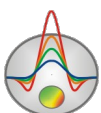


**Programa de interpretación unidimensional de datos
de sondeos magnetotelúricos (sondeo MT, AMT y RMT).**

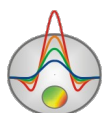
ZONDMT1D

Manual del usuario

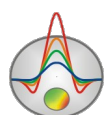


Índice

Propósito y capacidades del programa.....	4
Novedades de la versión 2026.....	5
Requisitos del sistema.....	6
Instalación y desinstalación del programa.....	6
Notaciones convencionales adoptadas en el programa.....	7
Creación y apertura de archivo de datos.....	7
Establecimiento de la línea de perfil o perfiles para datos areales.....	9
Formato del archivo de datos de texto mdf.....	12
Diálogo de entrada de datos de campo (MT Notepad).....	14
Guardado de resultados de interpretación.....	15
Exportación de datos.....	16
<i>Orden de trabajo con el programa.....</i>	<i>17</i>
Ventana principal del programa.....	17
Barra de herramientas de la ventana principal del programa.....	18
Menú de funciones de la ventana principal del programa.....	19
Teclas de acceso rápido.....	23
Biblioteca de estilos del programa.....	24
Ventana de propiedades del programa (Program setup).....	24
Interpretación de datos de campo.....	35
Ajuste automático de parámetros del modelo.....	35
<i>Objetos del programa.....</i>	<i>36</i>
Editor de modelo (Model editor).....	36
Gráfico de curvas teóricas y experimentales (Data Editor).....	39
Tabla de parámetros (Model table).....	44
Sección (Section).....	55
Pseudosección (Pseudosection).....	60
Gráficos de perfilado (Profile).....	63
<i>Capacidades adicionales del programa.....</i>	<i>66</i>
Trabajo con datos CSAMT y CSRMT (modificaciones con fuente controlada).....	66
Trabajo con datos areales y visualización 3D.....	67
Introducción de información a priori.....	73
Postprocesamiento de datos de campo.....	78
Suavizado del modelo.....	79
Opciones de interpretación conjunta de datos de sondeos MT (AMT, RMT) y VES.....	80



Menú Buffer para comparar y almacenar resultados de inversión.....	81
<i>Algoritmos del programa y cambios de la versión 2026.....</i>	<i>83</i>
Modelo del medio y magnitudes observadas.....	83
Problema directo del sondeo MT (onda plana).....	83
Problema directo con fuente controlada (CSAMT, CSRMT).....	84
Inversión automática.....	85
Inversión de perfil Pseudo 2D y de área Pseudo 3D.....	87
Suavizado de datos de campo.....	88
Corrector de curvas AK MT-Corrector.....	89
Matriz de correlación e intervalos de confianza.....	91
Nube de soluciones equivalentes (Global search).....	91
Lectura de archivos EDI.....	92
Procesamiento de estaciones.....	93
Parámetros conmutadores de nuevos algoritmos.....	93
Recomendaciones para la interpretación.....	94
<i>Configuración de objetos gráficos.....</i>	<i>94</i>
Diálogo de configuración de paleta.....	94
Editor de ejes.....	95
Editor de conjunto de gráficos.....	99
Editor del gráfico.....	100
Diálogo de vista previa de impresión (Print preview).....	102
<i>Editor geológico de secciones.....</i>	<i>104</i>
<i>Apéndice 1. Formato de archivo de datos litológicos.....</i>	<i>107</i>



Propósito y capacidades del programa

El programa «ZondMT1D» está destinado a la interpretación unidimensional de datos de perfiles de sondeos magnetotelúricos en las modalidades MT, AMT y RMT (incluyendo con fuente controlada). Su interfaz cómoda y amplias posibilidades de representación de datos permiten resolver de manera más eficaz la tarea geológica planteada.

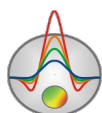
El programa «ZondMT1D» proporciona un aparato cómodo para la interpretación automática y semiautomática (interactiva) de datos de perfiles y puede ser utilizado en computadoras personales compatibles con IBM PC con sistema operativo Windows.

La resistividad eléctrica específica (REE), medida en ohmios-metro (Omm), caracteriza la capacidad de las rocas de ofrecer resistencia eléctrica al paso de la corriente y es la propiedad electromagnética más universal. Varía en las rocas y minerales en límites muy amplios. Para las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas más comunes, la resistividad depende de la composición mineral, las propiedades físico-mecánicas e hídricas de las rocas, la concentración de sales en aguas subterráneas y en menor medida de su composición química, así como de algunos otros factores (temperatura, profundidad de yacimiento, grado de metamorfismo, etc.) [Khmelevskoy, 1997].

La resistividad eléctrica específica de los minerales depende de sus enlaces intracristalinos. Para minerales dieléctricos (cuarzo, micas, feldspatos, etc.) con enlaces predominantemente covalentes se caracterizan resistividades muy altas. Los minerales semiconductores (carbonatos, sulfatos, haluros, etc.) tienen enlaces iónicos y se distinguen por resistividades altas. Los minerales arcillosos (hidromica, montmorillonita, caolinita, etc.) poseen enlaces iónico-covalentes y se destacan por resistividades bastante bajas.

Los minerales de mena (nativos, algunos óxidos) se distinguen por conductividad electrónica y conducen muy bien la corriente. Los primeros dos grupos de minerales constituyen el esqueleto "rígido" de la mayoría de las rocas. Los minerales arcillosos crean un esqueleto "plástico", capaz de adsorber agua ligada, mientras que las rocas con minerales "rígidos" pueden saturarse sólo con soluciones y agua libre, es decir, aquella que puede ser bombeada de la roca.

La resistividad eléctrica específica de las aguas subterráneas libres varía desde fracciones de Omm a alta mineralización total hasta 1000 Omm con baja mineralización. La composición química de las sales disueltas en el agua no juega un papel esencial, por lo tanto, a partir de datos de prospección eléctrica sólo se puede juzgar sobre la mineralización total de las aguas subterráneas. La resistividad eléctrica específica de las aguas ligadas, adsorbidas por partículas



sólidas de la roca, es baja y varía poco (de 1 a 100 Omm). Esto se explica por su mineralización bastante constante (3-1 g/l). La mineralización media de las aguas del océano mundial es igual a 36 g/l.

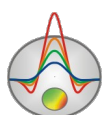
Dado que el agua poral (libre y ligada) se distingue por una resistividad eléctrica específica significativamente menor que el esqueleto mineral de la mayoría de los minerales, la resistividad de las rocas prácticamente no depende de su composición mineral, sino que se determina por parámetros de las rocas tales como porosidad, fracturación, saturación de agua. Con su aumento, la resistividad de las rocas disminuye debido al aumento de iones en el agua subterránea. Por eso, la conductividad eléctrica de la mayoría de las rocas es iónica (electrolítica).

Con el aumento de la temperatura en 40°, la resistividad disminuye aproximadamente 2 veces, lo que se explica por el aumento de la movilidad de los iones. Durante la congelación, la resistividad de las rocas aumenta abruptamente, ya que el agua libre se convierte prácticamente en un aislante, y la conductividad eléctrica se determina únicamente por el agua ligada, que se congela a temperaturas muy bajas (por debajo de -50° C). El aumento de la resistividad durante la congelación de diferentes rocas varía: en las arcillas aumenta varias veces, hasta 10 veces en rocas duras, hasta 100 veces en limos arcillosos y arenosos, y hasta 1000 veces o más en arenas y rocas de fragmentos gruesos.

A pesar de la dependencia de la resistividad de múltiples factores y del amplio rango de variación en diferentes rocas, las principales regularidades de la resistividad están establecidas con suficiente claridad. Las rocas ígneas y metamórficas se caracterizan por altas resistividades (de 500 a 10000 Ωm). Entre las rocas sedimentarias, tienen altas resistividades (100 - 1000 Ωm) la sal gema, los yesos, las calizas, las areniscas y algunas otras. Las rocas sedimentarias clásticas, por lo general, tienen mayor resistividad cuanto mayor es el tamaño de los granos que componen la roca, es decir, dependen principalmente del contenido de arcilla. Al pasar de arcillas a limos arcillosos, limos arenosos y arenas, la resistividad cambia de fracciones y primeras unidades de ohmmetros a primeras decenas y cientos de ohmmetros [Khmelevskoy, 1997].

Novedades de la versión 2026

En la versión 2026 se ha realizado una verificación completa de los módulos de cálculo del programa: problemas directos de sondeo MT y fuente controlada, inversión unidimensional y de perfil (Pseudo 2D/Pseudo 3D), procedimientos de suavizado de datos, corrector de curvas AK MT-Corrector, cálculo de la matriz de correlación y nube de soluciones equivalentes. Los errores encontrados han sido corregidos, los procedimientos que más tiempo consumen han sido



acelerados sin modificar los modelos físicos utilizados ni los filtros digitales. Una descripción detallada de los algoritmos, correcciones realizadas y nuevos parámetros se presenta en la sección «Algoritmos del programa y cambios de la versión 2026».

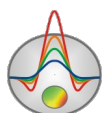
- Regularización por suavidad en la inversión unidimensional y en Pseudo 2D/3D: ahora se añade una pequeña adición estabilizadora a la matriz C^TC , y no a las filas del operador C , por lo que ya no distorsiona las diferencias de capas adyacentes.
- Fuente controlada (CSAMT/CSRMT): corregido el signo de las corrientes de desplazamiento, corregida la asignación de memoria (fallo al trabajar en un solo núcleo y al omitir la primera frecuencia), acelerada la suma de integrales de Hankel (mismo filtro), derivadas verificadas por diferencias finitas.
- La matriz de correlación para datos con fuente controlada ahora se calcula mediante derivadas para la fuente, y no mediante derivadas de onda plana.
- La búsqueda global (nube de equivalencia) tiene en cuenta la fase con espesores fijos y funciona correctamente cuando solo se ajustan los espesores.
- La lectura de archivos EDI se realiza desde memoria en un solo paso por disco; el formato y el conjunto de bloques admitidos no han cambiado.
- El suavizado de datos (Smoothing settings) y AK MT-Corrector han sido acelerados; corregidos errores de selección de componentes y límites del rango de frecuencias.
- Inversión Pseudo 2D/3D: operador rápido, matriz de Gram por bloques, solver de banda directo y preconditionador de Jacobi por bloques; corregido el tratamiento del corrimiento estático.

Requisitos del sistema

El programa «ZondMT1D» puede instalarse en un ordenador con sistema operativo Windows XP o superior. Parámetros recomendados del sistema: procesador P IV-2 GHz, 512 Mb de memoria, resolución de pantalla 1024 X 768, modo de color - True color. (No se debe cambiar la resolución de pantalla en modo de trabajo con datos).

Instalación y desinstalación del programa

El programa «ZondMT1D» se suministra a través de internet. El paquete de suministro incluye este Manual. Las últimas actualizaciones del programa puede descargarlas en el sitio web www.zond-geo.com.



Para instalar el programa, cópielo en el directorio deseado (por ejemplo, «Zond»). Para instalar una actualización, simplemente sobrescriba la nueva versión del programa sobre la anterior.

Antes del primer lanzamiento del programa es necesario instalar el controlador de la llave de protección SenseLock. Para ello, abra la carpeta SenseLock (el controlador puede descargarse en el sitio web) y ejecute el archivo InstWiz32.exe. Después de instalar el controlador, inserte la llave. Si todo está en orden, en el panel inferior del sistema aparecerá un mensaje indicando que la llave ha sido detectada.

Para desinstalar el programa, elimine la carpeta de trabajo del programa.

Notaciones convencionales adoptadas en el programa

Ro_a – resistividad aparente.

Phi - fase de la impedancia, en grados. Número positivo (1er cuadrante, 0-90 grados).

Periodo, magnitud inversa a la frecuencia en la que se realizó la medición, en segundos.

Pseudopropundidad – profundidad aproximada de investigación, relacionada con el espesor de la capa superficial (skin depth).

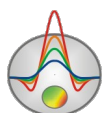
Todas las magnitudes geométricas del programa se definen en kilómetros.

Creación y apertura de archivo de datos

Para comenzar a trabajar con el programa «ZondMT1D» es necesario crear un archivo de datos de un formato determinado, que contenga información sobre los periodos de medición (en segundos) y los valores de resistividad aparente y fase. Normalmente, un archivo contiene datos de un perfil de observaciones.

Como elemento de datos en el programa «ZondMT1D» se considera la curva de dependencia de la resistividad aparente o de la fase respecto al periodo. Por lo tanto, los datos deben presentarse como un conjunto de curvas de sondeo.

Field data files	Abrir archivo de datos formato Zond, USF o MT
Project data files	Abrir archivo de proyecto formato Zond
Model data files	Abrir archivo de modelo



EDI data files	Abrir archivo formato EDI
J data files	Abrir archivo formato J
StrataGem data files	Abrir archivo StrataGem (*.*)
Zonge AVG files	Cargar archivo de texto con extensión AVG, que contiene resultados de mediciones, obtenidos con equipamiento Zonge
EDI packet	Cargar archivo con datos por lotes formato EDI. Esta variante de EDI se utiliza con poca frecuencia

Los archivos de texto de datos, organizados en el formato del programa «ZondMT1D», tienen extensión «*.mdf» y «*.mdp». El formato del archivo de datos se describe detalladamente en la sección formato del archivo de datos.

Para el correcto funcionamiento del programa, el archivo de datos no debe contener:

- curvas con menos de 3 períodos
- símbolos no convencionales que separan los registros en la línea (use TAB o SPACE)
- valores absurdos de los parámetros de medición

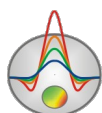
Es deseable que el número total de mediciones contenidas en un archivo no exceda de 50000, esto afecta la velocidad de trabajo. Al abrir un archivo con extensión «*.mdp» se cargan no solo los datos de campo, sino también el modelo correspondiente a la interpretación previamente realizada.

También el programa soporta los formatos de datos más populares: EDI, Stratagem y archivos J. Para abrir estos archivos seleccione el ítem correspondiente en el menú desplegable. Con el ítem Field data file seleccionado, el programa también permite importar archivos USF (Universal soundings format) y *.mt.

En el caso de que el archivo original no contenga datos sobre las coordenadas de las estaciones, al abrir el archivo aparece la ventana Stations locations (Fig. 1). En esta ventana el usuario puede ingresar las coordenadas de los puntos manualmente, copiarlas desde Excel o cargar un archivo de texto con coordenadas usando el botón .

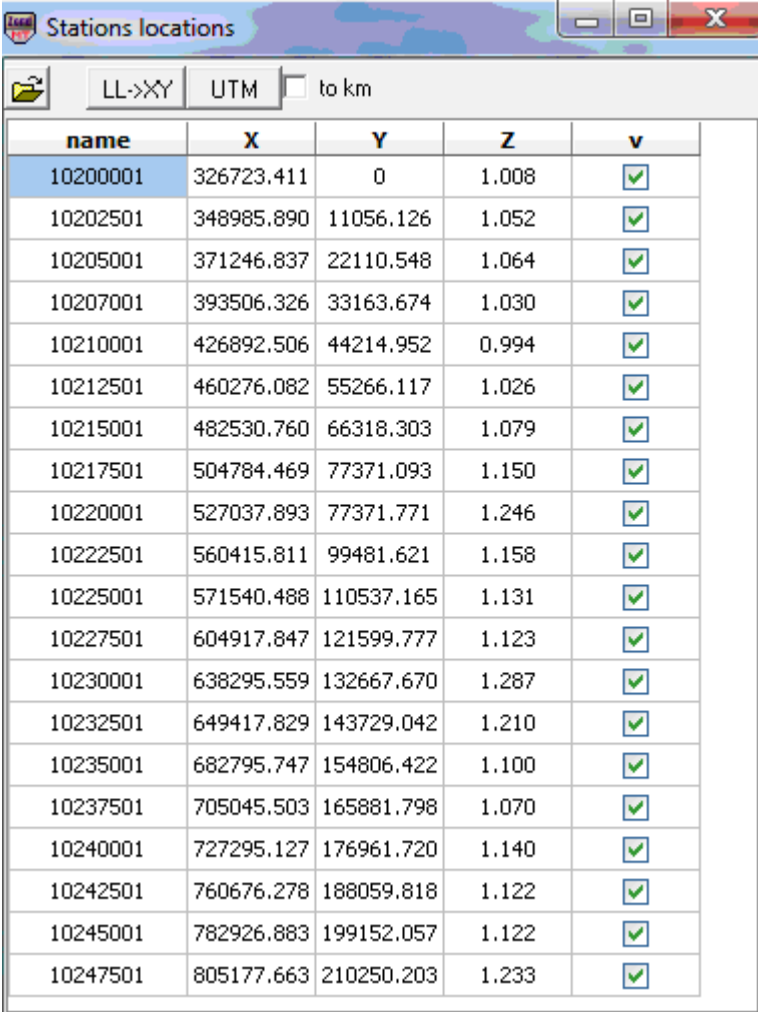
Los botones en la barra de herramientas permiten realizar las siguientes transformaciones de coordenadas:

 - recalcular coordenadas geográficas a rectangulares



☐ UTM - conversión de coordenadas geográficas al sistema UTM

☐ to km - establecer unidades de medida. Por defecto las coordenadas y alturas están dadas en metros, si se activa la casilla – en kilómetros.

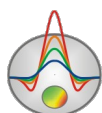


name	X	Y	Z	v
10200001	326723.411	0	1.008	☒
10202501	348985.890	11056.126	1.052	☒
10205001	371246.837	22110.548	1.064	☒
10207001	393506.326	33163.674	1.030	☒
10210001	426892.506	44214.952	0.994	☒
10212501	460276.082	55266.117	1.026	☒
10215001	482530.760	66318.303	1.079	☒
10217501	504784.469	77371.093	1.150	☒
10220001	527037.893	77371.771	1.246	☒
10222501	560415.811	99481.621	1.158	☒
10225001	571540.488	110537.165	1.131	☒
10227501	604917.847	121599.777	1.123	☒
10230001	638295.559	132667.670	1.287	☒
10232501	649417.829	143729.042	1.210	☒
10235001	682795.747	154806.422	1.100	☒
10237501	705045.503	165881.798	1.070	☒
10240001	727295.127	176961.720	1.140	☒
10242501	760676.278	188059.818	1.122	☒
10245001	782926.883	199152.057	1.122	☒
10247501	805177.663	210250.203	1.233	☒

Fig. 1 **Ventana Stations locations. Establecimiento de coordenadas de puntos de sondeo**

La tabla de puntos de sondeo contiene las siguientes columnas: Name – nombre del archivo original, X,Y,Z – coordenadas y altura del punto, v – incluir o excluir el punto.

Establecimiento de la línea de perfil o perfiles para datos areales



Después de cargar los archivos de datos el programa propone establecer la línea/líneas del perfil en la ventana Line settings (Fig. 2), en la cual se muestra la posición de los puntos de sondeo en el área. Se puede establecer una o varias líneas de perfil.

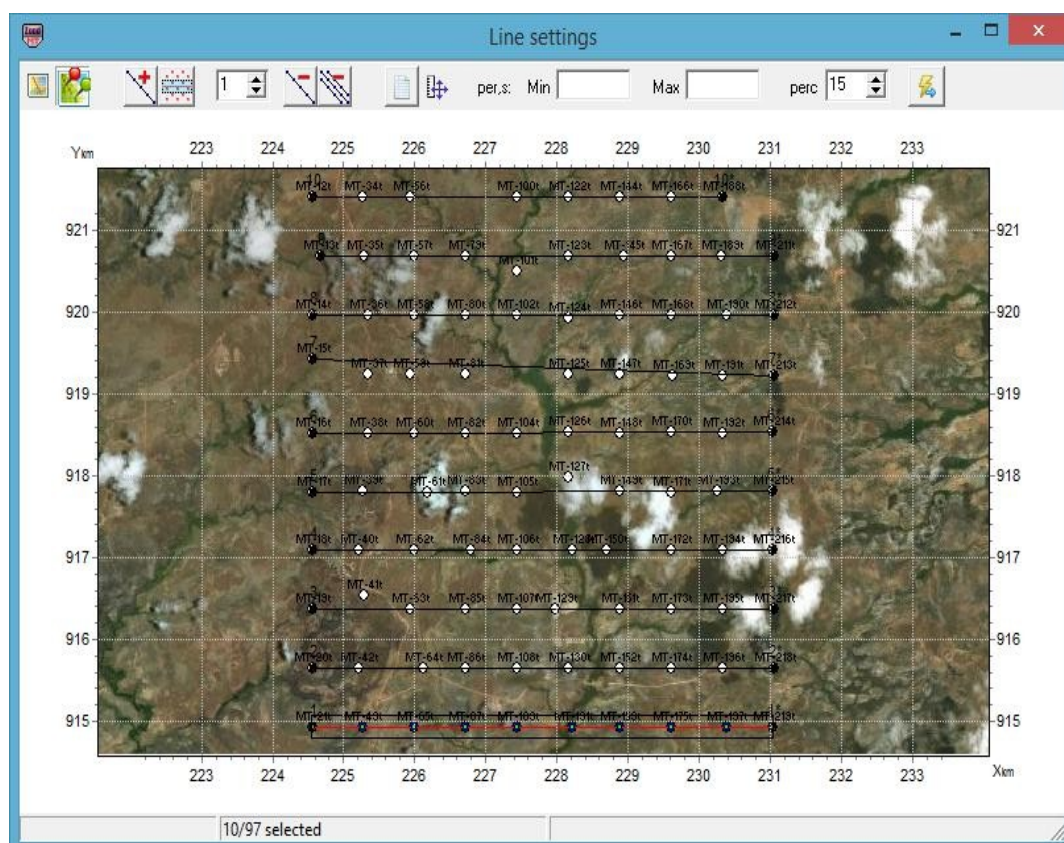
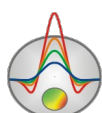
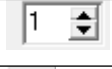


Fig. 2 Ventana de diálogo Line settings para establecer la línea/líneas del perfil, trabajo con datos areales

El panel principal de la ventana contiene las siguientes funciones:

	Cargar archivo ráster de mapa (Load map) o construir isolíneas de relieve (Draw topography).
	Carga el mapa del sitio desde internet. Para ello, las coordenadas de las estaciones deben estar especificadas en coordenadas UTM. En caso de problemas con la carga, introduzca una clave actualizada en el campo Bing maps api_key.
	Agregar línea de perfil. Con el botón izquierdo del ratón se definen los puntos de la línea de perfil, con el botón derecho se define el último punto. El clic derecho del ratón invoca un menú adicional. Al presionar el botón derecho del

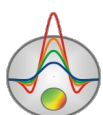


	ratón aparece el menú contextual, que permite establecer las coordenadas de la línea, mantener el cursor cerca de los puntos, invertir la línea y trazar líneas automáticamente.
	Incluir puntos de sondeo en el perfil automáticamente. Los puntos que caen en el área rectangular alrededor de la línea definida.
	Establecer el número del perfil activo.
	Eliminar el perfil actual.
	Eliminar todos los perfiles.
	Abrir y editar la tabla de coordenadas (diálogo Stations locations).
	Seleccionar escala de imagen equiescala o con máximo llenado del área de la ventana.
Frq: Min-Max	Establecer respectivamente la frecuencia mínima y máxima de los sondeos. Las mediciones fuera del rango seleccionado no serán cargadas en el programa.
perc	Establecer el tamaño del área de selección automática de puntos de sondeo en el perfil
	Pasar al modo de inversión de datos para el sistema de perfiles seleccionado

El programa permite definir varios perfiles. Después de establecer el perfil y seleccionar los puntos a lo largo de él, todos los puntos incluidos en el perfil se mostrarán en color azul. También se puede excluir/incluir un punto en el perfil mediante clic con el botón izquierdo del ratón. Si la línea de perfil no pasa directamente por los puntos, entonces la posición de la proyección del punto de sondeo sobre el perfil se mostrará en color verde. Después de establecer el perfil es necesario presionar el botón de paso al modo de interpretación de datos , tras lo cual aparecerá la ventana principal del programa.

Los datos, por regla general, contienen información para los modos TM y TE. Después de la carga aparecerán en la barra de herramientas botones adicionales que permiten seleccionar el tipo de polarización de los datos.

	Utilizar datos del modo TM
	Utilizar datos del modo TE
	Utilizar curvas efectivas (condicionalmente promedio entre TM y TE)



Formato del archivo de datos de texto mdf

El programa representa un formato universal de datos que incluye información sobre las coordenadas y alturas relativas de los puntos de sondeo.

Formato de datos del programa «ZondMT1D» data files (extensión *.mdf).

La primera línea - debe contener la secuencia de períodos (en segundos) en los cuales se realizaron las mediciones (en orden creciente).

A continuación siguen los registros que contienen información sobre cada punto de sondeo en el perfil, agrupados en los bloques descritos a continuación.

Bloque de descripción del punto de sondeo

Primera línea – indicador del inicio del bloque de descripción del punto de sondeo (debe contener el registro «{»).

Segunda línea – nombre del punto de sondeo.

Tercera línea – parámetros adicionales del sondeo.

Primer registro - coordenada del punto de sondeo a lo largo del perfil, segundo registro – elevación del relieve (número positivo; la altura mínima se toma igual a 0, las demás se calculan como elevaciones sobre ella (en metros)).

Las líneas cuarta y quinta contienen las mediciones de campo propiamente dichas.

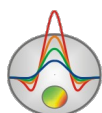
Cada una de las líneas descritas debe comenzar con un registro-clave que indica al programa a qué tipo de datos referir los valores que le siguen.

Valores de las claves de control que controlan el tipo de datos:

«Ro_a» – Resistividad aparente.

«Phi» – Fase de la impedancia (debe ser un número positivo).

Si al sufijo se añade «_w», en esta línea se especifican los pesos de las mediciones individuales.



El número y secuencia de registros en las líneas debe corresponder estrictamente al sistema de observaciones descrito en la segunda y tercera línea del archivo. En ausencia de medición en algún período, su valor se reemplaza con el símbolo «*».

Sexta línea – indicador de fin del bloque de descripción del punto de sondeo (debe contener el registro «}»).

El registro de las estaciones debe realizarse en la secuencia en que están ubicadas en el perfil (en orden creciente de coordenada).

Al trabajar con fuente controlada, según el esquema mostrado en Fig. 3, en la primera línea del archivo se debe escribir la palabra clave: controlled source. A continuación de la clave es necesario introducir secuencialmente las coordenadas del inicio y fin de la línea de alimentación: Ax Ay Bx By.

Por ejemplo:

controlled source AB= -10000 -1000 -10000 1000

Además, en el bloque de descripción de la estación, después de la línea con las coordenadas, es necesario introducir la posición de la línea receptora y de la antenna. Por ejemplo:

EMN= 0 -0.5 0 0.5 Hc= 0 0 Hdir= 1 0

Donde EMN – cuatro registros – inicio y fin de la línea receptora Mx My Nx Ny, Hc – coordenadas X e Y de la antena magnética y Hdir – cosenos directores de la antena.

```
{
station1
0.0 1.0
EMN= 0 -0.5 0 0.5 Hc= 0 0 Hdir= 1 0
ro_a 37.016 36.857 44.230 48.167 52.694 61.749 72.687 76.278 79.726 83.422
phi 49.985 43.093 37.668 36.851 36.516 36.915 38.421 39.039 39.749 41.216
}
```

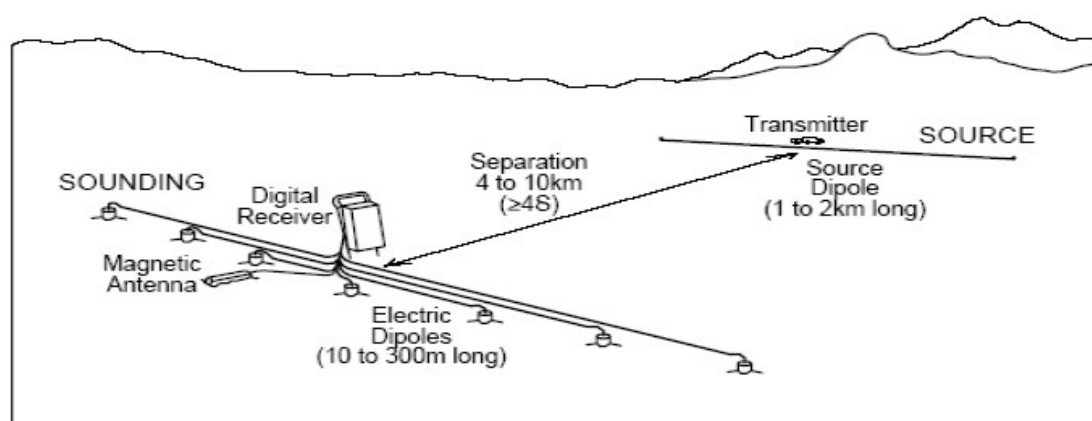
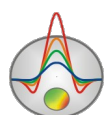


Fig. 3

Esquema de sondeo con fuente controlada



Diálogo de entrada de datos de campo (MT Notepad)

El diálogo está destinado a la introducción de nuevos datos y está accesible en el menú principal del programa File/MT Notepad. En Fig. 4 se muestra la ventana de diálogo de la opción MT Notepad.

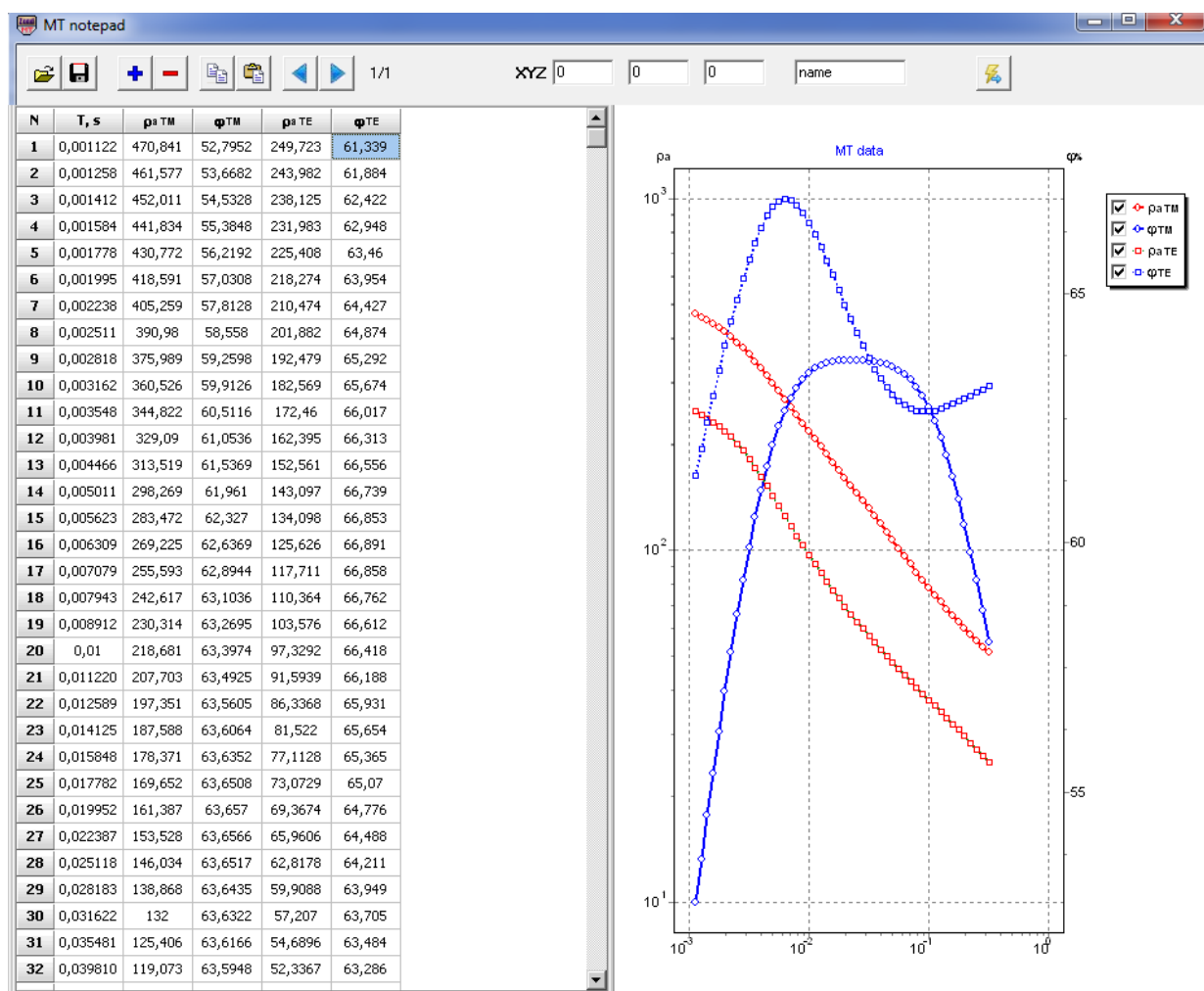
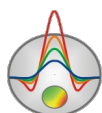


Fig. 4 Ventana de diálogo MT Notepad

La barra de herramientas de la ventana contiene los siguientes botones:

	Abrir archivo de datos para un sondeo o base de datos para varios en formato *.txt
	Guardar archivo para un sondeo o base de datos para varios sondeos en formato *.txt



	Añadir punto de sondeo
	Eliminar punto de sondeo actual
	Copiar datos al búfer
	Pegar datos en la estación actual desde el búfer
	Ir al punto vecino
	Formar proyecto y pasar al modo de interpretación

Los datos pueden copiarse en la tabla desde la aplicación MS Excel.

En el campo XYZ es necesario especificar las coordenadas del punto de sondeo, así como el nombre del punto (campo «name» en Fig. 4).

En el área izquierda de la ventana se encuentra una tabla que contiene las siguientes columnas: la primera columna T,s – periodo en segundos, luego siguen las columnas que contienen los valores de resistividad aparente (ρ_a^{TM} y ρ_a^{TE}) y fases de la impedancia (ϕ^{TM} y ϕ^{TE}) para las frecuencias correspondientes.

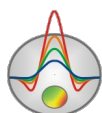
Utilice el botón  para crear los siguientes puntos de sondeo. Una vez establecidos todos los parámetros, presione el botón  para pasar a la inversión.

Guardado de resultados de interpretación

El resultado de interpretación del perfil de datos se almacena en el archivo «ZondMT1D» project files (extensión *.mdp). En este archivo se guarda el nombre del archivo con datos de campo, los parámetros ajustados y los límites de variación de parámetros para cada punto de sondeo y muchos otros ajustes. Guardar el resultado de la interpretación, se puede presionando el botón  de la barra de herramientas o el elemento de menú correspondiente (File/Save data). Con la opción de autoguardado activada, el resultado de la interpretación se guardará automáticamente tras el intervalo de tiempo establecido.

Variantes posibles de guardado de datos:

Project data files	Guardar el proyecto actual en archivo mdp.
Field data files	Guardar los valores medidos en archivo de texto mdf
XYZ model file	Guardar el modelo del medio en archivo tabular



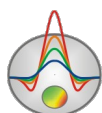
Section file	Guardar el modelo actual en formato sec (imagen gráfica con referencia de esquinas). Este tipo de archivo puede utilizarse como base.
Project with calculated	Guardar el proyecto actual en archivo, reemplazando los datos observados por los calculados.

Exportación de datos

El programa «ZondMT1D» permite exportar datos a formato MS Excel, Auto CAD, así como crear archivos para uso en otros programas Zond. Esta función está accesible en la pestaña File/Export to.

Están disponibles las siguientes opciones de exportación:

Excel report	Crear un archivo que contenga información de informe para cada punto de sondeo, información sobre la distribución en frecuencia de los valores medidos y calculados de resistividad aparente y fase de la impedancia, coordenadas del punto de sondeo, etc.
Excel map	Crear un archivo que contenga el nombre de las estaciones, sus coordenadas y valores de resistividad (calculados) y posición de la base para cada una de las capas en cada punto de sondeo (conveniente para construir mapas de distribución areal del parámetro).
Pseudo BH data	Crear un archivo crt que contenga los resultados de interpretación en forma de columnas de sondeos. Este archivo puede ser abierto en otro programa Zond para comparación.
SEG-Y file	Exportar el modelo a archivo en formato Seg-Y.
CAD section	Exportar modelos a archivo del programa AutoCad en formato *.dxf.
MOD1D file	Guardar el modelo en archivo con extensión *.mod1d para su uso posterior en otros programas Zond.
Joint_inv file	Crear un archivo de datos para inversión conjunta, que puede ser utilizado por otros programas unidimensionales Zond.



--	--

Al seleccionar la opción Export/Pseudo BH data se crea un conjunto de datos en formato de datos de registro y litología. Estos datos son convenientes para usar como, por ejemplo, de referencia al interpretar otros métodos en programas Zond, o al interpretar datos de perfiles adyacentes. En este caso, los datos se cargan como columnas litológicas, cuya escala de color corresponde a los valores de resistividad (Fig. 5).

