сообщества пользователей MATLAB.