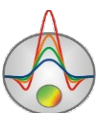


**Programa de procesamiento e interpretación 2D de datos de
tomografía sísmica
(en superficie, en pozo y en medio acuático).**

**Módulos: sísmica de refracción en medio estratificado, MASW-ReMi,
inversión de amplitudes, anisotropía.**

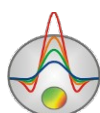
ZONDST2D

Manual del usuario

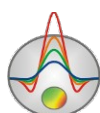


Índice

Finalidad y prestaciones del programa.....	4
Velocidad de las ondas elásticas.....	8
Instalación y eliminación del programa.....	12
Requisitos del sistema.....	13
Unidades de medida.....	13
Módulo de procesamiento de sismogramas – Trace editor.....	13
Inicio del trabajo con el módulo.....	14
Barra de herramientas de la ventana de picado de sismogramas.....	15
Menú de funciones de la ventana de picado de sismogramas.....	18
Diálogo de configuración general de lectura de archivos SEG-Y.....	25
Diálogo de recopilación automática de amplitudes de las primeras llegadas.....	27
Diálogo de configuración del tipo de observación.....	27
Configuración de la visualización y el escalado del sismograma.....	29
Diálogo de configuración de las escalas del sismograma.....	29
Cuadro de diálogo de configuración gráfica de las trazas sísmicas.....	31
Introducción de la geometría de adquisición.....	33
Modos de visualización del sismograma.....	35
Opciones principales del módulo de picado de sismogramas.....	36
Opciones de la sección con varias pestañas.....	37
Operaciones con sismogramas.....	42
Picado de las primeras llegadas.....	44
Diálogo de filtrado de datos.....	47
Módulo HVSR.....	49
Escáner de ondas reflejadas.....	50
Diálogos adicionales de procesamiento.....	51
Módulo MASW/ReMi.....	52
Menú principal de la ventana.....	55
Modo de interpretación de datos.....	60
Menú principal de la ventana.....	61
Cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de interpretación.....	64
Cuadros de diálogo adicionales del módulo MASW.....	67
Módulo de inversión de datos de campo.....	68
Barra de herramientas de la ventana principal del programa.....	68
Menú de funciones de la ventana principal del programa.....	69
Teclas de acceso rápido.....	89
Barra de estado.....	90
Crear y abrir un archivo de datos para la inversión.....	90



Formato del archivo de datos principal ST.....	91
Creación de un sistema de observación sintético.....	94
Cuadro de diálogo para configurar el modelo inicial.....	97
Introducción y edición de la información topográfica.....	100
Métodos de visualización de datos.....	103
Panel de gráficos.....	103
Funciones adicionales para visualizar los datos de medición.....	105
Editor de mediciones (Data editor).....	107
Modos de visualización del modelo de malla.....	109
Modelización.....	112
Editor de modelos de malla.....	112
Trabajo con el modelo.....	114
Diálogo de configuración de parámetros de celda.....	116
Modelización poligonal.....	118
Inversión de datos de campo.....	123
Cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de inversión.....	123
Modo de modelización e inversión de la anisotropía de velocidades.....	133
Modo Attenuation tomography.....	134
Modo Layered inversion.....	136
Información previa.....	142
Creación de datos de pozo.....	149
Presentación de resultados.....	154
Trabajo con varios modelos en un mismo proyecto.....	154
Ventana de construcción de un modelo geológico-geofísico.....	155
Visualización tridimensional de modelos obtenidos en varios perfiles.....	160
Diálogo Summary plot.....	165
Guardado de los resultados de la interpretación.....	166
Funciones adicionales del programa.....	167
Diálogo Model smooth/raster.....	167
Trabajo con datos gravimagnéticos.....	169
Módulo de procesamiento por capas.....	172
Módulo de inversión VSP.....	172
Módulo de modelización del campo de ondas.....	173
Módulo de inversión 2D MASW.....	173
Panel de elementos.....	173
Editor de la imagen de fondo.....	173
Proyecto de área.....	174
Diálogos auxiliares.....	174



Scripts y procesamiento por lotes.....	175
Configuración de los parámetros gráficos.....	175
Diálogo de configuración de la imagen exportada.....	175
Diálogo de configuración de los parámetros de la sección de contornos y la pseudosección.....	176
Diálogo de configuración de la paleta.....	179
Editor de conjuntos de gráficos.....	179
Editor de gráficos.....	180
Editor de ejes.....	182
Cuadro de diálogo para configurar los parámetros de visualización del modelo.....	186
Diálogo de vista previa de impresión (Print preview).....	188
Materiales adicionales:.....	189

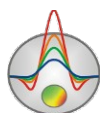
Finalidad y prestaciones del programa

El programa **ZondST2D** está diseñado para el procesamiento e interpretación bidimensional de datos de tomografía sísmica para ondas refractadas y CMRW en configuraciones terrestre, de pozo, entre pozos y marina. Además, el programa incluye los siguientes módulos: 1. **MASW** — procesamiento e interpretación de datos de ondas superficiales; 2. **CMRW** — medio estratificado arbitrario; 3. inversión de amplitudes; 4. anisotropía de velocidades sísmicas; 5. tomografía sísmica basada en los tiempos de llegada de ondas reflejadas.

ZondST2D presenta una solución completa para la tomografía sísmica y resuelve una amplia variedad de tareas, desde la modelización matemática y el análisis de sensibilidad hasta el procesamiento y la interpretación de datos de campo. Su interfaz intuitiva y sus amplias posibilidades de visualización de datos permiten resolver de forma óptima el problema geológico planteado.

El programa se divide en dos módulos principales y varios módulos adicionales. El primero sirve para picar (correlacionar) las primeras llegadas en los sismogramas. El segundo se utiliza para resolver el problema directo e inverso de la tomografía sísmica.

Para procesar sismogramas se ha desarrollado una interfaz especial destinada a simplificar y automatizar al máximo el picado de las primeras llegadas. Se ha puesto especial énfasis en ofrecer diversos métodos de visualización y facilitar el acceso a las funciones de uso frecuente. En este módulo, el usuario puede picar simultáneamente varios tipos de ondas: Vs, Vp refractadas y hasta tres ondas reflejadas. El procesamiento de los datos está optimizado para el uso conjunto de ondas P y S refractadas.



Para resolver el problema directo, el trazado de rayos utiliza un algoritmo especial basado en la teoría de grafos (*Shortest path's method*). Este método permite calcular el trayecto más corto que recorre una onda refractada. La combinación de las trayectorias de los rayos de recorrido mínimo desde la fuente y el receptor hasta el reflector permite construir la trayectoria de la onda reflejada para cada límite. El punto de reflexión se selecciona en el tramo del límite donde el tiempo total de recorrido desde la fuente y el receptor es mínimo.

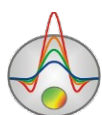
Este algoritmo se caracteriza por su elevada velocidad de cálculo y una precisión controlada.

El problema directo, es decir, el algoritmo de trazado de rayos, está implementado en tres variantes:

1. Aproximación de rayos. Velocidad constante dentro de la celda.
2. Aproximación de rayos. Variación lineal de la velocidad dentro de la celda. Las velocidades se definen en los nodos.
3. Modelización del tubo de rayos de radio variable. Variación lineal de la velocidad dentro de la celda. Las velocidades se definen en los nodos.

El módulo de tomografía sísmica permite obtener secciones de velocidad tanto de ondas P como de ondas superficiales, necesarias para la zonificación sísmica. Las fuentes y los receptores pueden situarse en la superficie del terreno, en pozos, en el fondo o en la superficie de una masa de agua. El módulo también puede utilizarse para interpretar datos de VSP (perfil sísmico vertical). Además de las secciones de velocidad, se ha implementado un algoritmo para reconstruir la distribución de la anisotropía de las velocidades. El programa utiliza la forma más sencilla del coeficiente de anisotropía de las velocidades sísmicas: la relación V_x/V_z . Tener en cuenta la anisotropía es muy importante, especialmente al interpretar mediciones de sísmica entre pozos.

El módulo «Medio arbitrariamente estratificado» está diseñado para obtener secciones arbitrariamente estratificadas a partir de datos de sísmica de refracción o de ondas reflejadas. La sección de velocidad se define mediante un conjunto de capas con límites de geometría arbitraria y una distribución de velocidad arbitraria a lo largo del perfil en cada capa. La complejidad de la geometría de los límites se controla mediante el número de nodos. Cualquier límite puede ser reflector y refractor, o solo refractor. Entre las ventajas de este modelo se encuentra la posibilidad de interpretar conjuntamente las ondas P y S con una misma geometría de límites. También resulta práctico cuando el sistema de observación es disperso (sísmica de refracción). El programa implementa una solución exacta para un medio arbitrariamente estratificado. Esto significa que, a diferencia del método t_0 , en el que la onda siempre se propaga por el límite refractor, el rayo se propaga según el principio de Fermat, que describe correctamente la física del proceso. El módulo



permite modelizar los tiempos de llegada de las ondas refractadas y reflejadas, así como resolver el problema inverso de los tiempos observados, de forma conjunta o por separado.

El método MASW/ReMi, cada vez más popular en la prospección sísmica de ingeniería y basado en el análisis de la propagación de ondas superficiales, está implementado en el módulo homónimo. El procesamiento de los datos de campo permite obtener perfiles verticales de velocidades Vs. El procedimiento de adquisición de campo MASW prácticamente no difiere del estándar, por lo que no requiere mediciones adicionales. Así, las secciones de velocidad Vs pueden obtenerse directamente a partir de datos de sísmica de refracción o de reflexión. El programa implementa el ciclo completo de procesamiento de datos, desde la obtención de curvas de dispersión hasta la elaboración de secciones de velocidad, y admite el modo multimodal.

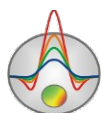
El módulo «Inversión de amplitudes» implementa el algoritmo «Attenuation tomography» y permite obtener una sección del parámetro de atenuación Q del medio a partir de las amplitudes de las primeras llegadas. El problema se resuelve utilizando una sección de velocidad obtenida previamente. Las amplitudes de las primeras llegadas se pican simultáneamente con los tiempos.

ZondST2D utiliza un formato de datos sencillo y claro que permite combinar fácilmente distintos sistemas de observación e incluye varias opciones para definir la topografía y otra información auxiliar. También admite formatos de datos ampliamente conocidos.

Una etapa importante previa a las mediciones de campo es la modelización matemática de la estructura de velocidades de la zona de trabajo. La modelización permite evaluar la capacidad de resolución y seleccionar los parámetros óptimos del tendido para resolver el problema geológico planteado. Se han implementado dos opciones de modelización de datos de tomografía sísmica: en modo de malla o poligonal.

Dado que el objetivo principal del programa es reconstruir los parámetros de la sección de velocidad, en **ZondST2D** se han implementado varias opciones para resolver el problema inverso, entre las que destacan la inversión suavizante, para obtener una distribución suave; la inversión por bloques, para obtener una distribución en bloques; y la inversión focalizante, para obtener una distribución de parámetros de velocidad por capas, suave a trozos.

Durante el desarrollo del programa se prestó especial atención al uso de información a priori. Dada la equivalencia de los problemas geofísicos inversos, la calidad de los resultados obtenidos depende directamente de la cantidad de datos a priori utilizados. En **ZondST2D** es posible asignar pesos a las mediciones, fijar las propiedades de celdas individuales y establecer límites para sus variaciones, así como utilizar un modelo a priori como modelo de referencia durante la inversión. Además, el programa implementa esquemas robustos para estimar el componente de ruido. También es posible importar y visualizar resultados de mediciones realizadas con otros métodos y datos de pozo, lo que favorece un enfoque más integral de la interpretación de datos. El programa



permite realizar una inversión conjunta con datos de otros métodos geofísicos, lo que facilita la integración eficaz de estos métodos con la sección de velocidad mediante una estructura común, límites o la minimización del operador cross-gradient.

Para resolver el problema inverso (inversión) se utiliza el método de Newton con regularización. La regularización aumenta la estabilidad de la solución y permite obtener una distribución de velocidad más suave en el medio.

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m,$$

donde A es la matriz de derivadas parciales de los valores medidos respecto a los parámetros de la sección (Jacobiano), C es el operador de suavizado, W es la matriz de errores relativos de las mediciones, m es el vector de parámetros de la sección, μ es el parámetro de regularización, Δf es el vector de errores de ajuste entre los valores observados y calculados, R es el operador focalizante.

Durante el desarrollo del problema inverso se presta especial atención a la incorporación de información a priori (pesos de las mediciones individuales, intervalos de variación de los parámetros).

ZondST2D dispone de un potente sistema de visualización de datos de perfil, un editor de mediciones y un sistema de análisis de la sensibilidad y la capacidad de resolución del método.

En el editor de mediciones, el usuario puede consultar los parámetros del tendido de medición, asignar pesos (importancia) a cada medición y corregir los valores de las características medidas. Es posible asignar pesos a las mediciones en función del offset o fijar aquellas celdas del modelo cuyos cambios de parámetros apenas afectan a los resultados de las mediciones.

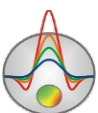
En el sistema de análisis de la capacidad de resolución, el usuario estudia la función de sensibilidad del modelo, es decir, el grado de influencia de cada celda del modelo en los resultados de las mediciones.

$$S = \text{diag}(A^T A).$$

El estudio de la sensibilidad permite elegir de forma óptima el sistema de observación para resolver el problema geológico planteado.

ZondST2D utiliza un formato de archivo de datos sencillo y claro, que permite combinar distintos sistemas de observación en un mismo perfil. El programa permite importar y mostrar resultados de mediciones obtenidos con otros métodos, lo que favorece un enfoque más integral de la interpretación de los datos.

El programa **ZondST2D** es una herramienta práctica para la interpretación automática e interactiva de datos de tomografía sísmica, y puede utilizarse en ordenadores personales compatibles con IBM PC que funcionen con el sistema operativo Windows.



Velocidad de las ondas elásticas

Según la teoría de la elasticidad, las velocidades de las ondas sísmicas v_p y v_s dependen de la densidad del medio ρ y de sus módulos elásticos E y σ .

$$v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$$

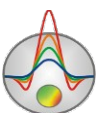
$$v_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\sigma)}}$$

En las rocas, estos parámetros dependen de numerosos factores de diversa índole: composición litológica y granulométrica, porosidad (cavidades, fracturación), saturación de fluidos, presión intraplaca, efectos del metamorfismo y la tectónica, profundidad, edad, temperatura, etc.

La influencia de la densidad en las variaciones de las velocidades sísmicas es, en general, pequeña, ya que en la mayoría de las rocas el intervalo de variación de la densidad está limitado a valores de 1.4 a 3.2 g/cm³. Las variaciones relativas mínimas de ρ son características de las rocas ígneas, mientras que las máximas corresponden a las sedimentarias, aunque tampoco superan el 20-30%. De las fórmulas anteriores se deduce que la velocidad depende inversamente de la densidad: si la densidad aumenta (disminuye) relativamente en $\varepsilon\%$, y los valores de los módulos elásticos permanecen constantes, la velocidad disminuye (aumenta) relativamente en $\varepsilon/2\%$.

Según los datos experimentales, en la mayoría de las rocas existe una correlación positiva entre su densidad y las velocidades sísmicas v_p y v_s , es decir, las rocas más densas suelen ser también de mayor velocidad. Esta situación parece contradecir las fórmulas consideradas, pero la discrepancia es solo aparente. Esto se debe a que, al aumentar la densidad de la roca ρ , por lo general aumenta aún más rápidamente su módulo de Young E , lo que produce un aumento de las velocidades v_p y v_s . El módulo de Young E varía en las distintas rocas en varios órdenes de magnitud: desde valores del orden de 10² MPa en formaciones sedimentarias débiles hasta valores del orden de 10⁵ MPa (10⁶ kg/cm²) en rocas ígneas compactas. Debido a este factor, las velocidades sísmicas pueden diferir en decenas de veces.

El coeficiente de Poisson σ varía teóricamente entre 0 y 0.5. Las propiedades elásticas de las rocas cristalinas rígidas se aproximan al límite inferior, y las de los depósitos blandos y plásticos,



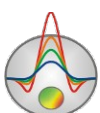
al superior. En los medios líquidos incompresibles, donde no hay deformaciones de cizalla, $\sigma = 0.5$. En la mayoría de las rocas, el coeficiente de Poisson toma valores de 0.15 a 0.35, es decir, varía en torno al valor medio de 0.25 dentro de un intervalo de ± 0.1 . Sin embargo, en las fórmulas que determinan v_p y v_s , el valor de σ interviene de tal manera que incluso pequeñas variaciones suyas afectan considerablemente a las velocidades.

La influencia de numerosos factores característicos en las propiedades elásticas de las rocas hace que no exista una relación unívoca entre la clasificación geológica de una roca y su velocidad: rocas completamente distintas pueden tener los mismos valores de velocidad, y rocas de una misma denominación pueden presentar velocidades muy diferentes. Por ello, para cada tipo de roca o conjunto de rocas solo se pueden indicar intervalos de valores probables de velocidad.

La velocidad de las ondas P en las rocas sueltas de la parte meteorizada más superficial de la sección no suele superar 1 km/s. En los depósitos terrígenos consolidados rara vez supera 4 km/s, mientras que en las rocas carbonatadas e hidroquímicas puede alcanzar 6 km/s. En las rocas ígneas y metamórficas v_p alcanza 6.5-7 km/s y, en general, aumenta con el grado de basicidad y de metamorfismo. En la base de la corteza terrestre (límite de Mohorovičić), el valor de v_p , según las estimaciones de la velocidad de las ondas refractadas, alcanza 8 km/s. Sin embargo, se desconoce con certeza la composición de las rocas a esta profundidad.

Las velocidades de las ondas S en general varían de acuerdo con las velocidades de las ondas P. Teóricamente, la relación $\gamma = v_s/v_p$ puede estar comprendida entre 0 (fluidos) y $1/\sqrt{2} = 0.7$ (en el caso de $\sigma = 0$). En la mayoría de las rocas consolidadas, el valor de γ es de 0.4-0.6, lo que corresponde, para σ , a un intervalo de valores de 0.4-0.2. Sin embargo, en formaciones arenoso-arcillosas muy poco consolidadas, el valor de γ puede ser de 0.2-0.3 o incluso menor. En general, las regularidades de distribución de v_s , se conocen peor que las de v_p .

Las rocas de una misma composición litológica pueden diferir considerablemente en sus velocidades sísmicas debido a su estructura interna, determinada por las condiciones de formación. Esto se observa claramente en las rocas detríticas formadas en distintos entornos hidrodinámicos: los depósitos originados en un entorno de baja energía de plataforma y con una granulometría más homogénea suelen presentar velocidades menores que los depósitos acumulados en un entorno costero de alta energía y con una granulometría menos seleccionada. Los carbonatos organógenos presentan velocidades relativamente bajas en comparación con los quimiogénicos.



Un factor muy importante para los valores de las velocidades sísmicas es el grado de vacuidad de las rocas, principalmente su porosidad. En igualdad de las demás condiciones, al aumentar la porosidad de la roca, disminuyen sus velocidades sísmicas. Esta dependencia es más pronunciada en los depósitos detríticos, cuya porosidad puede alcanzar el 30-40%. Estas rocas, especialmente las arenas y areniscas, se consideran medios heterogéneos constituidos por un esqueleto sólido (granos) y poros llenos de fluido (líquido, gas o una mezcla de ambos). Para este modelo, la velocidad v_p se estima mediante una relación empírica aproximada, conocida como ecuación del tiempo medio:

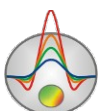
$$\frac{1}{v_p} = \frac{k_p}{v_\phi} + \frac{1-k_p}{v_\tau},$$

donde k_p es el coeficiente de porosidad, v_τ y v_ϕ son las velocidades de las ondas P en el esqueleto sólido y en el fluido, respectivamente.

La dependencia de $v_p(k_p)$ es de carácter exponencial. La presencia de aire (gas) en rocas saturadas de agua provoca, debido a su alta compresibilidad, una disminución de la elasticidad global de la roca y de su velocidad. Cuando los poros se saturan completamente de agua, la compresibilidad de la roca disminuye bruscamente y la velocidad v_p aumenta de forma abrupta. El grado de saturación de agua prácticamente no afecta a la velocidad de las ondas S v_s . Este efecto se utiliza en prospección sísmica para determinar el nivel freático en depósitos poco consolidados.

La congelación del agua presente en poros, cavidades y fracturas provoca un aumento brusco de las velocidades sísmicas de la roca, ya que la velocidad v_p en el hielo es casi 2.5 veces mayor que en el agua. En función de la porosidad, de la proporción relativa de agua congelada y no congelada, de su mineralización y de la temperatura, la velocidad de las ondas P puede aumentar en 1-2 km/s. Esto modifica considerablemente las características de velocidad de la parte superior de la sección en las zonas de distribución de rocas congeladas: aquí se observa la llamada inversión de velocidades, en la que las velocidades disminuyen desde la superficie a lo largo de cierto intervalo de profundidad al pasar de depósitos congelados a depósitos descongelados.

En las rocas sedimentarias, es característico que la velocidad aumente, en mayor o menor medida, con la profundidad de enterramiento debido al incremento de la presión litostática. Esto se debe, por una parte, a la disminución de la porosidad, que, según (5), aumenta v_p , ya que $v_\tau > v_\phi$. Por otra parte, la velocidad v_τ depende del área de contacto entre los granos vecinos de la roca, que aumenta con la presión y, por consiguiente, incrementa el módulo de Young y las velocidades v_τ y v_p . El aumento de las velocidades con la profundidad es más pronunciado en las



rocas detríticas, que se caracterizan por una porosidad inicial elevada. En los depósitos carbonatados, menos porosos, esta propiedad se manifiesta mucho menos, y en las rocas quimiogénicas prácticamente no se observa.

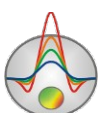
A igual composición material y profundidad de enterramiento, las rocas más antiguas presentan velocidades mayores. Este efecto se explica por la duración de los procesos de diagénesis, metamorfismo y esfuerzos tectónicos, que hacen que las rocas sean más rígidas y elásticas. Esta dependencia es bastante débil: la velocidad aumenta aproximadamente como la raíz sexta de la edad absoluta de los depósitos.