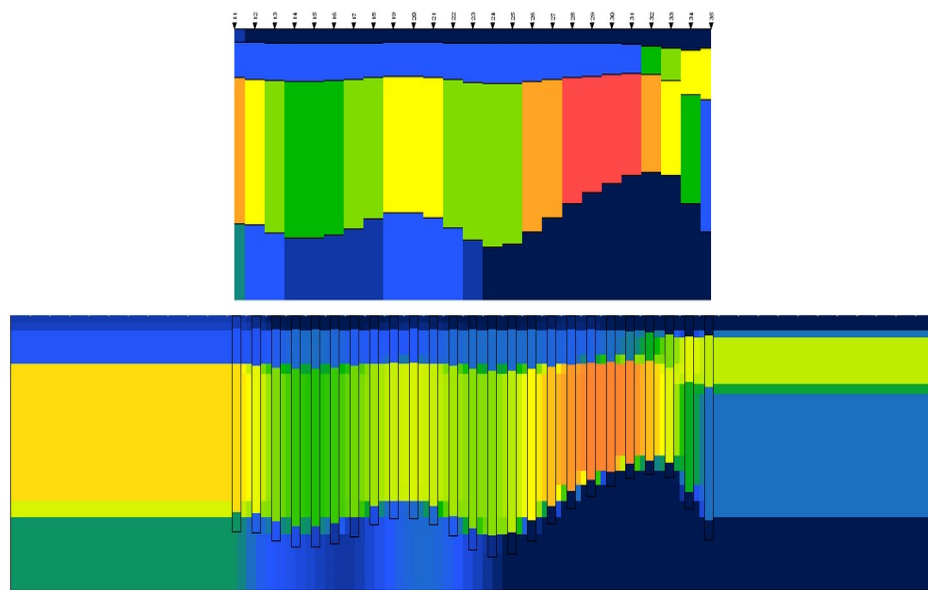


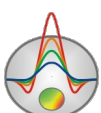
Fig. 5 **Ejemplo de uso de la opción Export/Pseudo BH data**

Para comparar los resultados de diferentes métodos, también se puede utilizar la función de exportación MOD1D file. Al utilizar este archivo en otro programa Zond o para otro perfil en un levantamiento de área, el modelo guardado de esta manera se cargará como un nuevo modelo.

Orden de trabajo con el programa

Ventana principal del programa

Después de cargar exitosamente el(los) archivo(s), en la barra de herramientas de la ventana principal del programa se activan los botones funcionales para trabajar con los datos, y en la sección derecha de la barra de estado aparece información breve sobre el primer punto de sondeo



(Fig. 6). Al mover el cursor del ratón sobre las ventanas creadas durante el trabajo con el programa, en la sección izquierda de la barra de estado de la ventana principal del programa se muestran las coordenadas correspondientes a los ejes propios de esa ventana. Al presionar el primer botón del sistema de la ventana , designado en el plano como "configuración de objetos", se invoca un menú contextual que permite llamar el diálogo de configuración para cada uno de los objetos contenidos en la ventana. El orden de edición de los objetos se describe detalladamente en las secciones correspondientes (Editor de modelo, Sección, Tabla de parámetros, Pseudosección, Gráficos de perfilado, Gráfico de curvas teóricas y experimentales).

El segundo  y tercer  botones permiten desplazarse de un punto de sondeo a otro.

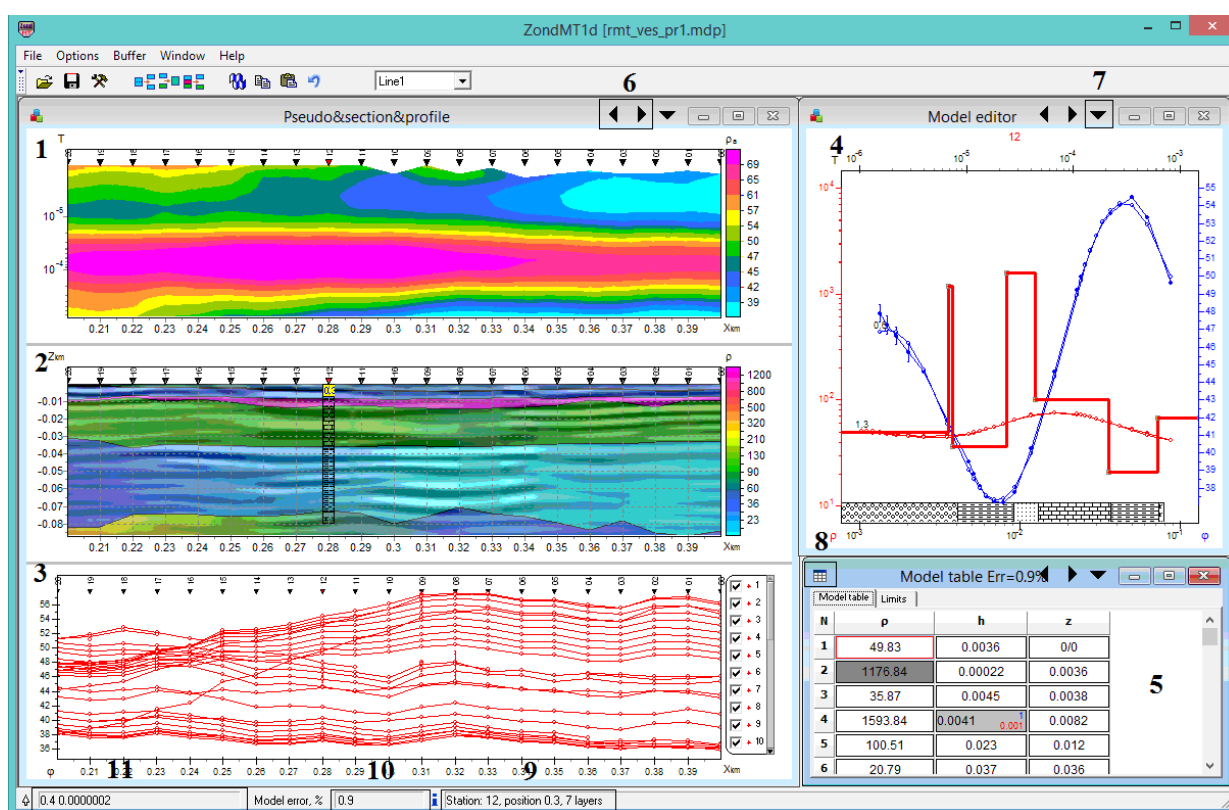
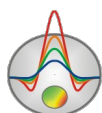


Fig. 6 Ventana principal del programa. Los números marcan las siguientes ventanas:
1 – pseudosección, 2 – sección, 3 – gráficos de perfilado, 4 – editor de modelo, 5 – tabla de parámetros; 6 – botones de transición de un punto a otro, 7 – botón de configuración de objetos, 8 – botón de opciones adicionales, 9 – información sobre el punto de sondeo, 10 – error de ajuste, 11 – posición del cursor

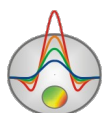


Barra de herramientas de la ventana principal del programa

La barra de herramientas sirve para invocar rápidamente las funciones más utilizadas en el programa. Contiene los siguientes botones funcionales (de izquierda a derecha):

	Abrir archivo de datos o proyecto
	Guardar resultados de interpretación u otros datos.
	Abrir el diálogo de configuración de parámetros del programa.
	Combinar dos capas en una con espesor igual al espesor total de ambas.
	Agregar capa. La capa seleccionada por el usuario se divide en dos con espesores iguales (en escala logarítmica).
	Eliminar la capa seleccionada.
	Al hacer clic con el botón derecho del ratón: mostrar un menú emergente en el que se debe elegir para qué puntos se ejecutará la inversión: current – para el punto actual, to end – desde el punto actual hasta el final del perfil, to start – desde el punto actual hasta el inicio del perfil. Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón: iniciar la inversión en la dirección seleccionada o para el punto actual.
	Copiar al búfer el modelo en el picket actual.
	El botón derecho del ratón llama al menú emergente con las siguientes opciones: To end - copiar el modelo del búfer al punto actual y todas las estaciones posteriores (hasta el final del perfil); To start - copiar el modelo del búfer al punto actual y todas las estaciones anteriores (hasta el inicio del perfil); unfixed only – copiar solo los parámetros no fijados.
	Deshacer la última acción en la estación actual.
	Selección de perfil (al trabajar con datos de área).
	Usar datos del modo TM.
	Usar datos del modo TE.
	Usar curvas efectivas.

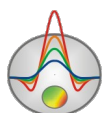
Menú de funciones de la ventana principal del programa



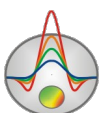
Si es necesario durante el trabajo con el programa invocar ayuda sobre una u otra función del menú, esto se hace haciendo clic con el botón derecho del ratón en esa opción.

A continuación se enumeran los nombres de los elementos del menú y su propósito:

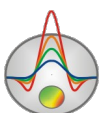
File	MT Notepad	Abrir diálogo de entrada de datos de campo (más detalles).
File	Open data	Abrir archivo de datos o proyecto de formato «*.mdf», «*.mdp» o archivos de otros formatos compatibles.
File	Save data	Guardar resultado de interpretación u otros datos.
File	Edit data	Abrir el archivo de datos utilizado por el programa en el editor Notepad.
File	Project information	Agregar información sobre el proyecto actual (Nombre de la compañía, lugar de realización de los trabajos, nombre del proyecto, equipo, operador, información adicional, etc.).
File	Program setup	Abrir diálogo de configuración de parámetros del programa (más detalles).
File	Units in file	Indicar las unidades de medida en el archivo de datos (metros o kilómetros).
File	Export to	Exportar datos o modelo a (más detalles).
File	Load MOD1D/2D	Cargar modelo desde otro programa Zond u otro perfil en formato MOD1D o MOD2D.
File	Print preview	Abrir diálogo de impresión de modelo o datos (más detalles).
File	Recent	Abrir uno de los proyectos abiertos anteriormente.
File	Exit	Salir del programa.
Options	Set lines/coordinates	Establecer línea de perfil(es) (al trabajar con datos de área) (más detalles).
Options	Plane data	Mostrar plano de isolíneas del parámetro seleccionado. (para datos de área) (más detalles).
Options	3D fence diagram	Invocar el diálogo de visualización de modelo volumétrico. Funciona con datos de área (más detalles).
Options	Geological editor	Invoca el editor poligonal de sección, que permite superponer fácilmente objetos geológicos sobre los resultados de la interpretación geofísica (más detalles).



Options	Boreholes	Contiene submenú con opciones para trabajar con datos de pozo.
Options	Boreholes/Create/Edit borehole data	Abrir diálogo de creación (o edición) de columnas de información de pozo (más detalles)
Options	Boreholes/Load borehole data	Cargar datos de pozo desde un archivo de formato especial. Este archivo debe haber sido guardado previamente en este u otro programa Zond. De esta manera se facilita el intercambio de información de pozos entre diferentes proyectos o programas
Options	Boreholes/Remove borehole data	Eliminar los datos de litología o de diagráfia del proyecto.
Options	Invert&apriori	Contiene un submenú con opciones adicionales para la inversión y el control de la información a priori.
Options	Invert&apriori/Load boundaries	Cargar bordes a priori desde un archivo de texto.
Options	Invert&apriori/Set boundaries	Invoca un diálogo auxiliar para incorporar un conjunto de límites a priori en la sección. Si se cuenta con información precisa sobre la geometría de los horizontes geoeléctricos, se pueden introducir con el ratón. Al utilizar límites a priori se recomiendan las siguientes configuraciones: smooth inversion, m0=median (más detalles).
Options	Invert&apriori/Smooth model	Suavizar el modelo actual en las direcciones horizontal y vertical (más detalles).
Options	Invert&Apriori/ Global search	Procedimiento de búsqueda del mínimo global de la solución. Para ejecutar exitosamente este procedimiento se deben establecer límites generales e individuales de variación de los parámetros. El procedimiento no garantiza alcanzar el mínimo global real de la solución y el éxito de su aplicación depende de los límites de variación de los parámetros correctamente establecidos.
Options	Data operations	Contiene un submenú con opciones para el procesamiento de datos observados (más detalles).
Options	Data operations/Denoise data	Procedimiento de corrección automática de datos observados. En esta variante se eliminan únicamente los



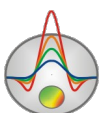
		picos bruscos en las curvas. Se aplica a todo el perfil. Se recomienda guardar previamente los datos originales.
Options	Data operations/Smooth data	Procedimiento de corrección automática de los datos observados. En esta variante se eliminan los saltos bruscos y se realiza un suavizado ligero de las curvas. Se aplica a todo el perfil. Se recomienda guardar previamente los datos originales.
Options	Data operations/2D smoothing	Procedimiento de corrección automática bidimensional de los datos observados. A diferencia de las variantes anteriores, el análisis utiliza las características de las curvas de sondeo vecinas y suprime los corrimientos galvánicos de las curvas de resistividad aparente. El procedimiento se aplica a todo el perfil. Se recomienda guardar previamente los datos originales.
Options	Data operations/Correct phases	Realizar la corrección de las curvas de fase. Esto es necesario para que los valores de fase se encuentren en el primer cuadrante (0-90).
Options	Data operations/Recalc eff data	Recalcular los valores de las impedancias efectivas. Es necesario utilizar esta opción si los procedimientos de procesamiento se aplicaron a los componentes de los datos y se planifica la inversión de las impedancias efectivas.
Options	Data operations/Return original data	Volver a los datos originales (antes del procesamiento).
Options	BiLog scale 1:1	Establece una escala bilogarítmica para los gráficos que muestran curvas de sondeo individuales.
Options	Cumulative resistance	Mostrar el gráfico de resistencia integral del modelo.
Options	Controlled source settings	Configuración de los parámetros de la fuente controlada (al trabajar con los métodos CSRMT y CSAMT) (más detalles).
Options	VES data	Contiene un submenú para trabajar con datos de sondeo eléctrico vertical (inversión conjunta).
Options	Load VES data	Cargar datos VES (más detalles).
Options	Remove VES data	Eliminar datos del SEV.



Options	Joint inversion	Activar el modo de inversión conjunta con datos de SEV.
Options	Display VES Plot	Mostrar la ventana con las curvas VES para la estación actual.
Buffer	Model 1,2...5	Guardar o cargar desde el portapapeles el modelo.
Buffer	Open	Abrir en una ventana todos los modelos guardados en el buffer para la estación actual (más detalles).
Window	Tile vertical	Ordenamiento vertical de ventanas.
Window	Tile horizontal	Organización horizontal de las ventanas.
Window	MT "Standard"	Carga del estilo "Standard".
Window	MT "Interpretation"	Carga del estilo "Interpretation".
Window	MT "Vision"	Carga del estilo "Vision".
Window	Default	Disponer las ventanas por defecto para el estilo dado
Help	About	Acerca del programa.
Help	Manual	Mostrar el manual de instrucciones del programa.
Help	Check for updates	Comprobar actualizaciones del programa
Help	Error! Clear setting	Reiniciar el programa al producirse un error
Help	Bing maps api_key	Si la carga automática del mapa desde internet no funciona, entonces el api-key actual del programa ha superado el límite permitido de solicitudes. Recomendamos crear un api-key propio en la cuenta de Bing e introducirlo en el campo de entrada de esta opción.
Help	Show news	Mostrar anuncios de noticias de Zond Software.
Help	Send message to us	Enviar un mensaje a los desarrolladores. El mensaje debe estar escrito en transliteración.

Teclas de acceso rápido

[Space]	Invocar el procedimiento de ajuste automático del modelo para la estación dada
[S]	Agregar capa. La capa seleccionada por el usuario se divide en dos con espesores iguales (en escala logarítmica).
[M]	Combinar dos capas en una con espesor igual al espesor total de ambas.
[D]	Eliminar la capa seleccionada.



->	Desplazarse a la siguiente estación
<-	Desplazarse a la estación anterior
[Escape]	Interrumpir el proceso de ajuste automático.

Biblioteca de estilos del programa

Para seleccionar utilice la pestaña Window del menú de funciones de la ventana principal del programa. La biblioteca contiene 3 variantes de configuración de objetos.

Al usar el estilo Standard el usuario opera simultáneamente con cuatro ventanas: la primera ventana contiene la pseudosección, la sección y los gráficos de perfilado (con posibilidad de seleccionar el parámetro a visualizar), separados por un separador flotante; en la segunda ventana se ubican los gráficos (de uno a tres) de edición del modelo; en la tercera los gráficos (de uno a tres) de curvas teóricas y experimentales, la cuarta ventana es una tabla de parámetros.

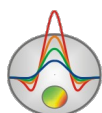
En el estilo Interpretation está ausente el gráfico de curvas teóricas y experimentales y la ventana de gráficos de perfilado.

En el estilo Vision está ausente el gráfico de curvas teóricas y experimentales.

Ventana de propiedades del programa (Program setup)

La ventana permite configurar las opciones de guardado automático del proyecto, asignación del modelo inicial, valores por defecto y parámetros de inversión; se invoca mediante el botón  de la barra de herramientas o el elemento de menú correspondiente (File/Program setup).

Pestaña Options



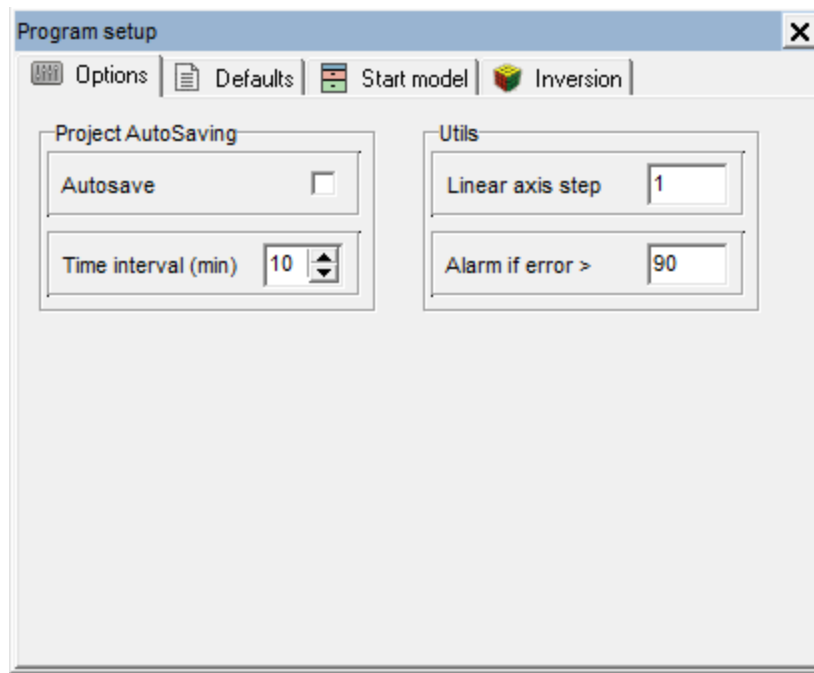


Fig. 7 Ventana Program Setup, pestaña Options

Área Project AutoSaving – establece el modo de guardado automático del proyecto abierto.

Opción Autosave – activa el modo de guardado automático del proyecto abierto con un intervalo de tiempo especificado.

Campo Time interval – establece el intervalo de tiempo en minutos tras el cual ocurre el guardado automático del proyecto (los datos se guardan en un archivo cuyo nombre se forma a partir del nombre del archivo abierto, añadiendo 'Temp').

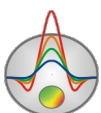
Área Utils – configura parámetros adicionales.

Campo Linear axis step – especifica el paso deseado de división del eje lineal. Esta opción se usa para cambiar la escala de la imagen.

Campo Alarm if error > – invoca un diálogo de confirmación de la inversión de perfil si el error en el punto actual supera el valor especificado en el campo.

Pestaña Default

Esta pestaña está destinada a establecer diversos parámetros utilizados al trabajar con el modelo. Las filas corresponden al tipo de parámetros de capa (propiedades y espesor), las columnas a opciones (Fig. 8).



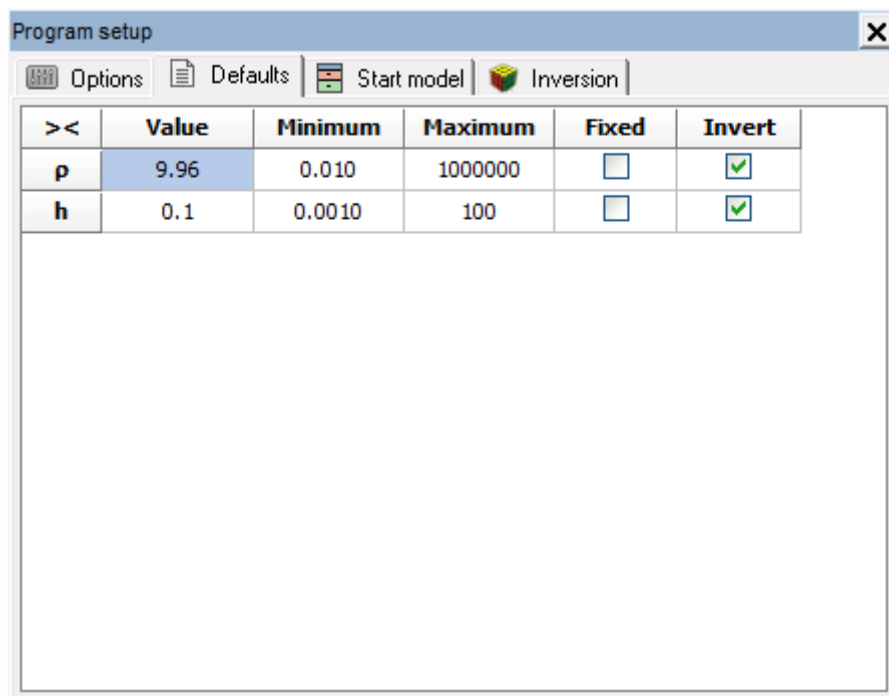


Fig. 8 **Ventana Program Setup, pestaña Defaults**

Primera columna Value – valor por defecto (usado al establecer el modelo inicial).

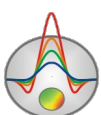
Segunda columna Minimum – valor del límite inferior de variación del parámetro por defecto. Se usa en Global search si no se especifican límites individuales.

Tercera columna Maximum – valor del límite superior de variación del parámetro por defecto. Se usa en Global search si no se especifican límites individuales.

Cuarta columna Fixed – determina si debe fijarse el parámetro de este tipo tras la lectura del archivo de datos de campo. La opción no actúa al cargar un archivo de proyecto.

Quinta columna Invert – determina si debe corregirse el parámetro de este tipo durante el ajuste automático.

Pestaña Start model



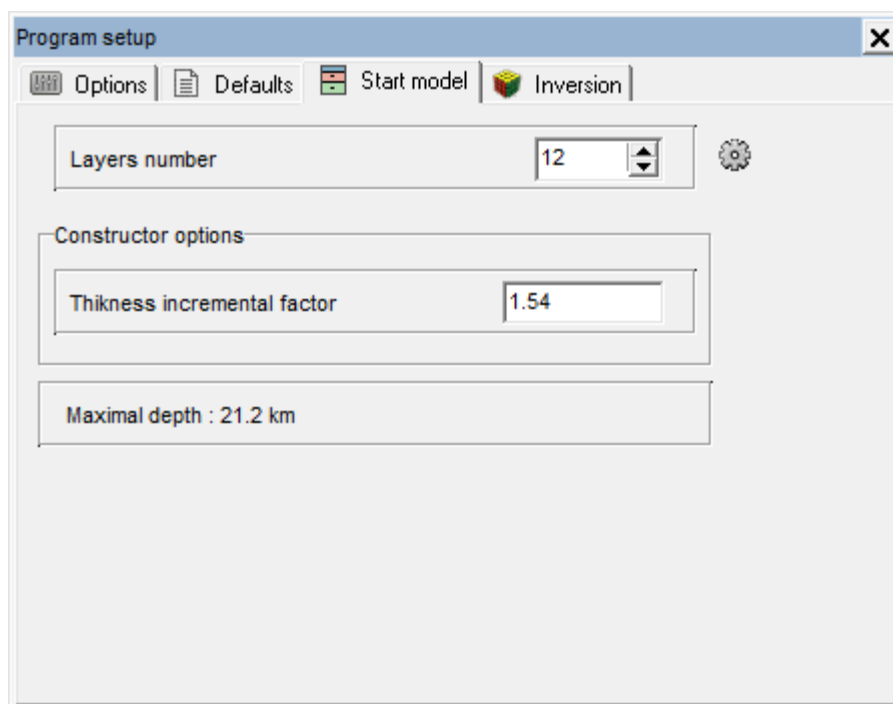


Fig. 9 Ventana Program Setup, pestaña Start model

La pestaña sirve como constructor del modelo inicial para todas las estaciones del perfil.

El número de capas se especifica en el campo Layers number.

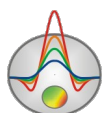
Área Constructor options - contiene opciones destinadas a establecer parámetros iniciales del modelo.

Campo Thickness incremental factor – establece el coeficiente de aumento del espesor de cada capa subsecuente (límites 1 – 4).

Valor Maximal depth – muestra la profundidad máxima para los parámetros actuales de división del constructor del modelo.

Tras establecer los parámetros del modelo inicial se pueden aplicar al proyecto actual sin cerrar la ventana de configuración de parámetros del programa, pulsando el botón .

Pestaña Inversion



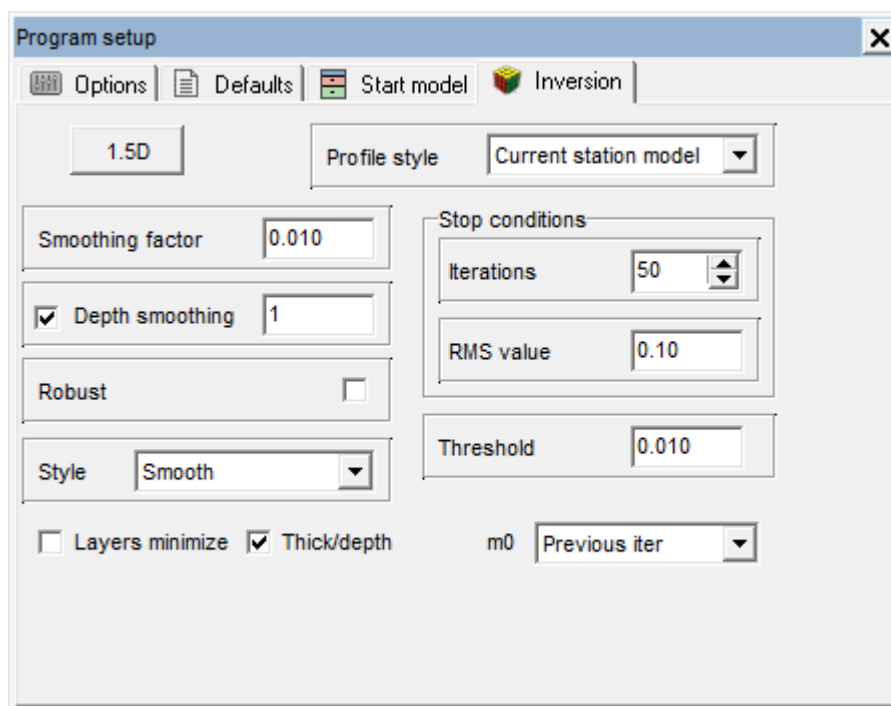


Fig. 10 **Ventana Program Setup, pestaña Inversion**

Campo Profile style – determina el estilo de ajuste automático durante la interpretación de perfil.

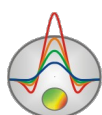
Valor Current station's model – se utiliza como modelo inicial durante el ajuste el modelo en el punto actual.

Valor Start station's model – se utiliza como modelo inicial durante el ajuste el modelo del punto desde el cual comenzó la interpretación.

Valor Previous station's model: como modelo inicial en el ajuste se utiliza el modelo del punto anterior.

Campo Smoothing factor: establece el valor inicial del parámetro de suavizado. El valor de este parámetro depende de muchos factores: el número de condición del jacobiano, la relación señal-ruido en los valores medidos, la cantidad de parámetros del modelo a determinar y se elige empíricamente. Para datos con alto nivel de ruido o para obtener una distribución más suave se eligen valores relativamente grandes del parámetro de suavizado: 0.05 - 10; con alta calidad de las mediciones se utilizan valores: 0.005 - 0.01.

A continuación (Fig. 11) se muestran los modelos obtenidos para tres valores del parámetro de suavizado (0.01 –azul, 0.05 – rojo, 0.1 - negro).



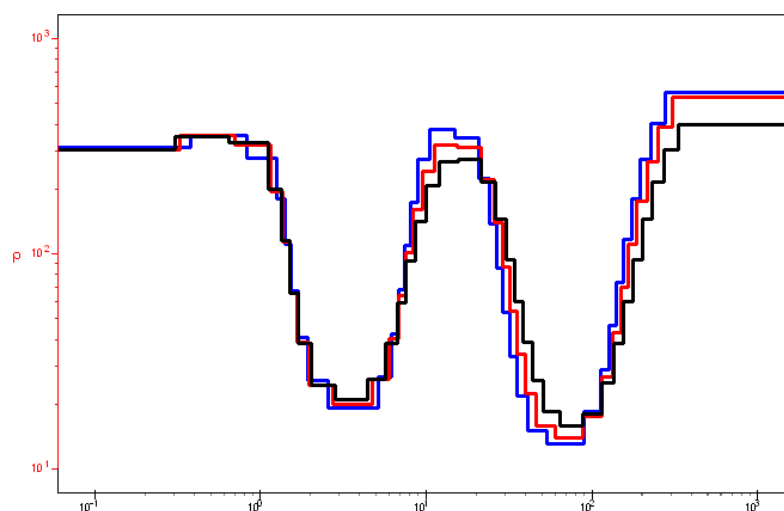


Fig. 11 **Modelos para diferentes valores del parámetro de suavizado Smoothing factor (0.01 –azul, 0.1 – rojo, 1 - negro)**

Área Stop conditions: contiene las condiciones de finalización del ajuste automático en el punto.

Campo de entrada Iteration s: establece el número máximo de iteraciones, al alcanzar el cual el proceso de interpretación automática se detiene.

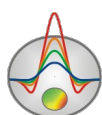
Campo RMS value: establece el error de ajuste mínimo, al alcanzar el cual el proceso de interpretación automática se detiene.

Opción Depth smoothing: determina el grado de suavizado del modelo con la profundidad (si la opción está activada). Cuanto mayor es el valor del parámetro (1 - 10), más se promedian los parámetros de las capas vecinas en la parte profunda del modelo. Se utiliza si en la lista de tipo de inversión Style se ha seleccionado el valor Smooth o Focused cuando hay una fuerte oscilación del modelo con la profundidad.

Opción Robust: esta opción debe activarse si en los datos hay valores atípicos fuertes individuales relacionados con errores de medición.

Opción Style: tipo de procedimiento de recuperación de parámetros de la sección.

Valor Smooth: inversión por el método de mínimos cuadrados utilizando el operador de suavizado y minimización adicional del contraste. Como resultado de la aplicación de este algoritmo se obtiene la distribución más suave de los parámetros. Se recomienda utilizar este tipo de inversión en las etapas iniciales de la interpretación. En este caso, la cantidad de capas en el modelo debe superar significativamente la cantidad de capas del modelo real. Es deseable que la cantidad de capas supere 10, y sus espesores estén fijados.



Valor Standard: inversión por el método de mínimos cuadrados con regularización mediante parámetro de amortiguamiento. El algoritmo permite obtener un modelo del medio con bordes nítidos. El uso descuidado de esta modificación de la inversión a veces puede llevar a obtener resultados inestables o aumento de la desviación cuadrática media. Es mejor aplicar este método como refinamiento, después de realizar la inversión mediante el algoritmo Smooth.

Valor Focused: inversión por el método de mínimos cuadrados utilizando el operador de suavizado y focalización adicional del contraste. Como resultado de la aplicación de este algoritmo se obtiene una distribución suave por partes de los parámetros, es decir, un modelo que consiste en capas con resistividad constante. Se recomienda utilizar este tipo de inversión en las etapas iniciales de la interpretación. En este caso, la cantidad de capas en el modelo debe superar significativamente la cantidad de capas del modelo real. Es deseable que la cantidad de capas supere 10, y sus espesores estén fijados. El uso descuidado de los parámetros de la inversión focalizadora puede llevar a la divergencia del algoritmo y a la obtención de modelos inestables.

En la Fig. 12 se muestran los modelos obtenidos mediante tres algoritmos de inversión (estándar – negro, focalizadora – azul, suave – rojo).

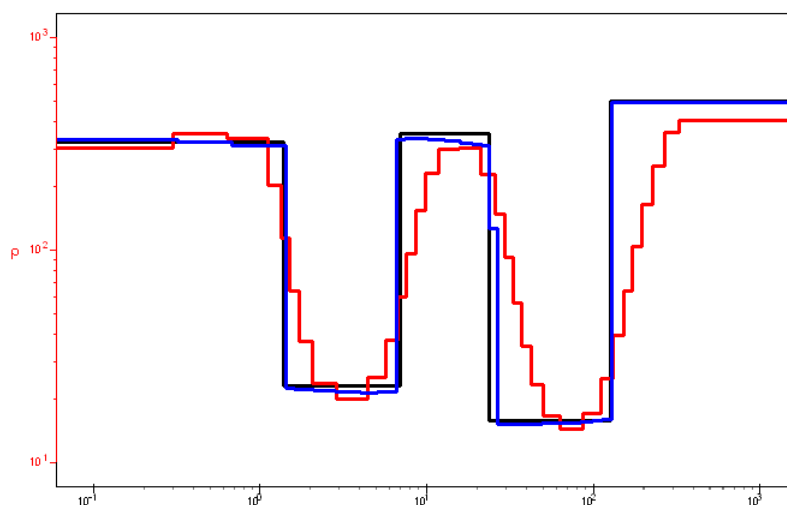
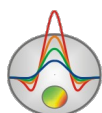


Fig. 12 Modelos obtenidos utilizando diferentes algoritmos de inversión (Standard – negro, Focused – azul, Smooth – rojo)

La opción Threshold establece el valor máximo de contraste entre capas adyacentes, al alcanzarse, los parámetros de estas capas no se promedian entre sí (es decir, se considera que pasa un límite entre las capas). Los valores de este parámetro se eligen empíricamente (0.001-1). La elección de un valor muy pequeño del parámetro puede llevar a la divergencia del algoritmo



(en este caso, se debe aumentar su valor). Valores demasiado grandes del parámetro conducen a obtener una distribución suave.

En la Fig. 13 se muestran los modelos obtenidos para dos valores del parámetro Threshold (0.01 – negro, 0.1 – rojo).

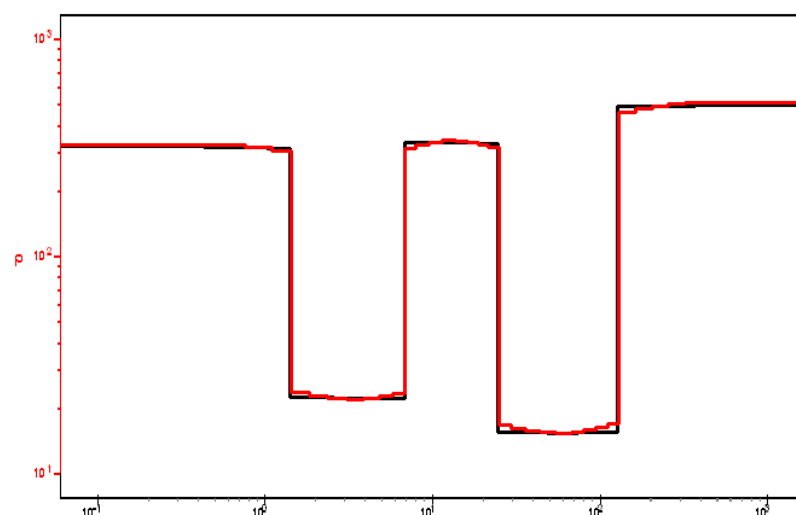


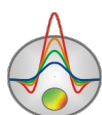
Fig. 13 **Modelos obtenidos para dos valores del parámetro de contraste Threshold (0.01 – negro, 0.1 – rojo)**

La opción Layers minimize activa el modo de minimización del número de capas. Se utiliza en combinación con una sección multicapa y la inversión focalizadora. Algoritmo de minimización del número de capas. Se elige un modelo multicapa (10-15 capas) y la inversión focalizadora (smoothing factor~0.1). Durante la inversión, las capas cercanas en parámetro se unifican y el proceso continúa, pero ya con menor cantidad de capas.

La opción Thick/depth establece el modo de ajuste del espesor (si esta opción está activa) o de la profundidad (si está inactiva). El ajuste de profundidad es útil en caso de que las profundidades de los límites sean conocidas y estén fijadas. En la inversión de perfil de datos con ajuste por profundidad se recomienda establecer previamente límites "por defecto" a las profundidades.