En los depósitos porosos a grandes profundidades, la velocidad depende de la relación entre la presión geostática externa ejercida por los estratos suprayacentes y la presión del fluido dentro de la formación, que llena los poros. La primera, al reducir la porosidad, aumenta la velocidad. La segunda, al generar un empuje entre los granos de la roca, impide que disminuya la porosidad y reduce la velocidad. La presión efectiva que determina el valor de la velocidad es prácticamente igual a la diferencia entre la presión externa y la interna. En algunos casos, el drenaje del fluido de los depósitos arenosos bajo la acción de la presión geostática se ve dificultado por el efecto de sellado de las rocas arcillosas encajantes. Por este motivo, la presión dentro de la formación es superior a la presión hidrostática normal a esa profundidad, y la velocidad v_p en la formación es inferior al nivel normal.

Las zonas de fallas tectónicas se caracterizan por una disminución significativa de las velocidades sísmicas, que puede alcanzar el 30-40 % o más, dependiendo del grado de desintegración de las rocas. Por lo general, este efecto es más acusado en las ondas S, por lo que la relación entre las velocidades $\gamma = v_s/v_p$ en las zonas de fallas tectónicas, descompactación y fracturación de las rocas tiene un valor reducido.

Con una composición litológica constante de la capa de roca sedimentaria, pueden observarse variaciones laterales de velocidad asociadas a formas estructurales de plegamiento. Con mayor frecuencia se observa una disminución de la velocidad hacia las zonas culminantes de los anticlinales, donde la fracturación de las rocas está más desarrollada. Sin embargo, también puede producirse un efecto aparente causado por un dinamometamorfismo más intenso en las zonas culminantes de los pliegues.

Los datos experimentales indican que las variaciones de las velocidades sísmicas pueden reflejar cambios en el estado de esfuerzos de los macizos rocosos. En particular, la disminución de las velocidades y la aparición de su anisotropía pueden estar asociadas a zonas de descompactación y fracturación de origen tectónico.



Otra propiedad importante que suele observarse en los macizos rocosos es la anisotropía de sus propiedades elásticas, que hace que las velocidades sísmicas dependan de la dirección. Este efecto se debe tanto a la estructura de capas delgadas de los depósitos como al desarrollo de fracturación orientada espacialmente en las rocas. Según los datos experimentales, entre los estratos litológicamente homogéneos, los depósitos arcillosos presentan la mayor anisotropía debido a su textura escamosa ordenada. En ellos, para las ondas P, k_p alcanza valores de 1.2-1.5 y superiores. En las areniscas k_p rara vez supera el nivel de 1.1-1.2. Los depósitos carbonatados presentan una anisotropía débil de las velocidades. En las mismas secciones, la anisotropía suele ser mayor para las ondas S que para las ondas P.

Otra causa de la anisotropía de las velocidades sísmicas es la intensa fracturación de las rocas, que rompe la continuidad de su esqueleto mineral. Cuando existe un sistema de fracturas con una orientación determinada, la velocidad de las ondas es máxima a lo largo de ella y mínima en dirección perpendicular. El coeficiente de anisotropía determinado depende de la forma y el tamaño relativo de las fracturas en comparación con la longitud de onda predominante, así como de las propiedades elásticas del material de relleno de las fracturas [Boganik G.N., Gurvich I.I. Seismorazvedka (Seismic Exploration). 2006].

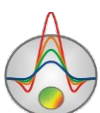
Instalación y eliminación del programa

El programa **ZondST2D** se distribuye por Internet. El paquete de distribución incluye este manual. Las últimas actualizaciones del programa se pueden descargar del sitio web: www.zond-geo.com.

Para instalar el programa, cópielo en el directorio que elija. Para instalar una actualización, basta con guardar la nueva versión del programa sobre la antigua.

Antes de iniciar el programa por primera vez, es necesario instalar el controlador de la llave de protección SenseLock. Para ello, abra la carpeta SenseLock (el controlador se puede descargar del CD o del sitio web) y ejecute el archivo InstWiz3.exe. Una vez instalado el controlador, inserte la llave. Si todo funciona correctamente, aparecerá un mensaje en la bandeja del sistema indicando que se ha detectado la llave.

Para eliminar el programa, borre el directorio de trabajo del programa.



Requisitos del sistema

El programa **ZondST2D** se puede instalar en un ordenador con Windows XP o posterior. Parámetros recomendados del sistema: procesador P IV-2 GHz, 1 GB de memoria, resolución de pantalla 1024 x 768, modo de color -True color. (No cambie la resolución de pantalla mientras trabaja con los datos).

Como actualmente el programa utiliza recursos del registro del sistema, en las versiones posteriores a Windows XP debe ejecutarse como administrador (haga clic con el botón derecho en el icono del programa y seleccione ejecutar como administrador).

Unidades de medida

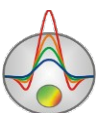
Unidades geométricas (coordenadas de fuentes y receptores, topografía): **metros**.

Unidades de tiempo de las primeras llegadas: **milisegundos**.

Unidades de velocidad de las ondas sísmicas: **kilómetros por segundo**.

Módulo de procesamiento de sismogramas – Trace editor

El objetivo principal del procesamiento de los datos de campo es obtener las dromocronas de los tiempos (o amplitudes) de llegada de las primeras llegadas de la onda objetivo. Para comenzar a procesar los datos de campo, se necesita uno o varios archivos de observaciones de campo en formato SEG-Y(SEG2). El picado de los sismogramas de campo se realiza en un módulo especial (Fig. 1), que se abre desde el elemento **Trace editor** del menú principal del programa o mediante el botón de la barra de herramientas . Una vez abierto este módulo, cargue los sismogramas de campo, asigne la geometría y comience el picado.



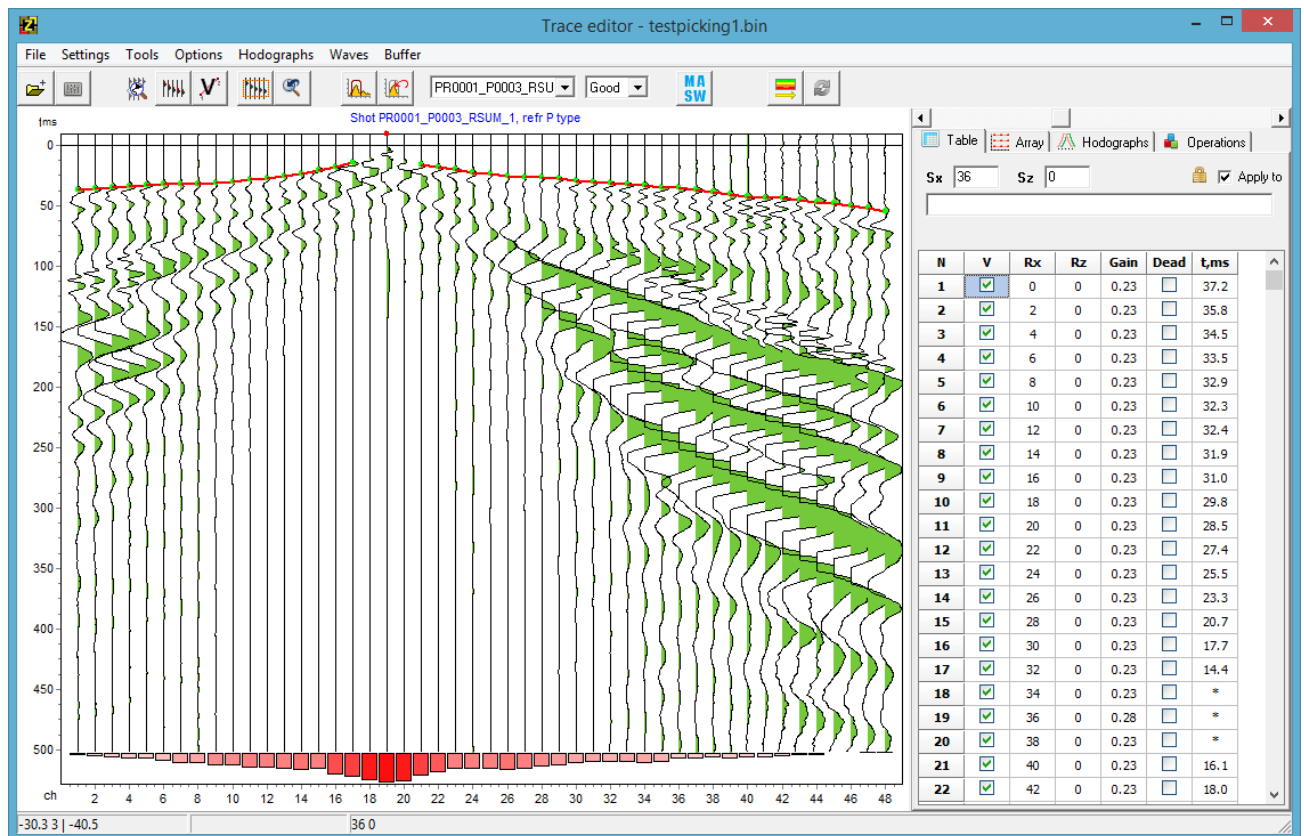
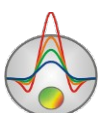


Fig. 1 Ventana de trabajo del módulo de picado de sismogramas Trace editor

La ventana está dividida en dos partes: el gráfico de visualización de las trazas sísmicas (a la izquierda) y una sección con varias pestañas para configurar y visualizar los parámetros del sistema de observación (a la derecha).

Inicio del trabajo con el módulo

El trabajo comienza abriendo uno o varios archivos SEG-Y(SEG2) o un archivo de proyecto. Inmediatamente después de cargar el archivo, aparece el cuadro de diálogo **Show parameters for every file**. Si se pulsa Yes, aparece una ventana en la que se puede seleccionar las trazas sísmicas necesarias y establecer las coordenadas de las fuentes y los receptores, si es necesario (las coordenadas de los receptores y las fuentes se pueden establecer más adelante) (Fig. 2).



tr	used	shot	tx	rx	tz	rz
1	☒	1	0	40	0	0
2	☒	1	0	45	0	0
3	☒	1	0	50	0	0
4	☒	1	0	55	0	0
5	☒	1	0	60	0	0
6	☒	1	0	65	0	0
7	☒	1	0	70	0	0
8	☒	1	0	75	0	0
9	☒	1	0	80	0	0
10	☒	1	0	85	0	0
11	☒	1	0	90	0	0
12	☒	1	0	95	0	0
13	☒	1	0	100	0	0
14	☒	1	0	105	0	0
15	☒	1	0	110	0	0
16	☒	1	0	115	0	0
17	☒	1	0	120	0	0
18	☒	1	0	125	0	0
19	☒	1	0	130	0	0
20	☒	1	0	135	0	0
21	☒	1	0	140	0	0
22	☒	1	0	145	0	0

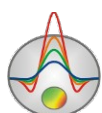
Fig. 2 Ventana para seleccionar trazas sísmicas y establecer coordenadas

Antes de cargar archivos SEG-Y, es necesario comprobar que la configuración de lectura del archivo sea correcta  (para obtener más información, véase la sección Diálogo de configuración general de lectura de archivos SEG-Y..

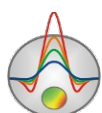
Barra de herramientas de la ventana de picado de sismogramas

La barra de herramientas permite acceder rápidamente a las funciones más utilizadas del módulo. Contiene los siguientes botones funcionales (de izquierda a derecha):

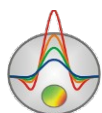
	Abrir un archivo o un conjunto de archivos de datos de campo en formato SEG-Y (SEG2) o un proyecto de trabajo BIN.
	Abrir un submenú adicional de acceso rápido a distintas opciones de configuración.
	Activar el modo de ampliación/selección de un tramo del sismograma. La selección se realiza con el ratón mediante un rectángulo de selección. Al activar este modo, aparecen los dos botones siguientes.
	Establecer la ventana de trabajo de los datos. El tamaño de la ventana se define en el modo  . La ventana de trabajo se utiliza para filtrar y autoescalar las trazas sísmicas.



	Ir al tramo seleccionado anteriormente del sismograma.
	Activar el modo de picado de las primeras llegadas. Las primeras llegadas se seleccionan con el botón izquierdo del ratón. Al hacer clic con el botón derecho, se elimina el valor seleccionado de la dromocrona. El trazado se realiza en modo normal o semiautomático. Al activar este modo, aparecen los dos botones siguientes.
	Activa el modo <i>Multipicking</i> . El trazado se realiza automáticamente desde el primer punto hasta el segundo punto seleccionado en el sismograma. La trayectoria del trazado se muestra como una línea que conecta el primer punto seleccionado con la posición actual del cursor. Si se selecciona uno de los modos <i>Multipicking</i> , en lugar de la línea se muestra una banda en la que se realiza la búsqueda y se presentan los valores de tiempo preliminares (en forma de círculos). El ancho de la banda de búsqueda se regula con la rueda del ratón (manteniendo pulsada la tecla CTRL).
	Opción <i>Autopicking</i>. Activa el procedimiento de refinamiento automático de las posiciones de los tiempos de las primeras llegadas según uno de los criterios establecidos. En el modo <i>Multipicking</i>, el procedimiento se aplica a todos los tiempos (incluidos en la banda) del tramo especificado; de lo contrario, la búsqueda se realiza dentro de la traza seleccionada (ventana de selección). Para <i>Autopicking</i>, es importante seleccionar correctamente el ancho de la banda (o de la ventana) en la que se busca la solución según el criterio establecido (se regula con la rueda del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla CTRL). El criterio de selección se define en el menú emergente, que se abre con el botón derecho del ratón. Criterios disponibles: <i>To null</i>: búsqueda de un cruce por cero o de valores próximos a cero dentro de la ventana/banda de selección, y establecimiento de las primeras llegadas en ese punto (picado por fase). <i>To extremum</i>: búsqueda del valor máximo en valor absoluto dentro de la ventana/banda de selección y establecimiento de las primeras llegadas en ese punto. <i>To maximum</i>: búsqueda del valor máximo dentro de la ventana/banda de selección y establecimiento de las primeras llegadas en ese punto. <i>To minimum</i>: búsqueda del valor mínimo dentro de la ventana/banda de



	selección y establecimiento de las primeras llegadas en ese punto. <i>To best correlated point:</i> búsqueda de las zonas con mejor correlación con las trazas adyacentes y establecimiento de las primeras llegadas en ellas. <i>Move to reciprocity point:</i> si el valor seleccionado tiene asignado un valor recíproco, se promedian sus tiempos.
	Activar el modo de determinación de la velocidad entre dos puntos. Para determinar la velocidad en el tramo seleccionado del sismograma, se debe seleccionar la posición del primer punto. A continuación, sin soltar el botón del ratón, se desplaza el cursor hasta la posición deseada. El valor de la velocidad se muestra en la barra de estado de la ventana (segunda sección). Antes de determinar la velocidad, se debe comprobar que las coordenadas de los receptores sean correctas. En el modo de picado de ondas reflejadas, para determinar la velocidad se debe pulsar la tecla V. Inmediatamente aparecerá una hipérbola que pasa por la posición actual del cursor. Los parámetros de la hipérbola se regulan con la rueda del ratón y se muestran en la barra de estado. Al hacer clic con el botón derecho del ratón en este modo, se genera la dromocrona correspondiente a los parámetros actuales de la hipérbola.
	Abrir el diálogo de filtrado de datos (más información).
	Deshacer los resultados del filtrado o volver a los datos originales.
	Seleccionar el sismograma activo de la lista. La lista contiene todos los sismogramas del proyecto.
	Asignar una valoración de la calidad del picado para este sismograma. Esta valoración se utilizará durante la inversión.
	Iniciar el módulo de análisis multicomponente de ondas superficiales (más información). Antes, se deben introducir las coordenadas de todas las fuentes y receptores.
	Crear un sistema de observación y un modelo, y pasar a la ventana de modelización e inversión de datos.
	Actualizar los picados del proyecto actual y pasar a la ventana de modelización e inversión de datos. Al actualizar los picados, no se debe modificar la geometría del sistema de medición.
VSP	Iniciar el módulo de inversión de datos VSP (véase la sección «Módulo de



	inversión VSP»).
	Iniciar el módulo HVSR (véase la sección «Módulo HVSR»).
	Abrir la ventana Zoom window con un tramo ampliado del sismograma.

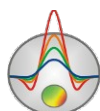
El subpartado  de configuración general contiene las siguientes opciones:

	Configurar los parámetros de lectura del archivo (más información).
	Abrir el diálogo de configuración gráfica de las trazas sísmicas y las dromocronas (más información).
	Abrir el diálogo de configuración de las escalas y del muting del sismograma (más información).
	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros gráficos de la imagen de fondo (más información).
	Activar el modo de selección de la traza activa con el ratón. La traza activa se resalta con otro color y se dibuja en último lugar. No se debe utilizar este modo durante el picado, ya que ralentiza el programa.
	Mostrar la imagen de fondo del sismograma en forma interpolada.
	Girar las trazas sísmicas 90 grados. Según el tipo de datos, puede resultar más cómodo usar una orientación vertical u horizontal del sismograma.
	Mostrar el perfil de potencia de las trazas sísmicas. La potencia caracteriza la energía de la traza sísmica, que varía en función del offset respecto a la fuente.

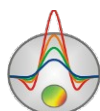
Menú de funciones de la ventana de picado de sismogramas

A continuación se enumeran los nombres de las opciones del menú y su función:

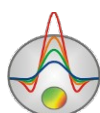
File	Open SEG-Y/Project	Abrir archivo(s) de datos de campo en formato SEG-Y(SEG2) o un proyecto de trabajo.
File	Add to project	Añadir datos al proyecto de trabajo. Esta opción permite combinar en un solo proyecto datos obtenidos en distintos momentos.
File	Import HVSR(3)	Importar registros de microsismos de tres componentes (Z, N, E) para el módulo HVSR (véase la sección «Módulo HVSR»).



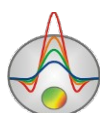
File	Save project	Guardar los datos, los resultados del procesamiento, las correlaciones de ondas y diversos ajustes en un proyecto de trabajo BIN.
File	Close project	Cerrar todos los sismogramas del proyecto de trabajo.
File	Print preview	Abrir el cuadro de diálogo de impresión del sismograma.
File	Import topography	Vincular al proyecto un archivo que contiene información sobre la topografía de las mediciones. La topografía se describe mediante un archivo de texto de dos columnas.
File	Run MASW module	Iniciar el módulo MASW para los datos del proyecto actual (más información).
File	Run MASW for groups	Iniciar el módulo MASW para los datos del proyecto actual. Se utiliza cuando es necesario sumar señales de varias fuentes para una misma posición del cable. Permite mejorar la calidad del espectro.
Settings	Survey type	Cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del tendido. Es muy importante definir el tipo de adquisición justo antes del proceso de picado, especialmente si se trabaja con datos de sismica entre pozos.
Settings	Change orientation	Girar las trazas sísmicas 90 grados. Según el tipo de datos, puede resultar más cómodo usar una orientación vertical u horizontal del sismograma. Duplica la opción 
Settings	Background settings	Abrir el cuadro de diálogo de configuración gráfica de la imagen de fondo interpolada. Duplica la opción 
Settings	Show background	Mostrar la imagen de fondo del sismograma en forma interpolada. Duplica la opción 
Settings	Color scheme	Esquema de colores de la ventana: Light – claro, Dark – oscuro.
Settings	Plot's color	Abrir el cuadro de diálogo para configurar el relleno del fondo del sismograma.
Settings	Trace/hodograph settings	Abrir el cuadro de diálogo de configuración gráfica de las trazas sísmicas y las dromocronas. Duplica la opción 
Settings	Scale/muting settings	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de la escala y del



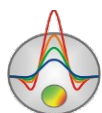
		muting del sismograma. Duplica la opción 
Settings	Amplitudes collect settings	Abrir el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de adquisición de amplitudes.
Settings	Working area/Display rectangle	Mostrar el área de la ventana de trabajo como un marco.
Settings	Working area/Set working area	Definir la ventana de trabajo de los datos. El tamaño de la ventana se define en el modo  . La ventana de trabajo se utiliza al ajustar automáticamente la escala de las trazas sísmicas. Si en la pestaña Table de la sección con varias pestañas está activada la opción <i>Apply for next shots</i> , la ventana de trabajo se asigna a todos los sismogramas siguientes del proyecto.
Settings	Working area/Select all	Seleccionar todo el sismograma como ventana de trabajo.
Settings	Units	Unidades de visualización del sismograma: Channel – número de canal, Distance – coordenada del receptor; mSec units – tiempo en milisegundos (de lo contrario, en muestras).
Settings	Set sample time	Definir el intervalo de muestreo del eje de medición, en ms, si no está definido o está especificado incorrectamente en el archivo.
Tools	Filtering	Abrir el diálogo de filtrado de datos (más información).
Tools	Undo filtering	Volver a los datos originales (anteriores al procesamiento).
Tools	Picking mode	Activar el modo de picado de las primeras llegadas. Estas se pican con el botón izquierdo del ratón. Al hacer clic con el botón derecho del ratón, se elimina el valor seleccionado de la dromocrona. Duplica el botón  .
Tools	Zoom mode	Activar el modo de ampliación/selección de una zona del sismograma. La selección se realiza con el ratón mediante un rectángulo elástico. A continuación, se puede activar el modo de ajuste automático de escala para la ventana seleccionada.



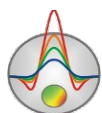
		Duplica el botón  .
Tools	Display cross	Mostrar líneas cruzadas que siguen el cursor. Sirven para posicionarlo con mayor precisión.
Tools	Crop shot	Recortar el sismograma por tiempo y/o por trazas (cuadro de diálogo Crop shot).
Tools	Resample shot	Cambiar el intervalo de muestreo de los sismogramas (cuadro de diálogo Resampling).
Tools	Group&Sort	Agrupar u ordenar las trazas del proyecto (cuadro de diálogo Group&Sort). Se puede guardar la nueva disposición.
Tools	Swap SR	Intercambiar las fuentes y los receptores.
Tools	Shift traces	Desplazar las trazas sísmicas en el tiempo (cuadro de diálogo Shift traces).
Tools	Correct all zeros	Eliminar la componente continua de todas las trazas sísmicas y normalizar su polaridad a positiva. Se pierden los resultados del procesamiento.
Tools	Apply trigger shot	Usar el sismograma actual como registro de referencia temporal: los demás sismogramas se recortan según el picado del sismograma actual.
Tools	Suppress EM wave	Suprimir el ruido electromagnético (cuadro de diálogo Remove EM noise).
Tools	Processed2original	Establecer los datos procesados como originales. Los datos originales se pierden.
Tools	Edit source pos	Abrir el cuadro de diálogo para definir las coordenadas de las fuentes (más información).
Tools	Set survey lines	Si la línea del perfil tiene una geometría compleja o las fuentes están desplazadas fuera del perfil, permite obtener las proyecciones sobre una línea definida por el usuario y usarlas como coordenadas de las fuentes y los receptores.
Tools	Change sign of Z	Cambiar el signo de las coordenadas verticales de las fuentes y los receptores.
Options	Delete current shot	Eliminar el sismograma actual del proyecto.
Options	Delete empty shots	Eliminar del proyecto todos los sismogramas que no se hayan picado (por ejemplo, repeticiones fallidas o datos con mucho



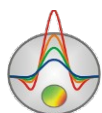
		ruido).
Options	Delete dead traces	Eliminar las trazas «muertas». Normalmente, estas trazas corresponden a geófonos defectuosos o desconectados. Las trazas «muertas» se seleccionan en la tabla.
Options	Interpolate dead traces	Sustituir las trazas «muertas» por la interpolación de las trazas vecinas.
Options	Sort shots by filename	Ordenar los sismogramas por nombre de archivo.
Options	Sort shots by position	Ordenar los sismogramas por la posición de la fuente.
Options	Sort all trace	Ordenar las trazas del sismograma por las coordenadas de los receptores.
Options	Combine shots	Añadir al sismograma actual las trazas sísmicas de otros sismogramas con la misma coordenada de fuente. Es útil cuando se utilizan cables cortos. En este caso, por lo general, el cable se desplaza a lo largo del perfil mientras la fuente permanece en la misma posición. Esta opción permite obtener un registro largo de una fuente para varias posiciones del cable. Antes de usarla, compruebe que las coordenadas sean correctas.
Options	Combine all	Combinar las trazas sísmicas de todos los sismogramas que tengan las mismas coordenadas de fuente.
Options	Apply AGC	Aplicar AGC (Automatic Gain Control), es decir, el control automático de ganancia (CAG). Normaliza el registro según el valor medio de su nivel en un intervalo de tiempo determinado (ventana). El tamaño de la ventana se especifica en muestras y se elige experimentalmente.
Options	Remove aver in window	Eliminar el valor medio en una ventana determinada. Permite resaltar las señales de mayor frecuencia. El tamaño de la ventana se establece en muestras y se selecciona experimentalmente.
Options	Apply denoising	Aplicar la supresión de ruido al sismograma (diálogo de configuración de la ventana de procesamiento).
Options	Apply derivative	Sustituir las trazas sísmicas por su derivada respecto al



		tiempo.
Options	Simple smoothing	Suavizar en el tiempo las trazas del sismograma actual.
Options	Smooth2d	Suavizado bidimensional del sismograma actual (en el tiempo y entre trazas).
Options	Collect amplitudes shot	Recopilar las amplitudes de las primeras llegadas en los puntos donde se hayan picado los tiempos para este sismograma. Esta opción permite recopilar las amplitudes no en el punto de picado, ya que su valor puede ser cero, sino en una ventana alrededor de este. El tamaño de la ventana (en muestras) y el método de recopilación se seleccionan en File settings/Amplitudes collect settings.
Options	Collect amplitudes all	Recopilar las amplitudes de las primeras llegadas en los puntos donde se hayan picado los tiempos para todos los sismogramas.
Options	Amplitudes distribution	Mostrar la ventana de distribución de las amplitudes de las primeras llegadas por sismograma (véase la sección «Distribución de amplitudes»).
Options	Undo action	Deshacer la última acción del modo de picado.
Hodographs	Delete current	Eliminar la dromocrona actual.
Hodographs	Delete all	Eliminar todas las dromocronas del proyecto para el tipo de onda actual.
Hodographs	Interpolate empty	Rellenar los huecos de las dromocronas mediante interpolación basada en las velocidades aparentes de las trazas picadas adyacentes.
Hodographs	Autocorrect current	Corrección automática de la dromocrona actual (se correlacionan las primeras llegadas ya picadas según las características de los picos próximos a los que se encuentran).
Hodographs	Autocorrect all	Corrección automática de las dromocronas de todos los sismogramas (igual que Autocorrect current).
Hodographs	Set 1D projection	Calcular un modelo de velocidad unidimensional a partir de los tiempos picados de todos los sismogramas visibles.
Hodographs	Apply to current	Calcular la dromocrona del sismograma actual a partir del modelo unidimensional obtenido con Set 1D projection.



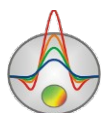
Hodographs	Apply to all	Calcular las dromocronas de todos los sismogramas a partir del modelo unidimensional obtenido con Set 1D projection.
Hodographs	To empty	Si esta opción está activada, Apply to current y Apply to all rellenan solo las trazas sin picado.
Hodographs	Reflection scanner	Abrir el escáner de ondas reflejadas (véase la sección «Escáner de ondas reflejadas»).
Hodographs	Copy current	Copiar la dromocrona activa en el portapapeles.
Hodographs	Paste to current	Copiar las primeras llegadas del portapapeles en la dromocrona actual.
Hodographs	Paste to current(X=Rx)	Pegar la dromocrona del portapapeles en el sismograma actual según las coordenadas de los receptores.
Hodographs	Load picks	Cargar los resultados del picado desde un archivo en uno de los formatos disponibles.
Hodographs	Save picks	Guardar los resultados actuales del picado en un archivo. Se admiten los siguientes tipos de archivo: <i>Laccolite god file</i> – guardar la dromocrona actual en un archivo *.god, <i>Laccolite directory</i> – guardar las dromocronas de todos los sismogramas en el directorio especificado en formato *.god, <i>SRT file</i> – guardar un archivo en formato *.SRT
Hodographs	Smooth all	Suavizar todas las dromocronas (para el suavizado se utiliza un algoritmo especial que tiene en cuenta el principio de reciprocidad).
Hodographs	Smooth current	Suavizar la dromocrona actual (para el suavizado se utiliza un algoritmo especial que tiene en cuenta el principio de reciprocidad).
Hodographs	Correct start times (reciprocity)	Corregir los tiempos de inicio del registro de los sismogramas a partir de los tiempos recíprocos del picado actual.
Hodographs	Average reciprocity data	Promediar los tiempos recíprocos, si los hay.
Hodographs	Correct start times (calculated)	Corregir los tiempos de inicio del registro de los sismogramas a partir de los tiempos teóricos obtenidos mediante la inversión 2D.
Hodographs	Calc reciprocity error	Mostrar el error medio de correlación de los datos, calculado según el principio de reciprocidad.



Waves	P- refracted	Establecer el tipo de ondas que se van a picar: ondas P refractadas.
Waves	S-refracted	Establecer el tipo de ondas que se van a picar: ondas S refractadas.
Waves	Reflected-1	Establecer el tipo de ondas que se van a picar: ondas reflejadas, primer límite.
Waves	Reflected-2	Establecer el tipo de ondas que se van a picar: ondas reflejadas, segundo límite.
Waves	Reflected-3	Establecer el tipo de ondas que se van a picar: ondas reflejadas, tercer límite.
Waves	Exchange P&S	Cambiar el tipo de onda durante el picado. Esta opción se utiliza si se había establecido un tipo de onda incorrecto al picar.
Waves	Exchange P&S current	Intercambiar los picados de las ondas P y S solo para el sismograma actual.
Waves	Remove active data	Eliminar todas las dromocronas del tipo de onda actual.
Waves	Switch PS auto	Cambiar automáticamente el tipo de ondas que se van a picar (P/S) según el tipo de sismograma actual.
Buffer	Picks1...	Guardar en el búfer los resultados actuales del picado (o cargarlos desde él). Se pueden guardar hasta 5 variantes de picado (Picks 1 – Picks 5). Para cargar una variante guardada, vuelva a hacer clic en ella.
Buffer	Averaged	Escribir en la dromocrona actual el valor medio de los picados de todos los búferes no vacíos.
Buffer	Only t0	Cargar desde el búfer solo los tiempos de las primeras llegadas.
Buffer	Current shot	Cargar desde el búfer (y promediar) solo para el sismograma actual.

Diálogo de configuración general de lectura de archivos SEG-Y.

El diálogo de configuración general de lectura de archivos en formato SEG-Y se puede abrir mediante la opción  .



La pestaña **SEG-Y** contiene opciones que controlan la lectura de los datos de campo (Fig. 3). Como se sabe, este formato es el estándar básico para los datos de prospección sísmica. Algunas estaciones pueden apartarse del formato de registro estándar y, en esos casos, es necesario seleccionar los parámetros de registro para cargar los datos correctamente.

Antes de crear un proyecto nuevo a partir de archivos SEG-Y, compruebe que la configuración de esta pestaña corresponde a los archivos utilizados (en la mayoría de los casos, así es).

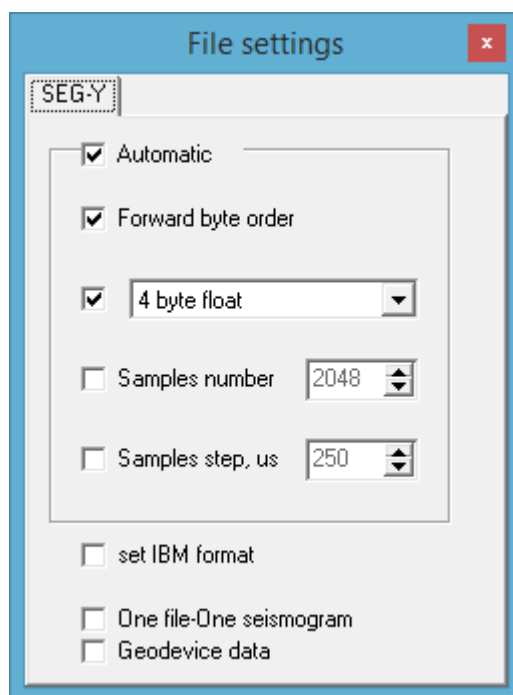


Fig. 3 Ventana **File settings**, pestaña **SEG-Y**

La opción *Automatic* activa el modo de detección automática del formato. Si esta opción está desactivada, se habilitan las opciones siguientes.

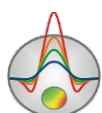
La opción *Forward byte order* establece el orden de lectura de los bytes. La lista desplegable permite seleccionar el tipo de datos.

La opción *Samples number* establece el número de muestras de la traza sísmica. La opción *Samples interval* establece el intervalo de muestreo de la traza sísmica (en milisegundos).

La opción *Set IBM format* establece el formato numérico PC/UNIX.

Al configurar la lectura, se utilizan principalmente las opciones *Set IBM format* y *Forward byte order*.

La opción *One file-One seismogram* – establece que cada archivo cargado constituye un sismograma independiente.



Diálogo de recopilación automática de amplitudes de las primeras llegadas

El diálogo de configuración general de la recopilación de amplitudes se puede abrir mediante la opción **Settings/ Amplitudes collect settings** del menú principal de la ventana.

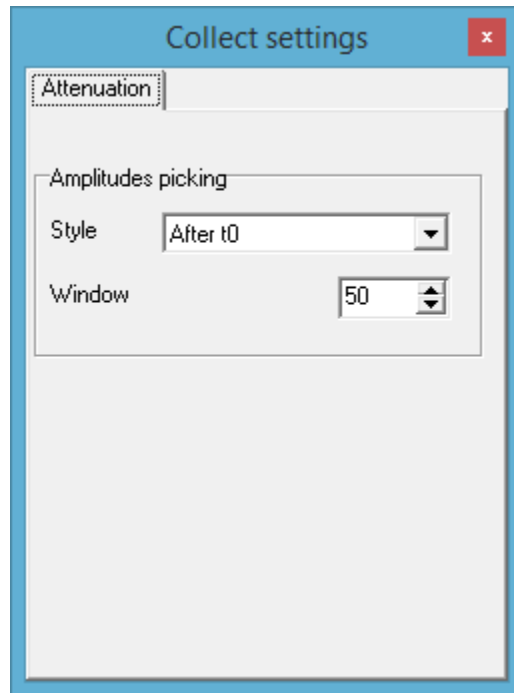
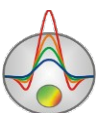


Fig. 4 **Diálogo de configuración general de la recopilación de amplitudes Amplitudes collect settings**

La opción *Style* define el método de recopilación de amplitudes: alrededor de t_0 o después de t_0 (si el picado se realizó por fase). En la ventana *Window* se debe establecer el tamaño de la ventana, en muestras, en la que se busca la amplitud máxima. La longitud de la ventana suele elegirse en función de la frecuencia de la onda de interés.

Diálogo de configuración del tipo de observación

El diálogo está disponible en el menú principal del módulo de picado de sismogramas **Settings/Survey type**. Es muy importante definir el tipo de observación antes de iniciar la correlación.



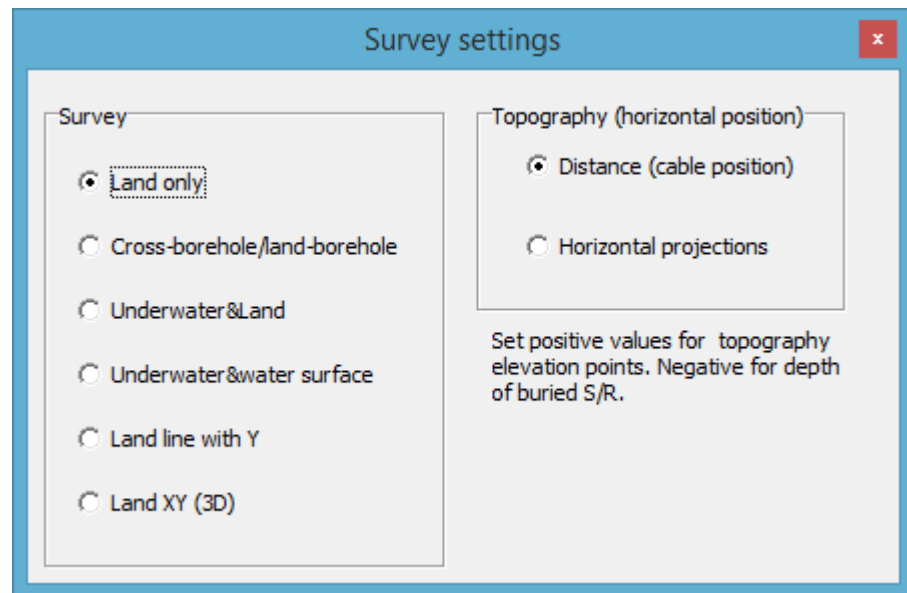


Fig. 5 Ventana Survey settings

La ventana *Survey settings* está dividida en dos áreas. A la izquierda se encuentra el área *Survey*, donde se define el tipo de observación:

Land only – sistema de observación tierra-tierra; en este caso, en la pestaña *Table* de la sección con varias pestañas, la columna *Rz* contendrá los datos de topografía. Para este tipo se pueden definir fuentes enterradas (valor negativo en *Sz*).

Cross-borehole/land-borehole – sistema de observación de sísmica entre pozos (cross-hole)/perfil sísmico vertical (tierra-pozo). En este caso, en la pestaña *Table* de la sección con varias pestañas, la columna *Rz* contendrá valores de profundidad ($Sz/Rz=0$ significa que las fuentes/los receptores están situados en la superficie).

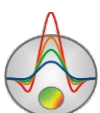
Underwater&Land – sistema de observación combinado que incluye mediciones subacuáticas y terrestres.

Underwater&water surface – sistema de observación combinado que incluye mediciones en la superficie del agua y en el fondo.

Land line with Y – levantamiento 2D a lo largo de un perfil curvo o con fuentes desplazadas. En este modo se pueden editar las coordenadas *Y*. Se considera que el perfil (y el modelo) se extiende a lo largo del eje *X*, y que el eje *Y* es perpendicular a la línea del perfil.

Land XY 3D – se utiliza cuando se emplea una parte de un levantamiento de área para la interpretación 2D. En este modo se pueden editar las coordenadas *Y*. Se considera que el perfil (y el modelo) se extiende a lo largo del eje *X*, y que el eje *Y* es perpendicular a la línea del perfil.

A la derecha se encuentra el área *Topography (horizontal position)*, donde se define el tipo de coordenada horizontal:



Distance (cable position) – se utiliza la distancia a lo largo del cable; este método suele usarse únicamente en levantamientos terrestres estándar, cuando se dispone de la referencia topográfica de los receptores y sus coordenadas se indican como distancias a lo largo del cable.

Horizontal projection – proyección horizontal; se utiliza en los demás casos.

Configuración de la visualización y el escalado del sismograma

Para facilitar el trabajo del intérprete, el módulo de picado ofrece diversas opciones para escalar y visualizar el sismograma.

La ampliación o el desplazamiento de una zona concreta se realiza en el modo de selección/ampliación  (herramienta «rectángulo elástico»). Para seleccionar la zona que se desea ampliar, se desplaza el cursor del ratón hacia abajo y a la derecha, manteniendo pulsado el botón izquierdo (Fig. 6 A).

Las opciones de la sección Working area permiten ajustar las escalas de forma óptima para el área seleccionada.

Se puede volver a la zona de selección anterior del sismograma mediante la opción . Para volver a la escala inicial, se realiza la misma acción, pero desplazando el ratón hacia arriba y a la izquierda (Fig. 6B).

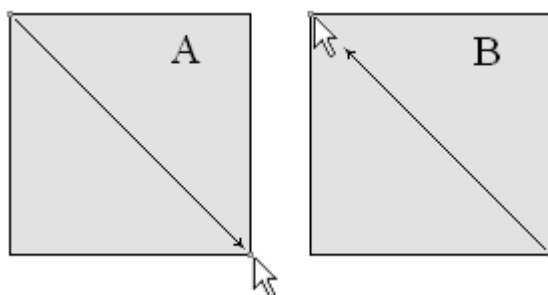


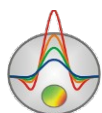
Fig. 6 Dirección del movimiento del ratón al cambiar la escala

Diálogo de configuración de las escalas del sismograma

El diálogo de configuración de las escalas del sismograma se puede abrir mediante las opciones **Settings/Scale settings** o .

El diálogo **Scaling options** contiene dos pestañas.

La pestaña **Scales** contiene opciones que definen las escalas de los gráficos de las trazas sísmicas y de la imagen completa (Fig. 7).



El área **Traces scaling type** establece el tipo de normalización de los gráficos de las trazas sísmicas. El valor *Common maximum* escala los gráficos según el máximo común del sismograma.

El valor *Trace maximum* escala cada gráfico según su propio máximo.

La opción *Apply to original data* indica al programa que el escalado de los gráficos se realizará sobre los valores de los datos originales (sin filtrar).

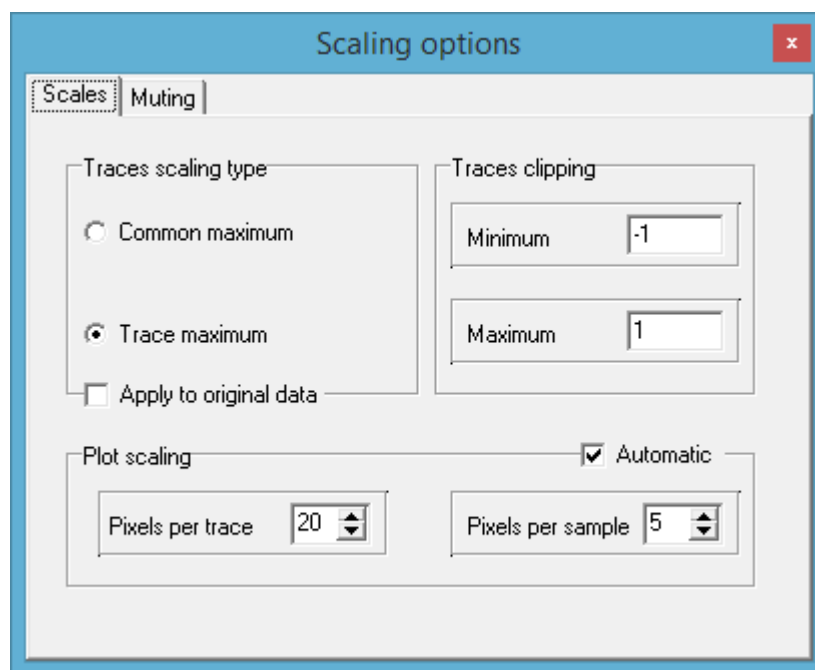


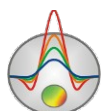
Fig. 7 Ventana **Scaling options**, pestaña **Scales**

El área **Traces clipping** establece los valores límite máximos y mínimos de los gráficos, a partir de los cuales se recortan.

Los valores *Maximum* y *Minimum* se definen suponiendo que la distancia entre trazas adyacentes es igual a uno.

La opción *Automatic* del área *Plot scaling* establece la escala de la imagen del gráfico. Si la opción está activada, la escala se selecciona automáticamente en función del tamaño de la ventana. Si está desactivada, la escala de la imagen se define mediante las opciones *Pixel for trace* (número de píxeles por traza) y *Pixel for sample* (número de píxeles por muestra).