El campo m0 – esta opción tiene una influencia significativa en los resultados de la inversión y define la variante de suavizado que se minimizará durante la inversión, m0 determina el modelo de referencia, y smoothing factor - el grado de proximidad a él.

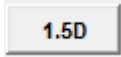
El valor Median model – m0=median model (modelo de referencia es la mediana del modelo actual) se utiliza para obtener el modelo más suave del medio, en la inversión multicapa.



También esta variante debe ser utilizada en la inversión focalizadora o en presencia de límites a priori introducidos. El grado de suavizado se determina por el valor del campo smoothing factor.

El valor Start model – m_0 =start model (modelo de referencia - modelo en la primera iteración, inicial) se utiliza en presencia de un modelo geoelectrico a priori del perfil, si es necesario que la desviación del modelo final respecto al inicial no sea demasiado fuerte. Se utiliza a menudo en la inversión multinivel, cuando después de cada ciclo el modelo se suaviza (por ejemplo, horizontalmente) y se realiza un nuevo ciclo de refinamiento. El grado de proximidad al modelo inicial se determina por el valor del campo smoothing factor.

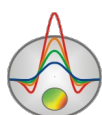
El valor Previous iter - m_0 =previous model (modelo de referencia - modelo en la iteración anterior) se utiliza para obtener modelos con el mejor error de ajuste en la inversión multicapa. En esta variante no se minimiza el suavizado, pero el operador contribuye a un proceso de convergencia más estable. La velocidad de convergencia se determina por el valor del campo smoothing factor.

El botón  invoca el diálogo de configuración del algoritmo especial de inversión de datos de perfil.

Durante el funcionamiento de este algoritmo, el modelo del medio está representado por una sección horizontalmente estratificada o subhorizontalmente estratificada (con límites suavemente variables) en la parte inferior. La parte superior de la sección puede variar fuertemente de un punto a otro (Fig. 14). Para resolver el problema inverso se utilizan varios sondeos adyacentes que tienen una parte inferior común y una parte superior variable. El ajuste se realiza simultáneamente para todas las curvas en la ventana, asignándose mayor peso al punto central en el cálculo del error de ajuste (misfit) (Fig. 15).

ρ_5	ρ_1	ρ_6
ρ_2		
ρ_3		
ρ_4		

Fig. 14 **Modelo del medio en la inversión 1.5D.**



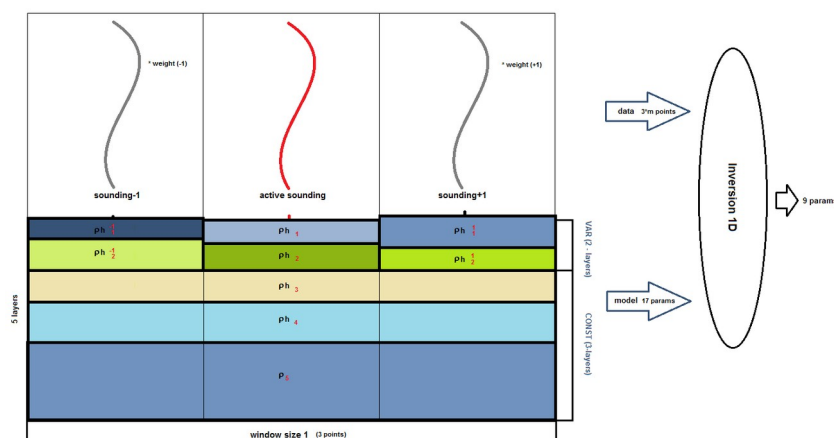
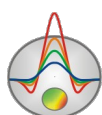


Fig. 15 **Esquema de inversión 1.5D**

Para combatir el P-efecto, a cada curva de la ventana se le asigna un parámetro adicional: el corrimiento. Este parámetro se minimiza para todas las curvas durante el ajuste, reduciendo así sustancialmente la influencia del P-efecto.

El algoritmo propuesto se diferencia de la inversión estándar por los parámetros adicionales y la construcción del operador de suavizado. Los parámetros que modelan el efecto P tienen menor peso en comparación con los demás. Las características principales del algoritmo se presentan a continuación.

- El ajuste se realiza simultáneamente para varias curvas adyacentes, "en ventana", asignando mayor peso al punto central en el cálculo del error de ajuste (misfit)
- El efecto P de cada curva se ajusta durante el proceso de inversión
- A cada curva le corresponde un modelo propio con parte inferior común y parte superior variable



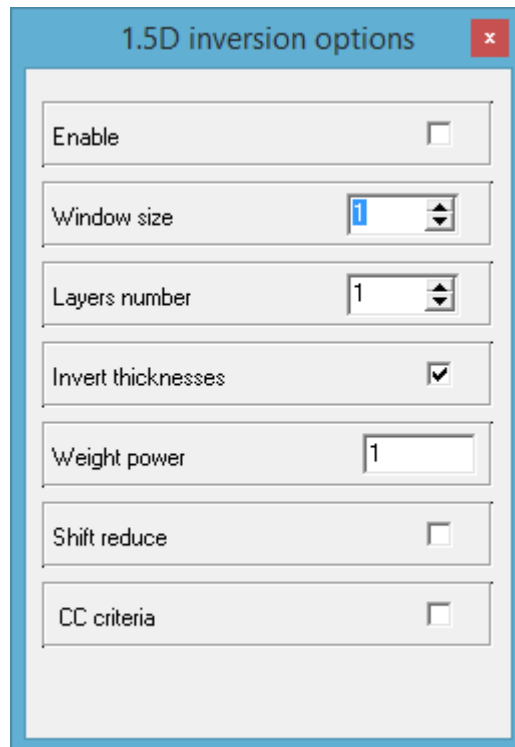


Fig. 16 **Ventana de parámetros de la inversión 1.5D**

La opción Enable activa este algoritmo.

La opción Window size determina el tamaño de la ventana para la cual se aplica el algoritmo. El valor 1 significa 3 sondeos, 2 significa 5 sondeos en la ventana.

La opción Layers number establece el número de capas que modelan la parte superior (heterogénea) de la sección.

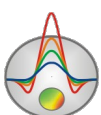
La opción Invert thicknesses indica si se ajustarán los espesores de las primeras capas que modelan la parte superior (heterogénea) de la sección.

La opción Weight power establece el coeficiente de reducción del peso de las curvas en función del grado de alejamiento de la curva central de la ventana (0 - todas las curvas de la ventana tienen el mismo peso).

La opción Shift reduce indica si se tendrá en cuenta el efecto P durante la inversión.

La opción CC criteria utiliza el criterio de correlación común de estaciones vecinas.

En la Fig. 17 se presentan los resultados del algoritmo (A) en comparación con los resultados obtenidos mediante la metodología estándar (B).



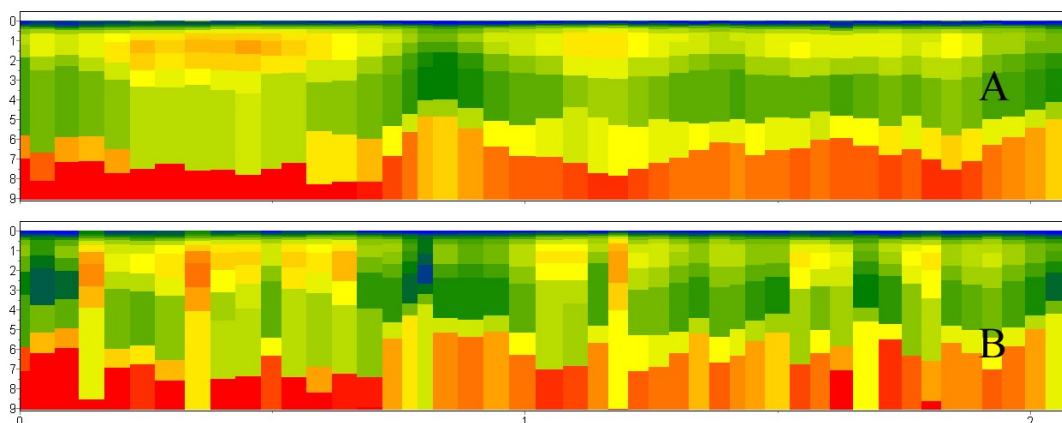


Fig. 17 **Comparación de los resultados de la inversión 1D estándar (B) y la aplicación del algoritmo de inversión 1.5D (A)**

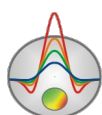
Interpretación de datos de campo

El programa «ZondMT1D» permite resolver las tareas directa e inversa unidimensionales de sondeo MT. El programa realiza el ajuste automático de las resistividades y espesores de las capas. Al mismo tiempo, existe la posibilidad de fijar los parámetros y establecer los límites de sus variaciones, así como determinar la significancia (pesos) de las mediciones individuales.

El modo de interpretación se vuelve disponible después de leer los datos desde el archivo o archivos.

Ajuste automático de parámetros del modelo

Se aplica para el ajuste rápido del modelo de uno o todos los puntos del perfil. El ajuste automático se realiza minimizando la desviación cuadrática media entre la curva calculada y la curva de campo mediante el método de Newton. Presione el botón  con el botón derecho del ratón en la barra de herramientas. Aparecerá un menú emergente en el que es necesario seleccionar para qué puntos se ejecutará la inversión: current – para el punto actual, to end – desde el punto actual hasta el final, to end – desde el punto actual hasta el inicio del perfil. Después de seleccionar los puntos, pulse el botón  con el botón izquierdo del ratón.



La barra de estado muestra información sobre el error de ajuste relativo actual entre la curva calculada y la curva de campo. El ajuste finaliza al alcanzar el error de ajuste relativo especificado entre la curva calculada y la curva de campo o al alcanzar el número de iteraciones especificado (véase la sección Ventana de propiedades del programa).

El ajuste automático no da una solución única, ya que las curvas calculadas pueden ser iguales para varios modelos. Por lo tanto, al realizar el ajuste automático al definir el modelo inicial, es necesario tener en cuenta la información a priori sobre la sección geoelectrica. Si existe información a priori confiable sobre la sección geoelectrica estudiada, es conveniente fijar los parámetros conocidos o limitar el rango de su variación en el modelo inicial, así como agregar límites geológicos.

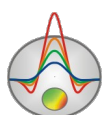
Objetos del programa

La interpretación interactiva se realiza en los objetos: Editor de modelo, Sección, Tabla de parámetros, visualización en los objetos: Pseudosección, Gráficos de perfilado, Gráfico de curvas teóricas y experimentales, que aparecen automáticamente después de cargar los datos.

Editor de modelo (Model editor)

Está destinado a la visualización de curvas de sondeo de campo y calculadas, así como a la visualización y edición de la curva de parámetros del modelo calculado.

En la Fig. 18 se muestra la ventana del editor de modelo. Las curvas roja y azul con círculos rellenos son las curvas experimentales de resistividad aparente (eje rojo izquierdo) y fase de la impedancia (eje azul derecho) en función del período (eje superior). El eje horizontal inferior corresponde a la profundidad (en km) para el modelo, que se representa mediante una línea roja continua.

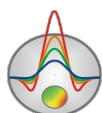


	derecha.
Bad points >>	Asignar peso 0.5 al punto seleccionado y a todos los puntos a su derecha.
Very bad points >>	Asignar peso 0 al punto seleccionado y a todos los puntos a su derecha.
Good points <<	Asignar peso 1 al punto seleccionado y a todos los puntos a su izquierda.
Bad points <<	Asignar peso 0.5 al punto seleccionado y a todos los puntos a su izquierda.
Very bad points <<	Asignar peso 0.5 al punto seleccionado y a todos los puntos a su izquierda.
Delete point	Eliminar punto
Delete point>>	Eliminar punto y todos los puntos a su derecha
Delete point<<	Eliminar punto y todos los puntos a su izquierda

El clic con el botón derecho del ratón en el área del objeto invoca el menú contextual con las siguientes opciones:

Print preview	Invocar el cuadro de diálogo de impresión del gráfico.
Display legend	Mostrar u ocultar la leyenda de los gráficos.
Setup	Invocar el cuadro de diálogo de configuración de parámetros del objeto.

La opción Setup invoca el diálogo de configuración de parámetros de curvas (Fig. 19)



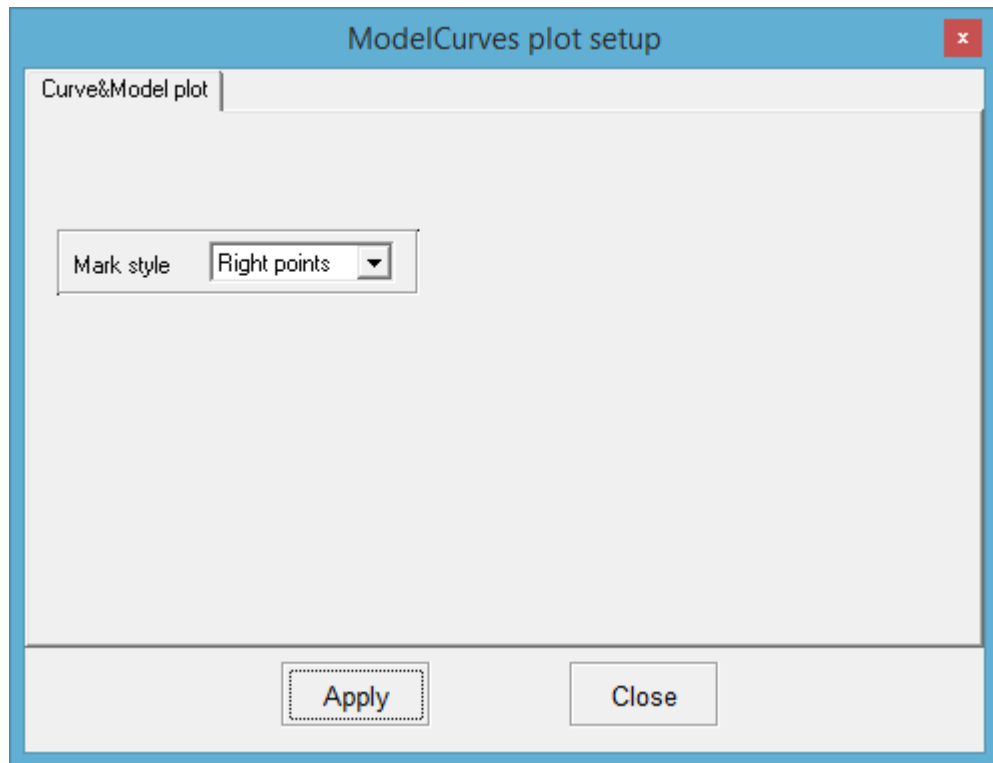
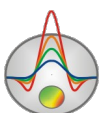


Fig. 19 **Diálogo de configuración de parámetros de curvas**

- El campo Mark Style determina de qué manera dibujar las etiquetas de los gráficos.
- El valor Left points – a la izquierda de los gráficos.
- El valor All points – de punto a punto.
- El valor Right points – a la derecha de los gráficos.
- El valor None – no dibujar etiquetas en los gráficos.

Gráfico de curvas teóricas y experimentales (Data Editor)

Se muestra al seleccionar el estilo Standard (pestaña Window)



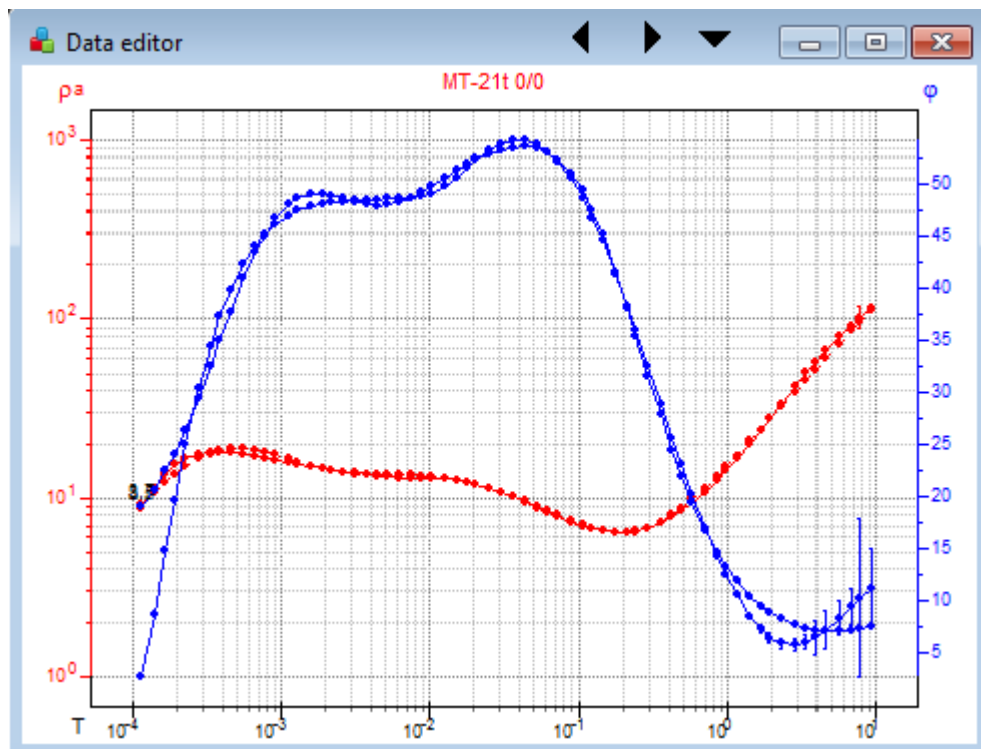
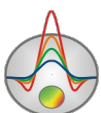


Fig. 20 **Gráfico de curvas teóricas y experimentales**

El doble clic del ratón en el área del objeto invoca el menú contextual con las siguientes opciones:

Print preview	Invocar el cuadro de diálogo de impresión del gráfico.
Display weights	Mostrar u ocultar los pesos de los puntos en los gráficos
Display legend	Mostrar u ocultar la leyenda de los gráficos.
Setup	Invocar el cuadro de diálogo de configuración de parámetros del objeto.

La opción Setup invoca el diálogo de configuración de parámetros de curvas (Fig. 21)



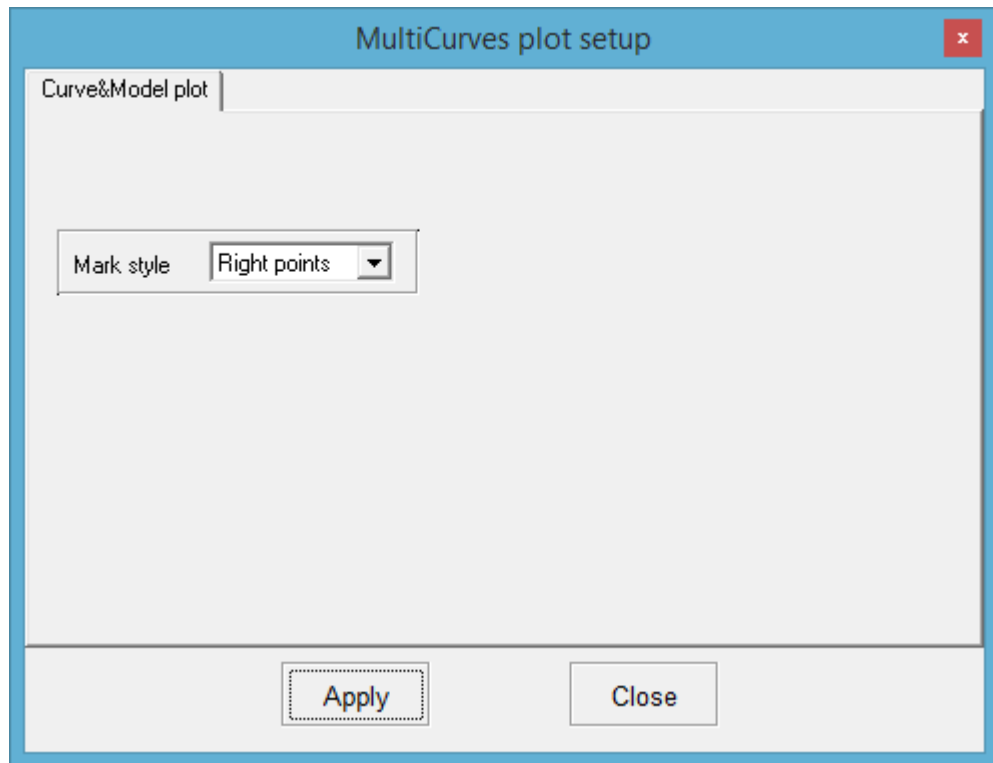


Fig. 21 **Diálogo de configuración de parámetros de curvas**

El campo Mark Style – define cómo dibujar las etiquetas de los gráficos.

El valor Left points – a la izquierda de los gráficos.

El valor All points – de punto a punto.

El valor Right points – a la derecha de los gráficos.

El valor None – no dibujar etiquetas en los gráficos.

El menú contextual adicional se invoca presionando el botón Options  .

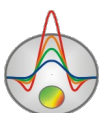
La opción Change orientation permite cambiar el orden de disposición de los gráficos de sondeo para puntos adyacentes: de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha.

La opción MultiCurves Plot Setup (ver Fig. 21) invoca el diálogo de configuración de parámetros de curvas, descrito anteriormente.

La opción Set MultiCurves Plot number permite establecer la cantidad de puntos de sondeo adyacentes para los cuales se muestran las curvas simultáneamente (de 1 a 3).

El clic con el botón derecho del ratón sobre los puntos de las curvas observadas invoca el menú contextual, que permite asignar pesos a los datos observados:

Good point	Asignar peso 1 al punto seleccionado.
Bad point	Asignar peso 0.5 al punto seleccionado.

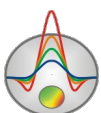


Very bad point	Asignar peso 0 al punto seleccionado.
Good points >>	Asignar peso 1 al punto seleccionado y a todos los puntos a su derecha.
Bad points >>	Asignar peso 0.5 al punto seleccionado y a todos los puntos a su derecha.
Very bad points >>	Asignar peso 0 al punto seleccionado y a todos los puntos a su derecha.
Good points <<	Asignar peso 1 al punto seleccionado y a todos los puntos a su izquierda.
Bad points <<	Asignar peso 0.5 al punto seleccionado y a todos los puntos a su izquierda.
Very bad points <<	Asignar peso 0.5 al punto seleccionado y a todos los puntos a su izquierda.
Delete point	Eliminar punto
Delete point>>	Eliminar punto y todos los puntos a su derecha
Delete point<<	Eliminar punto y todos los puntos a su izquierda
Edit data	Editar curvas

Para mostrar los pesos haga clic en un punto de la curva con el botón izquierdo del ratón manteniendo presionada la tecla ALT. Para ocultar los pesos utilice el botón derecho del ratón manteniendo presionada la tecla ALT.

La asignación de pesos a los puntos desempeña un papel esencial en el ajuste automático de los parámetros del modelo. Los puntos con peso 0 no se tienen en cuenta en el ajuste automático. El peso del punto se determina de la siguiente manera: $= 1 - \text{dispersión}/(\text{valor medido})$. Los pesos de las mediciones pueden especificarse en el archivo de datos y se guardan en el archivo del proyecto.

La opción Edit data está destinada a la edición manual de las curvas de sondeo. Después de seleccionar esta opción aparece el cuadro de diálogo Edit data (Fig. 22)



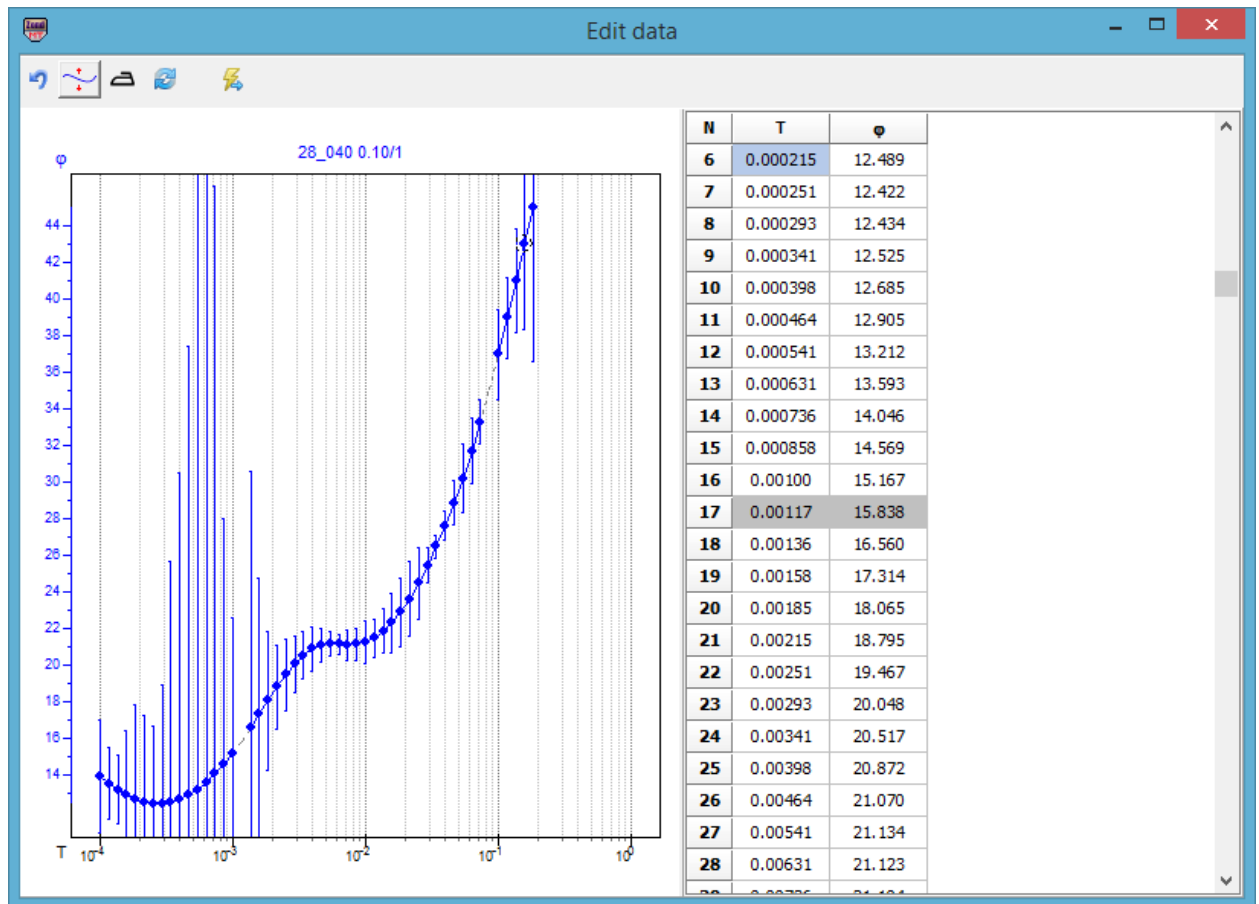
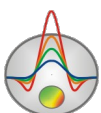


Fig. 22 **Ventana de edición de curvas de sondeo Edit data**

La barra de herramientas de la ventana contiene los siguientes botones:

	Deshacer la última acción
	Mover punto en la curva de sondeo
	Suavizar curva
	Actualizar
	Ir a la inversión

La ventana consta de dos áreas. A la izquierda se muestra la curva editada en forma gráfica. A la derecha se muestra una tabla que contiene los periodos y valores del parámetro editado (fase de la impedancia o resistividad aparente). Para eliminar un punto en la curva utilice el botón derecho del ratón manteniendo presionada la tecla ALT. En este caso, en la tabla el punto eliminado se mostrará en color gris. Para restaurar el punto utilice el botón izquierdo del ratón



manteniendo presionada la tecla ALT. Después de terminar la edición, pase a la inversión presionando el botón  en la barra de herramientas de la ventana.

Tabla de parámetros (Model table)

Pestaña Model table

La ventana de edición tabular de los parámetros del modelo está destinada a modificar los parámetros del modelo mediante el teclado. La tabla contiene 3 columnas. Cada fila de la tabla contiene los parámetros de una capa.

La primera columna contiene los valores de resistividad de las capas, la segunda columna - el espesor y la última - la profundidad hasta el borde superior de las capas teniendo en cuenta la altura del punto de sondeo. En el caso de que para el parámetro se hayan establecido límites de variación, el campo de salida se colorea de un color determinado (gris claro por defecto). Si el parámetro de la capa está fijado, el campo de salida también tiene su propio color, gris oscuro por defecto.

El menú contextual se invoca presionando el botón derecho del ratón sobre las celdas de la tabla (Fig. 23). Si se presiona sobre la primera fila (encabezado de la tabla), entonces la operación seleccionada en el menú se aplicará a este parámetro de todas las capas (cell en este caso se reemplaza por col). Si se presiona sobre la primera columna, entonces la operación seleccionada en el menú se aplicará a todos los parámetros de esta capa.

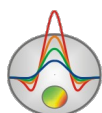
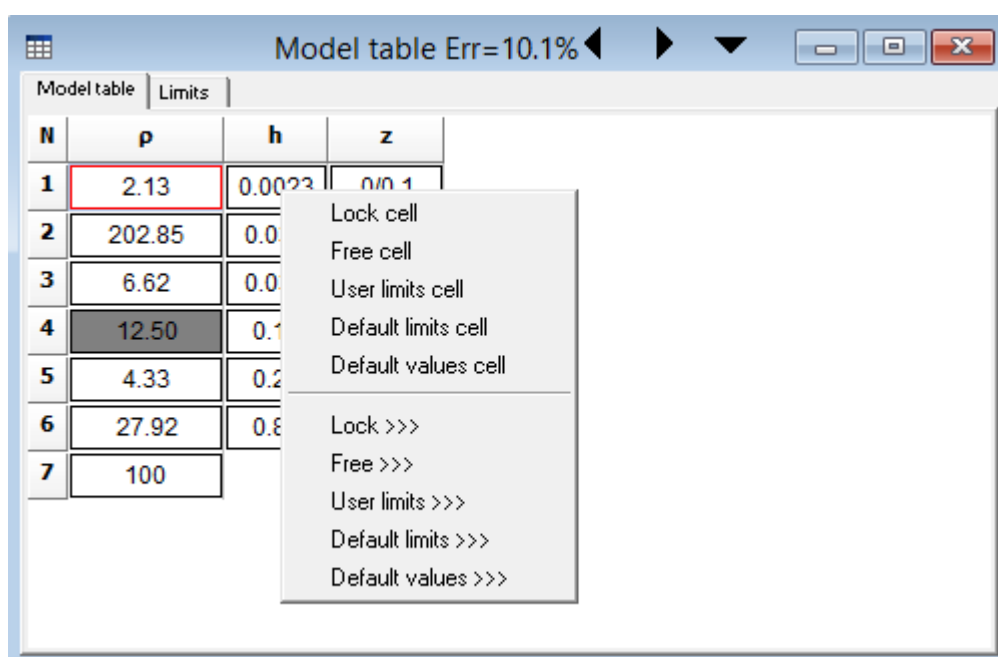
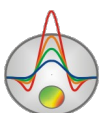


Fig. 23 **Menú de edición de parámetros del modelo en la tabla**

Lock col/cell/row	Fijar parámetro.
Free col/cell/row	Quitar fijación del parámetro.
User limits col/cell/row	Establecer rangos personalizados de variación del parámetro.
Default limits col/cell/row	Establecer rangos de variación del parámetro (establecidos "por defecto").
Default values col/cell/row	Establecer el valor del parámetro igual al valor "por defecto".
Lock >>>	Fijar el parámetro en el modelo actual y en los modelos de todos los puntos subsiguientes.
Free >>>	Liberar el parámetro en el modelo actual y en los modelos de todos los puntos subsiguientes.
User limits >>>	Establecer rangos personalizados de variación del parámetro en el modelo actual y en los modelos de todos los puntos subsiguientes.
Default limits >>>	Establecer rangos de variación del parámetro (por defecto) en el modelo actual y en los modelos de todos los puntos subsiguientes.
Default values >>>	Establecer el valor del parámetro igual al valor "por defecto" en el modelo actual y en los modelos de todos los puntos subsiguientes.

Pestaña Límites

Esta pestaña se utiliza para establecer los límites de variación de los parámetros (Fig. 24). Los botones en la barra de herramientas permiten seleccionar el tipo de parámetro (resistividad o espesor de la capa) para el cual se establecerán los límites de variación. El botón Auto asigna los límites para todos los parámetros de este tipo automáticamente, de acuerdo con sus valores y el porcentaje de desviación establecido. En el gráfico se muestra el modelo del tipo de parámetro seleccionado (negro), el límite inferior (rojo) y el límite superior (azul) de variación del parámetro.



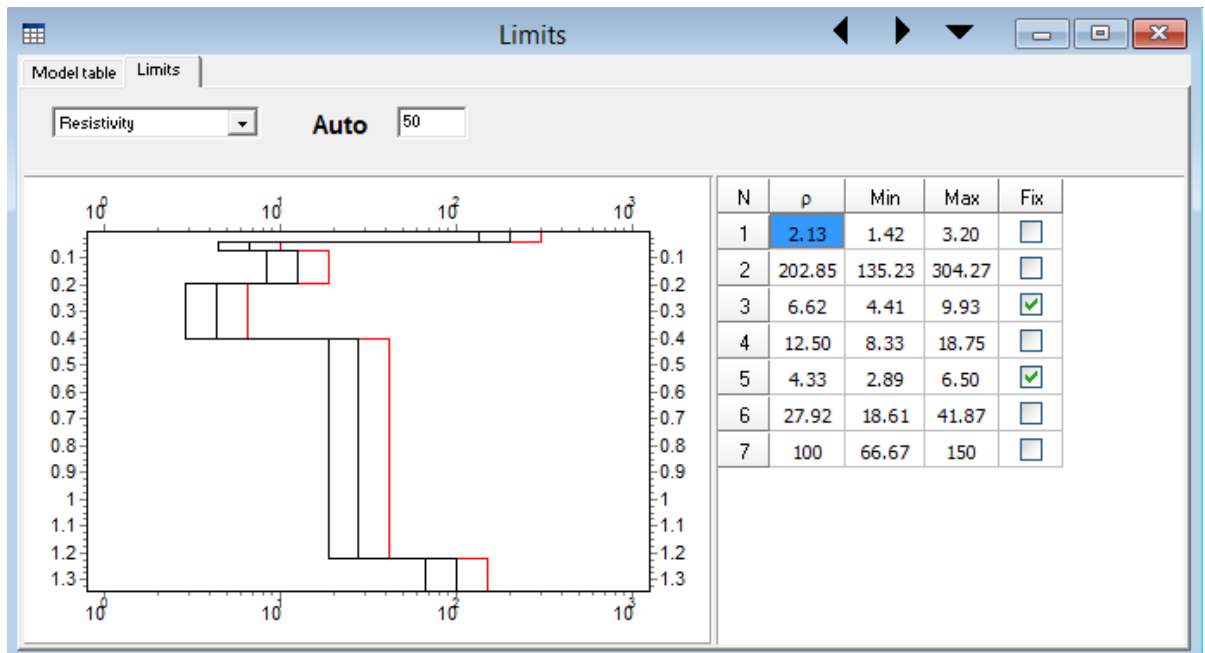


Fig. 24 **Pestaña Limites de la tabla de parámetros del modelo**

Los límites inferior y superior de los parámetros del modelo se editan con el ratón. Los límites de variación de los parámetros se pueden editar en la tabla ubicada a la derecha del gráfico.

El menú contextual adicional se invoca haciendo clic en el icono  en la esquina superior derecha de la ventana (Fig. 25).