La pestaña **Muting** contiene opciones que definen los valores límite de velocidad (Fig. 8). En el campo *Velocities* se deben establecer los valores límite de velocidad. La opción *Muting* muestra los límites de velocidad especificados. Si se selecciona la opción *Draw muted data*, no se mostrarán los datos situados fuera de los límites de velocidad especificados. El campo *Delay, ms* establece el valor de la marca de tiempo (un número positivo en ms o muestras) para todas las



trazas sísmicas. El eje de tiempos/muestras se desplaza de modo que la marca de tiempo corresponda al cero del eje. Esto puede dar lugar a valores negativos en el eje.

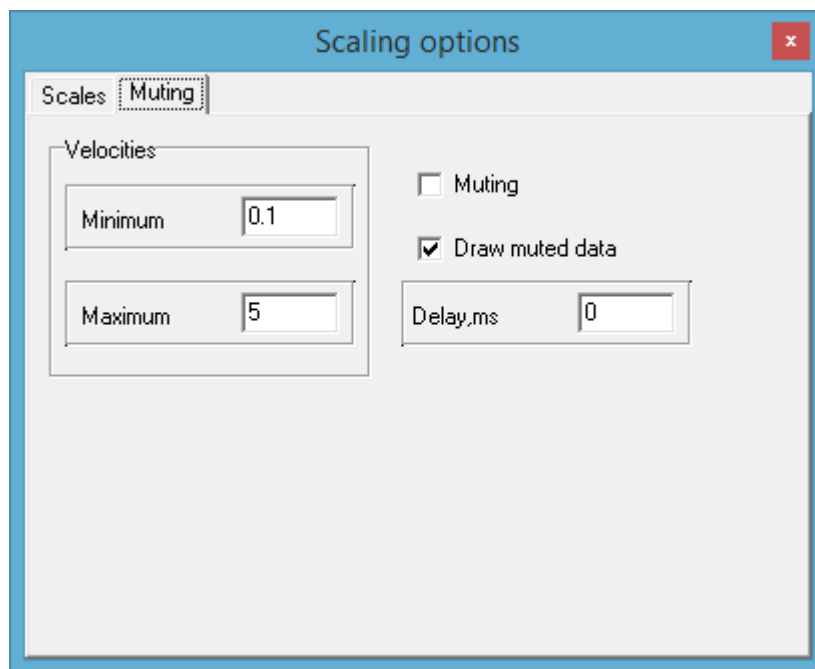


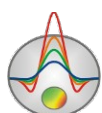
Fig. 8 Cuadro de diálogo Scaling options, pestaña Muting

Cuadro de diálogo de configuración gráfica de las trazas sísmicas

El cuadro de diálogo de configuración gráfica de las trazas sísmicas y las dromocronas se puede abrir mediante las opciones **Settings/Trace/hodographs settings** o .

La pestaña **Trace** contiene opciones que determinan el aspecto de los gráficos de las trazas sísmicas. Las dos áreas principales **Primary** y **Additional** corresponden a la configuración del sismograma principal y del adicional (que se muestra superpuesto al principal en el modo *Multi*), respectivamente.

Las áreas **Negative** y **Positive** contienen opciones de color para los mínimos y máximos de los gráficos (*Fill color*: color de relleno; *Transparent*: sin relleno).



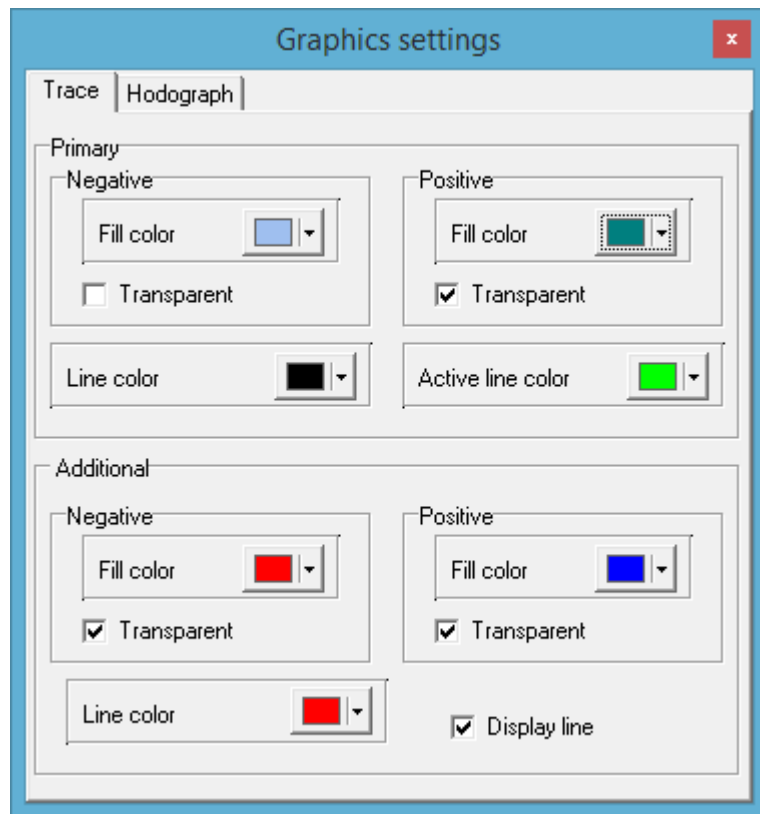
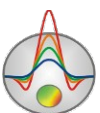


Fig. 9 Cuadro de diálogo Graphics settings, pestaña Trace

La opción *Line color* establece el color de la línea de los gráficos. La opción *Active line color* establece el color de la línea del gráfico activo. La opción *Display line* indica si se deben dibujar las líneas de los gráficos.



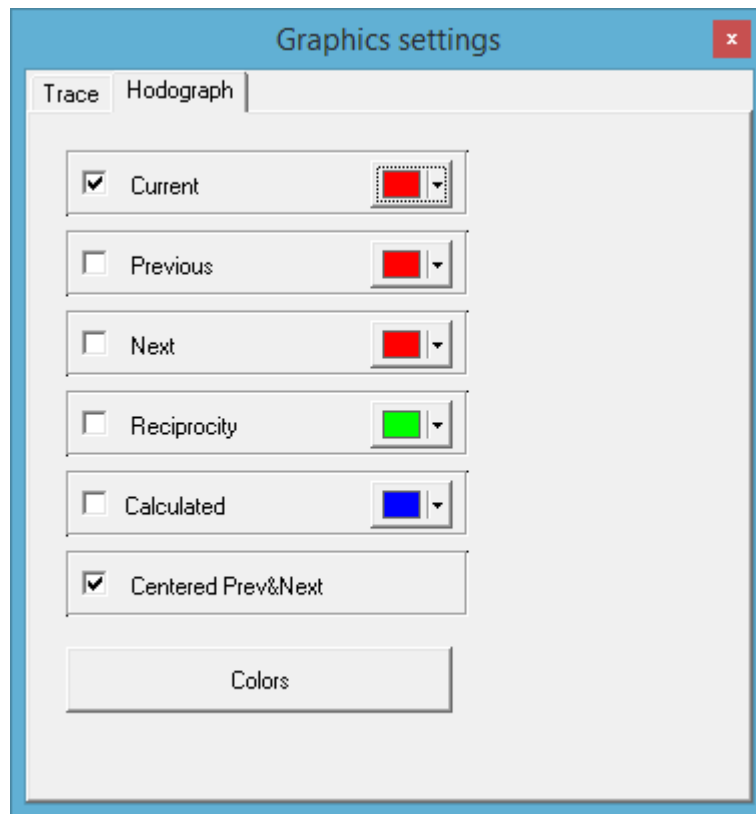


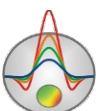
Fig. 10 Cuadro de diálogo Graphics settings, pestaña Hodograph

La pestaña **Hodograph** contiene opciones de color para las dromocronas que se muestran en los sismogramas durante el picado. Las opciones *Current*, *Previous*, *Next*, *Reciprocity*, *Calculated* establecen los colores de las dromocronas actual, anterior, siguiente, recíproca y calculada. Si la opción está activada, se mostrará la dromocrona correspondiente (si existe). *Centered Prev&Next* proyecta las dromocronas adyacentes teniendo en cuenta los offsets desde la fuente.

El botón *Colors* abre el cuadro de diálogo para configurar el editor de conjuntos de gráficos de dromocronas de la pestaña Hodographs, en la sección derecha de la ventana de trabajo.

Introducción de la geometría de adquisición

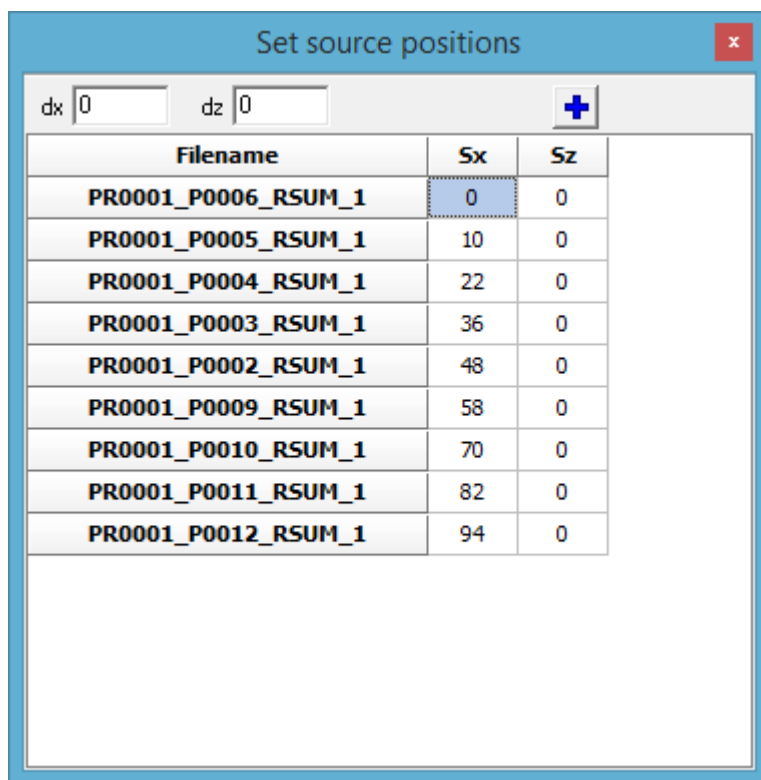
Si la geometría de adquisición no se incluyó al grabar los archivos SEG-Y(SEG2) , estos datos se pueden introducir mediante las opciones del programa. En la sección [Opciones de la sección con pestañas](#) también se describen funciones que permiten definir rápidamente la geometría de adquisición. Como puede haber mediciones repetidas para una misma posición de la fuente, resulta conveniente introducir primero las coordenadas de las fuentes y, después, ordenar las



trazas sísmicas por la posición de las fuentes. Esto permite evaluar los datos y eliminar, si es necesario, los registros innecesarios.

El cuadro de diálogo **Set source positions**, al que se accede mediante la opción **Tools/Edit source pos**, permite introducir rápidamente las coordenadas de las fuentes para una lista de archivos (sismogramas) (Fig. 11).

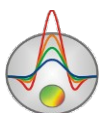
En la fila superior de este cuadro de diálogo, los campos dx y dz indican los incrementos de coordenadas en X y Z (Y). El botón  asigna al siguiente archivo la coordenada X igual a $Sx+dx$ y la coordenada Z igual a $Sz+dz$. Para rellenar rápidamente las columnas Sx y Sz en los registros correspondientes a una misma posición de la fuente, coloque el cursor en Sx del último archivo y, manteniendo pulsada la tecla [SHIFT], haga clic en Sx del primer archivo correspondiente a la posición actual de la fuente.



Filename	Sx	Sz
PR0001_P0006_RSUM_1	0	0
PR0001_P0005_RSUM_1	10	0
PR0001_P0004_RSUM_1	22	0
PR0001_P0003_RSUM_1	36	0
PR0001_P0002_RSUM_1	48	0
PR0001_P0009_RSUM_1	58	0
PR0001_P0010_RSUM_1	70	0
PR0001_P0011_RSUM_1	82	0
PR0001_P0012_RSUM_1	94	0

Fig. 11 Cuadro de diálogo Set source positions

Las coordenadas de las fuentes y los receptores también se pueden introducir en las columnas Rx , $Rz(Ry)$ y Sx , $Sz(Ry)$ de la pestaña **Table** de la sección con pestañas. Si la opción Apply to next shots está activada, las coordenadas de los receptores se copiarán en todos los sismogramas siguientes.



Modos de visualización del sismograma

Según el tipo de datos, puede resultar conveniente utilizar la orientación vertical u horizontal del sismograma. La opción **Settings/Change orientation** permite girar el sismograma 90° (Fig. 12).

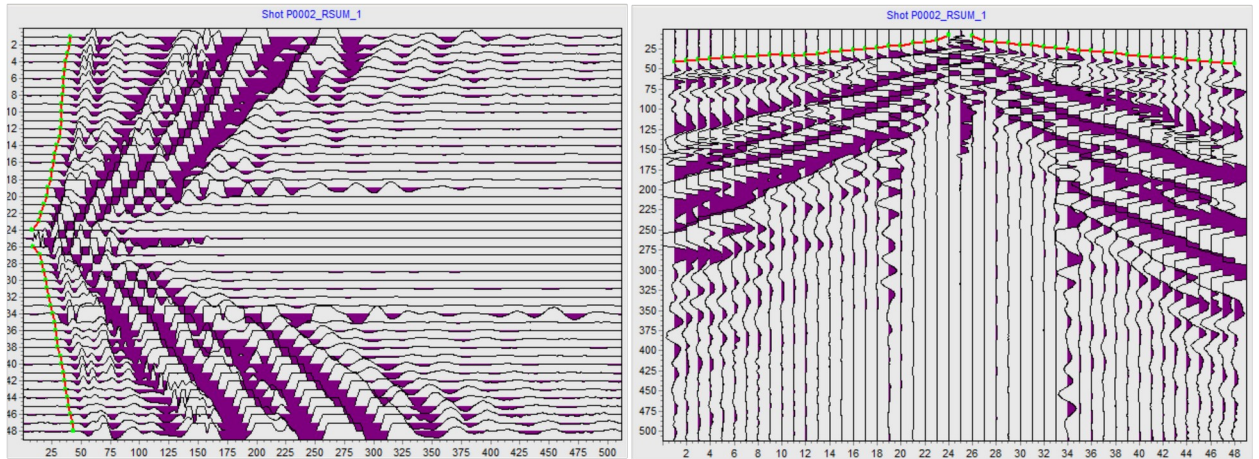


Fig. 12 Orientación horizontal y vertical del sismograma

Para mostrar una imagen de fondo que represente el sismograma en forma interpolada, se puede utilizar  y, a continuación, pulsar el botón , o bien usar la función de menú **Settings/Show background** (Fig. 13). La paleta de colores se puede configurar abriendo el cuadro de diálogo **Color palette** mediante la función de menú **Settings/Background settings** (Fig. 14). (botón )

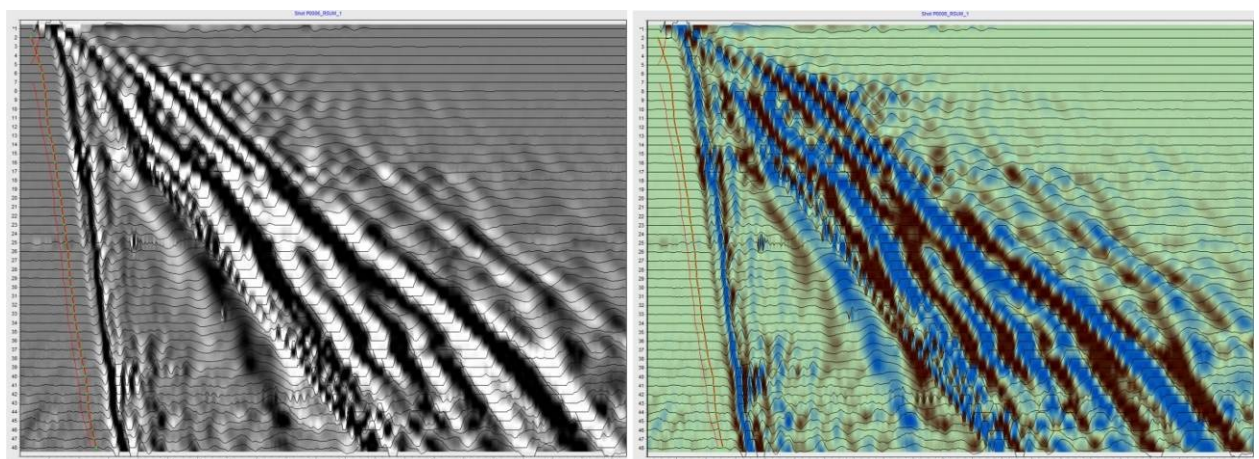
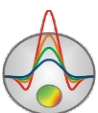


Fig. 13 Opciones de visualización del sismograma en forma interpolada.



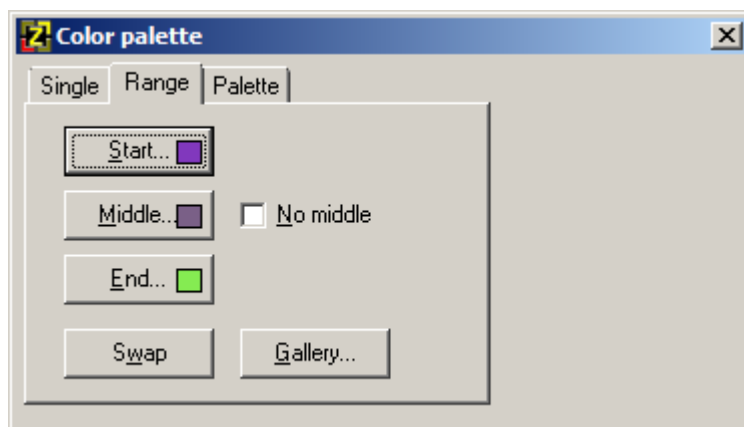


Fig. 14 Cuadro de diálogo Color palette

Opciones principales del módulo de picado de sismogramas

Los sismogramas se pueden ordenar:

por nombre de archivo: **Options/Sort shots by filename;**

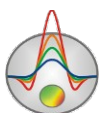
por posición de la fuente: **Options/Sort shots by position;**

El coeficiente de ganancia de una traza sísmica individual se modifica con la rueda del ratón al situar el cursor sobre ella, o en la pestaña **Table** de la sección con pestañas (véase más información en la sección [Opciones de la sección con pestañas](#)).

La selección y suma de sismogramas se realizan desde la pestaña **Operations** de la sección con pestañas (véase más información en la sección [Opciones de la sección con pestañas](#)).

El valor de la marca de tiempo cero se puede corregir en la pestaña **Hodographs** de la sección con pestañas, mediante el campo . Las opciones establecen el valor de la marca de tiempo cero (un número positivo en ms o muestras) para el sismograma actual o para todos los sismogramas (al pulsar el botón con la casilla de verificación). El eje de tiempos/muestras se desplaza de modo que la marca de tiempo cero coincida con el cero del eje. En consecuencia, pueden aparecer valores negativos en el eje.

La selección de las primeras llegadas se realiza en modo **Picking mode**  con el botón izquierdo del ratón. El clic derecho desactiva el valor seleccionado en la dromocrona. La dromocrona observada se muestra por defecto en rojo; la calculada (si se vuelve al proceso de edición de dromocronas después de la inversión **Trace editor** ) se muestra en azul.



El programa permite mostrar los tiempos recíprocos de las primeras llegadas (en forma de círculos) durante el picado de sismogramas. Para ello, debe estar activada la opción reciprocity en los ajustes de las dromocronas.

El paso a las trazas recíprocas del sismograma se realiza pulsando [CTRL]+[ALT]+clic izquierdo en la traza deseada.

La acción (picado, introducción de coordenadas) se deshace con la combinación de teclas [CTRL]+[Z].

La creación del sistema de observación y el paso al módulo de inversión de datos se realizan mediante el botón  de la barra de tareas.

Opciones de la sección con varias pestañas

La sección con varias pestañas para configurar y mostrar los parámetros del sistema de observación contiene las siguientes secciones:

La pestaña  **Table** contiene una tabla con las coordenadas de los receptores, los coeficientes de ganancia y otros ajustes de las trazas del sismograma activo (Fig. 15).

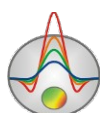


Table						
Array						
Hodographs						
Operations						
Sx 20 Sz 0 ☐ Apply to next shots						
N	✓	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	☒	40	0	1	☐	*
2	☒	45	0	1	☐	*
3	☒	50	0	1	☐	*
4	☒	55	0	1	☐	*
5	☒	60	0	1	☐	*
6	☒	65	0	1	☐	*
7	☒	70	0	1	☐	*
8	☒	75	0	1	☐	*
9	☒	80	0	1	☐	*
10	☒	85	0	1	☐	*
11	☒	90	0	1	☐	*
12	☒	95	0	1	☐	*
13	☒	100	0	1	☐	*
14	☒	105	0	1	☐	*
15	☒	110	0	1	☐	*
16	☒	115	0	1	☐	*
17	☒	120	0	1	☐	*
18	☒	125	0	1	☐	*
19	☒	130	0	1	☐	*
20	☒	135	0	1	☐	*
21	☒	140	0	1	☐	*
22	☒	145	0	1	☐	*
23	☒	150	0	1	☐	*
24	☒	155	0	1	☐	*

Fig. 15 Pestaña Table

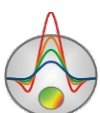
Las opciones Sx y Sz(Sy) establecen las coordenadas horizontal y vertical de la fuente para el sismograma activo.

Estas mismas coordenadas se definen mediante el diálogo **Set source positions** (descrito con más detalle en la sección [Introducción de la geometría de observación](#)) o en los campos de entrada correspondientes.

Al hacer clic derecho se puede definir el incremento de las coordenadas para todos los sismogramas siguientes.

El campo de entrada inferior sirve para introducir comentarios sobre el sismograma actual.

La opción *Apply to next shots* sirve para activar el modo de edición común (global) de los parámetros de las trazas para todos los sismogramas. Los parámetros comunes son las coordenadas de los receptores, los coeficientes de ganancia y el indicador de canal defectuoso.



La columna de la tabla *V* permite activar o desactivar una traza sísmica. Al hacer clic izquierdo en el encabezado de la columna se activan todas las trazas; al hacer clic derecho se desactivan.

La columna de la tabla *Rx(Ry)* establece la coordenada horizontal del geófono. Al hacer clic derecho en una celda de la tabla, se puede definir el incremento de la coordenada para todas las celdas siguientes.

La columna de la tabla *Rz* establece la coordenada vertical del geófono (la profundidad en el caso de observaciones en pozo). Al hacer clic derecho en una celda de la tabla, se puede definir el incremento de la coordenada para todas las celdas siguientes.

La columna de la tabla *Gain* establece la ganancia de la traza sísmica. Si la polaridad del registro es incorrecta, se debe introducir un coeficiente de ganancia negativo. Al hacer clic izquierdo en el encabezado de la columna se incrementan todos los coeficientes de ganancia del sismograma; al hacer clic derecho se reducen (en valor absoluto). Al hacer clic derecho en una celda de la tabla, se puede definir el valor de ganancia para todas las celdas siguientes. En el modo *Apply to next shots* la ganancia se establece para todos los sismogramas siguientes.

La columna de la tabla *Dead* indica un canal defectuoso. Esta traza sísmica no se picará.

La columna de la tabla *t,ms* establece el tiempo de la primera llegada de la traza (en milisegundos o muestras).

La pestaña  **Array** contiene un gráfico con el esquema de observación (Fig. 16).

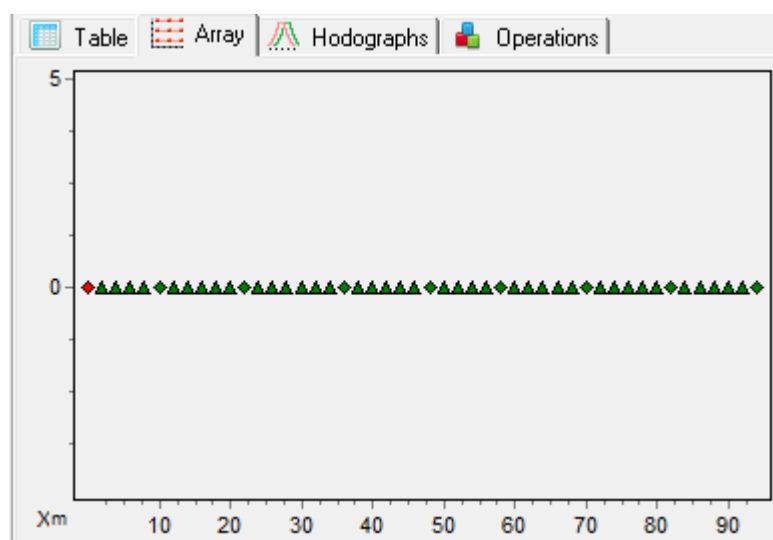
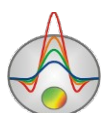


Fig. 16 Pestaña Array

El punto de disparo actual del sismograma activo se muestra en rojo. Para mostrar correctamente el esquema de observación, se deben introducir las coordenadas de los receptores y



las fuentes. La combinación [CTRL]+clic izquierdo en la posición del punto de disparo permite pasar al sismograma correspondiente.

La pestaña  **Hodographs** sirve para mostrar y editar las dromocronas de todos los sismogramas. Durante el picado, los gráficos de las dromocronas aparecen en esta pestaña. Al hacer clic en un gráfico, se selecciona el sismograma correspondiente (Fig. 17).

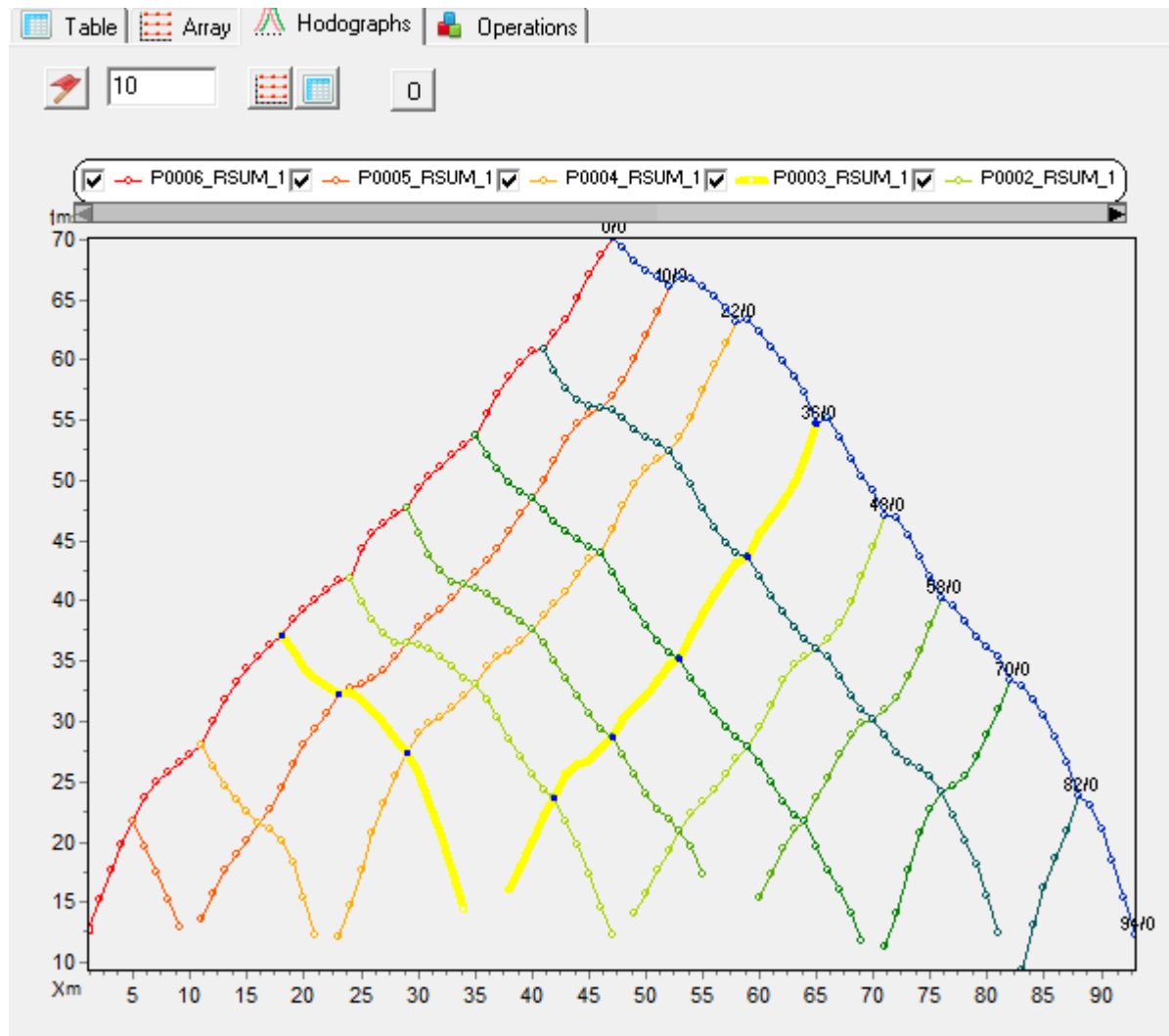
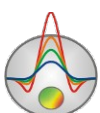


Fig. 17 Pestaña Hodographs

Los valores medidos se editan arrastrando un punto del gráfico con el botón izquierdo del ratón pulsado. La dromocrona completa se desplaza manteniendo pulsada [SHIFT]; al mantener pulsada [CTRL], se selecciona la marca de tiempo.

Para mostrar un solo gráfico, se hace clic izquierdo en la leyenda mientras se mantiene pulsada la tecla [SHIFT]. Al volver a hacer clic, se revierte la operación. Para desplazarse por los gráficos, se utiliza la rueda del ratón. Para ello, se seleccionan varios gráficos contiguos en la



leyenda y se gira la rueda con el cursor situado sobre ella. Los índices de los gráficos activos cambiarán.



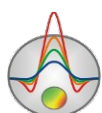
La opción  establece para el sismograma actual el valor de la marca de tiempo seleccionado en la ventana de entrada. Al pulsar el botón con la casilla de verificación, el valor seleccionado se copia en todos los demás sismogramas. El eje de tiempos/muestras se desplaza de modo que la marca de tiempo corresponda al cero del eje.



Los botones  y  permiten mostrar las pestañas **Table** y **Array** en ventanas separadas, lo que facilita considerablemente el trabajo con los datos al permitir ver toda la información del sismograma que se está procesando.

El botón  abre un menú emergente para seleccionar el tipo de dromocronas que se muestran. Se pueden seleccionar los tiempos de llegada de las ondas, las velocidades aparentes o las amplitudes.

La pestaña  **Operations** está destinada a mostrar conjuntamente dos sismogramas (Fig. 18). Esto resulta útil para comparar, sumar o restar sismogramas, o analizar trazas sísmicas recíprocas. El segundo sismograma se muestra como una línea sin relleno y con la misma escala que el primero. Antes de mostrar dos sismogramas simultáneamente, se deben definir las coordenadas de los receptores y las fuentes.



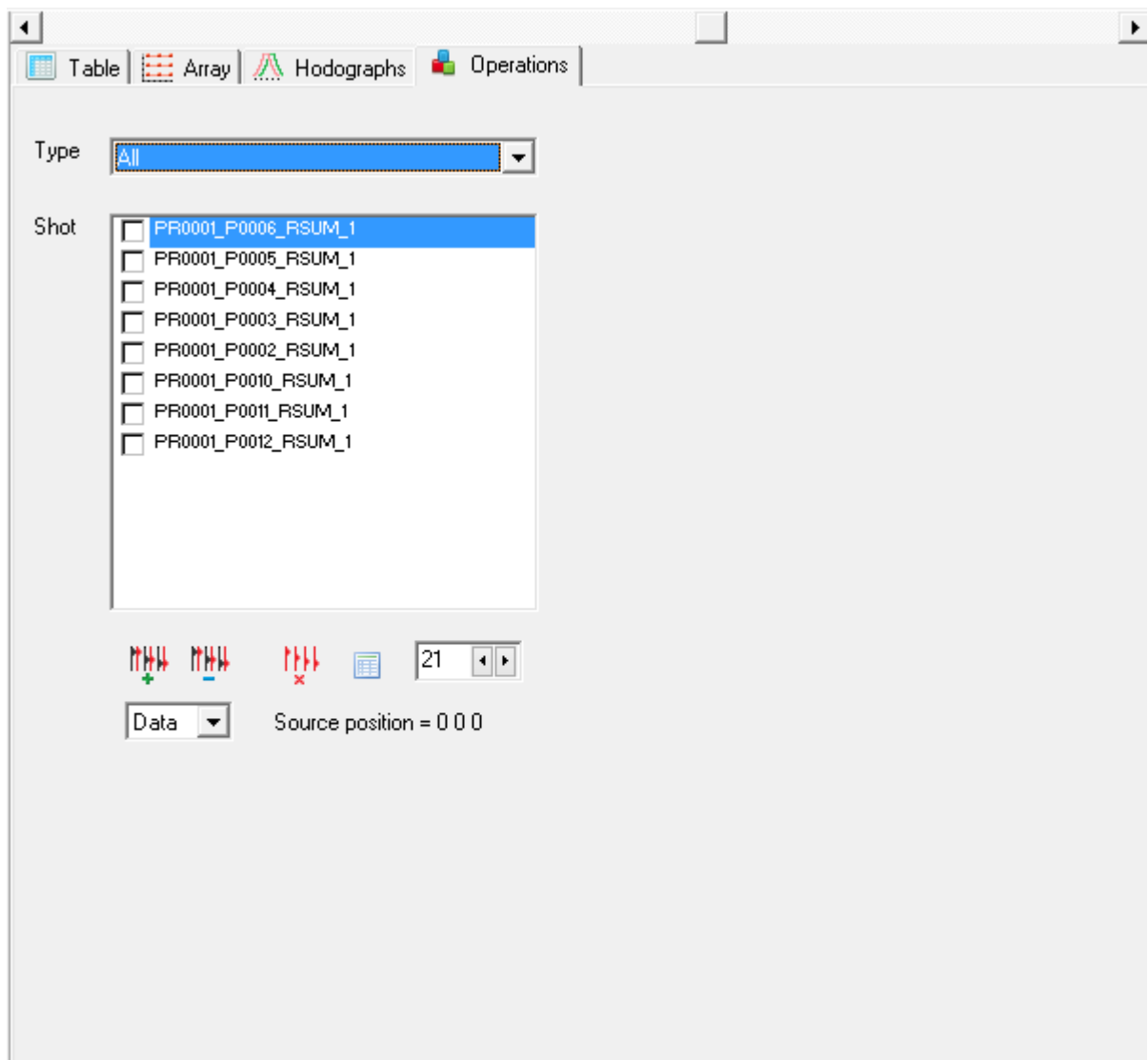
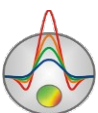


Fig. 18 Pestaña Operations

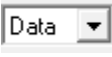
La opción *Type* define el tipo de visualización de los dos sismogramas. El valor *One* muestra un solo sismograma. *Source* utiliza como segundo sismograma uno de los correspondientes a la posición actual de la fuente (repeticiones, apilamientos). Todos los sismogramas de la fuente activa aparecen en el campo de lista situado abajo, donde se pueden seleccionar. *All* utiliza como segundo sismograma cualquiera de los sismogramas del proyecto. Todos los sismogramas del proyecto aparecen en el campo de lista situado abajo, donde se pueden seleccionar. *Reciprocity* muestra el sismograma recíproco (es obligatorio introducir las coordenadas de las fuentes y los receptores).

Operaciones con sismogramas



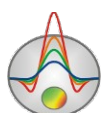
Por lo general, el resultado de los trabajos de prospección sísmica es un conjunto de archivos en formato *Seg-Y* o *Seg2*. Estos archivos contienen datos «en bruto» que deben prepararse previamente. Después de cargar los datos en el proyecto, se debe introducir la geometría del sistema de observación para cada sismograma, si no está especificada en los archivos. Esto se puede hacer directamente en la tabla de la ventana de picado (para el cable) y mediante la opción *Edit source pos* (para los puntos de disparo), en el submenú Tools del menú principal del programa.

Normalmente, en un punto de disparo se obtienen varios sismogramas (repeticiones, apilamientos, golpes a izquierda y derecha). Sin embargo, para la interpretación solo se necesita uno, que se obtiene sumando los demás o seleccionando el mejor de los obtenidos en ese punto. Para trabajar con ondas S mediante el método de golpes a izquierda y derecha, se debe restar un sismograma de otro. La pestaña **Operations** permite resolver todas estas tareas. Permite visualizar conjuntamente dos sismogramas y realizar operaciones con ellos.

Para operar con los sismogramas obtenidos en un mismo punto de disparo, se utiliza la opción *Source*. En este modo, sobre el sismograma activo se superpone otro, seleccionado en la lista *Shot*. La operación (suma o resta) siempre se realiza entre el sismograma actual y el seleccionado en la lista. Para sumar, se debe seleccionar un sismograma de la lista, establecer el desplazamiento en la opción  si es necesario y pulsar el botón . El botón  se utiliza para restar un sismograma de otro, por ejemplo, con el método de golpes a izquierda y derecha. La opción  permite previsualizar los resultados de la suma (Sum) y la resta (Sub) antes de ejecutar la operación. En este caso, en lugar de los datos originales del sismograma seleccionado, se muestra el resultado de la operación con el desplazamiento especificado. Para eliminar los sismogramas que no se necesiten, se utiliza el botón . Una vez realizadas todas las operaciones necesarias en el punto de disparo, se pueden eliminar todos los sismogramas excepto el activo.

El botón  se utiliza para calcular los coeficientes de correlación entre el sismograma activo y los sismogramas de la lista. Esto facilita considerablemente la selección de los sismogramas que se van a sumar. El coeficiente de correlación aparece a la derecha del nombre del sismograma en la lista.

La opción  establece el desplazamiento (en muestras) del sismograma de la lista con respecto al activo, que se utilizará al ejecutar la operación. Al cambiar este parámetro, el segundo sismograma se desplaza gráficamente.



El modo *Reciprocity* permite mostrar sobre el sismograma activo el sismograma construido a partir de trazas recíprocas. Esto permite evaluar la calidad de los datos de campo, detectar errores en la determinación de los tiempos de inicio del registro y comprobar que el picado sea correcto.

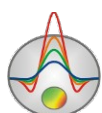
Picado de las primeras llegadas

En el programa **ZondST2D**, el picado de los tiempos de las primeras llegadas se realiza en modo interactivo o semiautomático. Dado que no es posible automatizar por completo el picado de las primeras llegadas en datos reales de prospección sísmica de ingeniería, el programa incorpora herramientas que permiten simplificar y acelerar al máximo este proceso.

Antes de empezar a marcar las primeras llegadas, se debe activar el modo de picado pulsando el botón . A continuación, se seleccionan los valores directamente en el sismograma. Se utiliza el botón izquierdo del ratón para añadir o corregir un valor. Para definir una secuencia de puntos, se utiliza el modo *multipicking*  (con un clic del ratón se define el punto inicial y, después, el punto final del trazado; los valores intermedios se determinan mediante el algoritmo elegido por el usuario). Para eliminar un punto de la dromocrona, se utiliza el botón derecho del ratón.

Según las preferencias del intérprete, el programa ofrece varios métodos para corregir la posición de los tiempos de las primeras llegadas: en el frente de onda, en máximos, en mínimos o en el máximo de correlación. Se recomienda utilizar el modo de picado automático solo con datos de buena calidad. Para activar el modo de corrección de las primeras llegadas, se utiliza el botón . Al hacer clic con el botón derecho del ratón, aparece un menú emergente para seleccionar el método de corrección. Están disponibles las siguientes opciones: *to null*: ajuste a cero; *to extremum*: ajuste a cualquier extremo; *to minimum*: ajuste al mínimo; *to maximum*: ajuste al máximo; *Correlate*: corrige la posición de las primeras llegadas para que los puntos de trazas adyacentes se correlacionen entre sí; *Move to reciprocity point*: utiliza los valores de los puntos recíprocos.

En la corrección automática, un parámetro importante es el radio o la anchura de la banda de búsqueda. El área de búsqueda se muestra como un círculo alrededor del cursor (al picar un punto individual) o como una banda (al picar un grupo de valores). La anchura o el radio del área de búsqueda se ajusta con la rueda del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla [CTRL]. En el picado semiautomático, las primeras llegadas se seleccionan dentro del área de búsqueda. En el modo de correlación máxima, el programa determina también los puntos de las trazas adyacentes según este criterio y continúa hasta que se pierde la correlación. Al picar un grupo de valores, en



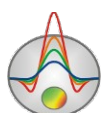
la banda de búsqueda se muestran círculos que indican los puntos preliminares donde se situarán los valores de las primeras llegadas tras confirmar la selección.

La función adicional del menú principal de la ventana **Hodographs/Autocorrect current** está destinada a la corrección automática de los tiempos de las primeras llegadas, basada en la correlación entre trazas adyacentes, para una dromocrona ya picada.

Al picar dromocronas, se deben tener en cuenta los valores de los tiempos recíprocos (círculos individuales en el sismograma). Estos sirven como criterio para comprobar que el picado (o la marca temporal seleccionada) es correcto. En sistemas de observación densos (con un gran número de puntos de disparo en las posiciones de los receptores), el control mediante puntos recíprocos puede alcanzar el 50-60 %. Esto permite, por un lado, comprobar que el picado es correcto y, por otro, corregir automáticamente los errores en la determinación de las marcas de inicio del registro (opción *Correct Start times*). Si hay un gran error de ajuste entre los puntos recíprocos, se debe investigar la causa. Así, el proceso de picado es el siguiente:

1. Se pican los sismogramas individuales de forma interactiva o automática, según la calidad de los datos.
2. Se corrigen los valores a partir del análisis de los tiempos recíprocos del grupo completo de dromocronas. Se comprueba el error de picado con la opción *Reciprocity error*.
3. Se corrigen automáticamente las marcas de inicio del registro para todos los sismogramas (opción *Correct Start times*) o manualmente para cada uno.
4. Se promedian los tiempos recíprocos.
5. Se suavizan las dromocronas, si es necesario.

Para picar las primeras llegadas de las ondas reflejadas, primero se debe seleccionar el tipo de onda en el menú principal. En los datos de ingeniería, normalmente, en el mejor de los casos, solo se observa una onda reflejada. Por ello, es preferible seleccionar *reflected 1* en el menú. Las ondas reflejadas tienen una dromocrona hiperbólica.