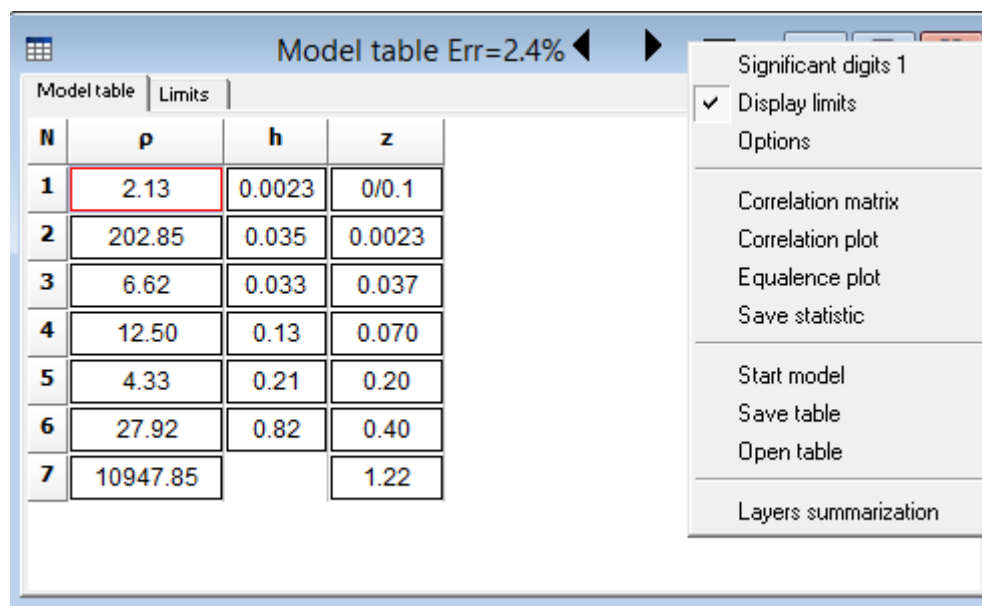
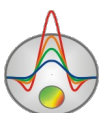
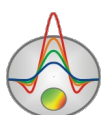


Fig. 25 **Menú de tabla de parámetros del modelo**



Significant digits	Establecer la precisión con la que se representarán los parámetros.
Display limits	Mostrar u ocultar los límites de variación del parámetro.
Options	Invoca el diálogo de configuración de parámetros gráficos de la tabla.
Correlation matrix	Mostrar matriz de correlación y límites de confianza de los parámetros del modelo.
Correlation plot	Invocar la ventana de construcción del mapa de relaciones de correlación para un par de parámetros.
Equivalence plot	Invocar ventana de construcción de la nube de modelos equivalentes.
Save statistic	Guardar estadísticas para el modelo en archivo de texto.
Start model	Volver al modelo inicial.
Save table	Guardar el modelo actual en archivo (extensión MDL).
Open table	Cargar modelo desde archivo (extensión MDL).
Layers summarization	Invoca el diálogo de combinación de capas.

El diálogo de unificación de capas (Layers summarization) sirve para pasar de modelos multicapa, obtenidos como resultado de inversión tipo (Smooth o Focused), a modelos de pocas capas, que son más comprensibles desde el punto de vista geológico. Al inicio de la interpretación, es conveniente usar un modelo multicapa, que consta de 14-20 capas (Fig. 26).



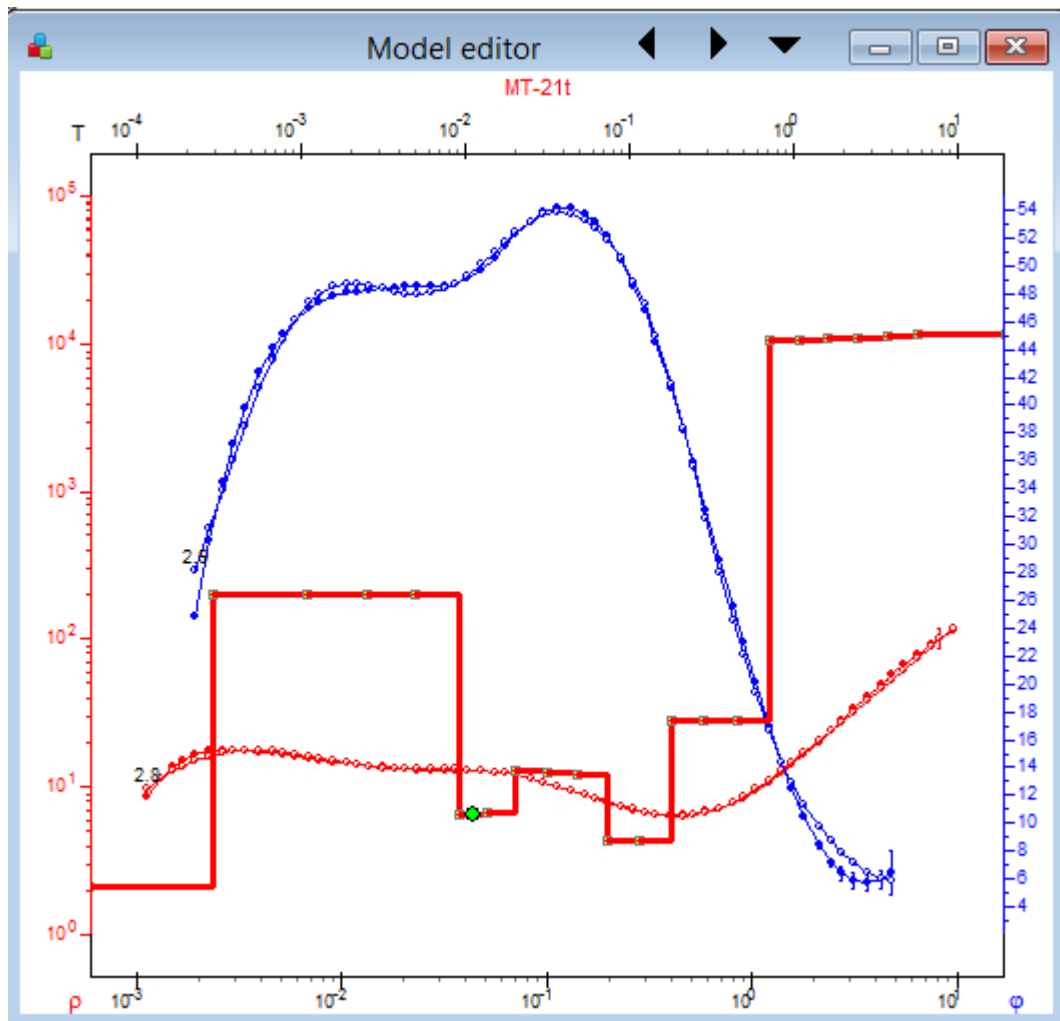
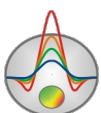


Fig. 26 Ejemplo de modelo multicapa

A los resultados de tal inversión (Smooth, Focused), casi siempre se debe abordar como una aproximación inicial para una interpretación posterior más significativa. Dan una idea sobre la estructura geoelectrica aproximada de la sección. Luego se pasa a un modelo de pocas capas, mediante el diálogo Layer summarization (Fig. 27). El nuevo modelo se muestra sobre el antiguo con una línea negra.



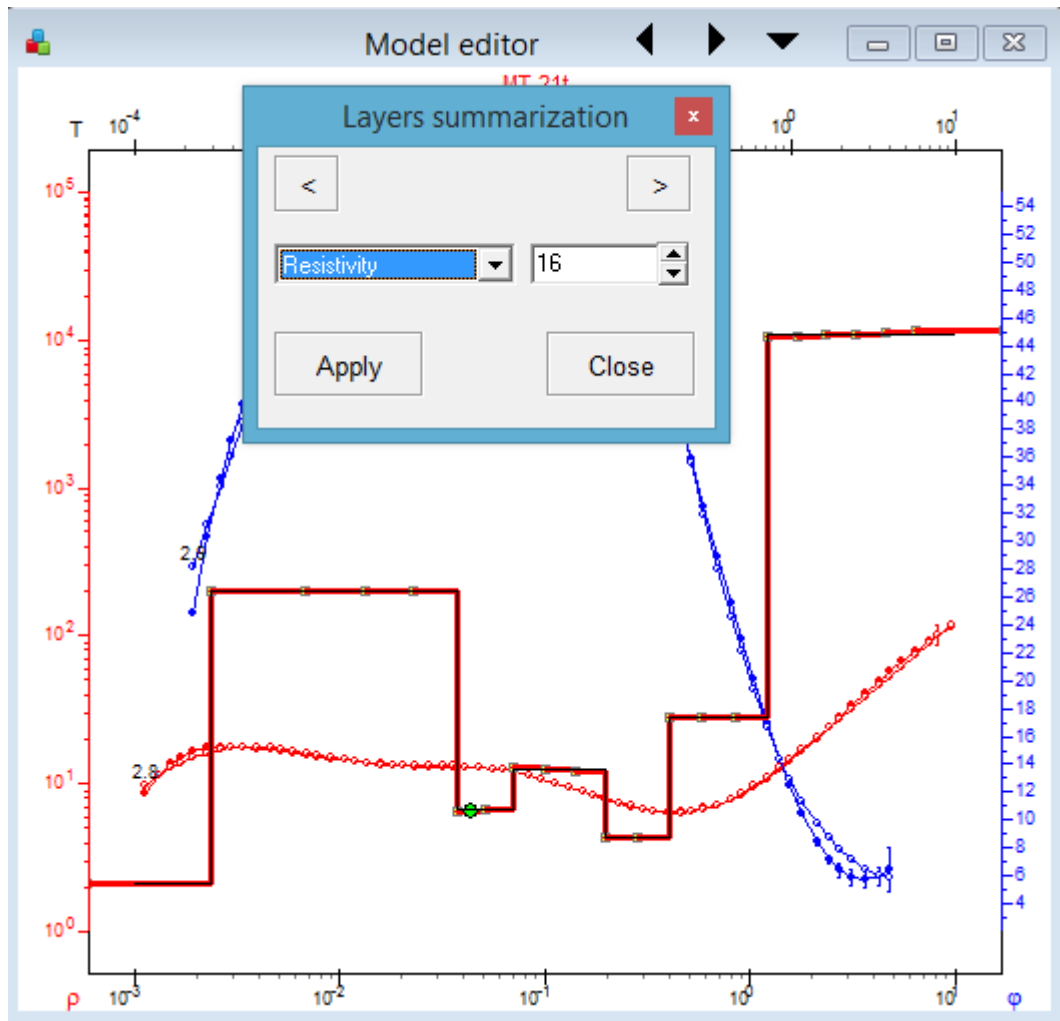
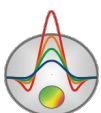


Fig. 27 **Diálogo Layers summarization (línea roja – modelo multicapa, negra – modelo unificado)**

El campo de entrada especifica el parámetro de contraste, al alcanzar el cual dos capas se unen en una.

Luego se fijan algunos parámetros y se realiza un ajuste manual o inversión Standard (Fig. 28).



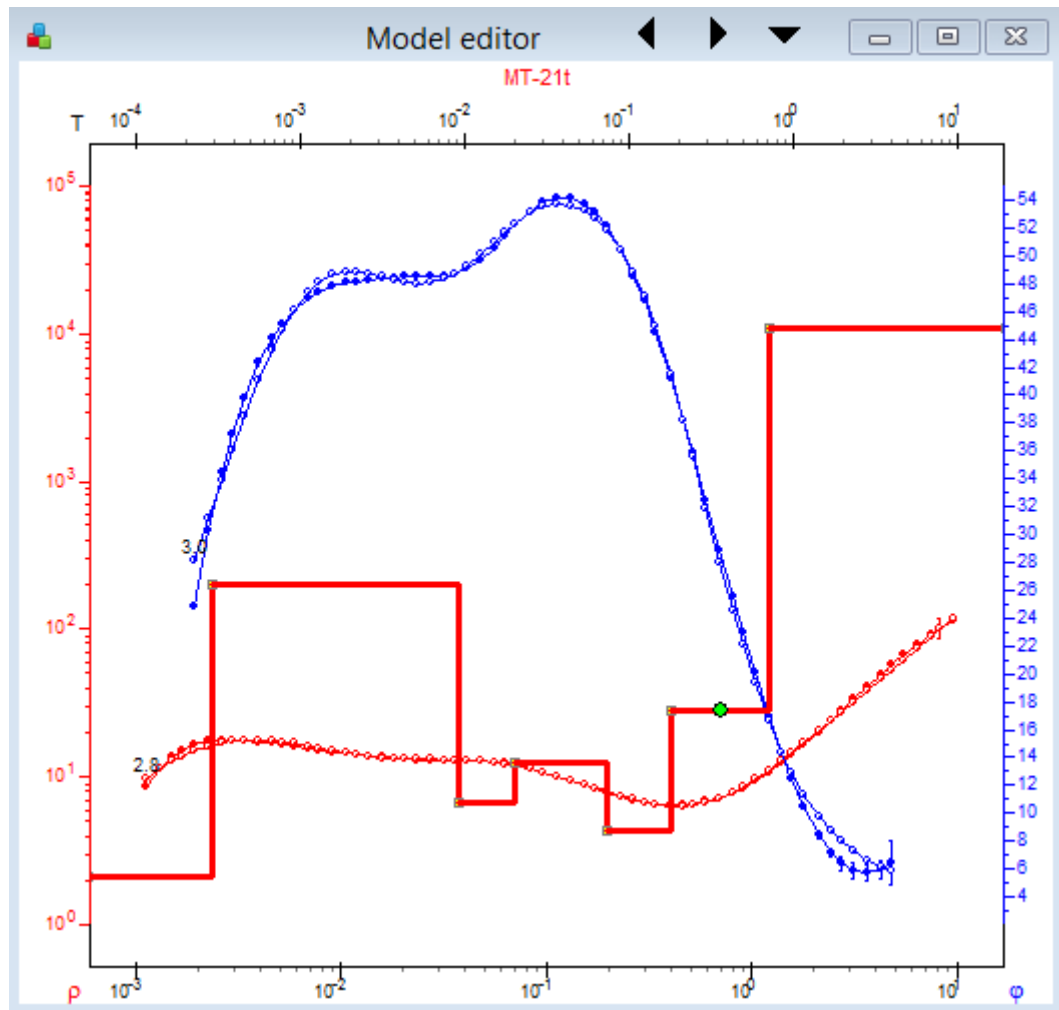
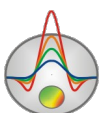


Fig. 28 Ejemplo de resultados de inversión después de aplicar la función Layers summarization

Análisis de equivalencia. En prospección eléctrica se ha demostrado el teorema de unicidad del problema inverso en el caso de mediciones continuas sin errores. En la práctica, las mediciones se realizan en un intervalo finito con cierta discretización, y además contienen errores. La presencia de errores e incompletitud de los datos convierte la unicidad teórica de la solución en no unicidad práctica de la solución, es decir, en equivalencia de diferentes soluciones del problema inverso. Dos secciones geoelectricas se llaman equivalentes si la discrepancia relativa de los datos para estas secciones no excede la precisión de las mediciones de campo o el error de ajuste. Prácticamente, la acción del principio de equivalencia significa que algunos parámetros de la sección no pueden ser determinados durante la interpretación, si no se conocen algunos otros parámetros de la sección. La acción del principio de equivalencia dificulta enormemente la interpretación de



los datos. La solución del problema es fijar parámetros individuales (a partir de información a priori).

El análisis de la acción del principio de equivalencia se basa en dos enfoques: informático-estadístico para todos los parámetros del modelo mediante la construcción de una matriz de correlación de relaciones, y cálculo directo de áreas de equivalencia para un par de parámetros de la sección con su visualización.

Otra variante del análisis de equivalencia es la construcción de una nube de modelos equivalentes, es decir, una familia de curvas modelo que dan curvas teóricas muy cercanas.

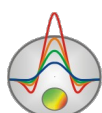
Habitualmente, primero se realiza la evaluación estadística de equivalencia de todos los parámetros, y luego la investigación de pares individuales de parámetros con coeficientes de correlación elevados.

La matriz de correlación se invoca mediante la opción: Correlation matrix (Fig. 29). En la diagonal principal de la matriz de correlación están las unidades. Si el coeficiente de correlación es mucho menor que la unidad en módulo, entonces los parámetros de la sección para los cuales se calculó influyen de manera diferente en los datos y se determinan con pequeño error. De este modo, se hace posible su determinación independiente.

Los parámetros para los cuales el coeficiente de correlación en módulo está próximo a 1 no son determinables conjuntamente. Para aumentar la precisión de la solución en este caso, es necesario fijar uno de los parámetros equivalentes si se logra obtener información independiente sobre él. En caso de fuerte correlación de los parámetros de capas vecinas, se debe fijar uno de los parámetros correlacionados o unir estas dos capas en una, es decir, simplificar el modelo.

	p1	p2	p3	p4	h1	h2	h3
p1	1	0.16	-0.000	0.0024	-0.52	0.16	0.0000
p2	0.16	1	-0.000	0.016	-0.44	0.81	0.0004
p3	-0.000	-0.000	1	-0.000	0.0002	0.054	0.0000
p4	0.0024	0.016	-0.000	1	-0.006	0.12	0.0001
h1	-0.52	-0.44	0.0002	-0.006	1	-0.39	-0.000
h2	0.16	0.81	0.054	0.12	-0.39	1	-0.053
h3	0.0000	0.0004	0.0000	0.0001	-0.000	-0.053	1
par	19.82	6.06	105.98	11494.	0.025	0.73	0.075
min	19.70	6.04	102.50	11121.	0.025	0.73	0.072

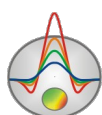
Fig. 29 Ventana Correlation matrix



Las últimas dos filas de la tabla muestran los intervalos de confianza para cada uno de los parámetros. Los intervalos de confianza son un criterio de confiabilidad de la determinación de los parámetros y están relacionados con la sensibilidad total de los parámetros de la sección. En caso de un intervalo de confianza amplio, se considera que el valor del parámetro está determinado de manera poco confiable. Al evaluar la amplitud del intervalo de confianza, se deben tener en cuenta los valores absolutos de la resistividad y el espesor de las capas.

Un doble clic del ratón en una celda de la matriz de correlación abre el gráfico de dependencia correlacional (Correlation plot) para el par de parámetros seleccionado (Fig. 31).

El gráfico de dependencia correlacional de un par de parámetros representa un plano de isolíneas del error de ajuste entre los datos teóricos para el modelo actual y los datos teóricos para el modelo modificado. Asumiendo que los valores actuales de los parámetros son el centro de la región de equivalencia, se calculan varias soluciones más del problema directo para parámetros que varían alrededor de este punto y se determina la magnitud del error máximo de desviación de los datos respecto al central. Para construir el gráfico de correlación entre dos parámetros, se asigna a cada uno de ellos un conjunto de valores en un cierto rango, se calcula el error de ajuste con los datos para el modelo actual y se construye el gráfico de isolíneas. Si el parámetro tiene una distribución logarítmica, todas las acciones anteriores se realizan con los logaritmos de los parámetros. En el gráfico de equivalencia se construyen isolíneas de valores de errores máximos que muestran la configuración de la región y los límites de aplicación del principio de equivalencia. Las regiones de equivalencia isométricas indican ausencia de correlación de las estimaciones de los parámetros, las regiones muy alargadas indican relaciones correlacionales de las estimaciones de los parámetros. El análisis de la dependencia correlacional contribuye a la detección exitosa de la equivalencia de dos parámetros.



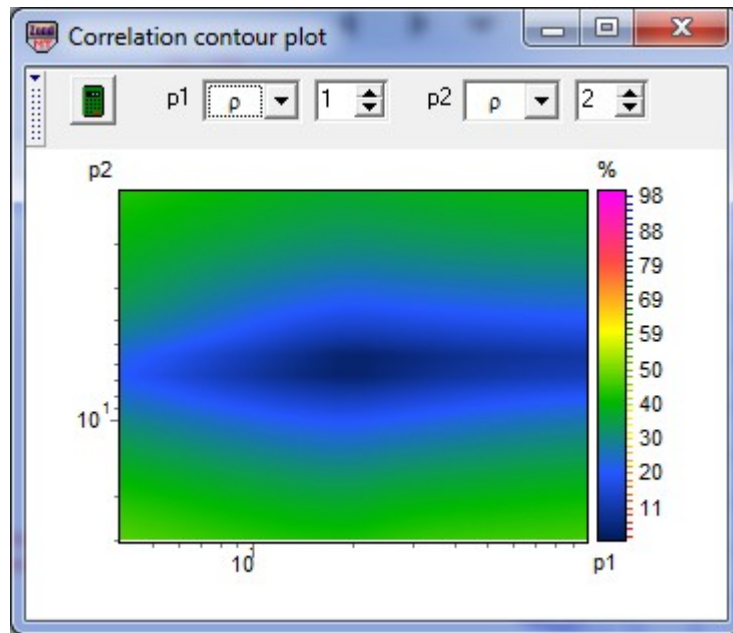


Fig. 30 **Ventana Correlation contour plot**

La escala de colores establece la relación entre el valor del error de ajuste y un color determinado.

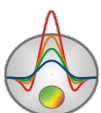
Campo p1 - establece el tipo del primer parámetro para el cual se realiza el análisis de dependencia correlacional.

Campo p2 - establece el tipo del segundo parámetro para el cual se realiza el análisis de dependencia correlacional.

Los siguientes campos de entrada establecen los índices de las capas del primer y segundo parámetros para los cuales se realiza el análisis de dependencia correlacional.

■ - construir el gráfico de dependencia correlacional.

La ventana de construcción de la nube de modelos equivalentes se abre mediante la opción: Equivalence plot. Implementa un algoritmo bastante costoso en recursos de búsqueda de modelos equivalentes, dentro del error dado, mediante el método de enumeración (Fig. 31).



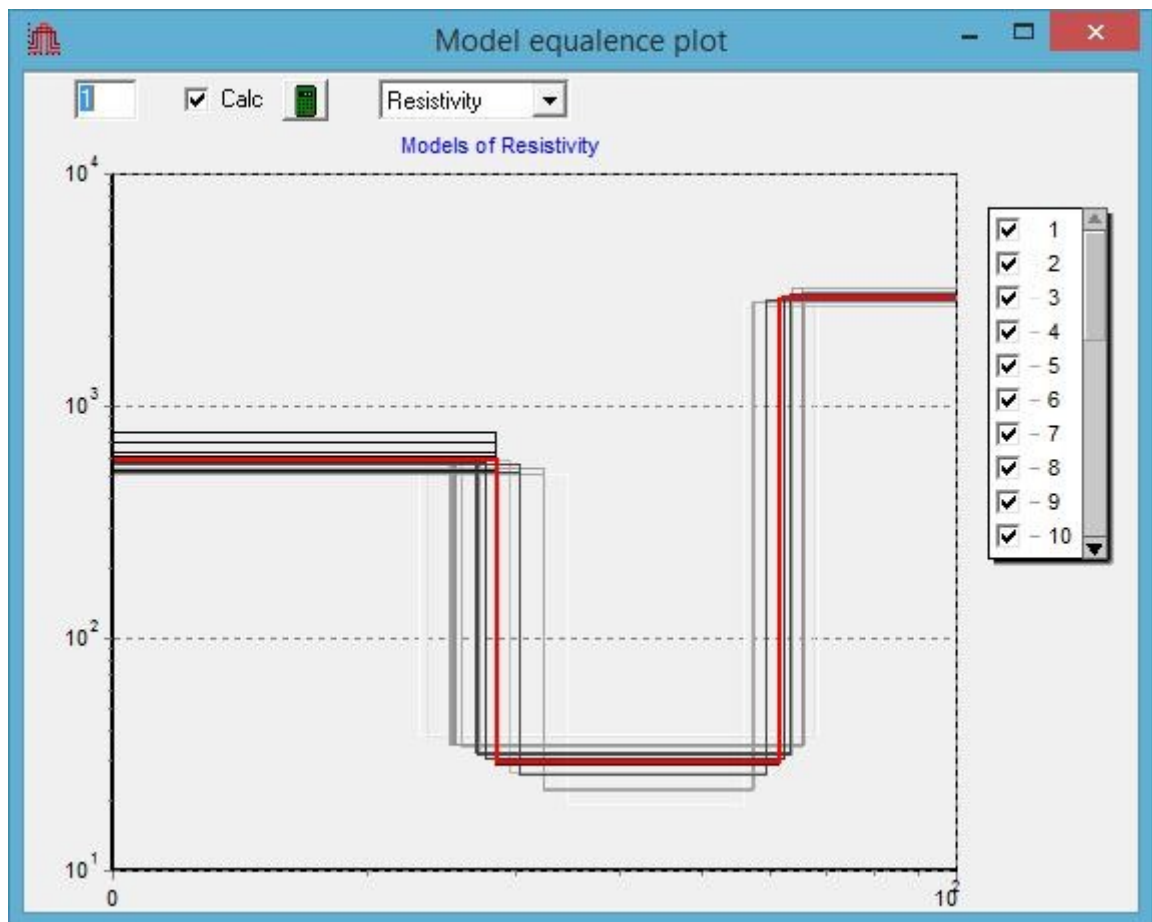
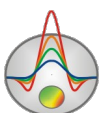


Fig. 31 **Ventana Equalece plot**

Se debe especificar el nivel mínimo de error de ajuste, al alcanzar el cual el modelo se considerará equivalente al actual (campo de entrada). Si la opción Calc no está establecida, los modelos equivalentes se calcularán para el valor de error de ajuste del modelo. Generalmente este nivel se elige un poco mayor que el error de ajuste actual. Luego se debe seleccionar el parámetro para el cual se realizará el cálculo (Resistivity). Y después iniciar el procedimiento de búsqueda . El resultado del algoritmo es un conjunto de curvas del modelo. Se pueden desactivar determinadas curvas en la leyenda a la derecha de la imagen. Para pasar de un gráfico a otro, utilice el desplazamiento.

El diálogo de configuración de parámetros gráficos de la tabla se invoca mediante el ítem Options.



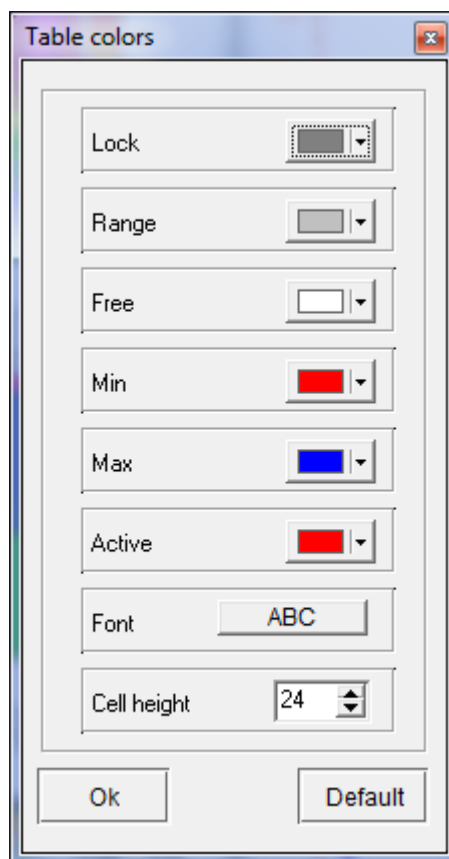


Fig. 32 **Diálogo de configuración de parámetros gráficos de la tabla (Options)**

Opción Lock – establece el color de la celda cuyo parámetro está fijado.

Opción Range – establece el color de la celda para cuyo parámetro se han definido límites.

Opción Free – establece el color de la celda para cuyo parámetro no se han definido límites.

Opción Min – establece el color del límite mínimo de cambios del parámetro.

Opción Max – establece el color del límite máximo de cambios del parámetro.

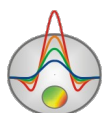
Opción Active – establece el color del marco de la celda activa.

Opción Font – establece la fuente de la celda

Opción Cell height – establece el grosor de la celda

Sección (Section)

Este objeto sirve para mostrar el cambio de la sección geoelectrica a lo largo del perfil. La construcción se realiza en los ejes: coordenada a lo largo del perfil, profundidad. La escala de color establece la relación entre el valor representado y el color (Fig. 33).



Cuando el cursor se encuentra dentro de la sección geoelectrica, un marcador resalta la capa sobre la que se encuentra. Al acercar el cursor al límite entre capas, su forma cambia y aparece la posibilidad de editar su posición. Para ello, se debe arrastrar el límite seleccionado a la posición deseada con el botón del ratón presionado (izquierdo). Con el botón derecho presionado, junto con el límite seleccionado se desplazarán los límites subyacentes. Un doble clic sobre la capa invoca el diálogo para especificar su parámetro.

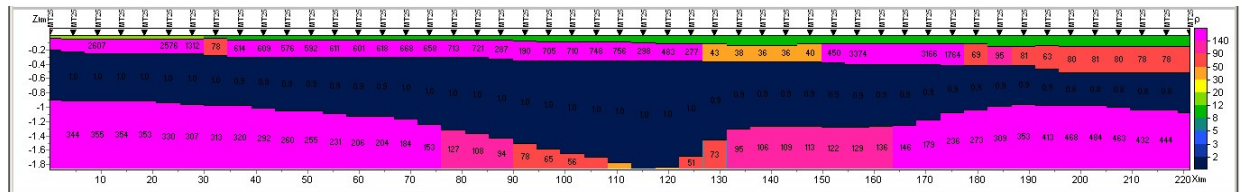
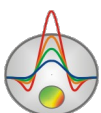


Fig. 33 Ventana de la sección geoelectrica

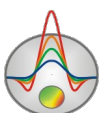
El cambio del valor máximo del eje vertical se realiza presionando el botón derecho del ratón en la parte superior (disminución) o inferior (aumento) de su área.

El doble clic del ratón en el área del objeto invoca el menú contextual con las siguientes opciones:



Log data scale	Utilizar escala logarítmica para la escala de color.
Display labels	Mostrar etiquetas (valores de los parámetros) en las capas.
Display ColorBar	Mostrar escala de color.
Setup	Invocar el diálogo de configuración del objeto.
Print preview	Imprimir la sección.
Refresh section	Redibujar la sección.
Save picture	Guardar la sección en un archivo gráfico.
Output settings	Invocar el diálogo para establecer los parámetros de escala de las imágenes gráficas exportadas.
Layered section	Mostrar la sección en forma de capas.
Layered section [topo]	Mostrar la sección en forma de capas considerando los datos de topografía.
Contour section	Mostrar la sección en forma de isolíneas.
Smooth section	Mostrar la sección en forma de sección suavizada.
Add background	Añadir imagen de fondo.
Remove background	Eliminar imagen de fondo.
Set bottom	Establecer manualmente el valor máximo del eje vertical.
Model interpolation	Interpolación de todos los modelos entre dos puntos de sondeo especificados.
Bad data interpolation	Interpolación de modelos (con gran error de ajuste) entre dos puntos de sondeo especificados.
Column percent	Establecer el ancho de las columnas del modelo

En la Fig. 34 se muestran cuatro variantes de representación de la sección geoelectrica.



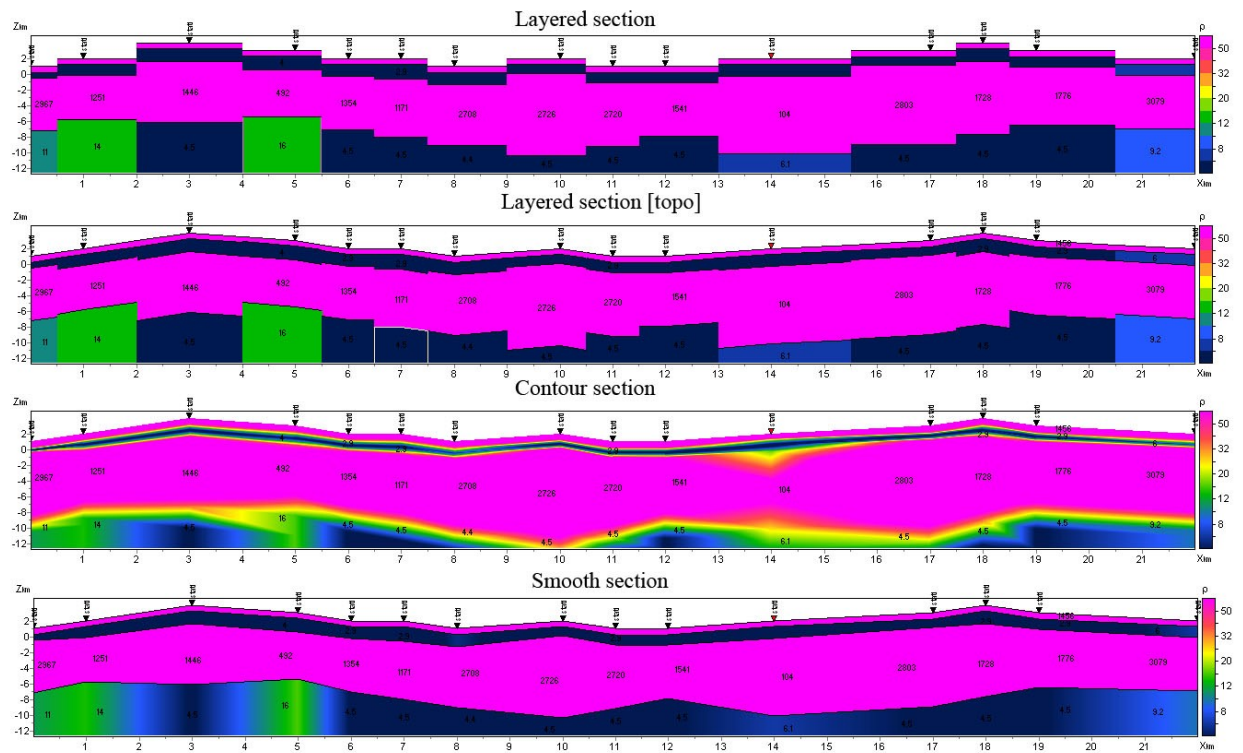


Fig. 34 Variantes de representación de la sección geoelectrica.

La opción Setup invoca el diálogo de configuración de parámetros de la sección (Fig. 35).

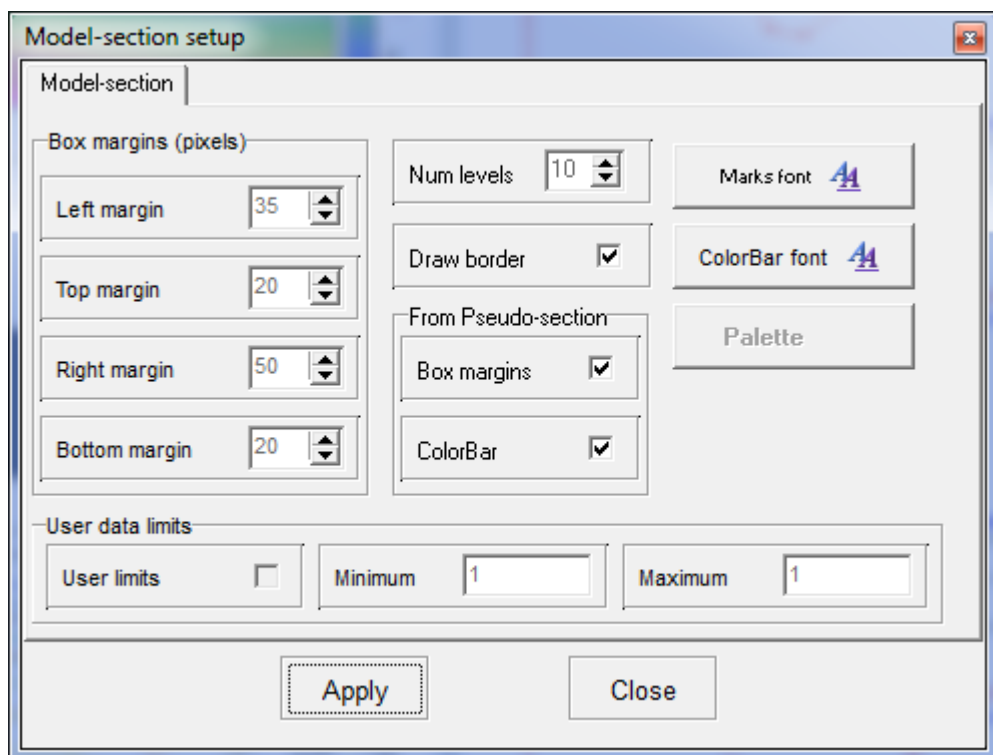
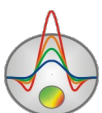


Fig. 35 Ventana de configuración de parámetros de la sección geoelectrica



Área Box margins

Campo Left margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen desde el borde izquierdo de la ventana.

Campo Right margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen desde el borde derecho de la ventana.

Campo Top margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen desde el borde superior de la ventana.

Campo Bottom margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen desde el borde inferior de la ventana.

Campo Num levels – determina la cantidad de colores. Los niveles se definen con paso uniforme lineal o logarítmico, dependiendo del tipo de datos.

Botón Palette – invoca el diálogo de configuración de colores de las capas de la sección (más detalles).

Botón ColorBar font – invoca el diálogo de configuración de la fuente de la escala de color.

Botón Marks font – invoca el diálogo de configuración de la fuente de las etiquetas de las capas.

Área User data limits

Opción User limits - indica al programa si utilizar los valores mínimo y máximo de los datos o utilizar los valores de los campos [Minimum] y [Maximum] al definir la escala de color.

Campo Minimum – establece el valor mínimo al definir la escala de color.

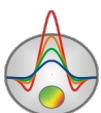
Campo Maximum – establece el valor máximo al definir la escala de color.

Área From Pseudo-section

Opción Box margins - indica al programa utilizar los valores de los márgenes del área Box margins correspondientes a la pseudosección.

Opción ColorBar - indica al programa utilizar la escala de color correspondiente a la pseudosección.

El diálogo Output settings con la opción Automatic desactivada permite configurar la escala vertical Vertical scale, la escala horizontal Horizontal scale, la resolución de la imagen exportada Print resolution en dpi y el tamaño de fuente Font size (Fig. 36).