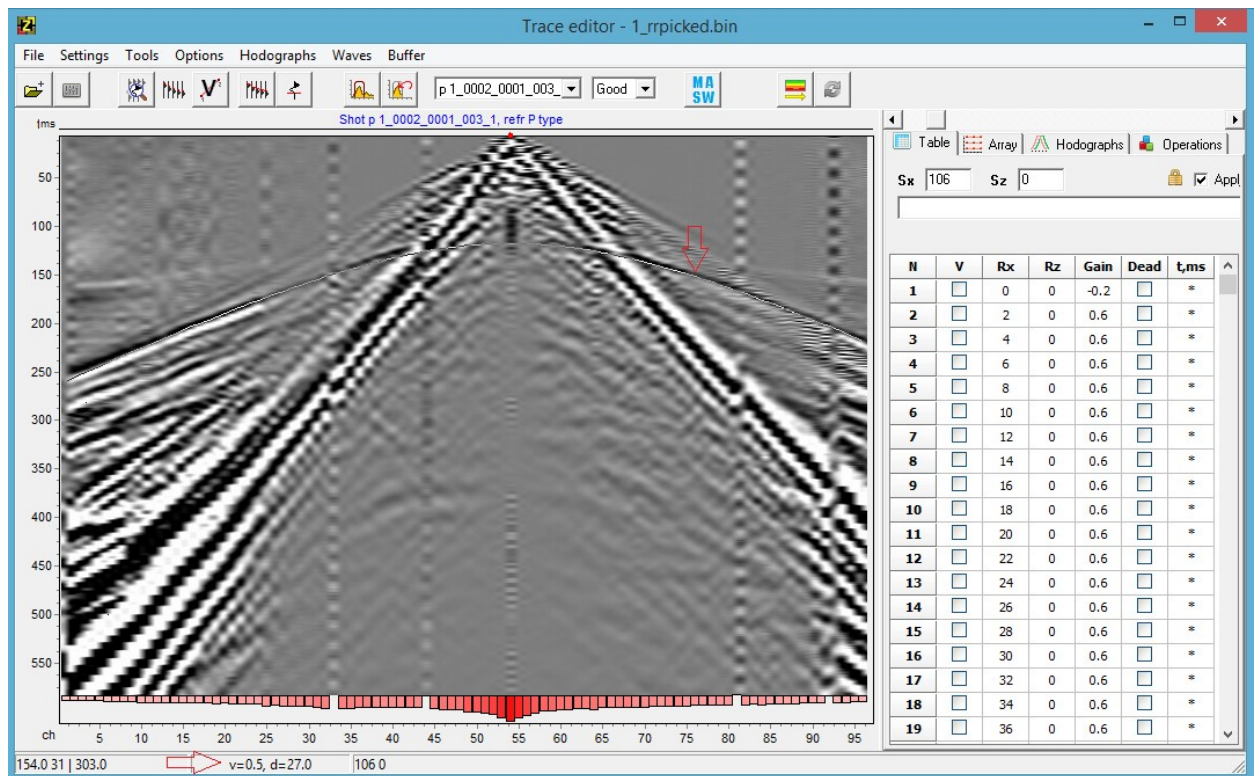
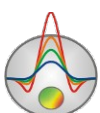


Fig. 19 Trace editor en el modo de picado de ondas reflejadas

La herramienta especial, que se activa con la tecla V en el modo de picado de ondas reflejadas, permite visualizar la dromocrona prevista (hipérbola) según las coordenadas del cursor. Los parámetros de la dromocrona (velocidad y profundidad) se muestran en el panel de estado de la ventana. Para modificar la forma de la dromocrona, se utiliza la rueda del ratón; los nuevos valores de velocidad y profundidad se actualizan en el panel de estado. Si la dromocrona seleccionada se correlaciona bien con los datos observados, se puede realizar un picado automático preliminar de todo el sismograma. Para ello, se utiliza el botón derecho del ratón. Tras el picado automático, los tiempos se pueden ajustar manualmente.

El elemento adicional del menú principal reflection scanner aparece al entrar en el modo de picado de ondas reflejadas. Abre una ventana que permite visualizar el gráfico de probabilidad de presencia de un límite reflectante en función de la profundidad y la velocidad. En el panel superior de la ventana se puede restringir el rango de búsqueda estableciendo los límites de velocidad y profundidad del límite reflectante (opciones MaxZ, MinZ, MaxV, MinV), o seleccionar el criterio de búsqueda de correlación (Any – cualquier extremo, Positive – máximo, Negative - minimum).



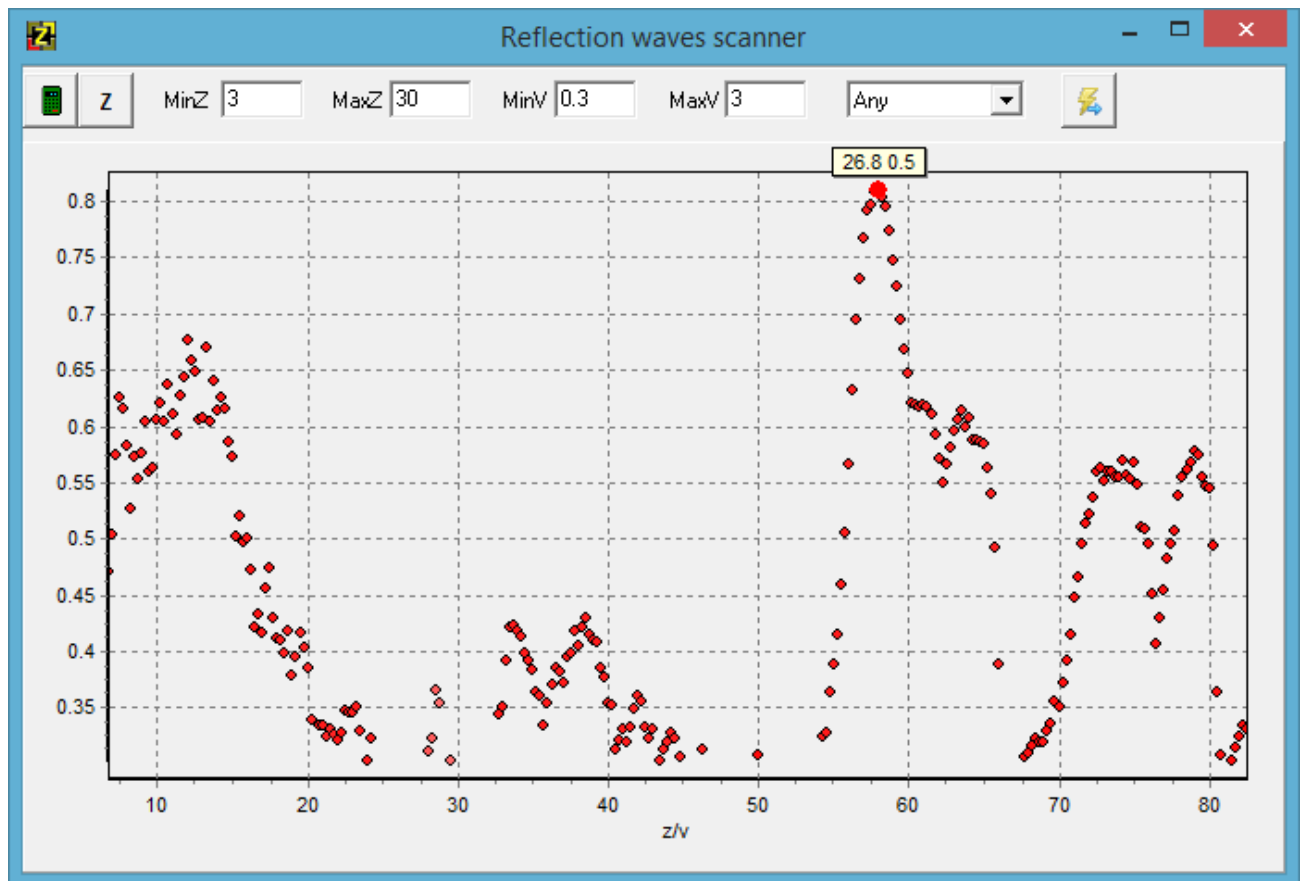


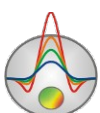
Fig. 20 Ventana de diálogo Reflection Scanner

El botón  calcula el gráfico de probabilidad en el rango seleccionado. El botón  cambia el gráfico de dependencia de la profundidad a dependencia de la relación entre profundidad y velocidad, y viceversa. Al seleccionar un punto en el gráfico, los valores de los parámetros (z,v) se muestran junto al punto y se dibuja la dromocrona correspondiente en el sismograma. Para utilizar los tiempos de la dromocrona seleccionada como picado preliminar, se debe pulsar el botón .

Diálogo de filtrado de datos

El diálogo proporciona una herramienta para analizar espectros y filtrar sismogramas de campo. En la parte izquierda de la ventana se muestra un gráfico con el espectro calculado de la ventana de trabajo y la forma del filtro. La forma del filtro se modifica con el botón derecho del ratón (en el punto de inflexión del filtro más cercano).

El objetivo principal del filtrado de datos de campo es resaltar las señales útiles frente al ruido. En el programa **ZondST2D** se utilizan dos tipos de filtrado, basados en las transformadas



de Fourier y de wavelet. El botón abre una ventana que permite filtrar el sismograma actual. En la parte superior de la pestaña **Fourier transform** se muestra el espectro del sismograma. Para calcular el espectro, utilice el botón . Si se selecciona la opción *All traces*, se calcula el espectro medio de todo el sismograma; de lo contrario, se calcula el espectro de la traza activa.

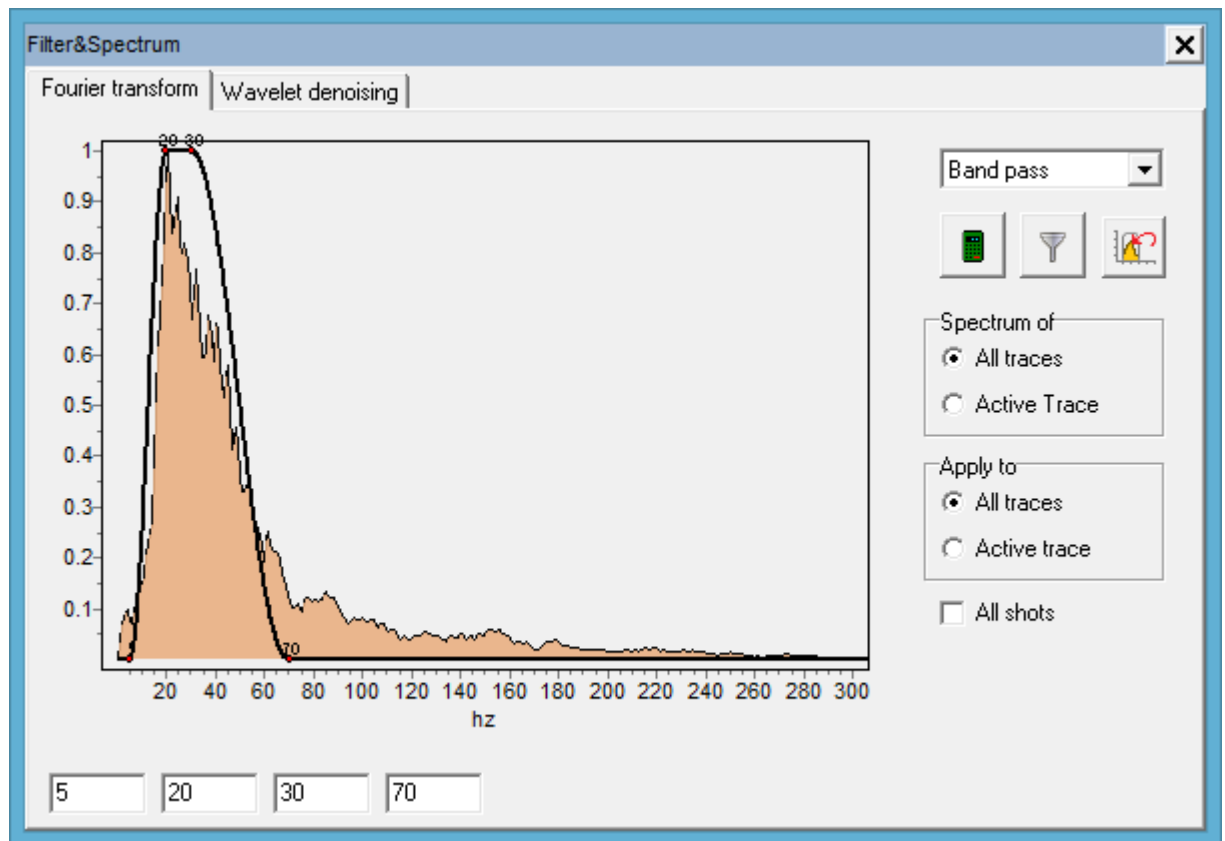
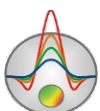


Fig. 21 Ventana de diálogo Filter&Spectrum. Pestaña Fourier transform

A continuación, se debe seleccionar el tipo de filtro (lista desplegable en la parte superior izquierda de la ventana). Puede ser un filtro pasabanda o un filtro pasaaltos o pasabajos. El filtro se configura con el ratón (arrastrando los nodos del gráfico del filtro, la línea negra sobre el gráfico del espectro) o mediante los cuatro campos de entrada situados debajo de los gráficos.

Una vez seleccionados los parámetros del filtro, se puede aplicar el filtrado (botón ). El resultado del filtrado se muestra inmediatamente en el área del sismograma y también se vuelve a calcular el espectro. Para volver al sismograma original, se utiliza el botón . El filtrado con los parámetros establecidos se puede aplicar a todos los sismogramas. Para ello, se debe seleccionar la opción *All shots*.



Al pasar a la pestaña **Wavelet denoising** se activa el algoritmo de filtrado wavelet para procesar el sismograma. Las opciones de control del filtrado wavelet son las mismas que las de Fourier, excepto las siguientes:

Wavelet type – define el tipo de wavelet.

Wavelet order – define el orden de la wavelet (la complejidad de su forma).

Decomposition level – define la cantidad de detalles finos que permanecerán en la señal después del filtrado. Cuanto mayor sea este valor, más detalles de mayor escala se eliminarán.

Para obtener el espectro de una parte determinada del sismograma, selecciónela en el modo



, con CTRL pulsada.

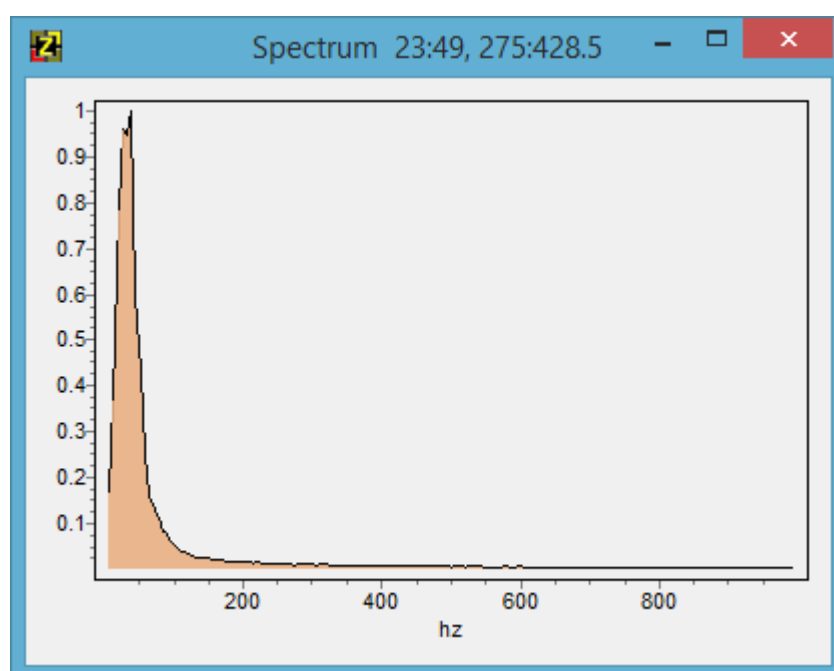
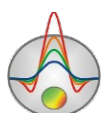


Fig. 22 **Espectro del segmento seleccionado del sismograma**

En la ventana que aparece se muestra el espectro del segmento seleccionado. En el título de la ventana se indica el rango de trazas sísmicas y muestras del segmento.

Módulo HVSR

El módulo **Simple HVSR module** se abre con el botón **HVSR module** de la barra de herramientas de la ventana Trace editor y permite calcular e invertir la relación entre los espectros de las componentes horizontales y vertical de los microsismos (H/V). Los registros de tres



componentes se cargan en el proyecto como sismogramas normales; los números de los canales X, Y y Z se especifican en el grupo **Channels** (el botón **Apply** los asigna a todas las estaciones). Los archivos separados de las componentes se pueden combinar mediante **File / Import HVSR(3)** (diálogo **Import components**: archivos de las componentes X, Y y Z).

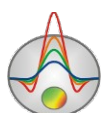
La pestaña **Processing** contiene los registros de las componentes, sus espectros y la curva H/V de la estación actual, así como la pseudosección H/V de todas las estaciones. Parámetros: **Min frequency** y **Max frequency** – rango de frecuencias de H/V; **Station position** y **Station elevation** – posición y elevación de la estación; **Criteria** – método de promediado de los espectros (Standard, Sesame, Robust). Botones de la barra: ir a la estación anterior y siguiente, mostrar u ocultar la estación actual, calcular espectros, añadir o eliminar segmentos del registro que se excluyen del cálculo (muting), guardar los datos y los resultados.

La pestaña **Inversion** permite ajustar un modelo estratificado a la curva H/V. Parámetros: **Layers number** – número de capas (2–20); **Iterations number** – número de iteraciones; **Ref frequency** y **K degree** – frecuencia de referencia y parámetro de atenuación dependiente de la frecuencia (las casillas de verificación contiguas activan su ajuste); tipo de problema directo – **Body wave quick**, **Body wave accurate** o **Body and surface waves**. Botones: iniciar y detener la inversión, reconstruir el modelo. Al hacer clic en una celda de la tabla del modelo se abre el diálogo **Settings**: valor inicial y coeficiente **Inc factor**, límites **Minimum** y **Maximum**, casilla de verificación para ajustar el parámetro **Invert**. Al hacer clic en la sección se abre el diálogo **Graphics settings** (límites de la escala de colores, límites y etiquetas de las capas, estilo de visualización).

El menú de opciones adicionales permite cargar o eliminar datos de pozo y la imagen de fondo, importar datos MASW y de ondas refractadas para su visualización conjunta, así como abrir la vista previa de impresión.

Escáner de ondas reflejadas

La ventana **Reflection waves scanner** se abre mediante **Hodographs / Reflection scanner**. Para el sismograma actual se calcula la dependencia de la coherencia del registro respecto a la profundidad del límite reflector y la velocidad efectiva dentro de los límites especificados: **MinZ**, **MaxZ** – profundidad; **MinV**, **MaxV** – velocidad efectiva; **MinO**, **MaxO** – rango de offsets (* – sin límite). Botones de la barra: recalcular la dependencia, añadir o eliminar un polígono que delimita el área de búsqueda, asignar la dromocrona seleccionada como actual. Menú de la ventana: **For all shots** – realizar el cálculo para todos los sismogramas; **Create boundary V=var** y **Create boundary V=const** – construir el límite reflector (con velocidad variable o constante); **Create traveltimes** – calcular las dromocronas de las ondas reflejadas.



Diálogos adicionales de procesamiento

Zoom window (botón de la barra de herramientas) – ventana independiente con un segmento ampliado del sismograma. Los botones de la ventana permiten establecer el ancho de las trazas (1, 3, 5) y la ganancia (x1, x2, x4).

Crop shot (Tools / Crop shot) – recorte del registro: **From begin** y **From end** – tiempo (ms) que se elimina al principio y al final del registro; **Trigger times** – método de tratamiento de las marcas de tiempo de disparo (to zero, correct, keep); **Apply to all shots** – aplicar a todos los sismogramas.

Resampling (Tools / Resample shot) – remuestreo: **Sample rate** – nuevo intervalo de muestreo (ms); **Make equal length** – igualar la longitud de los registros; **Apply to all shots** – aplicar a todos los sismogramas.

Group&Sort traces (Tools / Group&Sort) – reagrupación de trazas: **Order in new shots** – orden (123123123, 111222333, Roll up, Gather, COP, Original); **Numb of channels** – número de canales por grupo.

Shift traces (Tools / Shift traces) – desplazamiento de las trazas con números comprendidos entre **From trace** – **To trace** durante el tiempo **Shift** (ms), con posibilidad de aplicarlo a todos los sismogramas.

Remove EM noise (Tools / Suppress EM wave) – supresión de la interferencia electromagnética en la parte inicial del registro; **End of noise zone** – final de la zona de ruido (ms).

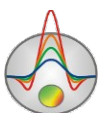
Windowing – diálogo general para los procedimientos por ventanas (**Options / Apply AGC, Remove aver in window, Apply derivative, Apply denoising**): **Window size** – tamaño de la ventana en muestras; **Apply to original data** – aplicar a los datos originales; **Apply to all shots** – aplicar a todos los registros sísmicos; **Preview** – vista previa.

FK filter – parámetros del polígono del filtro FK, que se abren con un clic derecho en el polígono de la ventana del espectro FK: modo (Gain – ganancia, Supressing – supresión, Cutting – recorte) y **Strength** – intensidad del filtro.

Local spectrum – ventana del espectro de amplitud del tramo seleccionado del sismograma.

Amplitudes distribution (Options / Amplitudes distibution) – distribución de las amplitudes normalizadas de las primeras llegadas por sismograma, teniendo en cuenta la distancia fuente-receptor.

Ref velocity (menú contextual) – corrección de los tiempos picados según la velocidad de referencia: **Reference velocity** (km/s), **Max offset** (m, 0 – sin límite), **Num of closest Rx** – número de receptores más cercanos a la fuente utilizados para calcular el desplazamiento.



Line settings (Tools / Set survey line) – ventana para definir la línea del perfil en planta: carga de un mapa o una imagen satelital, adición y eliminación de la línea, selección de puntos mediante un rectángulo y cambio de la escala de los ejes. La opción **Invert line** invierte la dirección de la línea.

Módulo MASW/ReMi

MASW – análisis multicomponente de ondas superficiales, un método ampliamente utilizado en estudios de ingeniería.

Dado que las ondas superficiales contienen una parte considerable de la energía sísmica y sus velocidades son mucho menores que las de otros tipos de ondas, es posible identificarlas de forma fiable.

Existen varias modalidades del método MASW, pero las principales son los métodos activo y pasivo. La metodología de trabajo de campo de la modalidad activa de MASW prácticamente no se diferencia de la de los sistemas clásicos de sísmica de refracción. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la resolución y la profundidad de investigación del método están determinadas por los parámetros geométricos del tendido, el periodo de apilamiento, la frecuencia de muestreo de la señal y la sección de velocidades.

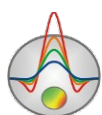
En el método MASW se estudia la dependencia de la velocidad de fase con respecto a la frecuencia: las curvas de dispersión. Se trata de un análogo del sondeo de frecuencia en prospección eléctrica. Cuanto menor es la frecuencia a la que se identifica la velocidad de fase, mayor es la profundidad de penetración de la energía sísmica.