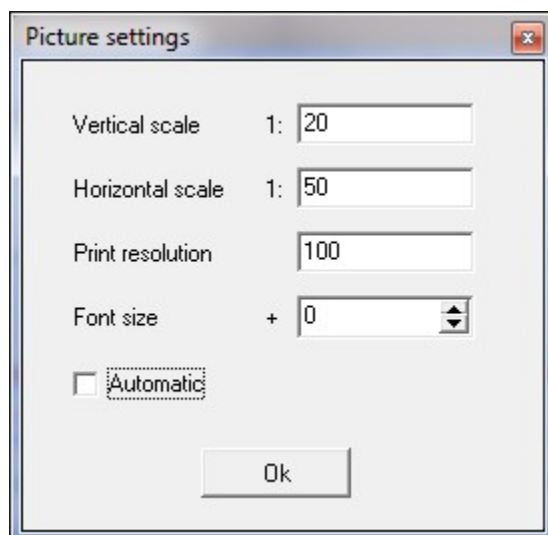


Fig. 36 Ventana de configuración de parámetros de la imagen exportada

La opción Add background está destinada a insertar un fondo en el área del modelo. Esta función es útil cuando se dispone de información a priori (sección geológica a lo largo del perfil), datos de otros métodos o para comparar resultados de inversión en diferentes etapas. El archivo de fondo debe estar en formato bmp. Después de seleccionar esta opción aparecerá una ventana en la que es necesario establecer la posición del archivo exportado. El fondo se mostrará encima del modelo, siendo la capa de fondo transparente (Fig. 37, 38).

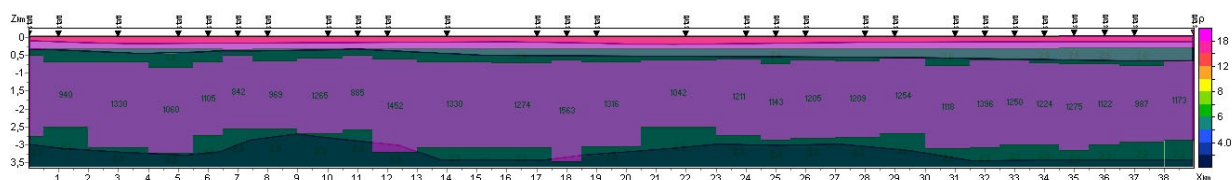


Fig. 37 Ejemplo de fondo con sección geológica

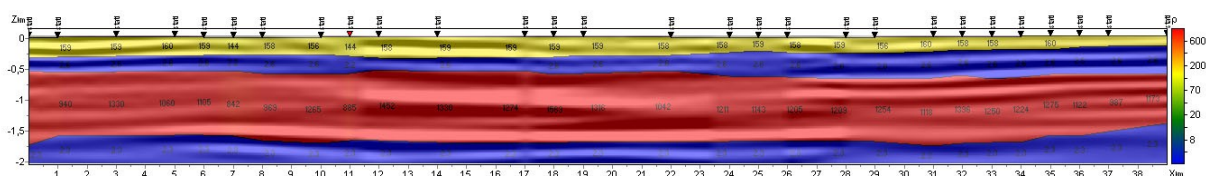
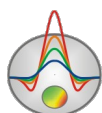


Fig. 38 Ejemplo de fondo con sección sísmica

Pseudosección (Pseudosection)

Este objeto sirve para mostrar el cambio de los valores observados a lo largo del perfil, en forma de isolíneas (Fig. 39).



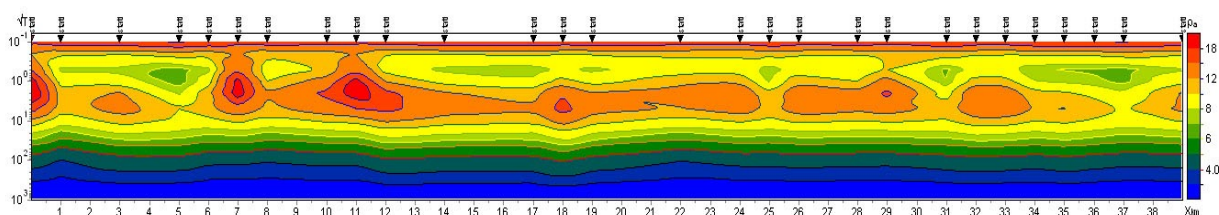


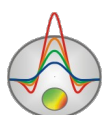
Fig. 39 **Ejemplo de pseudosección de resistividad aparente**

La construcción se realiza en los ejes: coordenada a lo largo del perfil, periodo. La escala de color establece la relación entre el valor representado y el color.

Al presionar el botón derecho del ratón en el área de los ejes se abre el menú contextual con las siguientes opciones:

Setup	Invocar el cuadro de diálogo de configuración de parámetros del objeto.
Print preview	Imprimir pseudosección.
Log data scale	Usar escala logarítmica para la escala de color.
Smooth image	Activa el modo de relleno gradiente continuo en lugar de contornos.
Display grid	Mostrar marcas de los puntos de medición.
Display ColorBar	Mostrar escala de color.
Save XYZ file	Guardar pseudosección en archivo de texto XYZ.
Save picture	Guardar pseudosección en archivo gráfico.
Apparent resistivity display	Mostrar pseudosección de resistividad aparente.
Phase display	Mostrar pseudosección de fase de la impedancia.

La opción Setup está destinada a configurar los parámetros de la pseudosección (Fig. 40).



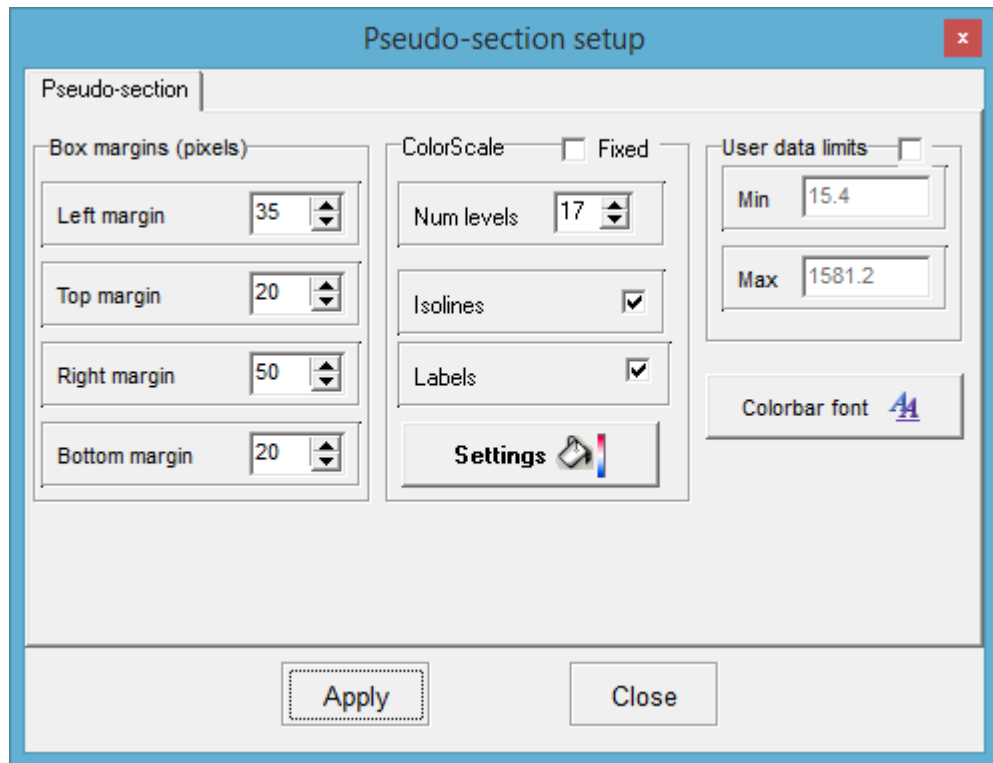


Fig. 40 **Ventana de configuración de parámetros de la pseudosección**

Área Box margins:

Campo Left margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen desde el borde izquierdo de la ventana.

Campo Right margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen desde el borde derecho de la ventana.

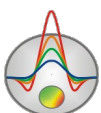
Campo Top margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen desde el borde superior de la ventana.

Campo Bottom margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen desde el borde inferior de la ventana.

Área ColorScale:

Opción Fixed - fija la escala de color actual.

Botón Settings – establece la paleta de colores (Fig. 41).



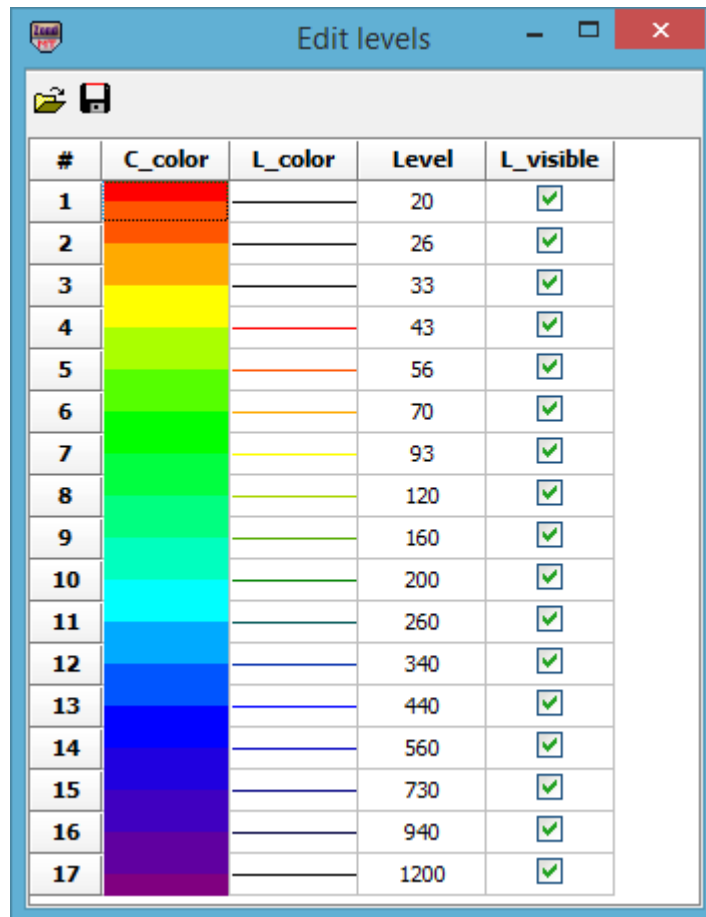


Fig. 41 **Diálogo de configuración de la paleta de colores**

Campo Num levels – determina la cantidad de secciones de isolíneas. Las secciones de isolíneas se definen con un paso lineal o logarítmico uniforme, dependiendo del tipo de datos.

Opción Isolines – indica al programa si debe dibujar las isolíneas.

Opción Labels – indica al programa si debe dibujar las etiquetas de las isolíneas.

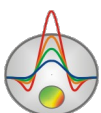
Opción User data limits - indica al programa utilizar los valores mínimo y máximo de los datos o utilizar los valores de los campos Minimum y Maximum al definir las secciones de isolíneas.

Campo Minimum – establece el valor mínimo al definir las secciones de isolíneas.

Campo Maximum – establece el valor máximo al definir las secciones de isolíneas.

Botón Colorbar font – abre el diálogo de configuración de fuente de las etiquetas.

Gráficos de perfilado (Profile)



Este objeto sirve para mostrar los gráficos de perfilado (teóricos y experimentales) en diferentes periodos (Fig. 42). Disponible solo para los estilos Standard y Vision.

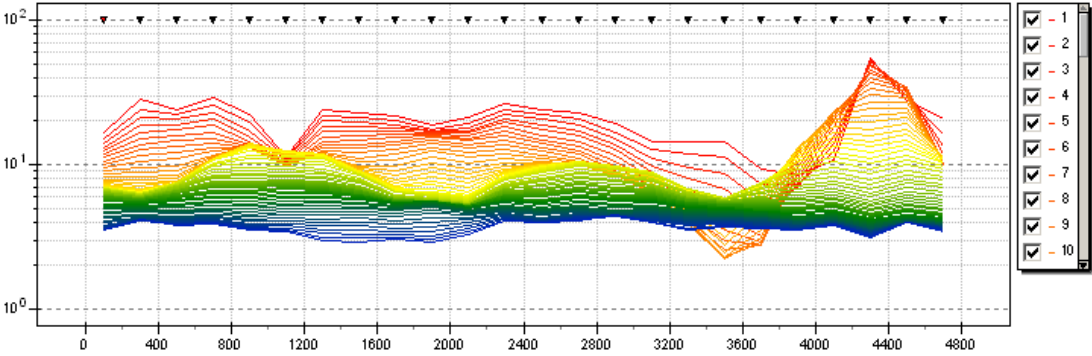


Fig. 42 Ventana de gráficos de perfilado

El color de la curva corresponde a un periodo determinado.

Por defecto las curvas teóricas se muestran con líneas continuas, las experimentales con líneas continuas con círculos en los puntos de medición. A cada curva le corresponde un color determinado, definido en el diálogo de configuración de este objeto. Las marcas en las curvas experimentales indican los números de periodos para los cuales fueron construidas.

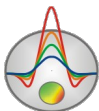
Los parámetros gráficos de los gráficos observados y calculados pueden establecerse en el diálogo de configuración. Los parámetros del eje pueden establecerse en el editor de eje (clic derecho+SHIFT sobre el eje).

Al presionar el botón izquierdo del ratón sobre una curva, las curvas para otros períodos desaparecen y aparecen de nuevo al soltar el botón. El movimiento del ratón con el botón derecho presionado permite desplazar los gráficos verticalmente. Para mostrar solo un gráfico, haga clic con el botón izquierdo del ratón manteniendo presionada la tecla SHIFT en la lista de curvas. Utilice el desplazamiento para pasar a los gráficos vecinos. Para mostrar todos los gráficos nuevamente, presione SHIFT+botón izquierdo del ratón en la lista de gráficos.

Para mostrar los pesos de los puntos, haga clic en un punto de la curva con el botón izquierdo del ratón manteniendo presionada la tecla ALT. Para ocultar los pesos, utilice el botón derecho del ratón con la tecla ALT presionada.

Presionar el botón derecho del ratón en el área del objeto muestra un menú contextual con las siguientes opciones:

Setup	Invocar el cuadro de diálogo de configuración de parámetros del objeto.
Print preview	Imprimir plan de gráficos.



Display calculated	Mostrar curvas teóricas.
Delete invisible	Eliminar gráficos ocultos
Apparent resistivity display	Mostrar gráficos de resistividad aparente
Phase display	Mostrar gráficos de fase de la impedancia

Presionar el botón derecho del ratón directamente sobre los gráficos muestra un menú emergente que permite establecer pesos a los puntos de los gráficos o eliminar gráficos individuales.

La opción Setup sirve para configurar los parámetros de los gráficos (Fig. 43).

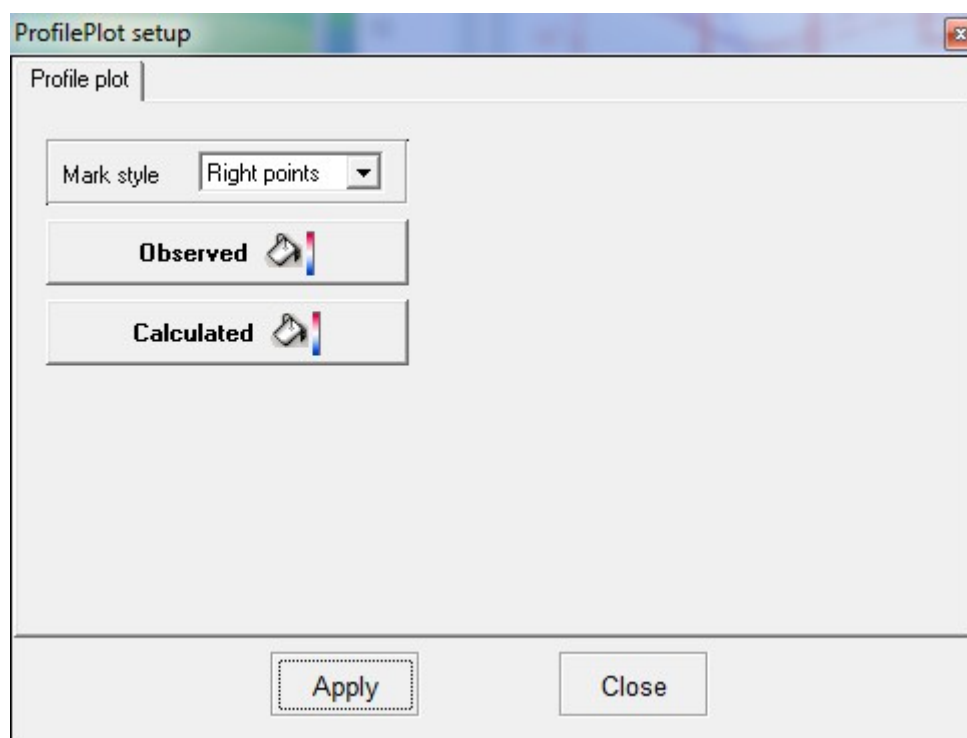


Fig. 43 **Ventana de configuración de parámetros de gráficos de perfilado**

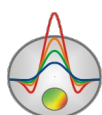
La opción Mark style – determina de qué manera dibujar las etiquetas de los gráficos.

El valor Left points – a la izquierda de los gráficos.

El valor All points – de punto a punto.

El valor Right points – a la derecha de los gráficos.

Los botones Observed y Calculated – abren el diálogo de configuración de parámetros gráficos para las curvas observadas y calculadas (más detalles).



Capacidades adicionales del programa

Trabajo con datos CSAMT y CSRMT (modificaciones con fuente controlada)

Al trabajar con fuente controlada, a menudo es necesario tener en cuenta la geometría de la instalación de la propia fuente y de los sensores receptores. Si en los datos iniciales no se proporciona la información correspondiente, esta se puede especificar en la ventana de configuración Controlled source settings (Options/Controlled source settings). Después de presionar este elemento del menú aparecerá la ventana de diálogo Controlled source settings, en la cual se pueden especificar los parámetros de la instalación (Fig. 44). El esquema de mediciones se describe en la sección Formato del archivo de datos.

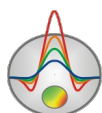
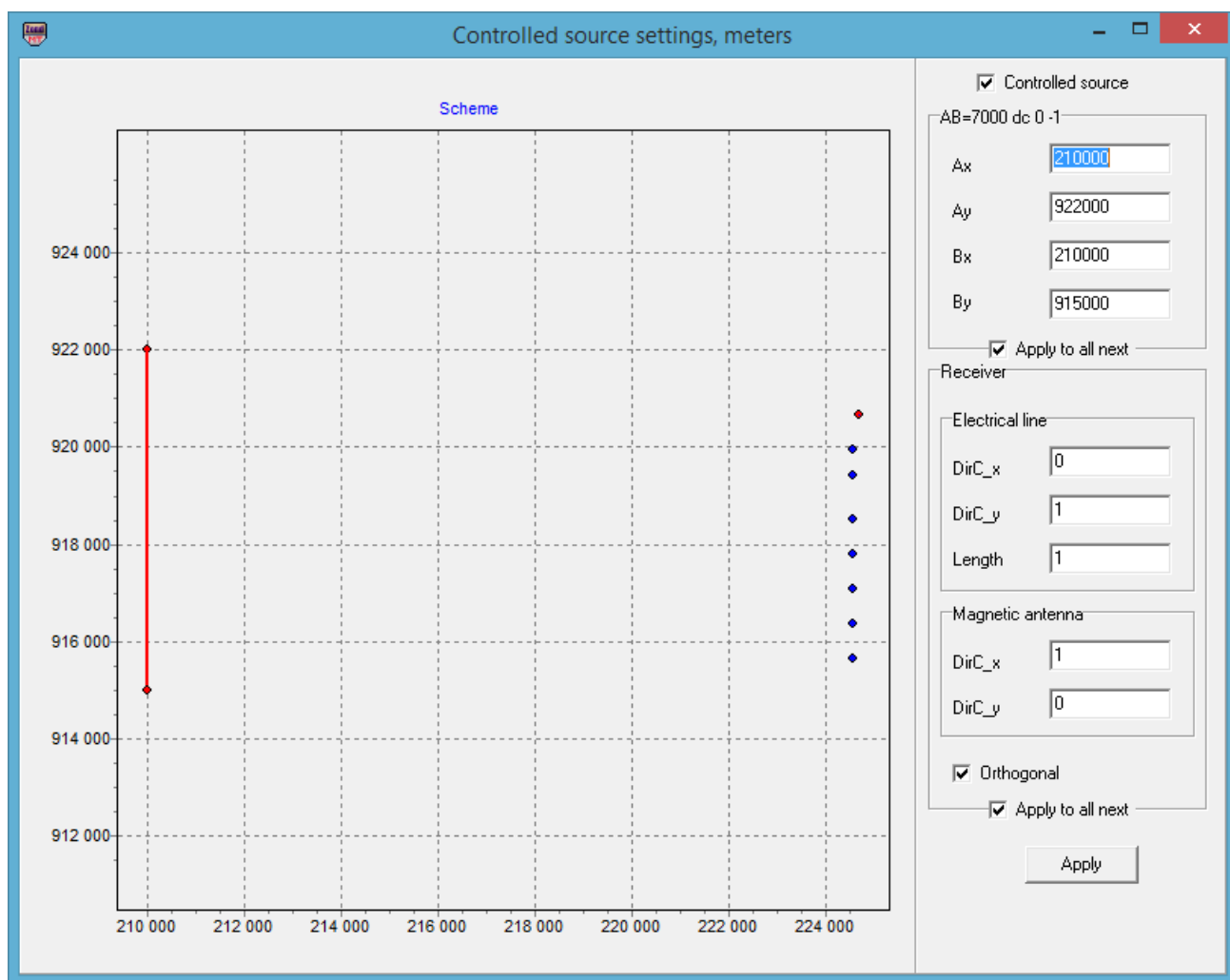


Fig. 44 **Ventana de diálogo para establecer los parámetros de la fuente y del equipo receptor Controlled source settings**

Active la casilla Controlled source en caso de que las mediciones se hayan realizado utilizando una fuente controlada.

Las coordenadas del inicio ($A_x A_y$) y del final ($B_x B_y$) de la línea de alimentación se especifican en las ventanas correspondientes. Al mismo tiempo, a medida que se establecen las coordenadas, en el campo se calcularán automáticamente la longitud de la línea de alimentación (AB) y el coseno director (dc).

El campo Receiver está destinado a establecer la geometría del equipo receptor. En el campo Electrical line es necesario especificar los cosenos directores de las líneas receptoras (DirC_X y DirC_Y) y su longitud (Length). Dado que, por lo general, la longitud de la línea de alimentación supera significativamente las longitudes de la receptora, para mostrar las líneas en el esquema se puede establecer una longitud mayor.

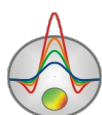
Con la casilla Orthogonal activada, es suficiente completar el valor de al menos un coseno director. Todos los demás se completarán automáticamente, basándose en la ortogonalidad de la disposición actual.

En caso contrario, es necesario indicar los cosenos directores de los sensores magnéticos y eléctricos en las ventanas DirC_x y DirC_y.

Active la casilla Apply to all next si los parámetros especificados son válidos para todos los puntos de sondeo. Si la casilla no está activada, después de presionar el botón Apply, se aplicarán solo al punto de sondeo actual.

Trabajo con datos areales y visualización 3D

Para configurar varias líneas de perfiles en el menú principal del programa, seleccione Options/Set lines/coordinates. Luego aparecerá el cuadro de diálogo Line settings descrito en detalle en la sección Configuración de línea de perfil o perfiles para datos areales. Para cambiar entre perfiles, utilice la ventana  en la barra de herramientas de la ventana principal del programa.



Opción Plane data

La opción Plane data (Options/Plane data) permite construir planos de distribución del parámetro seleccionado (resistividad, resistividad aparente, elevaciones, etc.) en función de la profundidad o período por área. La Fig. 45 muestra un ejemplo de construcción de la distribución de resistividad en el área.

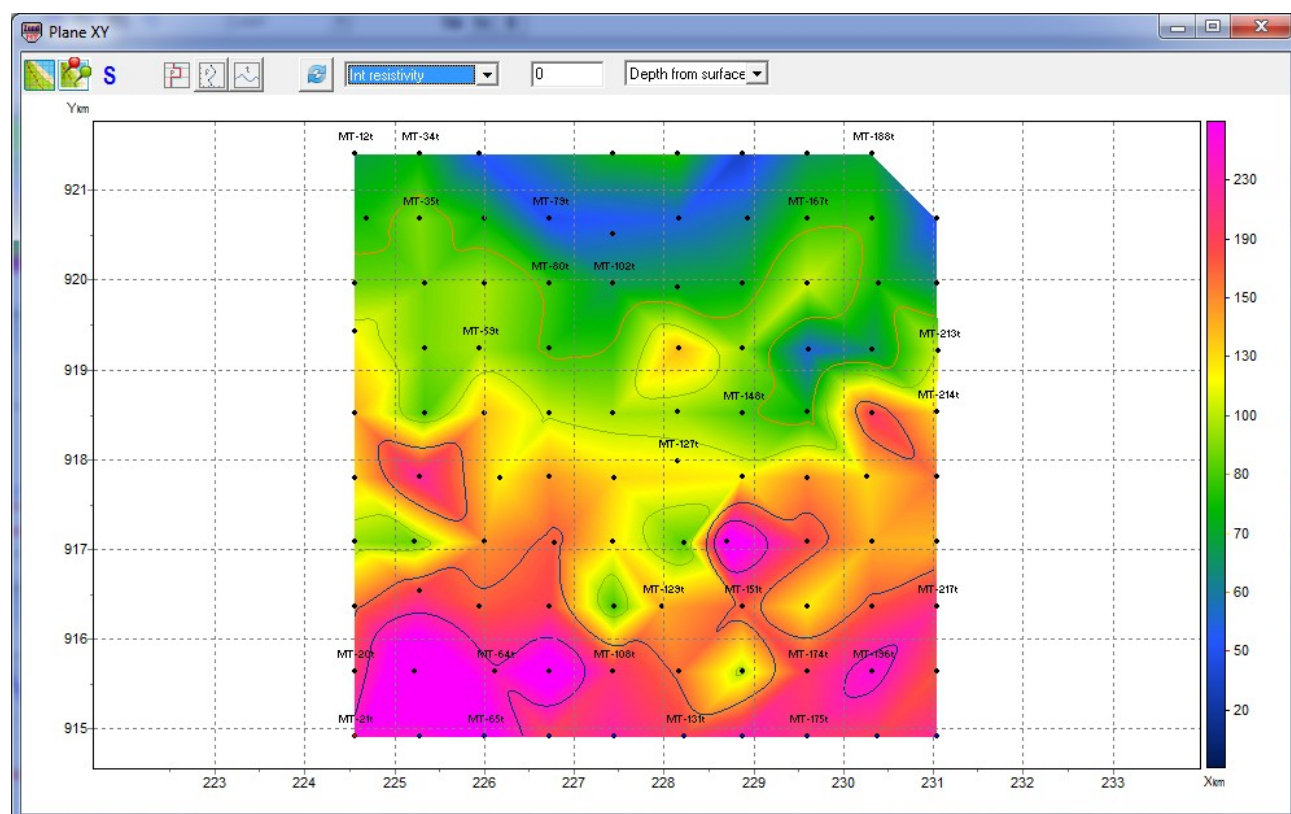
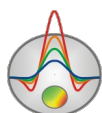
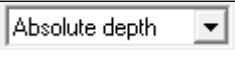


Fig. 45 **Ventana PlaneXY. Plano de isóneas de resistividad**

La barra de herramientas de la ventana contiene los siguientes botones:

	Cargar archivo ráster de mapa (Load map) o construir isóneas de relieve (Draw topography).
	Carga el mapa del área desde internet. Las coordenadas de las estaciones deben estar especificadas en coordenadas UTM. En caso de problemas con la carga, introduzca una clave actual en el campo Bing maps api_key
	Exportar el mapa areal de distribución del parámetro a Golden Software Surfer e iniciar la aplicación
	Construir isóneas para los parámetros del modelo (resistividad, conductividad o espesor)



	Construir isolíneas para los parámetros medidos (resistividad aparente o fase de la impedancia)
	Construir isolíneas para los valores de elevación
	Actualizar el plano actual
	Parámetro que se mostrará en el corte de área. Puede ser un parámetro del modelo para la profundidad seleccionada o valores medidos
	Establece la profundidad del corte del conjunto de perfiles.
	Modo de construcción del corte: absolute depth - se seleccionan valores de parámetros para una profundidad (elevación) absoluta determinada, depth from surface se seleccionan valores de parámetros para una profundidad determinada desde la superficie, layer index – número de capa

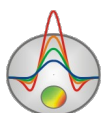
Al construir los parámetros del modelo, la barra de herramientas contiene dos ventanas que permiten seleccionar uno de los parámetros e indicar la profundidad a la que se mostrará. En la ventana derecha es necesario establecer el modo de referencia de profundidades: Depth from topo – los valores de profundidad se cuentan desde la superficie, Absolute depth – se utilizan valores absolutos de profundidad, Layer index – el mapa de isolíneas se construye para la capa especificada.

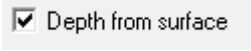
Al construir isolíneas de parámetros medidos, el número de capa corresponde a la malla de períodos de los datos iniciales.

Opción 3D fence diagram (Options/ 3D fence diagram)

Esta opción está destinada a la visualización tridimensional de los resultados de interpretación por perfiles. Después de seleccionar esta opción aparece la ventana 3D section viewer. La barra de herramientas de la ventana contiene los siguientes botones:

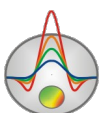
	Vista previa de impresión
	Rotar el modelo 3D
	Carga el mapa del área desde internet. Las coordenadas de las estaciones deben estar especificadas en coordenadas UTM. En caso de problemas con la carga, introduzca una clave actual en el campo Bing maps api_key



	Construir conjunto de cortes horizontales en el programa surfer.
	Mostrar plano horizontal. La profundidad del plano desde la superficie se establece en kilómetros en la ventana de la derecha
	Establece la profundidad del corte del conjunto de perfiles por el plano horizontal
	Modo de construcción de corte horizontal. Si la opción está activada, el corte se construye para una profundidad dada desde la superficie, de lo contrario para una elevación absoluta dada
	Al presionar este botón se establecen escalas iguales para todos los ejes. Entonces, a la derecha aparece una ventana que permite especificar la relación de escalas para cada eje
	Configuración del eje vertical Z

La ventana 3D section viewer contiene tres pestañas:

La pestaña Lines (Fig. 46) está destinada a editar las coordenadas de inicio y fin de los perfiles, así como para establecer los perfiles que se mostrarán en el modelo 3D. A la izquierda en la ventana se encuentra una tabla que contiene los nombres de los perfiles, las coordenadas de inicio y fin. Para mostrar el perfil en el modelo 3D es necesario marcar la casilla en la última columna de la tabla (V – visible). A la derecha se muestra el plano de los perfiles. El perfil activo se muestra en color rojo. Existe la posibilidad de editar las propiedades de los ejes, invocada con el botón derecho del ratón manteniendo presionada la tecla Shift. Más detalles sobre la configuración de los parámetros de los ejes en la sección Editor de ejes.



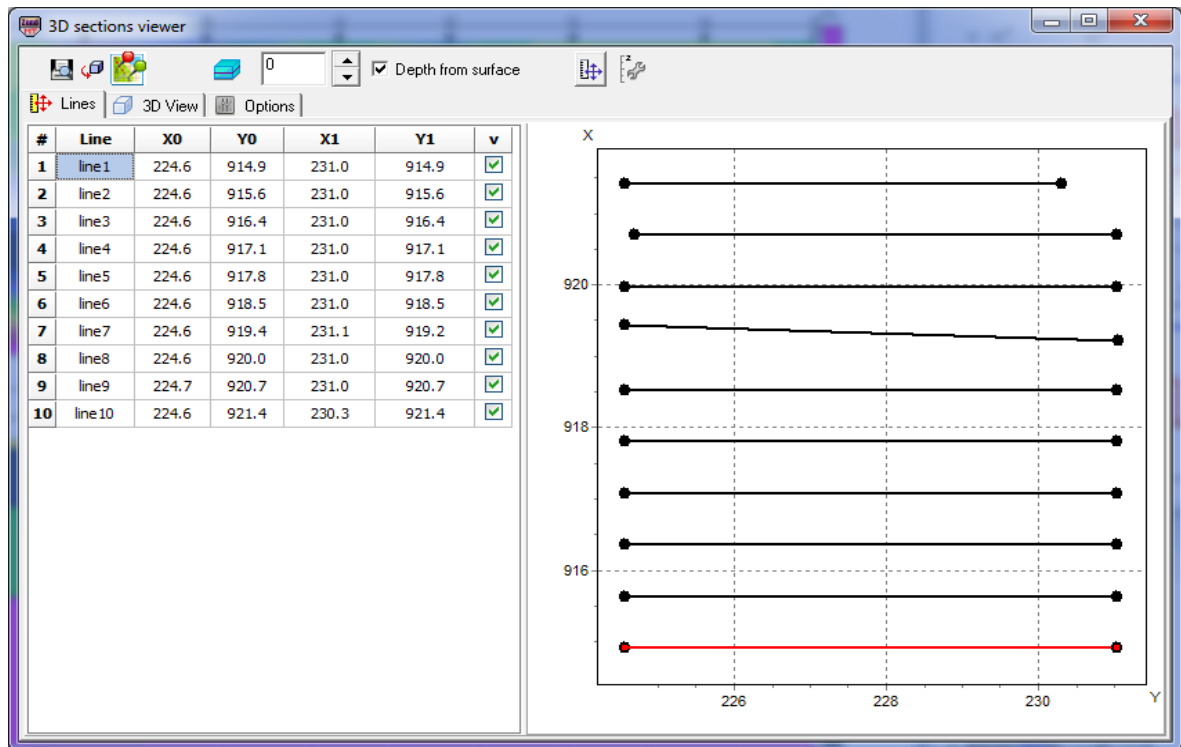


Fig. 46 Ventana 3D section viewer, pestaña Lines.

La pestaña 3D view (Fig. 47) está destinada a la visualización del modelo 3D.

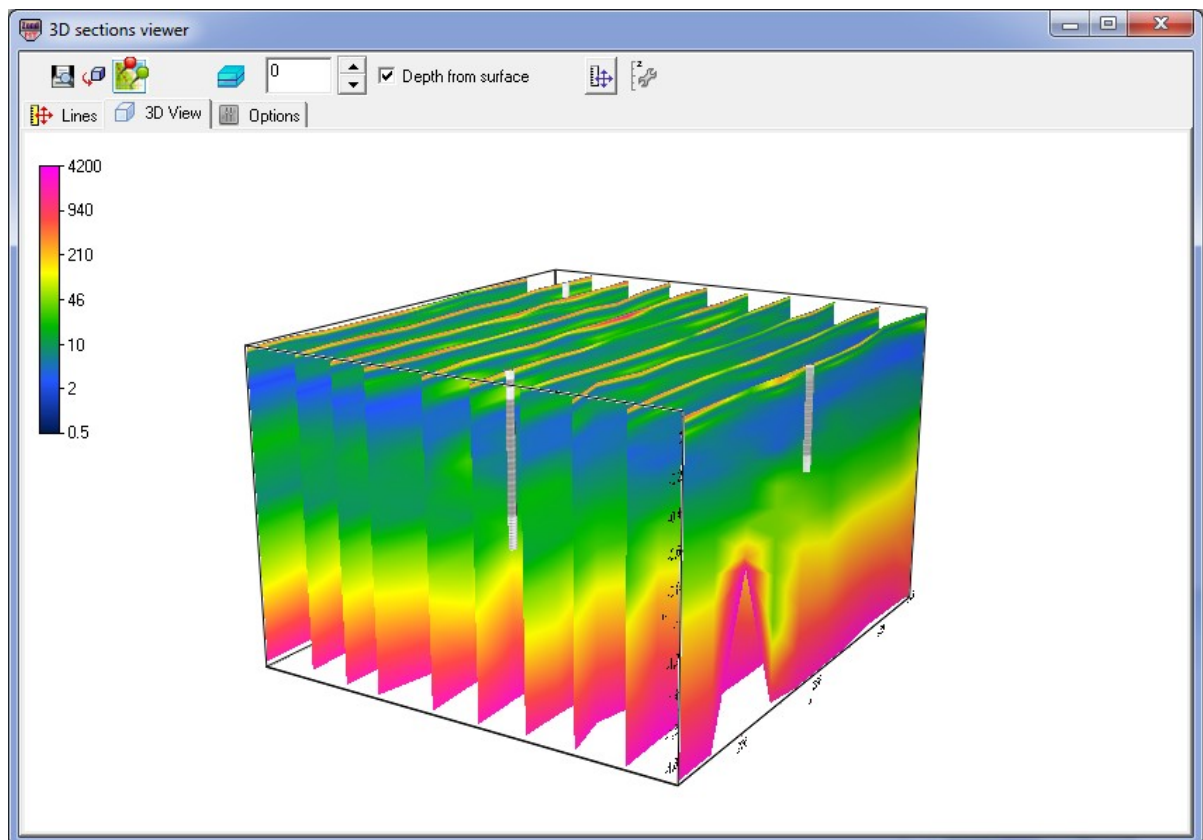
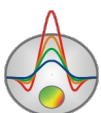


Fig. 47 Ventana 3D section viewer, pestaña 3D view



La pestaña Options (Fig. 48) está destinada a la configuración de los parámetros de la imagen.