Naturalmente, la posibilidad de aplicar el método MASW también depende de las características de la sección sísmica. Las secciones más favorables son aquellas en las que la velocidad de las ondas S aumenta gradualmente con la profundidad.

La identificación de curvas de dispersión a partir de sismogramas es la tarea más compleja y requiere que el analista tenga determinadas habilidades y experiencia. El procesamiento suele realizarse en el dominio de la frecuencia; para ello, se calculan previamente los espectros $f-k$ o $f-v$. Existen varios algoritmos básicos para la identificación automática y semiautomática de curvas de dispersión. En **ZondST2D** se utiliza el algoritmo propuesto por Park en 1999.

En general, las curvas de dispersión dependen de tres parámetros: las velocidades de las ondas P y S y la densidad. Sin embargo, solo la velocidad de las ondas S (V_s) tiene una influencia apreciable. Por ello, la interpretación de los datos MASW produce un conjunto de perfiles verticales de V_s .

Por tanto, el proceso para obtener los resultados consta de tres etapas principales



1. Adquisición de los datos de campo. Para ello se pueden utilizar sistemas de observación clásicos. El diseño del tendido se realiza teniendo en cuenta la profundidad de investigación y la resolución deseadas.
2. Identificación de las curvas de dispersión. Esta es la etapa más importante y ambigua. En función de la sección de velocidades, la calidad de los datos y otros factores, se deben seleccionar distintos parámetros del algoritmo de construcción del espectro bidimensional para mejorar la resolución.
3. Obtención de secciones verticales de ondas S. Como modelo de referencia del perfil de velocidades de ondas S se utiliza un medio horizontalmente estratificado. El algoritmo de inversión está adaptado para obtener una distribución de parámetros suave o suavizada por tramos.

El procesamiento de los datos de campo en el programa **ZondST2D** comienza con la introducción de la geometría de las fuentes y los receptores. Este procedimiento se realiza en el módulo de picado de sismogramas. Si se utiliza el mismo conjunto de datos para interpretar datos de sísmica de refracción y MASW, lo más probable es que la geometría ya se haya introducido y no sea necesario realizar ninguna acción adicional. Basta con iniciar el módulo MASW desde la ventana de picado con el proyecto abierto . Una vez cargados los datos en el módulo, aparece la ventana de análisis de curvas de dispersión, dividida en varias secciones.

Identificación de curvas de dispersión.

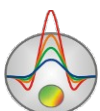
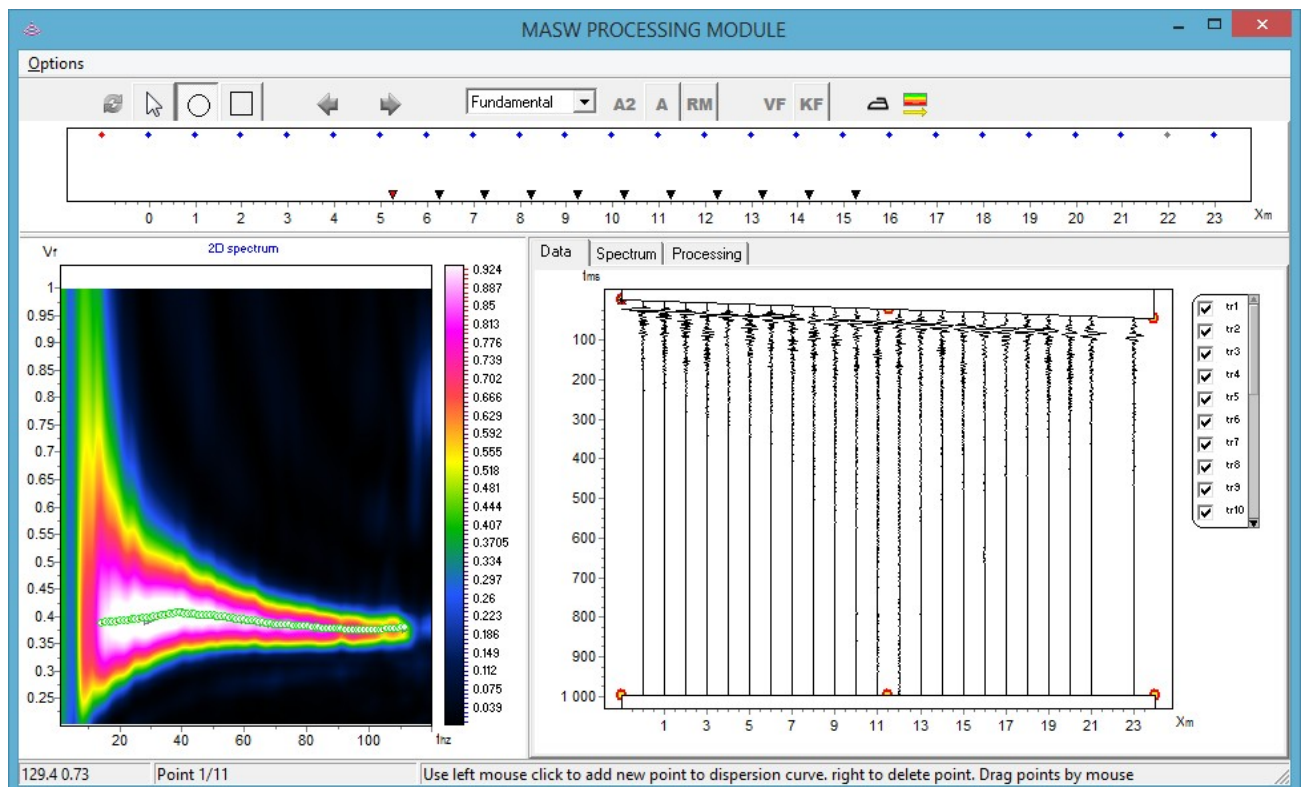


Fig. 23 **Módulo MASW. Picado de curvas de dispersión**

La barra de herramientas en el modo de picado de curvas de dispersión contiene las siguientes funciones:

 - recalcular el espectro bidimensional con nuevos parámetros. Los parámetros se definen en la pestaña Processing.

 - modo de picado preciso con el puntero del ratón.

 - modo de picado semiautomático; el área de búsqueda es circular. El tamaño del círculo se ajusta con la rueda del ratón.

 - modo de picado semiautomático; el área de búsqueda es cuadrada. El tamaño del cuadrado se ajusta con la rueda del ratón.

 - pasar al punto MASW anterior. En algunos casos, los puntos MASW pueden estar «vacíos». Por ejemplo, en la configuración Forward, son los puntos de las últimas posiciones de las fuentes.

 - pasar al siguiente punto MASW. En algunos casos, los puntos MASW pueden estar «vacíos». Por ejemplo, en la configuración Reverse, son los puntos de las primeras posiciones de las fuentes.

 - área para seleccionar el modo que se va a picar. Fundamental es el modo fundamental; mod 1 y mod 2 son el primer y el segundo modo. Si el espectro contiene modos adicionales, utilizarlos en la interpretación mejora considerablemente la calidad de las secciones obtenidas.

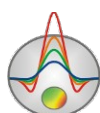
 - mostrar el espectro bidimensional del cuadrado de las amplitudes (más definido)

 - mostrar el espectro bidimensional de amplitudes

 - mostrar el espectro ReMi. En este caso, se muestra el gradiente vertical del espectro de amplitudes. Los valores se pican según el máximo de este espectro.

 - construir el espectro VF. Dependencia de la velocidad de fase respecto a la frecuencia.

 - construir el espectro KF. Dependencia de la variable espacial respecto a la frecuencia.





- suavizar los resultados del picado

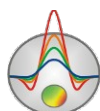


- pasar al modo de inversión de curvas de dispersión. Se puede pasar al modo de inversión y volver en cualquier momento, modificando la curva de dispersión y el modelo.

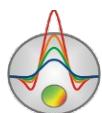
Menú principal de la ventana

El menú principal del módulo duplica las opciones de la barra de herramientas y también contiene varias opciones adicionales.

Options	Print preview	Abrir el cuadro de diálogo de vista previa de impresión.
Options	Delete active curve	Eliminar la curva de dispersión del modo actual del punto activo (segmento de la curva).
Options	Copy curves	Copiar la curva de dispersión actual en el portapapeles
Options	Paste curves	Pegar la curva de dispersión del portapapeles en la estación actual.
Options	Merge curves	Abrir la ventana Merging curves para visualizar y combinar las curvas de dispersión de las estaciones (véase la sección «Diálogos adicionales del módulo MASW»).
Options	Convert2group	Recalcular las curvas de dispersión de la estación actual, convirtiendo las velocidades de fase en velocidades de grupo.
Options	Convert2phase	Realizar la conversión inversa de velocidades de grupo a velocidades de fase.
Options	Set muting	Abrir el cuadro de diálogo Muting para definir el área de cálculo del espectro (por velocidades y offsets) de todas las estaciones.
Options	Clear muting	Restablecer los ajustes que limitan el área de cálculo del espectro (la herramienta está implementada como polilíneas que se muestran en la ventana inferior derecha de la pestaña Data).
Options	Clear gains	Restablecer la ganancia de todas las trazas de todas las estaciones.
Options	Spectrum	<i>Recalculate – recalcular el espectro con los nuevos ajustes</i> <i>Horizontal layout – cambiar la disposición de las ventanas (horizontal o vertical)</i>



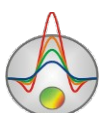
		<i>KF spectrum – mostrar el espectro KF</i> <i>VF spectrum – mostrar el espectro VF</i> <i>A – mostrar el espectro bidimensional de amplitudes</i> <i>A² – mostrar el espectro bidimensional del cuadrado de las amplitudes</i> <i>PF – mostrar el espectro de datos pasivos (ReMi)</i> <i>ESAC/SPAC – mostrar el espectro calculado mediante el método de autocorrelación espacial</i> <i>Clip extremal values ReMi – recortar los valores atípicos de las series temporales al construir el espectro ReMi</i> <i>Frq normalised – normalizar el espectro en cada frecuencia</i> <i>Reinforced – mostrar una versión reforzada (de mayor contraste) del espectro</i>
Options	Picking	Pasar al modo de picado
Options	Zoom&Scroll	Activar el modo de lupa (ampliación de una zona del espectro) para el espectro bidimensional.
Options	Smooth	Suavizar las curvas picadas.
Options	Extra settings	<i>Precise point mode – modo de picado preciso. Al picar con las herramientas de círculo o cuadrado, los puntos de la curva se situarán exactamente en los máximos del espectro.</i> <i>Apply to current mode – al seleccionar esta opción, las operaciones (por ejemplo, el suavizado o la eliminación de puntos de la curva) solo se aplican al modo actual, seleccionado en la barra de herramientas.</i>
Options	Fundamental mode	Modo de picado del modo fundamental de la curva de dispersión.
Options	Mode 1	Modo de picado del primer modo adicional de la curva de dispersión.
Options	Mode 2	Modo de picado del segundo modo adicional de la curva de dispersión.
Options	Station position	<i>Geometric center S-R</i> punto de registro: promedio de todas las posiciones centrales entre la fuente y el receptor <i>Geometric center R</i> punto de registro: posición media de todos los receptores que participan en el cálculo del



		espectro. <i>Autorecalculate</i> – recalcular automáticamente los puntos de registro al cambiar el conjunto de trazas o el tipo de adquisición. <i>Edit position</i> – modificar las posiciones de los puntos de registro. Al seleccionarlo, se abrirá el cuadro de diálogo Station position, con una tabla editable.
Options	Export	<i>Curves to text</i> – exportar las curvas a formato de texto <i>One for joint inversion</i> – guardar la curva de dispersión de la estación actual en un archivo *.jmsw <i>All for joint inversion</i> – guardar las curvas de dispersión de todas las estaciones en un archivo *.msw para la inversión conjunta en la ventana principal <i>Import curve</i> – cargar una curva de dispersión desde un archivo *.jmsw
Options	Build pseudosection	<i>Construir la pseudosección de las curvas de dispersión del modo seleccionado para todas las estaciones.</i>
Options	Go to inversion mode	Pasar al modo de interpretación de la curva de dispersión.

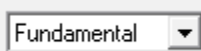
En la sección superior se muestra la geometría del tendido para el punto MASW actual. Se entiende por punto MASW la fuente y el conjunto de receptores (en el modo ReMi, únicamente el grupo de receptores). Los receptores pueden estar a la izquierda, a la derecha o a ambos lados de la fuente. La anchura del grupo de receptores se controla mediante el offset mínimo y máximo (distancia entre la fuente y el receptor). La selección del grupo de receptores es importante para construir el espectro bidimensional. En un sismograma ideal (sintético), un mayor número de fuentes mejora la calidad del espectro obtenido. En los datos reales, conviene limitar el grupo, ya que el componente de ruido aumenta con la distancia. También es necesario excluir las trazas «muertas» y las correspondientes a offsets muy pequeños (el frente de onda está distorsionado). Por lo general, el grupo se selecciona de forma empírica.

En la sección inferior izquierda se encuentra el espectro bidimensional, en el que se realiza el picado de las curvas de dispersión. Se trata de una imagen interpolada en la que el color representa la amplitud de la señal en función de la velocidad de fase (frecuencia espacial) y la frecuencia. El picado se realiza con el ratón, seleccionando los valores máximos de amplitud de la señal. Se requiere experiencia para identificar con seguridad las curvas de dispersión en el



espectro. Las curvas de dispersión dependen de forma compleja de los parámetros del medio, tienen formas diversas y pueden contener varios modos (varios tramos de curva desplazados entre sí a lo largo del eje de frecuencias). Se distingue entre el modo fundamental, que normalmente corresponde a la parte más profunda de la sección, y los modos adicionales, correspondientes a zonas menos profundas. En la mayoría de los casos solo es posible identificar el modo fundamental de la señal. Sin embargo, en algunas situaciones es posible identificar uno o incluso dos modos adicionales. El uso de varios modos en la interpretación mejora la calidad de los resultados obtenidos.

El programa implementa un modo semiautomático de picado de la curva de dispersión. En este modo, los valores se seleccionan en el espectro f-k. Al hacer clic en el espectro, el picado se realiza automáticamente dentro del área seleccionada (en la malla de frecuencias correspondiente al paso de muestreo de la señal). El área de búsqueda se amplía o reduce con la rueda del ratón. Las posiciones de los puntos de la curva se corrigen con el botón izquierdo del ratón. Para eliminar un punto, se hace clic en él con el botón derecho. El modo activo de la curva de dispersión se selecciona en el menú principal o en la lista desplegable correspondiente



. Los modos se muestran en distintos colores. Por lo general, cada modo sucesivo se encuentra a la derecha del anterior.

La sección inferior derecha de la ventana consta de varias pestañas. La primera contiene el área del sismograma activo (pestaña **Data**). En esta pestaña se seleccionan las trazas que se utilizarán para construir el espectro bidimensional. Las trazas se seleccionan en el área de la leyenda o haciendo doble clic en el gráfico de la traza (para excluirla o incluirla). La escala de cada traza se ajusta con la rueda del ratón cuando el cursor se encuentra sobre ella. Una herramienta especial permite delimitar el área en la que se calcula el espectro, lo que resulta útil para suprimir otros tipos de ondas. Está implementada como dos polilíneas situadas por encima y por debajo del sismograma. La forma de las polilíneas se puede modificar arrastrando los círculos de control de los nodos. El área del sismograma cubierta por el polígono elástico no se incluirá en los cálculos.

La pestaña **Spectrum** muestra el espectro unidimensional promediado del punto MASW actual. Dos controles deslizantes verticales permiten seleccionar las frecuencias mínima y máxima que se utilizarán para construir el espectro bidimensional.

La pestaña **Processing** contiene las opciones principales que controlan el algoritmo de construcción del espectro bidimensional.

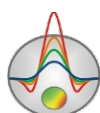


Fig. 24 **Módulo MASW. Configuración de los parámetros del espectro**

Las opciones *KMin* (*VMin*), *KMax* (*VMax*), *FrqMin* y *FrqMax* establecen los límites del espectro bidimensional calculado. Se utilizan para reducir el área de búsqueda y mejorar la representación del espectro. Los valores mínimo y máximo de la velocidad de fase se asignan a partir de las velocidades estimadas de las ondas S en el medio.

Las opciones *OffsetMin* y *OffsetMax* definen la longitud del grupo de receptores del punto MASW (se recomienda que tenga al menos cinco receptores). Estos parámetros influyen en la etapa inicial, cuando se crean los grupos. Posteriormente, el tamaño del grupo se puede modificar.

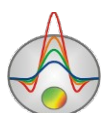
La opción ***Both dir*** – se utiliza únicamente al trabajar con datos ReMi, ya que, a diferencia de los datos MASW, en este caso se desconoce la posición de la fuente.

Smooth image – suaviza el espectro bidimensional. Esta opción se utiliza cuando el espectro presenta discontinuidades, para facilitar un picado más fiable.

Zero padding – opción para obtener un espectro más detallado en frecuencia.

Segment – se utiliza al procesar series temporales largas de ReMi. Establece la longitud del segmento que se procesa, en muestras. Esto acelera el cálculo y permite obtener espectros más fiables.

Array – tipo de punto MASW. *Forward* – la fuente se encuentra delante del grupo de receptores. *Reverse* - la fuente se encuentra detrás del grupo de receptores. *Forward&reverse* – los receptores están situados a ambos lados de la fuente. Al cambiar esta opción, se restablece la



configuración de los grupos de receptores. Después de cambiar el tipo de array, los grupos de receptores se pueden modificar manualmente. Las trazas incluidas en el grupo se muestran en el sismograma.

For all records – esta opción sirve para calcular el espectro promediado de todos los puntos MASW. Permite obtener una representación del espectro de fondo de la zona de trabajo, pero el cálculo puede llevar bastante tiempo.

Modo de interpretación de datos

Se puede pasar al modo de interpretación en cualquier momento. No es necesario haber picado previamente todas las curvas.

Por interpretación se entiende el ajuste de los parámetros de un modelo horizontalmente estratificado para cada punto MASW. El conjunto de modelos unidimensionales a lo largo de un perfil constituye una sección de velocidades de ondas S. El objetivo de la interpretación es lograr una buena coincidencia entre la curva picada y la calculada para obtener un modelo geológicamente adecuado. Los parámetros de las capas son la velocidad de ondas P y S, la densidad y el espesor. Por lo general, solo se ajustan las velocidades de ondas S y los espesores de las capas.

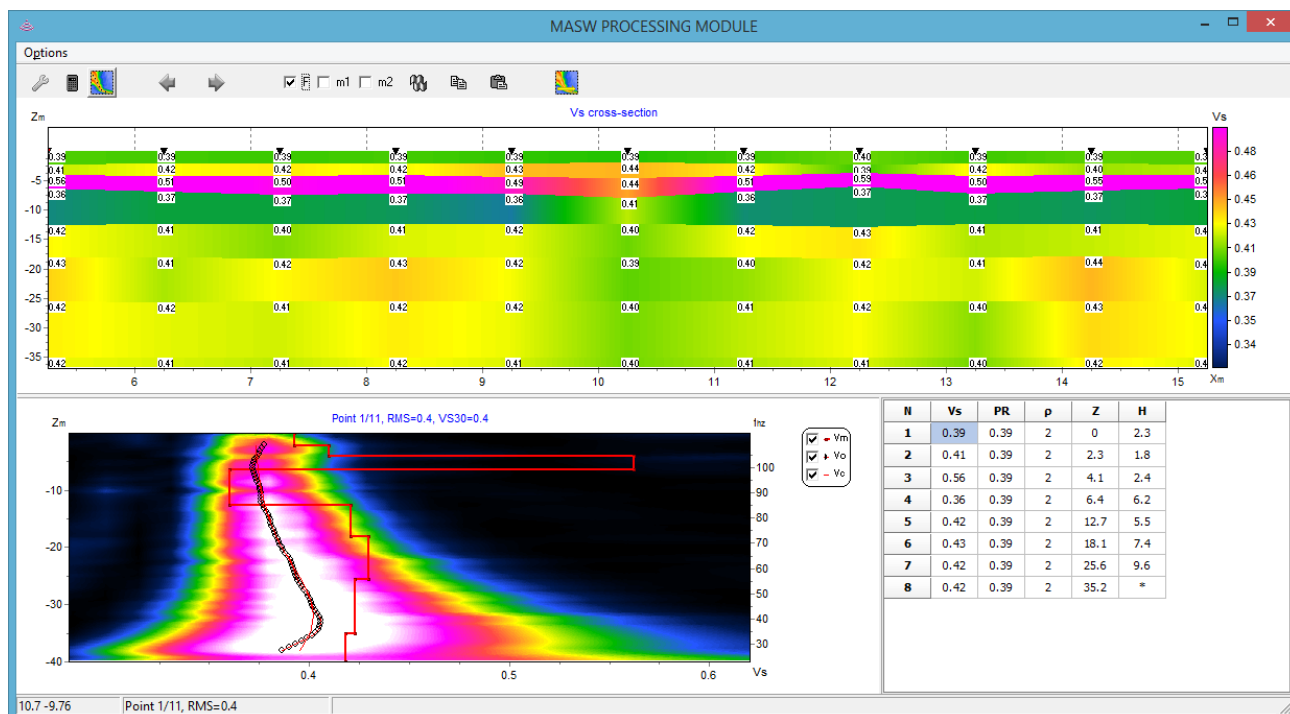
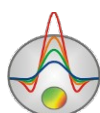


Fig. 25 Módulo MASW. Ventana de inversión de curvas de dispersión



La barra de herramientas del modo de interpretación de la curva de dispersión contiene las siguientes funciones.



- abrir el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de interpretación.



- calcular el problema directo para el modelo definido.



- mostrar los espectros como imagen de fondo



- pasar al punto MASW anterior. Si no hay ninguna curva en ese punto, no es posible realizar la interpretación.



- pasar al punto MASW siguiente. Si no hay ninguna curva en ese punto, no es posible realizar la interpretación.



- iniciar el procedimiento de ajuste automático de los parámetros del modelo. El clic derecho inicia la inversión en el punto actual y en todos los puntos siguientes.



- copiar el modelo actual en el portapapeles.