El área Color scale permite configurar los parámetros de relleno. El botón Palette invoca la ventana de diálogo de configuración de relleno (más detalles). El área Color scale limits permite establecer el mínimo y máximo para la escala de colores manualmente o seleccionar el modo automático de determinación de límites, marcando la casilla correspondiente.

Opción Continuous si la opción está activada, la sección se construirá utilizando una paleta de colores continua, de lo contrario un conjunto de contornos.

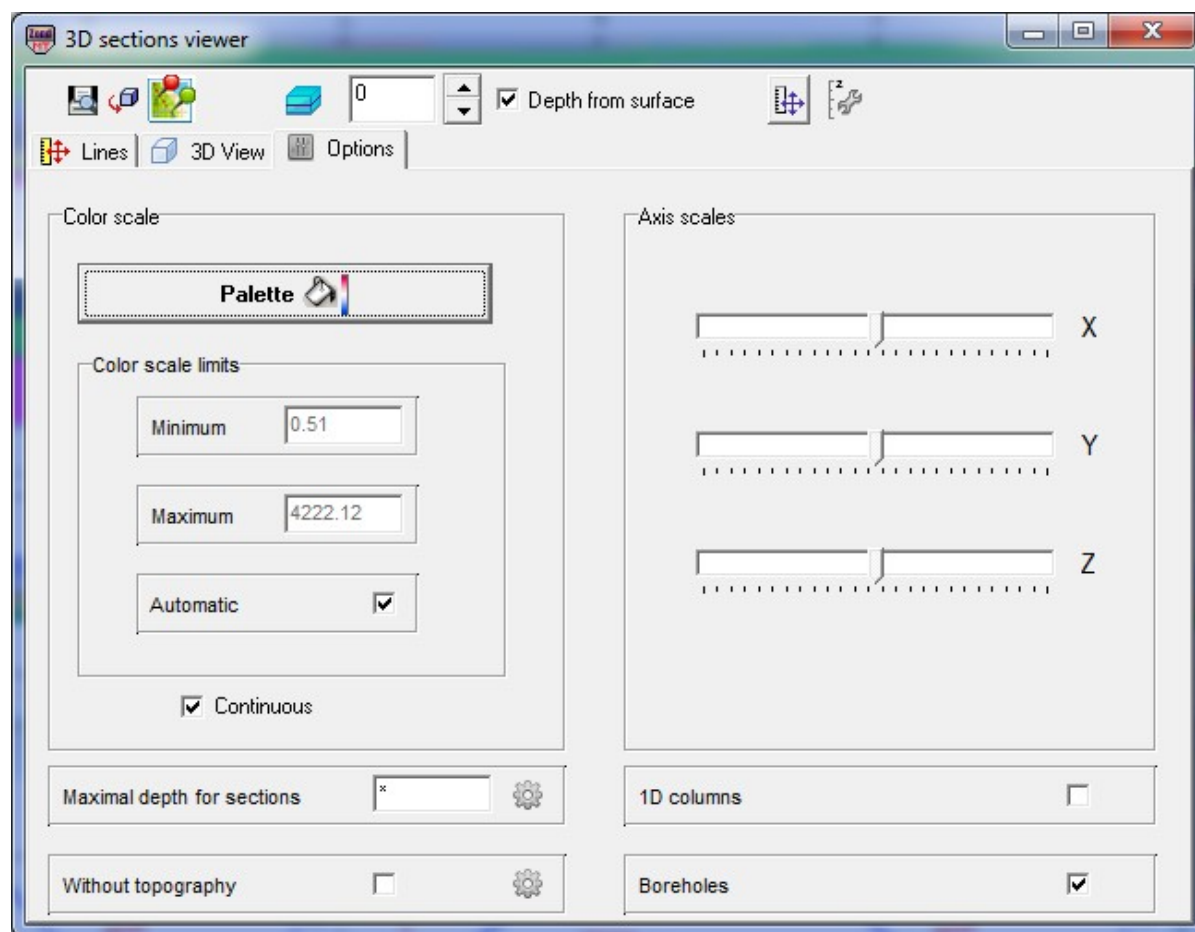
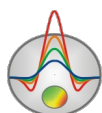


Fig. 48 Ventana 3D section viewer, pestaña Options

El área Axis scales está destinada a establecer las escalas de los ejes. Las escalas se establecen solo cuando el botón está presionado  en la barra de herramientas de la ventana.



Campo Maximal depth for sections – establece la profundidad límite por debajo de la cual se cortarían las secciones.

Campo Without topography - permite construir secciones sin tener en cuenta las elevaciones topográficas de los sondeos. Esto es útil si se desea construir un modelo con eje vertical logarítmico.

Opción 1D Columns mostrar modelos 1D en forma de pseudopozos. Los colores de las capas se seleccionan según la escala de colores.

Opción Boreholes mostrar datos de pozos en imagen tridimensional. Con una gran cantidad de pozos en el proyecto, su visualización puede tomar un tiempo considerable.

Introducción de información a priori

La disponibilidad de información a priori (datos de pozos) permite aumentar significativamente la fiabilidad de las secciones geoelectricas obtenidas. El programa «ZondMT1D» tiene un módulo incorporado que permite mostrar datos a priori en forma gráfica en las secciones.

Creación y adición de archivo de litología

Para crear o editar información de pozo, en el menú principal del programa es necesario seleccionar Options/Boreholes/Create/Edit borehole data. Aparecerá la ventana de diálogo del módulo Add borehole data (Fig. 49).

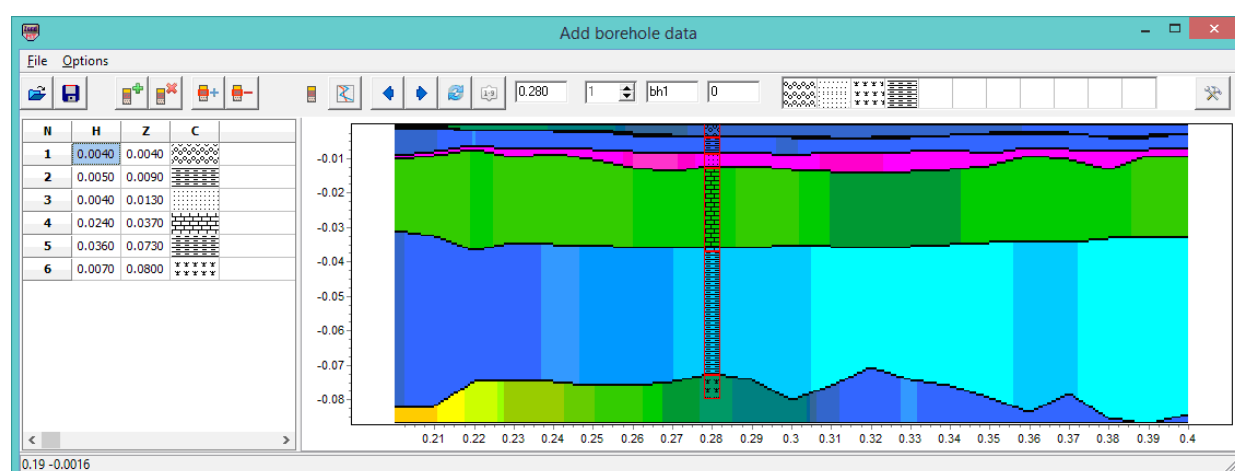
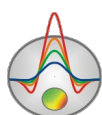
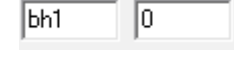


Fig. 49 Ventana de diálogo de creación de archivo de litología Add borehole data

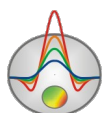


La barra de herramientas de la ventana de diálogo contiene los siguientes botones:

	Abrir archivo de litología
	Guardar archivo de litología
	Crear nuevo pozo
	Eliminar pozo
	Agregar capa en el pozo
	Eliminar capa en el pozo
	Establece el tipo de datos de pozo: columna litológica. De lo contrario datos de registro (gráfico).
	Cargar datos de registro
	Ir al pozo anterior
	Ir al pozo siguiente
	Actualizar ventana de dibujo de datos
	Ordenar pozos por coordenada
	Establece la coordenada horizontal (a lo largo del perfil) y el número de perfil, si el proyecto consiste en varias líneas.
	Etiqueta del pozo (no más de 5 símbolos) y ángulo de su inclinación en el plano XZ.
	Seleccionar color de relleno de la ventana de visualización de pozos (en el ejemplo – rojo).
	Opciones adicionales

El módulo contiene dos ventanas principales. A la izquierda se encuentra la Ventana de datos, que contiene una tabla con las siguientes columnas: N – número de orden de la capa, H – espesor de la capa en kilómetros, Z – profundidad de la base de la capa en kilómetros, C – tipo de relleno. En la ventana derecha, los datos de pozos se muestran en forma gráfica.

Para crear nuevos datos de pozo es necesario presionar el botón  en la barra de herramientas. Después de esto aparecerá una nueva tabla en la Ventana de datos. Mediante el



botón  es necesario establecer el número de capas requerido. A continuación es necesario editar la tabla, estableciendo los valores de espesor o profundidad de la base de cada una de las capas, así como elegir el tipo de relleno de acuerdo con la litología. El diálogo de configuración de relleno Pattern Color Editor se invoca haciendo doble clic con el botón izquierdo del ratón en la columna C de la ventana de datos (Fig. 50). El programa ofrece una amplia selección de rellenos litológicos. En la opción Color se puede elegir el color del relleno.

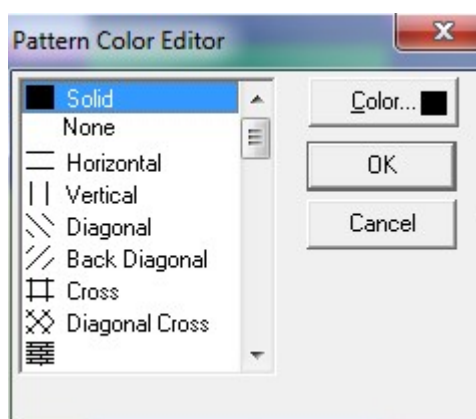
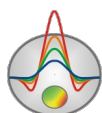


Fig. 50 **Ventana del editor de relleno**

Después de finalizar la introducción de datos del pozo es necesario presionar el botón  y el pozo aparecerá en la ventana gráfica. Después de esto es necesario establecer las coordenadas horizontal y vertical del pozo en la barra de herramientas en kilómetros, tras lo cual el pozo se representará de acuerdo con sus coordenadas. En la ventana gráfica, el pozo activo se muestra en color rojo.

Para facilitar el trabajo con una gran cantidad de pozos, el programa tiene la posibilidad de crear una paleta. Para crear una paleta, seleccione el relleno necesario en la columna de rellenos de la Ventana de datos, después de lo cual haga clic derecho con el ratón en el área de rellenos del panel principal del programa. De esta manera puede crearse un conjunto de rellenos, que posteriormente puede guardarse. Para ello presione el botón  y seleccione Save default palette. El conjunto de rellenos guardado puede utilizarse al crear un nuevo archivo de datos de litología y registro ( - **Load default palette**).



La función Set percent, disponible al presionar el botón  está destinada a cambiar la escala de visualización de los datos de pozos en forma gráfica.

Después de guardar el archivo de datos se crearán varios archivos: *.crt – proyecto del módulo, que puede cargarse en el programa «ZondMT1D» y *.txt – archivo para cada pozo, los nombres corresponden a la coordenada horizontal y vertical. Para más detalles sobre el formato del archivo de litología véase el Apéndice 1.

Para agregar datos de pozos desde un archivo utilice el comando Options/Boreholes/Load borehole data. Los datos de pozos se reflejarán tanto en la sección geoelectrica como en el área del editor de modelo (Fig. 51).

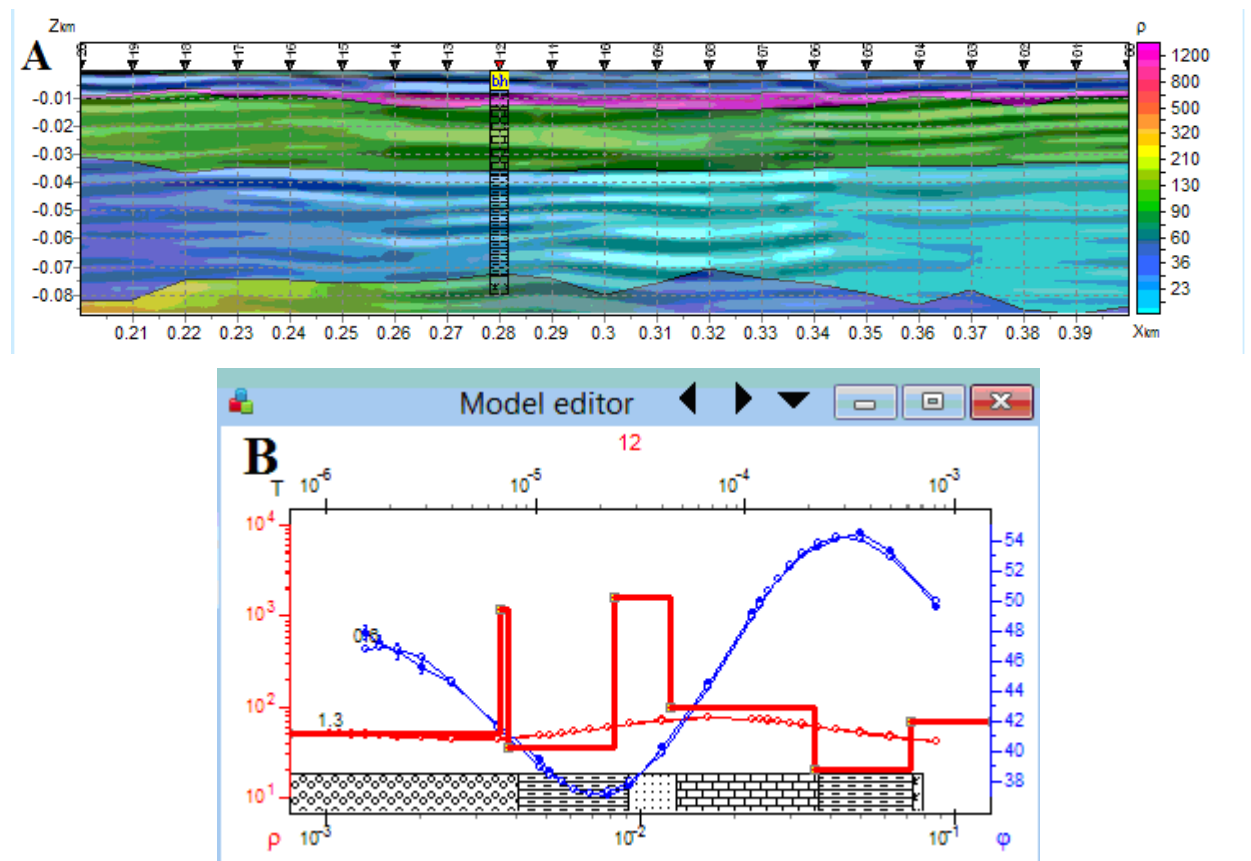
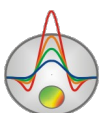


Fig. 51 **Visualización de datos de litología en la sección geoelectrica (A) y editor de modelo (B)**

También pueden agregarse datos de registro. Para ello en la ventana Add borehole data presione el botón . Los datos de registro pueden agregarse a una columna litológica ya existente.



Introducción de límites geológicos (Opción Set boundaries)

La barra de herramientas está disponible en el menú Options Options/Invert&Apriori/Set apriori boundaries y permite establecer y considerar en la inversión información geológica a priori en forma de límites. Después de seleccionar esta opción aparece un conjunto de herramientas que contiene los siguientes botones:

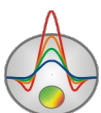
	Enable/Disable editing boundaries mode	Activar/Desactivar modo de edición de límites
	Add new boundary	Agregar nuevo límite
	Delete boundary	Eliminar todos los límites
	Save boundaries to file	Guardar límites en archivo
	Load boundaries from file	Cargar límites desde archivo

La incorporación de fronteras geológicas a priori en el problema inverso es una técnica esencial para mejorar la calidad de la interpretación. Por un lado, aumenta la estabilidad del problema y, por otro, reduce el dominio de equivalencia y permite obtener una estructura más consistente. En las áreas del modelo donde los parámetros son poco sensibles, esta es prácticamente la única manera de obtener un resultado aceptable.

Antes de establecer las fronteras se recomienda ejecutar la inversión seleccionando en la pestaña Inversion de la ventana de propiedades del programa el tipo de inversión (Style) – Smooth y activar el ajuste por profundidades (marcando la casilla en el campo Thick/depth). Más detalles sobre la configuración de parámetros de inversión en la sección Ventana de propiedades del programa.

Sobre la sección geoelectrica obtenida se deben trazar las fronteras teniendo en cuenta los datos de pozos o partiendo de representaciones a priori sobre la estructura del área estudiada. El establecimiento de fronteras se realiza mediante el botón izquierdo del ratón con el modo de edición de fronteras activado. El cierre de la frontera se realiza con el botón derecho del ratón. Al trazar fronteras no se deben usar muchos nodos. Es recomendable que las fronteras sean lo más suaves posible.

Después de trazar las fronteras se debe ejecutar nuevamente la inversión, que se realizará considerando las fronteras establecidas (Fig. 52).



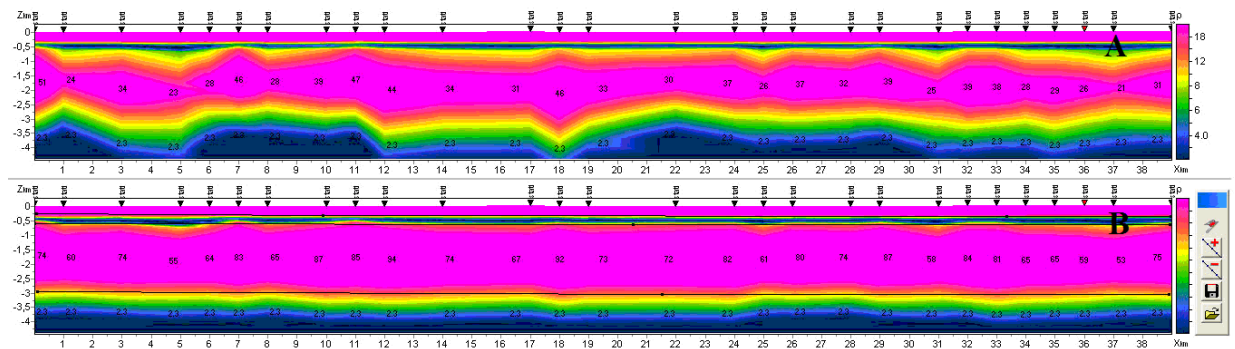
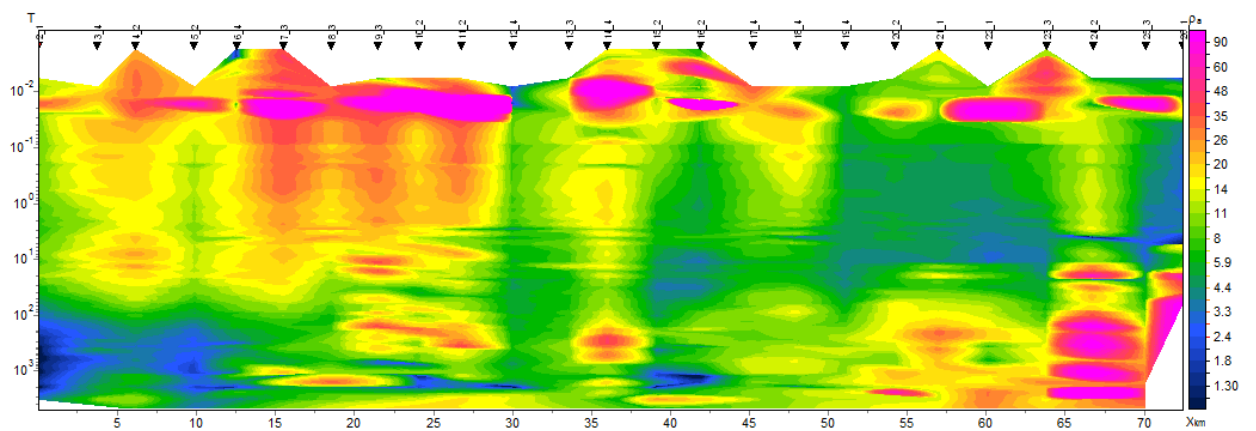


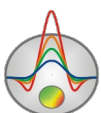
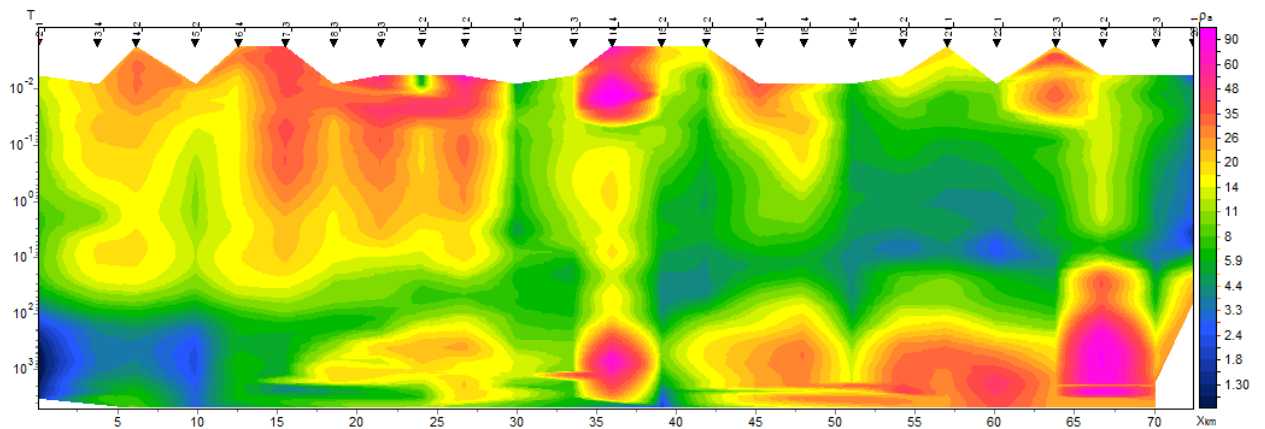
Fig. 52 **Ejemplo de sección geoelectrica de los resultados de inversión sin considerar (A) y considerando (B) fronteras geológicas**
Postprocesamiento de datos de campo

El programa ZondMT1D permite procesar datos de perfiles. En el menú Options/Data operations están disponibles tres funciones: Denoise data, Smooth data y 2D smoothing. Para cancelar las operaciones y volver a los datos originales se encuentra la opción Return Origin data. Estas funciones deben usarse con precaución, ya que un suavizado excesivo de los datos puede llevar a la pérdida, incluso, de información útil.

A



B



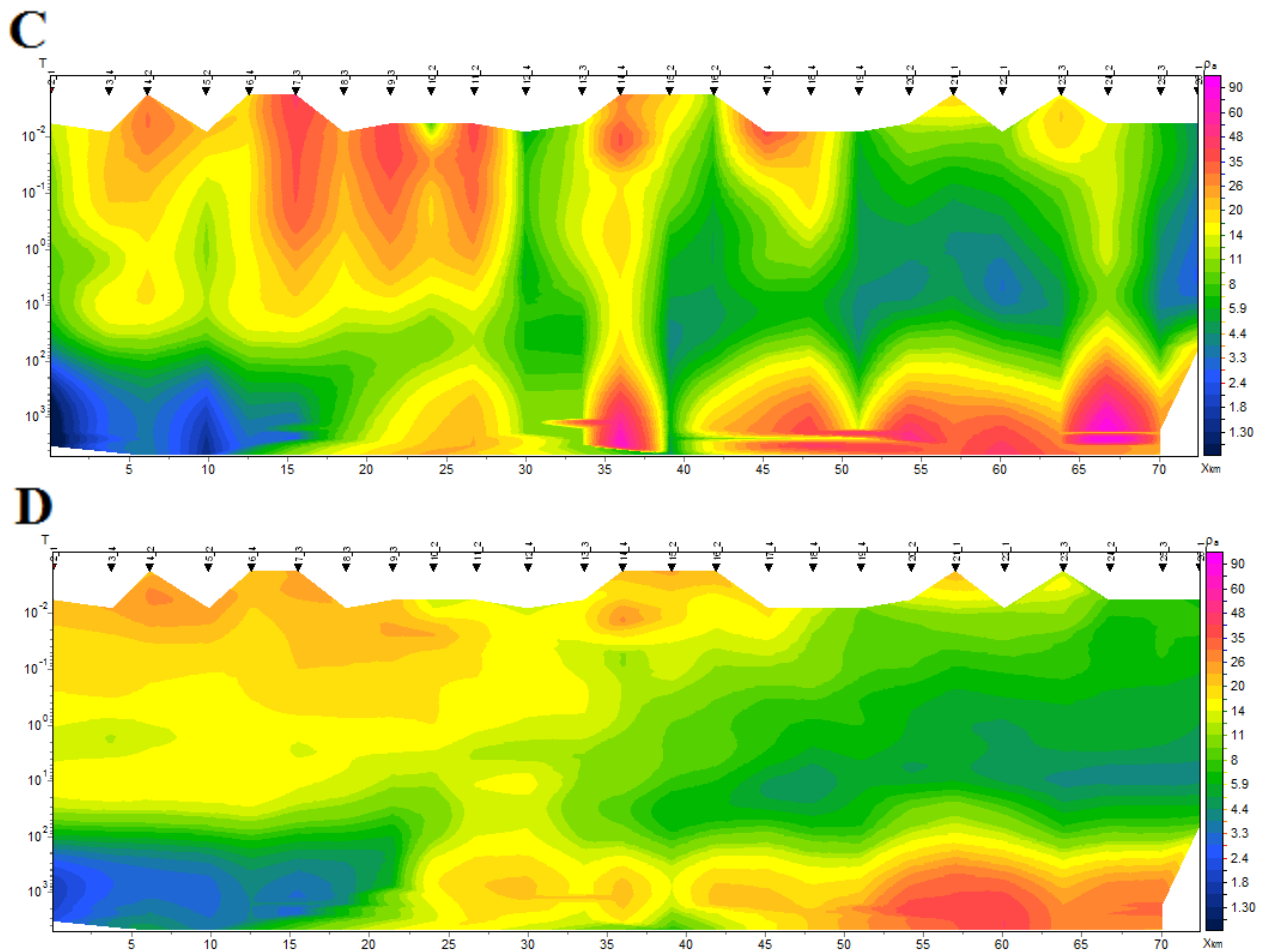
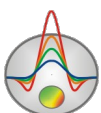


Fig. 53 Ejemplo de aplicación de funciones de procesamiento a un perfil de datos: A: datos originales, B: resultado de aplicar la operación Denoise data, C: resultado de aplicar la operación Smooth data, D: resultado de aplicar la operación 2D smotthing

Suavizado del modelo

El programa ZondMT1D permite suavizar la sección geoelectrica calculada (Fig. 54). Para esto, en el menú Option/ Invert&apriori seleccione la función Smooth model. El suavizado se realiza automáticamente, modificándose tanto las fronteras de las capas como los valores de resistividad.



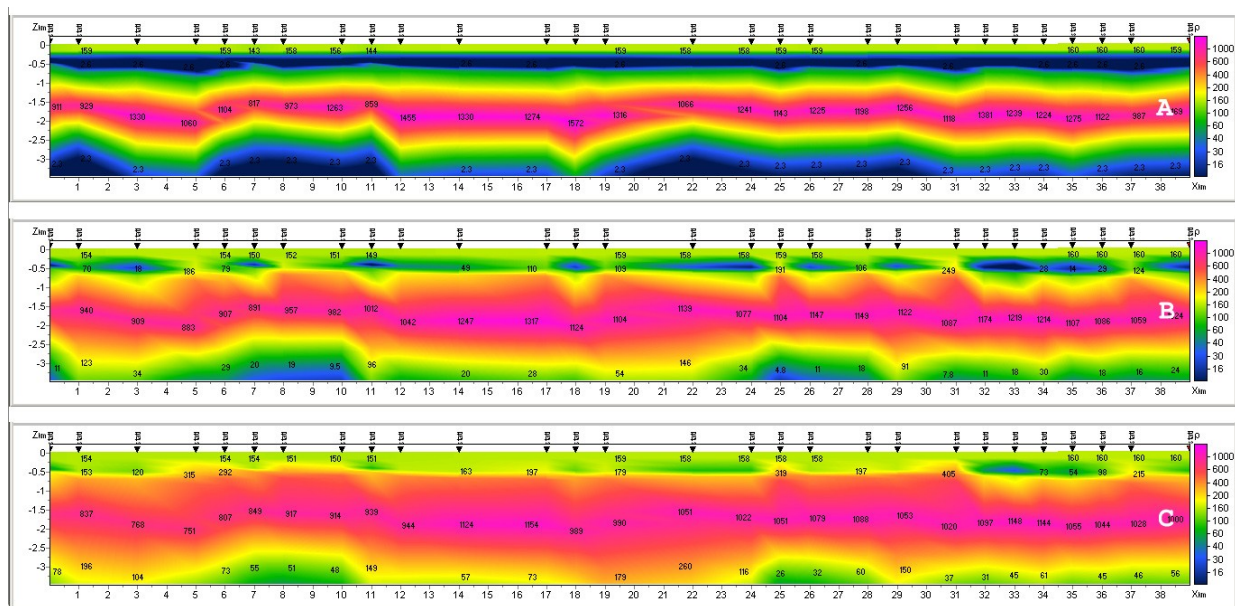


Fig. 54 Ejemplo de aplicación de la función Smooth model. A- modelo inicial, B – después de aplicar la opción Smooth model, C – después de aplicar repetidamente la opción Smooth model.

Opciones de interpretación conjunta de datos de sondeos MT (AMT, RMT) y VES

Esta funcionalidad está destinada a la interpretación conjunta de datos AMT (MT, RMT, CSAMT, CSRMT) y VES.

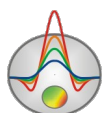
La sección está disponible en el menú principal del programa Options/VES Data. En el menú están disponibles las siguientes opciones:

Load VES data	Cargar datos VES en formato TXT (el formato del archivo se describe a continuación).
Remove VES data	Eliminar datos de sondeos VES.
Joint inversion	Inversión conjunta de datos VES y sondeos MT
Display VES plot	Mostrar ventana de gráficos VES.

El archivo de texto de datos VES debe contener los siguientes valores, escritos en líneas:

ab/2 – mitad de la longitud de la línea de alimentación

mn – longitud de la línea receptora



Zond geophysical software

app.res – resistividad aparente

En la ventana de gráficos VES Plot se muestran los gráficos de resistividad aparente (Fig. 55). En rojo se muestra la curva medida, en azul la ajustada como resultado de la inversión conjunta. Existe la posibilidad de editar las propiedades de los ejes, el editor se invoca con el botón derecho del ratón manteniendo presionada la tecla Shift. Más detalles sobre la configuración de parámetros de ejes en la sección Editor de ejes.

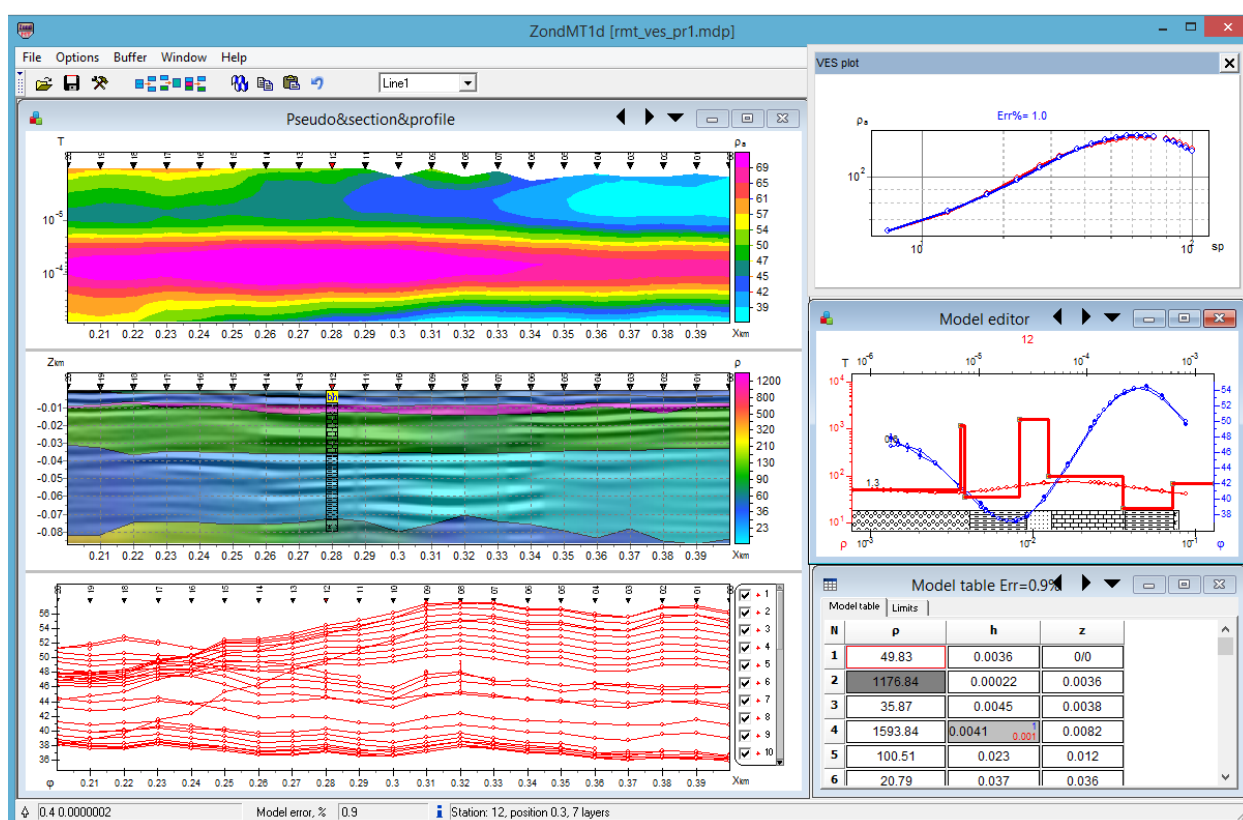
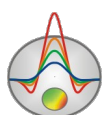


Fig. 55 Visualización de gráficos de curvas VES. Resultados de inversión conjunta de datos RMT y VES

Menú Buffer para comparar y almacenar resultados de inversión

El menú Buffer de la ventana principal del programa permite comparar resultados de inversión de datos obtenidos utilizando diferentes parámetros. Después del cálculo del primer modelo, ingrese al menú Buffer y seleccione Model 1. En el cuadro de diálogo que aparece se



puede asignar un nombre al modelo que refleje, por ejemplo, los parámetros utilizados en la inversión. De esta manera, se pueden guardar de 1 a 5 modelos.

Después de guardar el modelo, aparecerá una marca de verificación junto al nombre. Al hacer clic en un modelo previamente guardado, aparece un cuadro de diálogo que permite cargar el modelo seleccionado como actual (botón From Buffer), o guardar el modelo actual como el seleccionado (botón To Buffer).

La opción Open del menú Buffer abre todos los modelos guardados para el punto de sondeo actual en una sola ventana (Fig. 56).

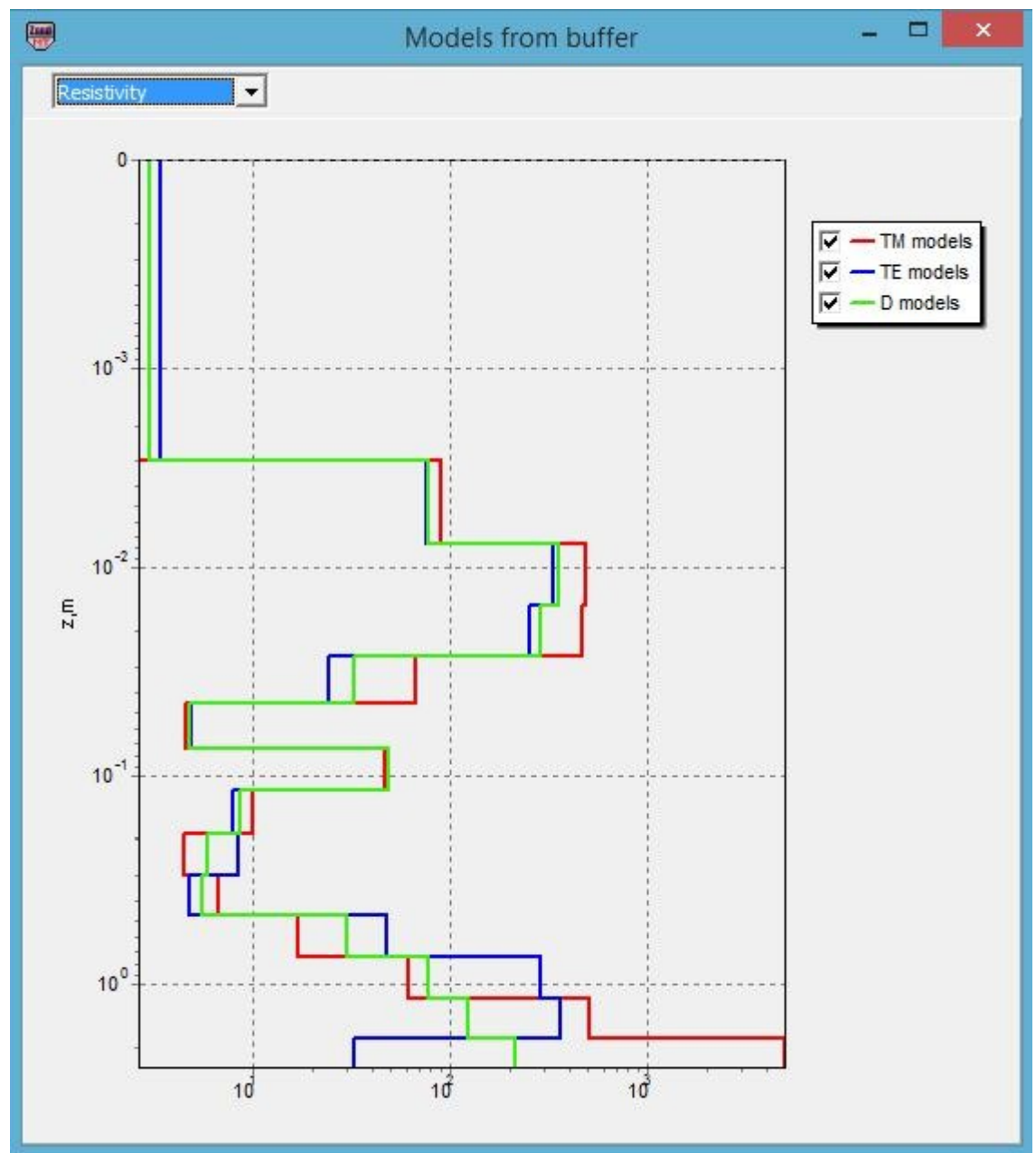
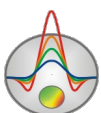


Fig. 56 Dos modelos para un punto de sondeo, abiertos en una ventana



Algoritmos del programa y cambios de la versión 2026

En esta sección se describe qué es exactamente lo que calcula el programa en cada etapa de trabajo: qué modelos físicos se utilizan en los problemas directos, cómo está organizada la inversión, cómo se evalúan la confiabilidad y equivalencia de los modelos obtenidos y cómo funcionan los procedimientos de procesamiento de datos. Para cada bloque se enumeran las correcciones y aceleraciones realizadas en la versión del año 2026. Esta información ayuda a elegir conscientemente los ajustes y evaluar correctamente los resultados de la interpretación.

Modelo del medio y magnitudes observadas

El medio se describe mediante una sección horizontalmente estratificada de N capas. Cada capa se define por su resistividad eléctrica específica ρ_i ($\Omega \cdot m$) y su espesor h_i ; la última capa es un semiespacio homogéneo. Todas las magnitudes geométricas del programa se especifican en kilómetros (al leer archivos en metros se utiliza la opción de menú File/Units in file). La permeabilidad magnética de todas las capas se asume igual a $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

Las magnitudes observadas son la resistividad aparente ρ_a y la fase de la impedancia φ , calculadas a partir de las componentes del tensor de impedancia Z para los modos TM (Z_{xy}), TE (Z_{yx}) o mediante la impedancia efectiva (convencionalmente promedio):

$$\rho_a = |Z|^2 / (\omega \mu_0), \quad \varphi = \arg Z, \quad \omega = 2\pi/T$$

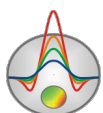
Aquí T es el período en segundos. La impedancia se expresa en unidades de Ω (V/m por A/m). La pseudoprofundidad, utilizada en las pseudosecciones, está relacionada con la profundidad de penetración pelicular $\delta \approx 0.503 \cdot \sqrt{(\rho_a \cdot T)}$ km y proporciona solo una estimación aproximada de la profundidad de investigación.

Problema directo del sondeo MT (onda plana)

Para una onda plana, la impedancia en la superficie de un medio estratificado se calcula mediante una fórmula recurrente de abajo hacia arriba. Para cada capa, el número de onda es $k_j = \sqrt{(-i\omega\mu_0/\rho_j)}$ (dependencia temporal $e^{i\omega t}$), la impedancia de onda de la capa es $Z_j^0 = i\omega\mu_0/k_j$. La impedancia en el techo de la capa j:

$$Z_j = Z_j^0 \cdot (Z_{j+1} + Z_j^0 \cdot \tanh(k_j \cdot h_j)) / (Z_j^0 + Z_{j+1} \cdot \tanh(k_j \cdot h_j)), \quad Z_N = Z_N^0$$

Las derivadas de ρ_a y φ con respecto a los parámetros del modelo (ρ_j , h_j) se calculan analíticamente mediante el mismo paso recurrente (matriz jacobiana). En la versión 2026, las derivadas analíticas se verificaron comparándolas con diferencias finitas. La inversión se realiza en logaritmos de los parámetros y datos: las filas del jacobiano contienen las derivadas $\partial \ln \rho_a / \partial \ln$



ρ_j , $\partial \ln \rho_a / \partial \ln h_j$; para la fase, las derivadas $\partial \phi / \partial \ln \rho$ con un factor de peso que lleva la fase y el logaritmo de la resistividad aparente a una escala comparable.

Corrimiento estático

Con la corrección del corrimiento estático activada, para cada estación se añade un parámetro s – multiplicador de la curva de resistividad aparente ($\ln \rho_a \rightarrow \ln \rho_a + \ln s$). La fase no depende del corrimiento estático, por lo que el corrimiento se determina por la discordancia de la curva de amplitud con la curva de fase. El parámetro de corrimiento se regulariza por separado (penalización por desviación de $\ln s$ respecto a cero), lo que excluye el "flujo" del corrimiento hacia la resistividad de las capas superiores.

Problema directo con fuente controlada (CSAMT, CSRMT)

La fuente es una línea eléctrica aterrizada AB de longitud finita en la superficie, representada como suma de dipolos eléctricos horizontales. El receptor registra las componentes horizontales de los campos eléctrico (E_x , E_y) y magnético (H_x , H_y); las direcciones de las líneas y sensores se especifican mediante cosenos directores en la ventana Controlled source settings. Los campos en cada punto se expresan mediante integrales de Hankel (Sommerfeld) de la forma

$$I(r) = \int_0^\infty F(m, \omega, \rho, h) \cdot J_0(m \cdot r) dm$$

donde J_0 , J_1 son funciones de Bessel, m es la frecuencia espacial, F es el núcleo, calculado para un medio estratificado de forma recurrente (componentes TE y TM de reflexión R_{te} , R_{tm}). Las integrales se calculan mediante el método de filtrado digital lineal: la integral se reemplaza por la suma de valores del núcleo en los nodos de una malla logarítmica m_k con pesos de filtros W_0 , W_1 , dependientes de la separación. La resistividad aparente efectiva y la fase se determinan por la relación de componentes E/H (mediante la fórmula de Cagniard) considerando todas las zonas de la fuente – cercana, intermedia y lejana. Por tanto, en la zona cercana, donde la aproximación de onda plana no es aplicable, el programa reproduce correctamente el característico crecimiento de ρ_a y disminución de la fase con el período.

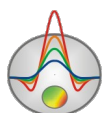
El número de onda en la capa considera corrientes de conducción y corrientes de desplazamiento:

$$k^2 = \omega^2 \mu_0 \epsilon \epsilon_0 - i \omega \mu_0 / \rho, \quad u = \sqrt{m^2 - k^2}$$

La permitividad dieléctrica relativa ϵ es significativa solo a altas frecuencias de RMT sobre rocas de alta resistividad.

Correcciones en el cálculo de fuente controlada

- El signo de la contribución de las corrientes de desplazamiento en k^2 se ha ajustado conforme a la dependencia temporal adoptada (anteriormente la contribución $\omega^2 \mu \epsilon$ se



consideraba con signo opuesto). En un modelo de verificación con resistividades hasta $1000 \Omega \cdot m$ y frecuencias hasta 10 kHz, el cambio en ρ_a no supera $4 \cdot 10^{-5}$ (relativo), pero para secciones de alta resistividad y altas frecuencias la corrección es significativa.

- Los arreglos de derivadas del núcleo ahora se asignan según el número real de capas y nodos del filtro. Anteriormente se creaban solo en modo multiproceso y solo al procesar la primera frecuencia: en un ordenador con un solo núcleo o en ausencia de datos en la primera frecuencia, el cálculo del jacobiano terminaba con error de acceso a memoria, y tras cambiar el número de capas podían usarse arreglos de tamaño antiguo. De forma análoga se corrigió la asignación de arreglos de módulos, derivadas respecto a resistividad y espesor para la estación.
- Las derivadas de la resistividad aparente y la fase respecto a las resistividades y espesores (función GETDER) se verificaron mediante diferencias finitas: concordancia a nivel de 10^{-3} de error relativo para todas las capas y frecuencias.

Aceleración del cálculo de fuente controlada

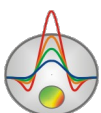
Se utiliza el mismo filtro digital y la misma malla de frecuencias espaciales que en la versión anterior, por lo que los resultados coinciden con precisión de redondeo (máxima discrepancia relativa – 0 en el modelo de verificación). La aceleración se logró mediante la organización de los cálculos:

- los multiplicadores del núcleo que no dependen de la separación ($1/(m+R_{tm})$, $1/(m+R_{tm})^2$, combinaciones de derivadas), se calculan una vez para cada nodo del filtro, y no para cada par «nodo–separación»;
- en los bucles internos de suma, la aritmética compleja se ejecuta sin llamadas a funciones (peso real $\times$ número complejo);
- los productos acumulados en el cálculo de las derivadas del núcleo se calculan en $O(N)$ operaciones en lugar de $O(N^2)$, donde N es el número de capas.

En un modelo de prueba (6 capas, 25 frecuencias, cálculo de campos y jacobiano) el tiempo de cálculo se redujo de 0.735 a 0.316 s (2.3 veces); con el aumento del número de capas la ganancia aumenta. El interruptor csIntFast (módulo MagDipoleOLD) permite volver al esquema de suma original para comparación.

Inversión automática

El ajuste del modelo se realiza mediante el método regularizado de Gauss–Newton (Levenberg–Marquardt). En cada iteración se resuelve un sistema para el incremento de parámetros Δm (en logaritmos):



$$(J^T W J + \alpha \cdot C^T C + \lambda \cdot I) \Delta m = J^T W \cdot (d - F(m)) - \alpha \cdot C^T C \cdot (m - m_0)$$

donde J es la matriz jacobiana, W es la matriz diagonal de pesos de los puntos (considerando los errores y pesos robustos), d son los datos observados, F(m) son los datos calculados, C es el operador de suavizado (diferencias de parámetros de capas adyacentes), m0 es el modelo de referencia, α es el parámetro de suavidad (campo Smoothing factor), λ es el parámetro de amortiguamiento, ajustado en cada iteración. El error de ajuste se expresa como desviación cuadrática media (RMS, %) de los logaritmos de resistividad aparente y fase.

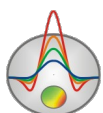
Estilos de inversión

- Standard – minimización del error de ajuste con amortiguamiento de Marquardt; produce un modelo con número mínimo de capas, adecuado para un número pequeño de capas.
- Smooth – minimización del error de ajuste y la rugosidad (operador C, norma L2); produce una distribución suave de resistividad. Se recomienda para modelos multicapa (10 o más capas).
- Focused – estabilización enfocada: los pesos de las filas del operador C se recalculan en cada iteración de modo que las fronteras abruptas con contraste mayor que Threshold no se suavizan. Resultado: modelo suave por tramos con límites nítidos.

La opción Depth smoothing aumenta el peso del suavizado con la profundidad, lo que suprime oscilaciones falsas en la parte inferior de la sección, menos respaldada por los datos. La opción Robust activa la reponderación iterativa de los puntos (norma cercana a L1): los puntos con errores de ajuste anormalmente grandes reciben menor peso. Los tipos de norma de suavidad L0, L1, L2 y Stabilizer se seleccionan en el menú Options/Invert&apriori/Smoothness type.

Corrección: la adición a la suavidad se incorpora en $C^T C$

Para la estabilidad de la solución se añade a la matriz de suavizado una pequeña cantidad diagonal (0.01 para el estilo Smooth y 0.001 para el estilo Focused). Anteriormente esta cantidad se escribía en la diagonal del propio operador C y, por lo tanto, entraba en $C^T C$ y en el lado derecho $C^T \cdot C(m - m_0)$ al cuadrado y en términos cruzados, mezclándose con las diferencias de capas adyacentes. Como resultado, la adición estabilizadora distorsionaba los pesos relativos de suavidad entre capas. Ahora el operador C contiene solo las diferencias de capas adyacentes (con pesos que consideran fronteras e información a priori), y la adición estabilizadora se incorpora directamente en la diagonal de la matriz $C^T C$. La corrección se realizó en la inversión unidimensional (módulo LayerWork) y de forma consistente en la inversión Pseudo 2D/3D (módulos invq2d, invq3d).



También se corrigió: las filas del operador de suavidad sin peso individual se multiplicaban anteriormente por el valor del error de ajuste de suavidad $C(m - m_0)$ de esa fila (si era positivo); ahora se utiliza un arreglo separado de pesos, igual a uno por defecto.

Restricciones de parámetros y selección del paso

Los límites de variación de los parámetros (pestaña Defaults, tabla del modelo, modo Limites) se tienen en cuenta al elegir la longitud del paso: si el modelo de prueba sale de los límites admisibles, el paso para el parámetro correspondiente se reduce. Para las profundidades de las fronteras, el intervalo admisible está entre los puntos medios de las capas vecinas con un margen igual al espesor mínimo. En la versión 2026, este intervalo al elegir el paso se ha ajustado al intervalo utilizado al escribir los parámetros en el modelo (anteriormente, el límite superior de la profundidad se ampliaba erróneamente en el espesor máximo en lugar de reducirse en el mínimo, y el límite inferior para la primera frontera no tenía en cuenta el espesor de la primera capa).

Detención de iteraciones

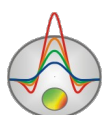
Las iteraciones se detienen al alcanzar el número especificado de iteraciones (Iterations), al reducir el error de ajuste por debajo del nivel especificado (RMS value) o en ausencia de una disminución significativa del error de ajuste. El resultado es el modelo de la última iteración.

Inversión de perfil Pseudo 2D y de área Pseudo 3D

Los comandos Pseudo 2D y Pseudo 3D (menú contextual del botón de inversión de perfil) realizan la inversión conjunta de todas las estaciones del perfil o del área con vínculos laterales: al suavizado unidimensional en profundidad se añade una penalización por diferencias en los parámetros de las capas homónimas de las estaciones vecinas. Para Pseudo 2D, se consideran vecinas las estaciones adyacentes en el perfil; para Pseudo 3D, las estaciones encontradas por distancia en planta. Se resuelve un sistema común para todas las estaciones; la matriz tiene una estructura dispersa por bloques (bloque de estación y vínculos con las vecinas).

Aceleración y correcciones Pseudo 2D/3D

- Operador compilado de multiplicación de matriz por vector (iqFastOp) – sin crear hilos en cada multiplicación.
- Los bloques de Gram $J^T J$ s para cada estación se calculan una vez por iteración (iqGram) en lugar de dos multiplicaciones $J^T(Jv)$ en cada paso del solver iterativo.
- Selección del solver (iqSolver): 0 – AbiPCG original, 1 – GMRES(m), 2 – BiCGStab, 3 – LU de banda directa (si la banda es demasiado ancha, se utiliza automáticamente GMRES). Por defecto, para Pseudo 2D se usa LU de banda, para Pseudo 3D – GMRES.



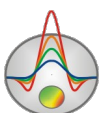
- Precondicionador de Jacobi por bloques de estaciones (iqPrec=1) en lugar de diagonal.
- La adición estabilizadora de suavizado se incorpora en $C^T C$ una vez (con normalización por la longitud del vínculo), como en la inversión unidimensional.
- El corrimiento estático de la estación está incluido en el bloque de la estación, recibe un amortiguamiento separado y un peso correcto en el jacobiano (anteriormente, el peso de la derivada por corrimiento no tenía en cuenta los pesos de los datos, y el índice del parámetro de corrimiento en Pseudo 2D podía apuntar a una estación ajena).
- La función objetivo al elegir la longitud del paso tiene en cuenta la penalización de desviación del modelo de referencia, al igual que el sistema de ecuaciones.

En un perfil de prueba de 30 estaciones, 25 capas y 30 períodos, el tiempo propio de la inversión de perfil (sin problema directo) en una implementación análoga se redujo de 2.4 a 0.14 s para Pseudo 2D y de 0.84 a 0.32 s para Pseudo 3D. Cada aceleración puede desactivarse mediante el interruptor correspondiente (véase la tabla de parámetros a continuación).

Suavizado de datos de campo

Los comandos del menú Options/Data operations (Smooth data, 2D smoothing) y la ventana Smoothing settings sirven para suprimir perturbaciones aleatorias en las curvas antes de la inversión. El suavizado se realiza en escala logarítmica de períodos: la curva se aproxima mediante un spline suavizante, cuya rigidez se especifica mediante los deslizadores. Parámetros utilizados de la ventana Smoothing settings:

Parámetro	Función
Vert smoothness	Suavidad de las curvas a lo largo del eje de períodos (de 0.01 a 10, escala logarítmica). Cuanto mayor es el valor, más se suprimen las anomalías locales.
Hor smoothness	Suavidad a lo largo del perfil (vínculo de las curvas de estaciones vecinas). 0 – las estaciones se procesan de forma independiente.
Procedure dimension	1D – cada curva se suaviza por separado; 2D – conjuntamente con las estaciones vecinas.
Static shifts correction	Modo de estimación del corrimiento estático de las curvas de resistividad aparente durante el suavizado.
Phase weight	Peso de la curva de fase respecto a la curva de resistividad aparente en el suavizado concordante.
Preview / Apply	Vista previa del resultado y aplicación del suavizado a los datos.



El suavizado se realiza de manera concordante para la resistividad aparente y la fase: para un medio unidimensional, la fase está relacionada con la pendiente de la curva $\rho_a(T)$ mediante la relación de dispersión ($\phi \approx 45^\circ - 45^\circ \cdot d \ln \rho_a / d \ln T$ en primera aproximación, exactamente – mediante la transformada de Hilbert). Por lo tanto, las curvas suavizadas permanecen físicamente compatibles, y la discordancia entre amplitud y fase puede utilizarse para estimar el corrimiento estático. Para regresar a los datos originales se utiliza el comando Return original data.

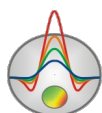
Correcciones y aceleración del suavizado

- El peso de la derivada en el operador de suavizado se ajustó al peso utilizado en el esquema principal; se corrigieron el error de indexación (desplazamiento de una posición) en el cálculo del jacobiano y la ponderación de la diagonal de la matriz normal.
- La matriz normal del método ($J^T W J$) se ensambla por bloques por estaciones (smGram), la regularización se ensambla una vez en forma dispersa, el mejor punto de la búsqueda unidimensional del parámetro de suavidad no se recalcula (smGoldReuse), la multiplicación multihilo se utiliza solo cuando el número de parámetros supera smParMin.
- Se almacenan en caché las matrices de derivadas si no han cambiado el tipo de datos y la división por períodos.

Corrector de curvas AK MT-Corrector

La ventana AK MT-Corrector (File/AK corrector) está destinada a la edición interactiva y suavizado de curvas de sondeo MT para todos los componentes del tensor de impedancia (XY, YX, XX, YY), tipper (TX, TY) y curvas efectivas antes de cargar los datos en el programa principal. La pestaña Import/Export sirve para cargar archivos (incluidos EDI) y exportar el resultado, la pestaña Processing – para el procesamiento.

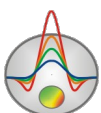
Elemento	Función
Component	Selección del componente a procesar (XY, YX, XX, YY, TX, TY, Eff).
Curves	Mostrar curvas de otros componentes y la curva efectiva para comparación.
Phases range	Rango de visualización de fases: automático, 0:90 o -180:180.
1D processing / 2D processing	Suavizado con spline a lo largo de los períodos (control f) o conjuntamente por períodos y perfil (controles 2D y f).
Static shifts	Do correction – suavizado con corrección del corrimiento estático; No correction – sin corrección; Only correction – solo desplazamiento de curvas sin



	cambiar su forma.
Robust	Suavizado robusto: los puntos con grandes desviaciones reciben menor peso.
Smooth error gates	Suavizado del corredor de errores junto con las curvas.
Use reference spline	Utilizar el spline previamente construido como referencia.
Process all / SS correction	Procesar todas las estaciones; realizar corrección de corrimientos estáticos a lo largo del perfil.
Deselect / Flip sign	Exclusión de puntos seleccionados del procesamiento, cambio de signo de puntos seleccionados (por ejemplo, para componentes con fase invertida).
Plot statistic / Plot spline misfits	Construcción de estadísticas de procesamiento y desviaciones de los datos respecto al spline de suavizado.

Correcciones y aceleración de AK MT-Corrector

- En el suavizado concordante, la selección de puntos de resistividad aparente se realiza según la máscara del componente seleccionado (anteriormente siempre se utilizaba la máscara del primer componente), la fase – según la máscara de fase de este componente.
- Se eliminó el desbordamiento de límites del arreglo en la búsqueda repetida del intervalo en el procedimiento de suavizado; los valores calculados fuera del rango de frecuencias del componente procesado se descartan.
- En el suavizado bidimensional (módulo sm2d1) el operador de conexiones se construye en un solo paso: los vecinos de la estación se encuentran una sola vez, se corrigió la comparación de momentos de tiempo (usando el arreglo tt en lugar de ti). La matriz normal se ensambla utilizando la estructura separable del operador (smFastGram); para sistemas de tamaño 4 o mayor se utiliza la descomposición LDL^T optimizada. En un conjunto de prueba de 30 estaciones y 40 frecuencias el tiempo se redujo de 31 a 6.1 s con un resultado completamente idéntico.
- Se corrigió la condición de selección de componentes en la búsqueda de puntos con fase invertida.



Matriz de correlación e intervalos de confianza

El comando Correlation matrix construye la matriz de correlación de los parámetros del modelo actual. La matriz de covarianza se estima mediante linealización en el entorno de la solución encontrada:

$$Cov = \sigma^2 \cdot (J^T W J + \varepsilon I)^{-1}, \quad rij = Covij / \sqrt{(Covii \cdot Covjj)}$$

donde J es el jacobiano en logaritmos de los parámetros, W son los pesos de los puntos, $\sigma = 0.03$ es el nivel de error relativo adoptado para los datos (3 %), ε es una pequeña adición (valor propio medio / 100) que asegura la invertibilidad en presencia de parámetros insensibles. Los parámetros a los cuales los datos son insensibles se excluyen de la inversión. Para parámetros logarítmicos el intervalo de confianza se representa como $\exp(\ln p \pm s/2)$, donde $s = \sqrt{Covii}$; para parámetros lineales como $p \pm s/2$.

Interpretación: valores de $|rij|$ cercanos a 1 indican equivalencia – los datos determinan solo una combinación de parámetros (por ejemplo, la conductancia longitudinal h/ρ de una capa conductora delgada o la resistencia transversal $h \cdot \rho$ de una capa de alta resistividad). Se recomienda fijar dichas capas según datos a priori o combinarlas.

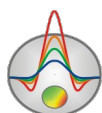
Correcciones

- Para estaciones con fuente controlada las derivadas se calculan mediante el problema directo de la fuente. Anteriormente, debido a un error en la estructura del operador condicional, las derivadas de la fuente siempre se reemplazaban por las derivadas de onda plana, y la matriz de correlación para CSAMT/CSRMT no correspondía a la instalación real.
- Para parámetros lineales se corrigió el cálculo de los límites del intervalo (anteriormente se usaban p/s y $p \cdot s$ con índice incorrecto).

Nube de soluciones equivalentes (Global search)

El comando Global search (Options/Invert&apriori/Global search) ejecuta una búsqueda global mediante el método de recocido simulado muy rápido (VFSA). Los parámetros del modelo (logaritmos de resistividades y espesores) se perturban aleatoriamente dentro de los límites establecidos en la pestaña Defaults o individualmente para los parámetros (en ausencia de límites individuales los espesores varían 5 veces en cada dirección). La perturbación sigue la distribución de Ingber con temperatura t :

$$y = \text{sign}(u - 1/2) \cdot t \cdot ((1 + 1/t)^{|2u-1|} - 1), \quad m' = m + y \cdot (max - min)$$



La temperatura decrece según la ley $t_k = t_0 \cdot \exp(-k^{1/n})$, donde n es el número de parámetros a ajustar. Los modelos de prueba cuyo espesor total excede los límites 0.5...2 del inicial se descartan. La función objetivo es el cuadrado medio del error de ajuste ponderado de los logaritmos de la resistividad aparente y de la fase (en escala de 1/10 de grado) más, para los estilos Smooth/Focused, la penalización de rugosidad con coeficiente de suavizado. El modelo con menor error de ajuste se acepta siempre, el de mayor error cuando se cumple el criterio de umbral. El mejor modelo encontrado se registra en la estación.

La ventana Model equivalence plot muestra la familia de modelos cuyo error de ajuste no excede el nivel de error especificado (campo Error). Cuanto más ancha sea la nube a una profundidad dada, peor resuelto está el parámetro.

Correcciones

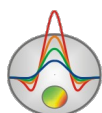
- La selección de datos para la función objetivo se realiza según la presencia del campo. Anteriormente se usaba el indicador de inversión del parámetro (invert), por lo que con espesores fijos la fase no se consideraba en el error de ajuste.
- Se excluyen del error de ajuste los puntos con peso cero, valores calculados ausentes y valores no positivos de resistividad aparente.
- Se ha eliminado la división por cero en la penalización de rugosidad cuando se ajustan solo los espesores.

Lectura de archivos EDI

Los archivos en formato SEG EDI se leen mediante los comandos File/Open data (EDI data files, EDI packet). Se soportan los bloques >HEAD (coordenadas LAT, LONG, ELEV, REFLAT, REFLONG, REFELEV, valor de datos ausentes EMPTY), >=DEFINEMEAS, >=MTSECT (NFREQ), >FREQ, bloques de impedancia >ZXXR, >ZXXI, >ZXYR, >ZXYI, >ZYXR, >ZYXI, >ZYYR, >ZYYI con dispersiones (.VAR), bloques de tipper >TXR.EXP, >TXI.EXP, >TYR.EXP, >TYI.EXP con dispersiones, así como bloques de resistividad aparente y fase (>RHOXY, >RHOYX, >PHSXY, >PHSYX, etc.). La opción File/Units in file/[EDI] Z from rho/phs permite recuperar la impedancia a partir de resistividad aparente y fase; la opción [EDI] one file one station – lectura de cada archivo como una estación independiente.

Errores: la dispersión de impedancia se convierte en error del logaritmo de resistividad aparente y fase ($\sigma\rho/\rho = 2 \cdot \sigma Z/|Z|$, $\sigma\phi = \sigma Z/|Z|$ rad); fórmulas verificadas.

En la versión 2026 el archivo EDI se lee completamente en memoria con una única operación, el análisis de líneas y números se realiza desde el búfer. Esto elimina la lectura símbolo por símbolo del archivo de texto y los accesos repetidos al disco, lo que es



especialmente notable al cargar paquetes de cientos de archivos y al trabajar con discos de red. Se utilizan únicamente medios compatibles con Delphi 7 (TFileStream, Val); no se introducen nuevas variables globales. El comportamiento ante errores se conserva: un número no legible se toma como cero, un archivo inaccesible – como vacío.

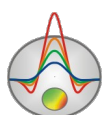
Procesamiento de estaciones

- Al cargar datos de una sola línea sin archivo de líneas, las estaciones se ordenan por coordenada a lo largo del perfil. Anteriormente, debido a un error de índice en el procedimiento de ordenación, el orden de las estaciones no cambiaba, y con un archivo desordenado el perfil se mostraba con cruces.
- El orden de procesamiento de modos protegidos y limitaciones de demostración no ha cambiado.

Parámetros conmutadores de nuevos algoritmos

Los nuevos algoritmos están activados por defecto. Cada uno se controla mediante una constante tipificada al inicio del módulo correspondiente, lo que permite, si es necesario, volver al esquema de cálculo anterior y comparar resultados.

Parámetro (módulo)	Valor por defecto y propósito
csIntFast (MagDipoleOLD)	true – suma rápida de integrales de Hankel para fuente controlada (mismo filtro); false – esquema original.
iqFastOp (invq2d, invq3d)	true – operador compilado de multiplicación por matriz del sistema.
iqGram (invq2d, invq3d)	true – bloques de Gram de estaciones en lugar de $J^T(Jv)$.
iqSolver (invq2d / invq3d)	3 / 1 – resolvidor: 0 AbiPCG, 1 GMRES(m), 2 BiCGStab, 3 LU en banda.
iqPrec	1 – preconditionador de Jacobi por bloques de estaciones; 0 – diagonal.
iqGmresM	30 – longitud de reinicio de GMRES.
iqBandMaxMB, iqBandMaxFlop	64 MB, $2 \cdot 10^8$ – límites de memoria y volumen de cálculo para LU en banda; al excederse se usa GMRES.
iqFixCx, iqGoldSkip, iqJacFix	true – corrección de indexación con varios parámetros invertidos, eliminación del recálculo del mejor punto de búsqueda unidimensional, almacenamiento solo de elementos no nulos del



	jacobiano.
iqFixEps, iqFixMaxl (invq3d)	true – correcciones del cálculo de función objetivo y longitud de líneas de conexión.
smGram, smGoldReuse, smParMin (smun3d)	true, true, 8000 – matriz normal por bloques, reutilización del mejor punto, umbral de multiplicación multihilo.
smFastGram (sm2d1)	true – ensamblaje rápido de matriz normal de suavizado bidimensional AK MT-Corrector.

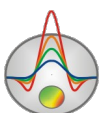
Recomendaciones para la interpretación

- Antes de la inversión revise todas las curvas, excluya valores atípicos evidentes (pesos de puntos) y, si es necesario, realice un suavizado. No aplique suavizado fuerte: puede eliminar rasgos útiles de las curvas.
- Comience con inversión Smooth en un modelo multicapa (15–30 capas) con Smoothing factor moderado (0.01–0.05), luego, si es necesario, refine el modelo con estilo Focused o Standard en un modelo con menor número de capas.
- Para datos de perfil use Pseudo 2D, para datos areales – Pseudo 3D: las conexiones laterales suprimen la inestabilidad de estaciones individuales.
- Active la corrección del corrimiento estático si las curvas de resistividad aparente de estaciones vecinas están desplazadas paralelamente con fases concordantes.
- Evalúe la confiabilidad del modelo mediante la matriz de correlación, la nube de equivalencia y la profundidad de investigación (Draw DOI). Interprete las capas con alta correlación de parámetros y nube amplia solo a través de combinaciones de parámetros (conductancia, resistencia transversal).
- Para datos con fuente controlada es obligatorio configurar la geometría de la fuente y los receptores (Controlled source settings); en la zona cercana la interpretación de onda plana produce modelos sistemáticamente distorsionados.

Configuración de objetos gráficos

Diálogo de configuración de paleta

El diálogo está destinado a la configuración de la paleta del objeto del programa y se invoca mediante el botón Palette (Fig. 57). El diálogo permite seleccionar una de las paletas



predeterminadas (arco iris directo e inverso, tonos de gris, etc.) o crear una escala personalizada. Para agregar un control deslizante en la escala utilice el botón derecho del ratón con la tecla Ctrl presionada. Para eliminar un control deslizante utilice la tecla Delete. También se puede guardar la paleta personalizada, utilizando el botón , o cargar una existente, utilizando el botón .

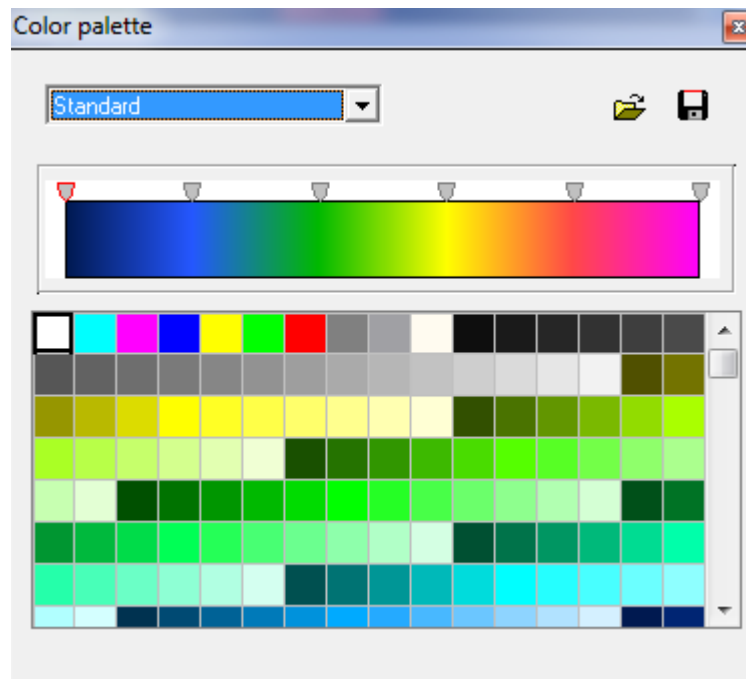
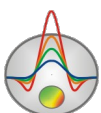


Fig. 57 **Diálogo de configuración de parámetros de paleta**

Editor de ejes



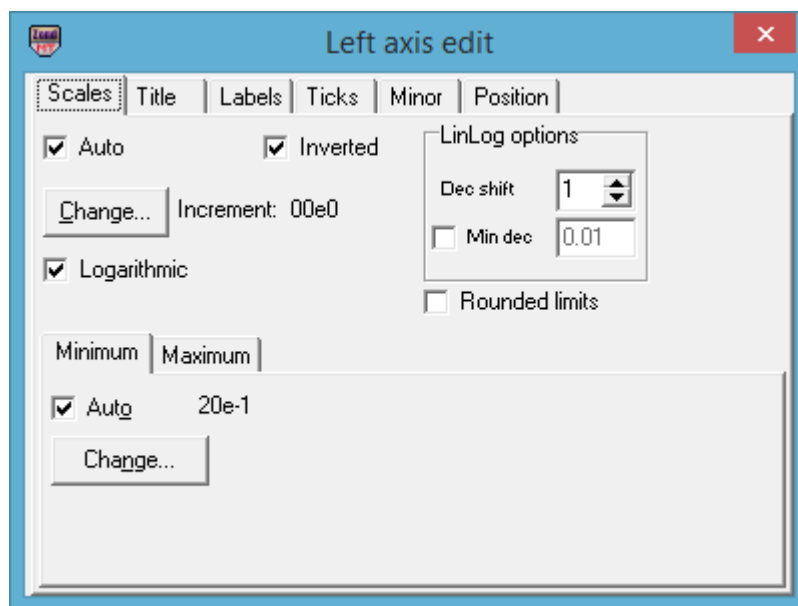


Fig. 58 **Ventana del editor de ejes**

El editor está destinado a la configuración de los parámetros gráficos y de escala de los ejes. Se puede invocar haciendo clic con el botón derecho del ratón con la tecla SHIFT presionada sobre el eje de interés. Al hacerlo, aparece un menú emergente con tres opciones: Options, Default y Fix range. La primera invoca el diálogo «Editor de ejes», la segunda establece los valores iguales a los valores predeterminados, la tercera fija el eje en los límites actuales.

La primera pestaña del diálogo Scales contiene opciones relacionadas con la configuración de los parámetros de escala del eje.

La opción Auto indica al programa cómo determinar el mínimo y máximo del eje. Si la opción está activada, los límites del eje se encuentran automáticamente, de lo contrario son establecidos por el usuario en las áreas Minimum y Maximum.

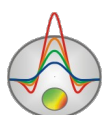
La opción Inverted determina la orientación del eje.

El botón Increment change invoca el diálogo de establecimiento del paso de las marcas del eje.

La opción Logarithmic establece la escala del eje - logarítmica o lineal. En caso de un eje con cambio de signo se debe usar adicionalmente las opciones del área LinLog options.

El área LinLog options contiene opciones destinadas a la configuración del eje lineal-logarítmico. La escala lineal-logarítmica permite representar datos con cambio de signo o que contienen cero en escala logarítmica.

La opción Dec Shift establece el desplazamiento (en décadas logarítmicas) desde el límite de eje máximo en valor absoluto hasta cero. La década mínima (precero) tiene escala lineal, las restantes logarítmica.



La opción Min dec establece y fija el valor de la década mínima (precero), si la opción está activada.

La opción Rounded limits indica al programa si es necesario redondear los valores del mínimo y máximo del eje.

Las áreas Minimum y Maximum contienen un conjunto de opciones para configuración de los límites de los ejes.

La opción Auto determina de qué manera se establece el límite del eje - automáticamente o mediante el botón Change.

La pestaña Title contiene opciones relacionadas con la configuración del título del eje.

Pestaña Style:

La opción Title determina el texto del título del eje.

La opción Angle determina el ángulo de rotación del texto del título del eje.

La opción Size determina el desplazamiento del texto del título del eje. Con 0 establecido, el desplazamiento se encuentra automáticamente.

La opción Visible permite mostrar/ocultar el título del eje.

Pestaña Text:

El botón Font abre el diálogo de configuración de fuente para el título del eje.

El botón Outline abre el diálogo de configuración de líneas de contorno de las letras del título del eje.

La pestaña Labels contiene opciones relacionadas con la configuración de las etiquetas del eje.

Pestaña Style:

La opción Visible permite mostrar/ocultar las etiquetas del eje.

La opción Offset establece el desplazamiento porcentual del límite del eje respecto a su valor real.

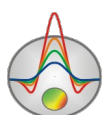
La opción Angle determina el ángulo de rotación del texto de las etiquetas del eje.

La opción Min separation % establece la distancia porcentual mínima entre etiquetas.

Pestaña Text:

El botón Font abre el diálogo de configuración de fuente para las etiquetas del eje.

El botón Outline abre el diálogo de configuración de líneas de contorno de las letras de las etiquetas del eje.



La pestaña Ticks contiene opciones relacionadas con la configuración de las marcas principales del eje.

El botón Axis abre el diálogo de configuración de línea del eje.

El botón Grid abre el diálogo de configuración de líneas de cuadrícula de las marcas principales del eje.

El botón Ticks abre el diálogo de configuración de líneas de las marcas externas principales del eje. La opción Len establece su longitud.

El botón Inner abre el diálogo de configuración de líneas de las marcas internas principales del eje. La opción Len establece su longitud.

La opción At labels only indica al programa que dibuje las marcas principales solo cuando haya una etiqueta en el eje.

La opción Axis behind establece el orden de dibujado de los ejes y gráficos.

La pestaña Minor contiene opciones relacionadas con la configuración de las marcas intermedias del eje.

El botón Ticks abre el diálogo de configuración de líneas de las marcas externas intermedias del eje.

El botón Grid abre el diálogo de configuración de líneas de cuadrícula de las marcas intermedias del eje.

La opción Length establece su longitud.

La opción Count establece la cantidad de marcas secundarias entre las principales.

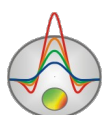
La pestaña Position contiene opciones que determinan el tamaño y la posición del eje.

La opción Position % establece el desplazamiento del eje en el gráfico respecto a la posición estándar (en porcentaje del tamaño del gráfico o unidades de pantalla, dependiendo del valor seleccionado por la opción Units).

La opción Start % establece el desplazamiento del inicio del eje en el gráfico respecto a la posición estándar (en porcentaje del tamaño del gráfico).

La opción End % establece el desplazamiento del final del eje en el gráfico respecto a la posición estándar (en porcentaje del tamaño del gráfico).

La opción Other side permite dibujar el eje en el lado opuesto. Si la opción se aplica al eje inferior, el eje se dibujará arriba.



Editor de conjunto de gráficos

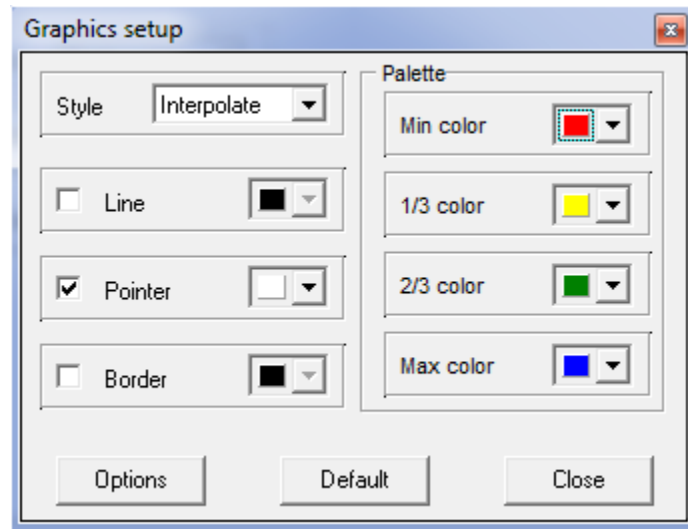


Fig. 59 **Ventana del editor de conjunto de gráficos**

El editor está destinado a la configuración de la secuencia de colores del conjunto de gráficos.

La opción Style establece el algoritmo para definir la paleta de colores de los gráficos.

Al seleccionar el valor Interpolate se utiliza una paleta interpolada, construida usando los colores definidos en las opciones: min color, 1/3 color, 2/3 color y max color. El valor Constant establece el mismo valor de color (opción color) para todos los gráficos. El valor Random asigna colores aleatorios a todos los gráficos

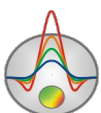
La opción Line permite especificar un color determinado para las líneas de conexión de los gráficos. Con la opción desactivada se utiliza el color de la paleta, de lo contrario se utiliza el valor de color especificado en Line.

La opción Pointer permite especificar un color determinado para el relleno de los indicadores de los gráficos. Con la opción desactivada se utiliza el color de la paleta, de lo contrario se utiliza el valor de color especificado en Pointer.

La opción Border permite especificar un color determinado para el contorno de los indicadores de los gráficos. Con la opción desactivada se utiliza el color de la paleta, de lo contrario se utiliza el valor de color especificado en Border.

El botón Options abre el diálogo de configuración del gráfico (más detalles).

El botón Default establece los ajustes de los gráficos igual a los valores predeterminados.



Editor del gráfico

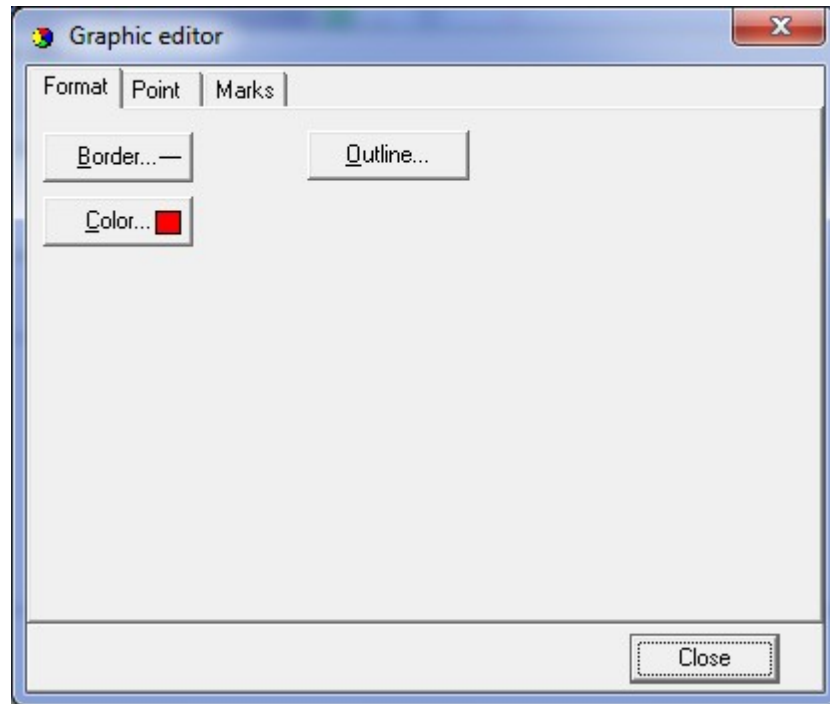


Fig. 60 Ventana del editor del gráfico

El editor está diseñado para ajustar la apariencia del gráfico. Se puede invocar haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene presionada la tecla SHIFT sobre el gráfico.

La pestaña Format contiene los ajustes de las líneas de conexión del gráfico.

El botón Border abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de las líneas de conexión del gráfico.

El botón Color abre el cuadro de diálogo para seleccionar el color del gráfico.

El botón Outline abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros del contorno de las líneas de conexión del gráfico.

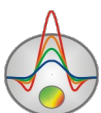
La pestaña Point contiene los ajustes de los indicadores del gráfico.

La opción Visible permite mostrar/ocultar los indicadores del gráfico.

La opción Style establece la forma del indicador.

La opción Error gates permite mostrar los límites de confianza del punto de medición, si están definidos.

La opción Width establece el ancho del indicador en unidades de pantalla.



La opción Height establece la altura del indicador en unidades de pantalla.

El botón Pattern abre el cuadro de diálogo para seleccionar los parámetros de relleno del indicador.

El botón Border abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la línea de contorno del indicador.

La pestaña Marks contiene los ajustes de las etiquetas de los indicadores del gráfico.

Pestaña Style.

La opción Visible permite mostrar/ocultar las etiquetas de los indicadores del gráfico.

La opción Draw every permite dibujar cada segunda, tercera, etc. etiqueta según el valor seleccionado.

La opción Angle determina el ángulo de rotación del texto de las etiquetas de los indicadores.

La opción Clipped establece si se debe dibujar la etiqueta del indicador cuando sobresale del área del gráfico.

La pestaña Arrows sirve para configurar la apariencia de la flecha que va desde la etiqueta hasta el indicador.

El botón Border abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la línea de la flecha.

La opción Length establece la longitud de la flecha.

La opción Distance establece la distancia entre la punta de la flecha y el indicador del gráfico.

La pestaña Format contiene los ajustes gráficos para el marco alrededor de la etiqueta del indicador.

El botón Color abre el cuadro de diálogo para seleccionar el color de fondo del marco.

El botón Frame abre el cuadro de diálogo para configurar la línea del marco.

La opción Round frame permite mostrar el marco con esquinas redondeadas.

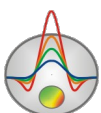
La opción Transparent establece un fondo transparente para la etiqueta.

Pestaña Text:

El botón Font abre el cuadro de diálogo para configurar la fuente de las etiquetas de los indicadores.

El botón Outline abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de contorno de las letras de las etiquetas

de los indicadores.



Diálogo de vista previa de impresión (Print preview)

El cuadro de diálogo de vista previa de impresión se puede invocar en el menú principal del programa File/Print preview. También está disponible haciendo doble clic en el área de cualquier objeto del programa. Al acceder al cuadro de diálogo desde el menú principal, están disponibles dos opciones:

La opción Station está destinada a imprimir las curvas de sondeo y el modelo para la estación actual (Fig. 61). Los parámetros del modelo se muestran en forma de tabla que contiene el número, el valor de resistividad, el espesor y la profundidad de la parte superior de la capa.

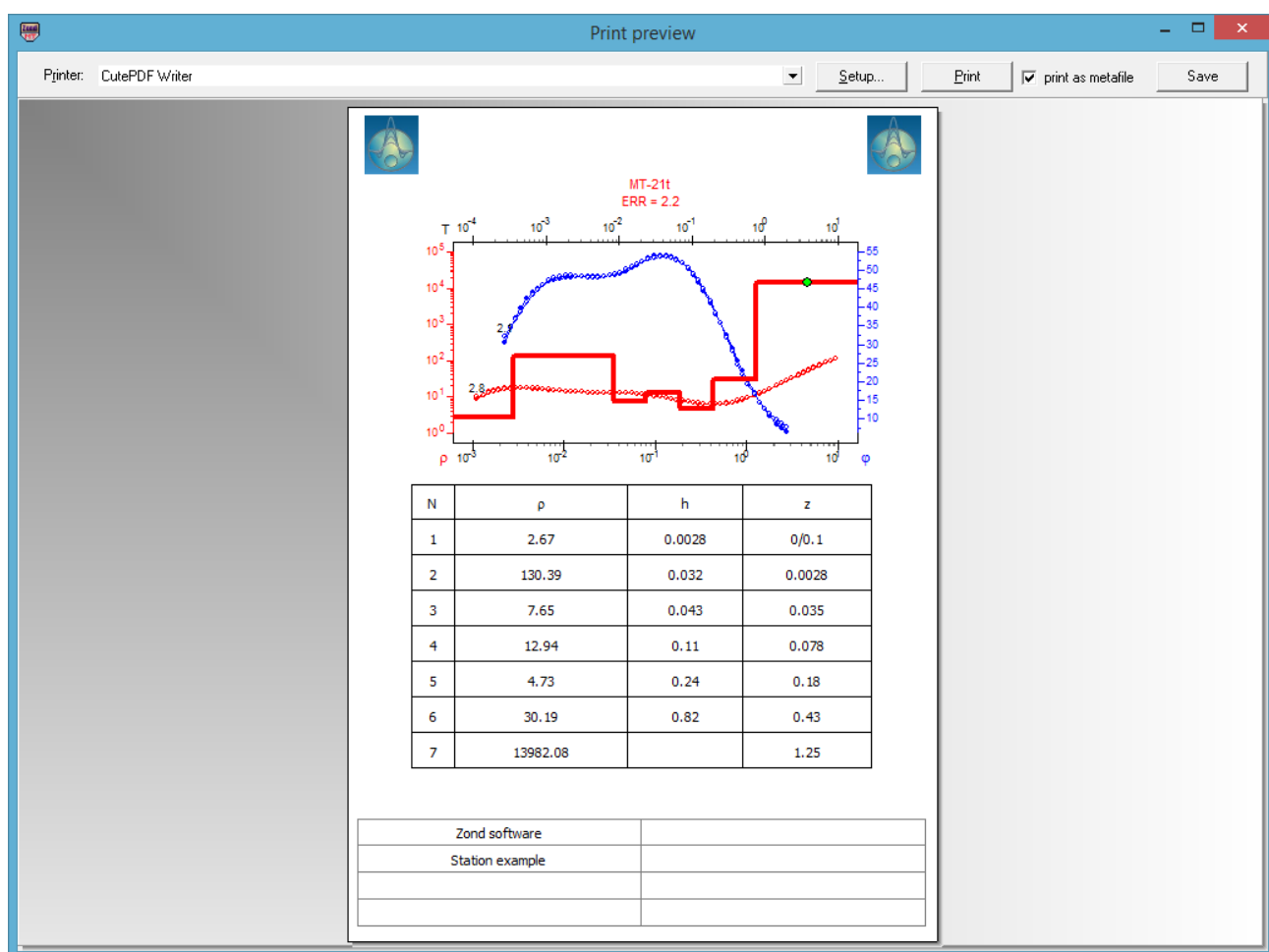
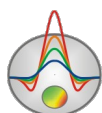


Fig. 61 Ventana Print preview/Station

La opción Section está destinada a imprimir la sección geoelectrica (Fig. 62).



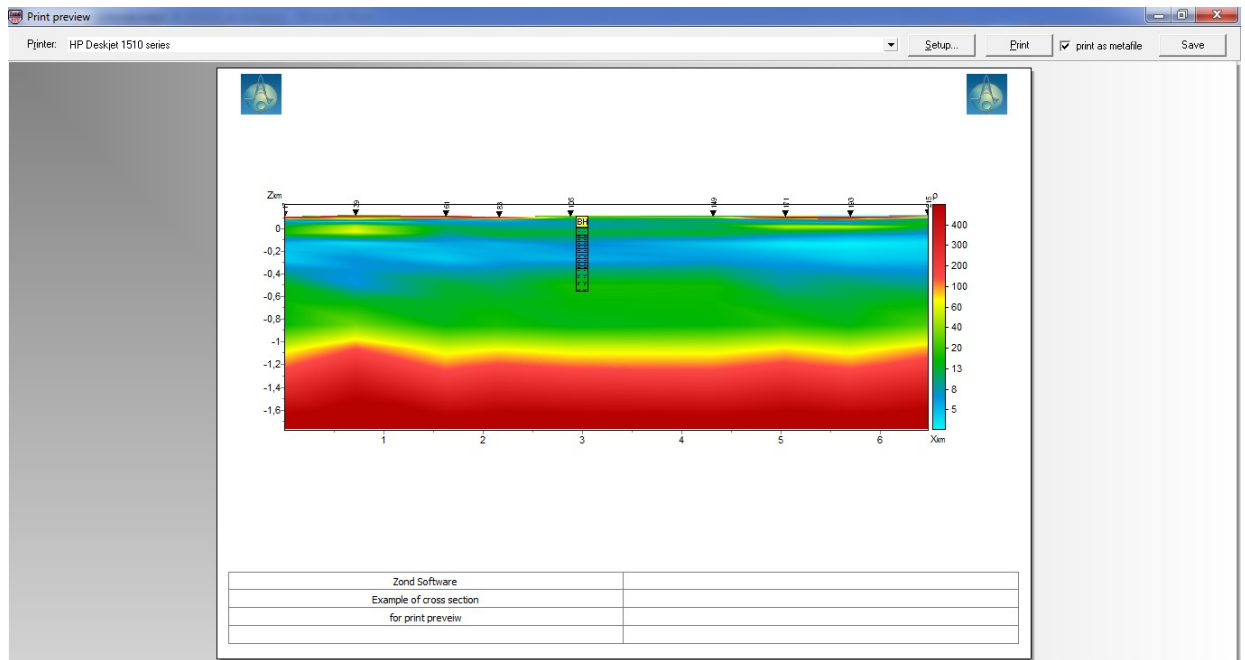


Fig. 62 **Ventana Print preview/Section**

Para mover el objeto de impresión por la hoja utilice el botón izquierdo del ratón.

En el menú principal de la ventana Print Preview se encuentran los siguientes botones

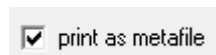
Printer: selección de impresora para imprimir. En el menú desplegable se puede seleccionar una de las impresoras configuradas.



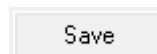
- botón de configuración de impresión. En la ventana que se abre se puede seleccionar el tamaño y orientación del papel, propiedades de impresión, número de páginas por hoja y otros parámetros.



- mediante este botón, después de cambiar los parámetros necesarios, se puede enviar el dibujo a imprimir.



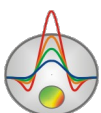
- enviar a imprimir o guardar la imagen en formato vectorial.



- guardar en bitmap files.

Los cuadros en la parte superior de la hoja están destinados para sellos, timbres o emblemas de la compañía. Haga clic con el botón derecho del ratón en el cuadro y en la ventana que aparece seleccione la imagen ráster que desea insertar. Las dimensiones del cuadro se pueden cambiar con el ratón.

En la parte inferior de la hoja se encuentra una tabla editable. Para agregar texto, haga clic con el botón derecho del ratón en el área de la tabla y en la ventana que aparece escriba el texto



necesario. También se pueden guardar todos los comentarios en table files mediante el botón  , o cargar las inscripciones ya guardadas presionando el botón .

Editor geológico de secciones

Para construir el modelo geológico-geofísico (realizar la interpretación geológica) se utiliza la ventana del editor de modelo geológico Geological editor, que se invoca mediante el menú Options / Geological editor. El editor permite crear de forma interactiva un modelo geológico basado en el modelo actual del proyecto, datos de sondeos, datos de otros programas del paquete Zond e información ráster a priori; imprimir las secciones obtenidas a escala especificada, guardar y exportar los resultados.

Al invocar la ventana del editor de modelo geológico, en ella se muestra el modelo actual del proyecto (Fig. 63).

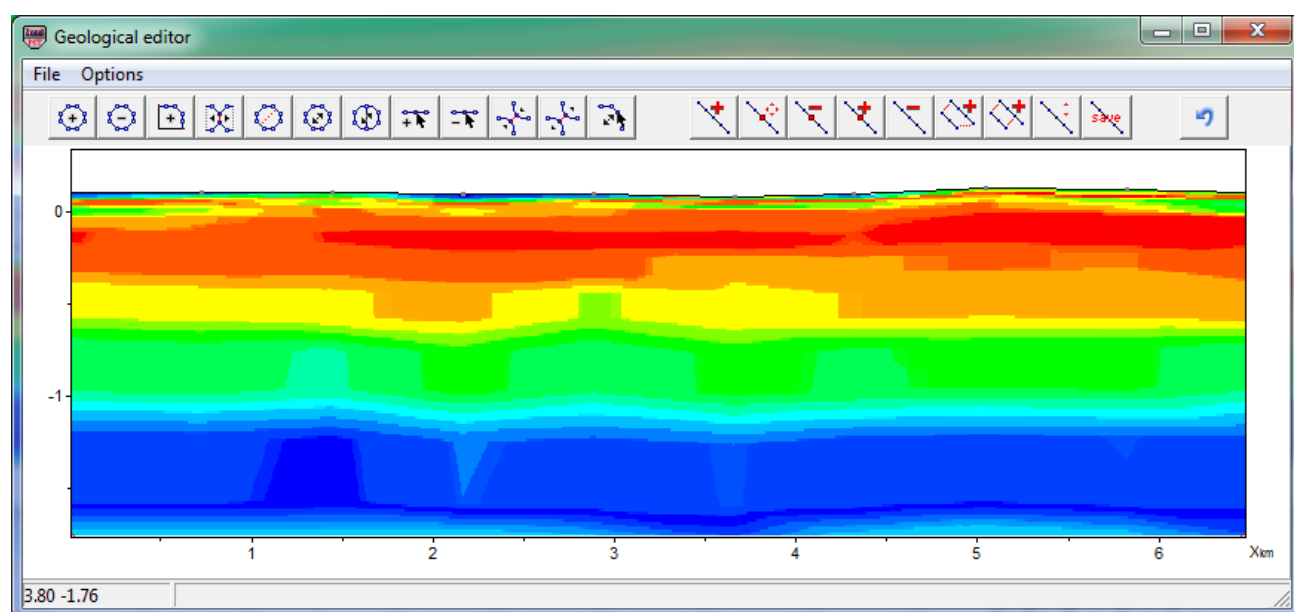
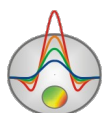


Fig. 63 Ventana del editor de modelo antes de comenzar el trabajo

Para realizar la interpretación geológica, la barra de herramientas tiene dos conjuntos de botones: uno destinado a crear cuerpos poligonales (con posibilidad de editar rellenos, sombreados, estilo de los bordes, etc.), otro – para dibujar líneas individuales en la sección. Estas pueden utilizarse para designar algunos elementos de la estructura geológica (por ejemplo, planos de fallas tectónicas) o en general aumentar la claridad de la sección interpretativa.



Herramientas para crear cuerpos poligonales:

	Añadir polígono		Eliminar polígono
	Crear polígono adjunto		Separar polígono
	Mover polígonos vinculados		Añadir punto
	Mover polígono		Mover parte del polígono
	Eliminar punto		Separar puntos vinculados
	Mover punto		Unir puntos

Herramientas para crear líneas:

	Crear línea		Mover nodo
	Eliminar línea		Cerrar polilínea
	Mover línea		Cerrar polilínea
	Añadir nodo		Guardar cambios
	Eliminar nodo		Cancelar

Un ejemplo de modelo geológico creado a partir de una sección geoelectrica y del modelo geológico creado sobre su base se presenta en la figura siguiente. El elemento de menú File/Remove picture permite quitar la imagen de fondo – la sección del parámetro sobre el cual se realiza la interpretación (Fig. 65).

Mediante el elemento de menú File/Save section se puede guardar el resultado en formato *.sec para trabajar en otros programas del paquete Zond o como imagen ráster. El elemento de menú Options/Model setup permite establecer la escala de la imagen para exportación o impresión (File/Print preview).

Open section – permite cargar un archivo de imagen de fondo (imagen gráfica).

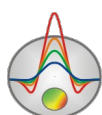
Save section – permite guardar el modelo geológico-geofísico actual en formato gráfico.

El menú Options de la ventana Geological editor contiene las siguientes funciones:

Automatic scaling – activar el modo de ajuste automático de escalas de imagen.

Model setup – invocar el diálogo de configuración del área de visualización del modelo.

Delete all poly – eliminar todos los elementos del modelo geológico.



Output settings – invocar el diálogo de configuración de parámetros de la imagen exportada.

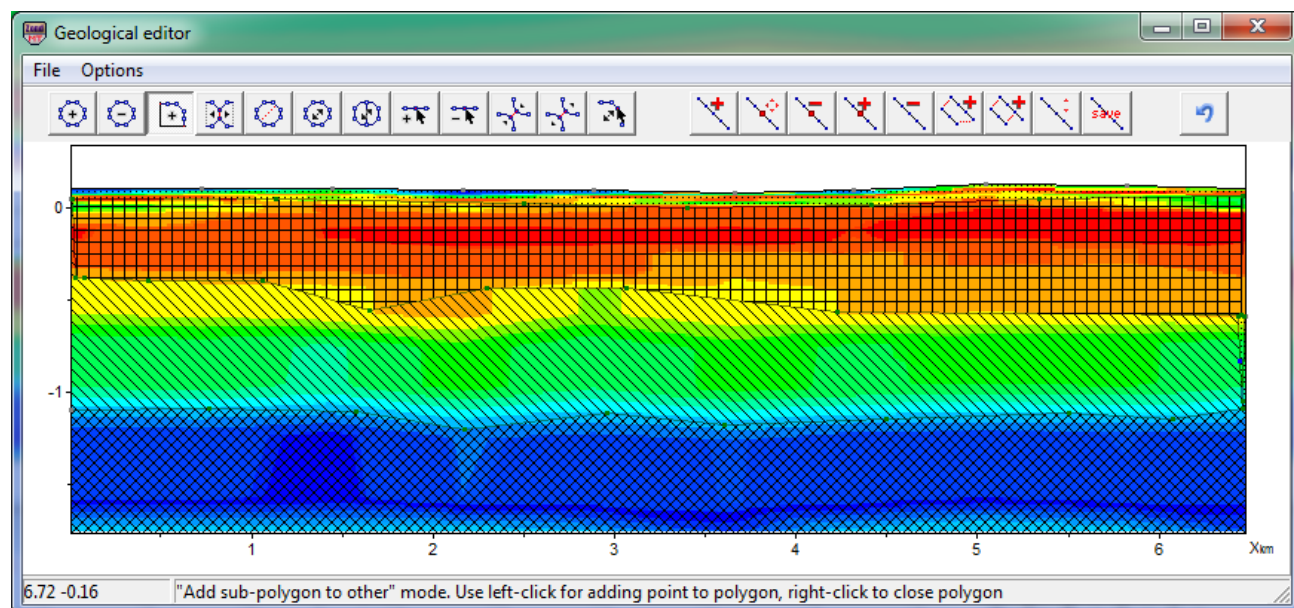


Fig. 64 **Ventana del editor de modelo: sección de resistividad e interpretación geológica**

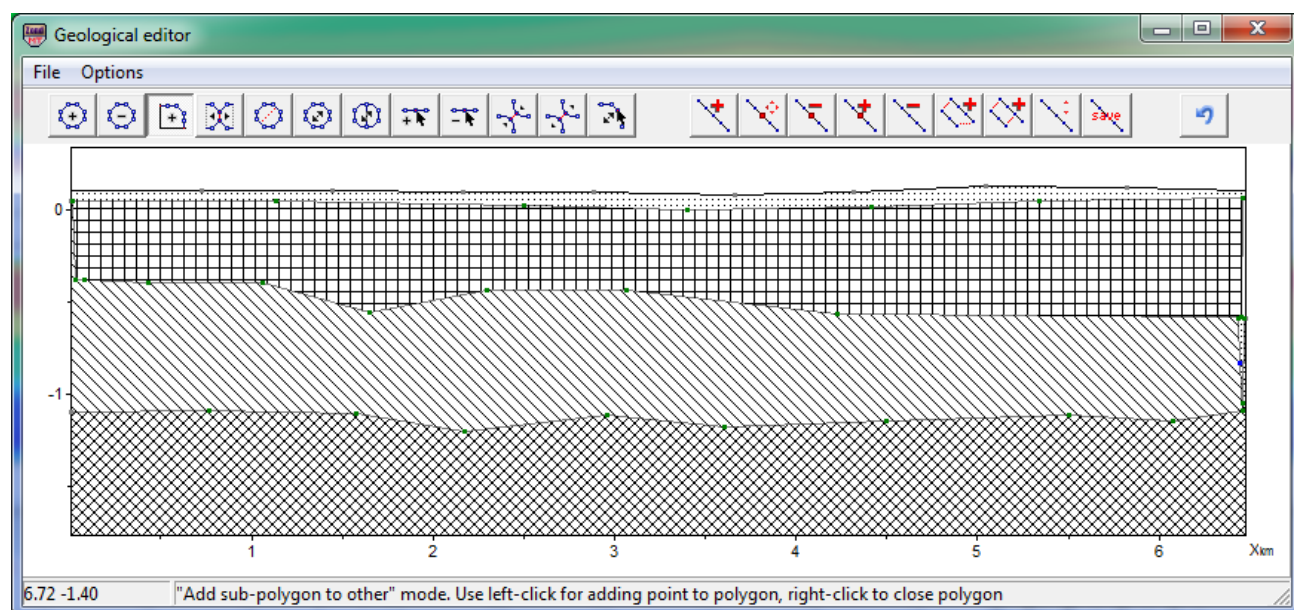
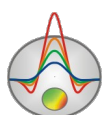


Fig. 65 **Ventana del editor de modelo: sección geológico-geofísica según los resultados de interpretación**

Diálogo de configuración de parámetros del polígono

Este diálogo se utiliza para configurar diversos parámetros de los polígonos, y se invoca haciendo doble clic con el ratón sobre el polígono de interés.



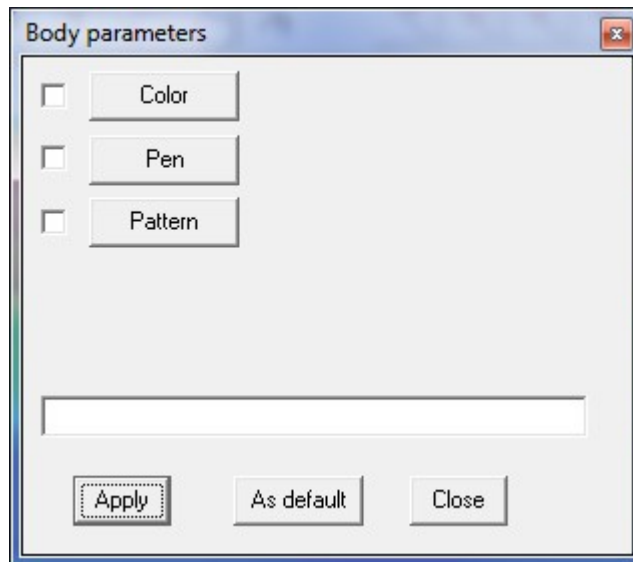


Fig. 66 Diálogo de configuración de parámetros del polígono

Botón Color – invoca el diálogo de selección del color de relleno del polígono. Si la opción está activada, el color seleccionado se utilizará en todos los polígonos del modelo.

Botón Pen – invoca el diálogo de configuración de parámetros del borde del polígono. Si la opción está activada, los parámetros seleccionados se utilizarán en todos los polígonos del modelo.

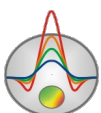
Botón Brush – llama al diálogo de configuración de los parámetros de relleno del polígono. Si la opción está activada, los parámetros seleccionados se utilizarán en todos los polígonos del modelo.

Botón Gradient – llama al diálogo de configuración de los parámetros de relleno degradado del polígono.

Botón Font – establece los parámetros de la fuente para la etiqueta.

Debajo se encuentra el campo cuya etiqueta se mostrará en el polígono.

Apéndice 1. Formato de archivo de datos litológicos

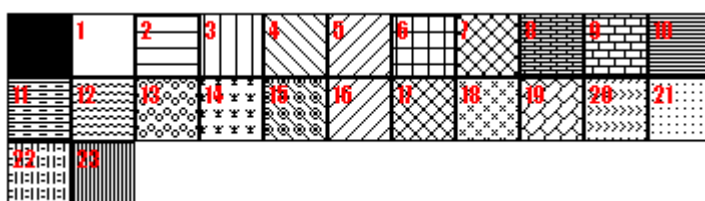


Las columnas litológicas se almacenan en archivos de formato específico. El primer tipo de archivos con extensión txt contiene los datos litológicos propiamente dichos.

Al crear el archivo con información litológica se utiliza la siguiente estructura:

La primera columna contiene la profundidad (desde la superficie terrestre) del horizonte litológico. La segunda columna debe llenarse con ceros. La tercera columna es el color de la capa en la columna litológica. La cuarta columna es el tipo de trama en la columna litológica.

A continuación se presenta una lista de las primeras 23 tramas que se pueden utilizar al crear la columna litológica.



A continuación se muestra un ejemplo de archivo de datos litológicos.

```
0 1 0 13 Techo de capa 1
4 1 0 13 Base de capa 1
4 1 0 19 Techo de capa 2
11 1 0 19 Base de capa 2
11 1 0 27 Techo de capa 3
16 1 0 27 Base de capa 3
```

El segundo tipo de archivos (extensión *.crt) es un archivo de control que indica el tipo de datos y el modo de visualización. A continuación se describe la estructura del archivo CRT para mostrar datos litológicos de un número arbitrario de pozos.

2280.txt Primera línea - nombre del archivo con datos de registro o litología

BH2280 Segunda línea - Etiqueta del pozo (se mostrará en el pozo)

18 2 2 1 0 1 0 0 Tercera línea contiene parámetros de control -

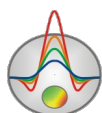
Valor 18 – coordenada del pozo en el perfil.

2 - ancho de la imagen (en porcentaje de la longitud del perfil, usualmente 1 - 20).

2 - tipo de visualización de datos 0 - 3.

0 - datos de registro (en forma de gráfico);

1 - datos de registro (columna de color por interpolación) para mostrar los datos se utiliza la escala de color de la sección;



2 - columna litológica;

3 - datos de registro (columna de color) los colores de los datos mostrados corresponden a la escala del modelo, el color en la columna se elige de acuerdo con el valor de la escala de color del modelo;

1 - Parámetro de normalización de datos de diagramas de registro 0 - 2.

0,1 – para todos los datos se usa un mínimo y máximo común;

1,2 - restar de cada diagrama de registro su valor promedio;

0 - Índice del método de registro (si es necesario mostrar varios tipos de registro simultáneamente, se deben introducir índices para cada uno de los métodos) 0 – n-1, donde n es el número de métodos.

1 - Color del gráfico.

0 - Escala de datos logarítmica 0, lineal 1.

0 – Desplazamiento vertical del pozo respecto a la superficie terrestre.

3246.txt descripción del siguiente pozo en el perfil

BH3246

102 2 2 1 0 1 0 0

Materiales adicionales:

Videotutoriales en el canal youtube:

https://www.youtube.com/channel/UCGtprIIZkc9CsLfiuz4VvmQ?view_as=subscriber

Grupo de soporte en linkedin:

<https://www.linkedin.com/groups/6667336/>

Proyectos de demostración Zond:

<ftp://zond-geo.com/>

Username: download@zond-geo.com

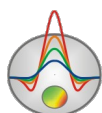
Password: 12345

El programa no funciona con el dongle USB

1) El controlador del dongle no está instalado o está instalado incorrectamente. En algunos sistemas el dongle se identifica correctamente como dispositivo HID y no es necesario instalar el controlador, pero en otros no y es necesario instalarlo. Enlace de descarga del controlador: http://senselock.ru/files/senselock_windows_3.1.0.0.zip. En el administrador de dispositivos el dongle debe aparecer como "Senselock Elite"

2) Ha finalizado el período de actualizaciones gratuitas. En este caso es necesario utilizar la última versión que funcione o adquirir 2 años adicionales de actualizaciones.

3) A veces, al cambiar el dongle al modo HID, el sistema puede no reconocerlo como dispositivo HID. En este caso es necesario cambiarlo nuevamente al modo USB con ayuda de una pequeña aplicación que se puede descargar en el siguiente enlace: <http://www.zond-geo.com/>



Zond geophysical software

geo.com/zfiles/raznoe/SenseSwitch.zip "senseswitch.exe" se ejecuta desde cmd con el comando: senseswitch.exe usb