- pegar el modelo del portapapeles en la estación actual.



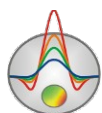
- pasar al modo de picado de curvas de dispersión.

Las opciones F , $m1$ y $m2$ permiten seleccionar las modalidades fundamental o superiores para la inversión, respectivamente. Se recomienda comenzar invirtiendo la modalidad fundamental y, a continuación, incorporar las demás.

Menú principal de la ventana

El menú principal del módulo duplica las opciones de la barra de herramientas y también contiene varias opciones adicionales.

Options	Print preview	Abrir el cuadro de diálogo de vista previa de impresión.
Options	Settings	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de interpretación.
Options	Smooth data	Abrir el cuadro de diálogo Smoothing settings para suavizar los datos entre estaciones (véase la sección «Cuadros de diálogo adicionales del módulo MASW»).



Options	Run Forward problem	Calcular el problema directo.
Options	Run Inversion	Iniciar la inversión.
Options	Global search	Iniciar el algoritmo de recocido para buscar una solución.
Options	Autorecalculation	Recalcular automáticamente el problema directo al modificar los parámetros del modelo (en el gráfico o en la tabla).
Options	Set error gates	Asignar automáticamente pesos (intervalos de confianza) a los puntos de la curva de dispersión.
Options	Invert PR	Ajustar el coeficiente de Poisson durante la inversión.
Options	Invert refraction	Tener en cuenta las primeras llegadas durante la inversión.
Options	IGI forced	Usar la imagen de fondo durante la inversión (image guided inversion).
Options	Copy model	Copiar el modelo en el portapapeles.
Options	Paste model	Pegar en el modelo actual el modelo del portapapeles.
Options	Merge models	Abrir la ventana Merging models para visualizar y promediar los modelos de las estaciones.
Options	Poisson ratio	Asignar como segundo parámetro del modelo el coeficiente de Poisson. Normalmente, resulta más práctico utilizar el coeficiente de Poisson, ya que V_p tiene poca influencia en los resultados de los cálculos.
Options	V_p value	Asignar como segundo parámetro del modelo la velocidad de ondas P.
Options	Section	Interpolate, Interpolate2 – mostrar el modelo con una distribución suave de los parámetros Standard – mostrar el modelo en forma de capas individuales para cada estación Smooth – imagen suavizada VS, VP, PR, Rho – parámetro mostrado Draw labels – mostrar los valores en las capas del modelo Plot RMS colorbar – mostrar sobre la sección la barra de colores del error de ajuste de las estaciones Draw DOI – mostrar la profundidad de investigación (DOI)
Options	Background	Load – cargar una imagen de fondo desde un archivo

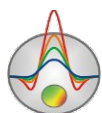
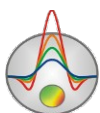


		gráfico Show – mostrar la imagen de fondo Remove – eliminar la imagen de fondo
Options	Draw labels	Mostrar los valores de Vs en las capas del modelo.
Options	Load borehole data	Cargar un archivo de datos de pozo crt
Options	Remove boreholes	Eliminar los datos de pozo
Options	Export/Model to CAD	Exportar los resultados de la interpretación a un archivo dxf de CAD.
Options	Export/Model as XYZ	Guardar el modelo como archivo de texto con las columnas X – distancia a lo largo del perfil, Y – profundidad, Z – velocidad de ondas superficiales
Options	Export/Report to Excel	Exportar los resultados de la interpretación a Excel en forma de tablas de informe.
Options	Export/Pseudo boreholes	Exportar los modelos en forma de columnas de pozo. Es una forma práctica de presentar conjuntamente los datos de tomografía sísmica y MASW. Las pseudoperforaciones deben abrirse en el modo de interpretación de datos de sísmica de refracción (módulo principal del programa).
Options	Export/MOD 1D file	Guardar los modelos en formato *.MOD1D para utilizarlos posteriormente en otros programas de inversión de Zond . El archivo MOD1D también se puede importar como un conjunto de pozos.
Options	Export/VS30 profile	Guardar en un archivo de texto los valores del parámetro VS30 de cada estación.
Options	To surfer	Crear un modelo en el programa Surfer.
Options	Import MOD1D/2D	Cargar los valores de los parámetros del modelo desde un archivo MOD1D o MOD2D. El modelo debe estar definido en las mismas coordenadas que el perfil MASW.
Options	Goto processing mode	Pasar al modo de picado de la curva de dispersión.

El proceso de inversión (es decir, el ajuste automático de los parámetros de la sección) se puede realizar si hay una curva de dispersión en el punto actual, que se muestra en el gráfico de la sección inferior izquierda de la ventana. Aquí también se pueden ver el gráfico del modelo actual y la curva calculada correspondiente a dicho modelo. El ajuste de los parámetros se realiza



manualmente (editando los elementos de la curva del modelo con el ratón o en la tabla de la sección inferior derecha de la ventana) o automáticamente. Durante el ajuste automático solo se modifican los valores de las velocidades de ondas S y los espesores de las capas. Por tanto, los demás parámetros deben establecerse previamente. La velocidad de ondas P, V_p , se puede definir de dos maneras: editando directamente los valores de V_p o modificando el coeficiente de Poisson PR. Se recomienda el segundo método, ya que el coeficiente de Poisson es estable y varía dentro de un intervalo estrecho. Para cambiar de un modo a otro, se utiliza la opción correspondiente del menú o se hace doble clic en el encabezado de la tercera columna de la tabla.

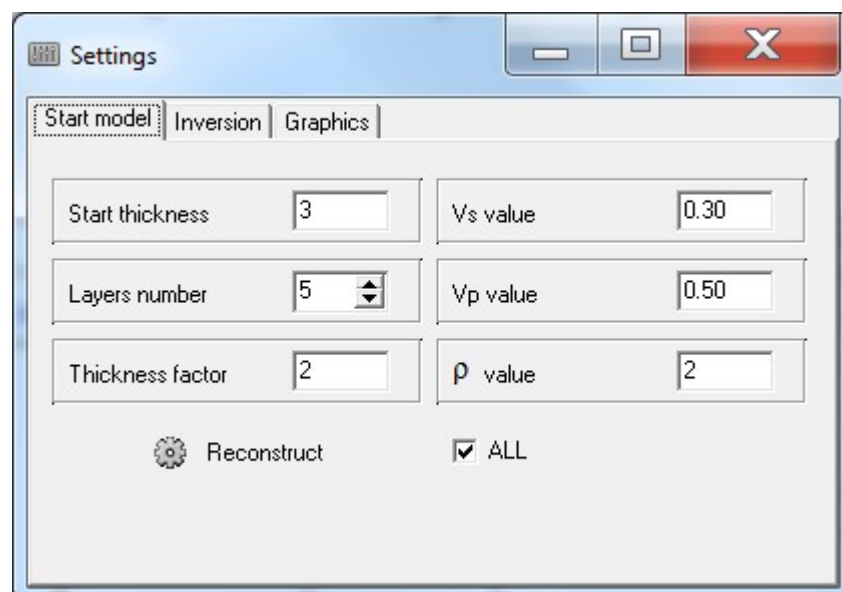
Durante el ajuste automático puede resultar útil fijar algunos parámetros (V_s y el espesor de la capa). Para ello, haga doble clic en la celda del parámetro que se desea fijar. La celda cambiará a color gris.

En la sección superior de la ventana se muestra la sección de velocidades de ondas S a lo largo del perfil. Se obtiene mediante interpolación lineal de los modelos del conjunto de puntos MASW. La escala de colores situada a la derecha de la sección relaciona los valores de V_s con un color determinado.

Cabe señalar que los datos MASW se pueden incluir en una inversión conjunta (en el modo de modelo estratificado arbitrario). Para ello se utiliza la opción *Invert MASW* del submenú **Layered** del menú principal. Para evaluar los errores de ajuste de los datos MASW, después de la inversión, abra el módulo MASW y consulte los modelos obtenidos y los resultados de los cálculos.

Cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de interpretación

La pestaña **Start model** contiene opciones para crear el modelo inicial del medio.



The screenshot shows a software window titled 'Settings' with standard Windows window controls (minimize, maximize, close). Inside, there are three tabs: 'Start model', 'Inversion', and 'Graphics'. The 'Start model' tab is active. It contains several input fields arranged in two columns. The left column has 'Start thickness' with a text box containing '3', 'Layers number' with a spinner box set to '5', and 'Thickness factor' with a text box containing '2'. The right column has 'Vs value' with a text box containing '0.30', 'Vp value' with a text box containing '0.50', and 'p value' with a text box containing '2'. At the bottom, there is a 'Reconstruct' button with a gear icon and a checked checkbox labeled 'ALL'.

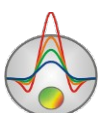


Fig. 26 **Módulo MASW. Configuración de los parámetros de inversión. Pestaña Start model**

Opciones V_s , V_p , ρ – establecen los parámetros iniciales del medio: las velocidades de ondas S y P, y la densidad.

Opciones *Start thickness* y *Thickness factor* – establecen el espesor de la primera capa y el factor de incremento del espesor de cada capa posterior (1-5). El espesor de la primera capa se elige teniendo en cuenta los parámetros geométricos del tendido.

Opción *Layers number* – establece el número de capas del modelo inicial. Normalmente se utilizan de 3 a 10 capas.

Se debe utilizar el botón [Reconstruct] después de modificar los parámetros del modelo inicial. Al hacerlo, se elimina el modelo anterior. Si está activada la opción ALL, se generan nuevos modelos para todas las estaciones; de lo contrario, solo para la estación actual.

La pestaña **Inversion** contiene opciones para controlar el proceso de ajuste automático. Son idénticas a las utilizadas en la inversión de datos de tomografía sísmica de primeras llegadas, con la diferencia de que se aplican a la inversión unidimensional.

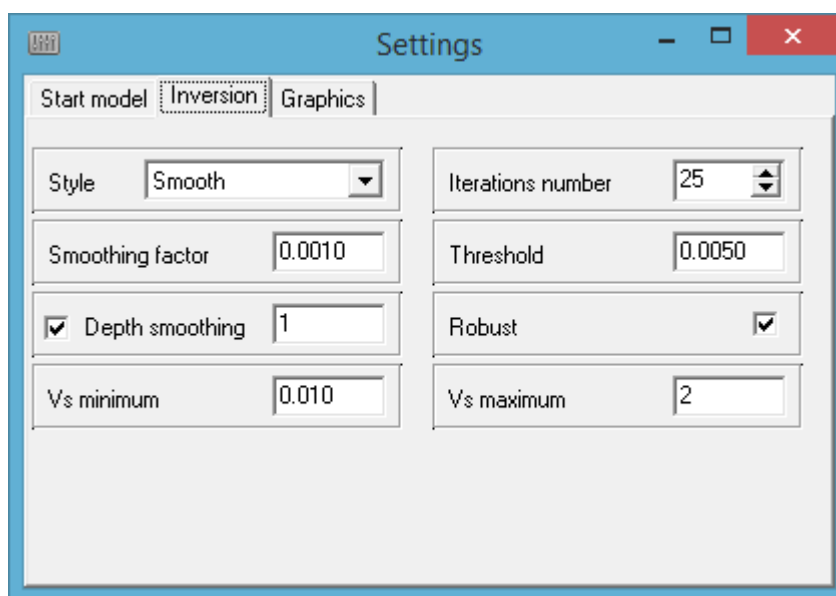
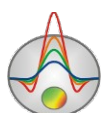


Fig. 27 **Módulo MASW. Configuración de los parámetros de inversión. Pestaña Inversion**

Style – define el algoritmo de inversión.

Standard - algoritmo clásico de inversión por el método de mínimos cuadrados con regularización mediante un parámetro de amortiguamiento. Con un número reducido de capas, el algoritmo permite obtener el menor error de ajuste.



Smooth – inversión por el método de mínimos cuadrados con un operador de suavizado y una minimización adicional del contraste. Este algoritmo permite obtener una distribución de parámetros más suave (según el valor de smoothing factor).

Focused - inversión por el método de mínimos cuadrados con un operador de suavizado y una focalización adicional del contraste. Este algoritmo permite obtener una distribución de parámetros suavizada por tramos.

Smoothing factor – establece la relación entre la minimización del error de ajuste de las mediciones y la del error de ajuste del modelo (por ejemplo, la suavidad). Para datos con un nivel alto de ruido o cuando se desea obtener una distribución de parámetros más suave y estable, se eligen valores relativamente altos del parámetro de suavizado: 0.05 – 0.1. Con valores altos del parámetro de suavizado, normalmente se obtienen mayores errores de ajuste de los datos. Se utiliza en los algoritmos de inversión Smooth y Focused.

Depth smoothing – establece el grado de suavizado del modelo en profundidad. Se utiliza cuando aparecen oscilaciones intensas en la parte inferior del modelo, relacionadas con errores en los datos.

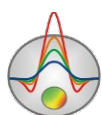
Threshold – establece el valor umbral del contraste entre capas adyacentes, por encima del cual sus parámetros no se promedian. El valor de este parámetro se determina empíricamente (0.001-0.1). Si se elige un valor demasiado bajo, el algoritmo puede divergir (en ese caso, se debe aumentar el valor). Los valores demasiado altos producen una distribución suave.

Robust – se debe activar esta opción si las curvas contienen algunos valores atípicos importantes, relacionados con errores sistemáticos de medición. Si la cantidad de datos defectuosos es comparable a la de mediciones de calidad, este algoritmo puede no dar buenos resultados.

Iterations number - el proceso de inversión se detiene al alcanzar el número de iteración establecido.

Opciones *Vs minimum* y *Vs maximum* – limitan el valor de la velocidad de ondas S durante el ajuste automático.

La pestaña **Graphics** sirve para configurar los parámetros de la escala de colores del modelo.



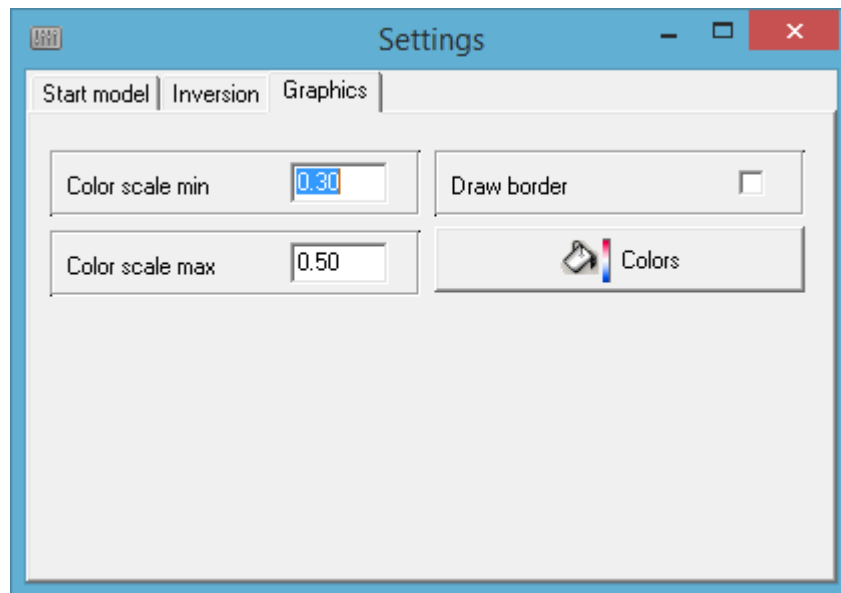


Fig. 28 Módulo MASW. Configuración de los parámetros de inversión. Pestaña Graphics

Opciones *Color scale min* y *Color scale max* – establecen los valores mínimo y máximo de la escala de colores del modelo Vs.

Opción *Draw borders* – indica si se deben dibujar los límites entre las capas.

Opción *Colors* – abre el cuadro de diálogo para configurar la paleta de la escala de colores.

Los resultados del picado y la inversión de datos MASW/ReMi se guardan tanto en el proyecto de picado BIN como en el proyecto de inversión ST. Esto permite conservar estos resultados en la versión limitada, que solo admite el modo de ondas superficiales. En esta versión, para no perder los resultados, vuelva desde la ventana **MASW** a la ventana **Trace editor** y guarde el proyecto BIN. Al volver a abrir el archivo, se cargarán todos los resultados de MASW desde el proyecto.

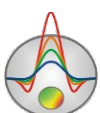
Cuadros de diálogo adicionales del módulo MASW

Merging curves (Options / Merge curves) – permite visualizar conjuntamente las curvas de dispersión de todas las estaciones y generar una curva general suavizada. Botones: ocultar la curva, modificar un punto, desplazar la curva, generar un ajuste suavizado, copiar el ajuste a las estaciones (**Copy to current** / **Copy to all**).

Merging models (Options / Merge models) – permite visualizar los modelos de todas las estaciones y su modelo promedio. El modelo promedio se puede guardar o copiar a la estación actual (**Into new geometry** – con una nueva geometría de capas, **Smooth with current** – suavizando con el modelo actual).

Stations positions (Options / Stations positions / Edit positions) – tabla de coordenadas de las estaciones.

Zond geophysical software



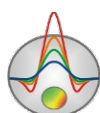
Smoothing settings (Options / Smooth data) – suavizado de los datos por estaciones:
Vert smoothness y **Hor smoothness** – grado de suavizado vertical y horizontal; **Procedure dimension** – filtro 1D, 2D o MCA; **Preview** – vista previa, **Apply** – aplicar.

Módulo de inversión de datos de campo

Barra de herramientas de la ventana principal del programa

La barra de herramientas permite acceder rápidamente a las funciones más utilizadas del programa. Contiene los siguientes botones funcionales (de izquierda a derecha):

	Abrir un archivo de datos o un proyecto ST.
	Iniciar el módulo de picado de las primeras llegadas. Si hay un proyecto con sismogramas cargado, se pueden editar los valores de las primeras llegadas de acuerdo con los valores de las dromocronas teóricas (obtenidas mediante la inversión). Para actualizar los valores del picado, se utiliza el botón  al salir.
	Abrir el cuadro de diálogo para guardar los datos o el proyecto.
	Cambiar al modo de modelo de malla.
	Cambiar al modo de modelo de capas arbitrarias.
	Cambiar al modo de modelización poligonal.
	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de inversión.
	Abrir la tabla con la geometría del sistema de medición y las primeras llegadas.
	Crear un proyecto de área (ventana Area, véase la sección «Proyecto de área»).
	Iniciar el módulo de modelización del campo de ondas (Simulation module; véase la sección «Módulo de modelización del campo de ondas»).
	Iniciar el módulo de inversión 2D de MASW (véase la sección «Módulo de inversión 2D de MASW»).
	Iniciar el procedimiento de cálculo del problema directo.
	Iniciar el procedimiento de inversión o detenerlo (al volver a pulsar).
	Iniciar el procedimiento de inversión 1D. Los resultados de la inversión 1D pueden servir como una buena aproximación inicial para la inversión 2D. Al hacer clic con el botón derecho, aparece un menú emergente para seleccionar el tipo de inversión: 1D solution: la solución 1D se construye a partir de la dromocrona promediada del perfil; 1.5D solution: la solución se construye teniendo en cuenta la variación de las



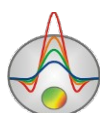
	dromocronas a lo largo del perfil.
	Deshacer el paso de modificación del modelo del medio.

Menú de funciones de la ventana principal del programa

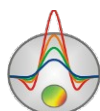
Para obtener ayuda sobre una función del menú durante el trabajo con el programa, haga clic con el botón derecho en esa opción.

A continuación se enumeran los nombres de las opciones del menú y su función:

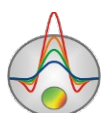
File	Create synthetic survey	Abrir el cuadro de diálogo para crear un sistema de medición sintético. Se puede seleccionar la geometría de los cables para configuraciones en superficie, entre pozos o combinadas. Este cuadro de diálogo cambia el programa al modo de modelización. Este modo puede resultar útil para planificar trabajos geofísicos.
File	Open file	Abrir un archivo de datos o un proyecto.
File	Import data from text/excel	Importar datos de un archivo de texto de formato libre (multicolumna) o de una tabla de Excel. El usuario debe especificar los nombres de las columnas en la primera fila de la tabla.
File	Save file	Abrir el cuadro de diálogo para guardar los datos.
File	Edit data	Abrir en el editor Notepad el archivo de datos utilizado por el programa.
File	Print preview	Ir al cuadro de diálogo de vista previa y configuración de impresión (más detalles).
File	Recent	Abrir uno de los proyectos abiertos anteriormente.
File	Exit	Salir del programa.
Options	Project information	Mostrar información sobre el proyecto cargado. Esta información se puede editar.
Options	Mesh constructor	Abrir el constructor de la red para la modelización. Incluye opciones para crear una red automáticamente y ajustes detallados para usuarios avanzados (más detalles).
Options	Program setup	Configuración general del programa. La mayoría de los



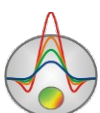
		ajustes están destinados a la inversión (más detalles).
Options/ Modules	Data picker	Iniciar el módulo de picado de los tiempos de las primeras llegadas (descrito en detalle anteriormente).
Options/ Modules	Layered processing	Iniciar el módulo de procesamiento por capas (Vintage processing module): interpretación de las dromocronas de ondas refractadas mediante métodos clásicos para un medio estratificado (véase la sección «Módulo de procesamiento por capas»).
Options/ Modules	Downhole module	Iniciar el módulo de inversión de datos VSP (VSP inversion). Esta opción está disponible para datos de pozo (véase la sección «Módulo de inversión VSP»).
Options/ Modules	Geological editor	Construir una sección interpretativa (geológica) a partir de datos geofísicos. Se utiliza la interfaz poligonal para definir los objetos (más detalles).
Options/ Modules	3D fence diagram	Abrir la ventana de visualización tridimensional de secciones sísmicas, teniendo en cuenta sus coordenadas reales. Para construir varias secciones, es necesario cargarlas desde archivos mod2d (más detalles).
Options/ Modules	Elements toolbox	Abrir el panel de elementos de presentación: añadir polígonos, líneas y etiquetas de texto a la sección (véase la sección «Panel de elementos»).
Options/ Inversion	Set boundaries	Abrir el cuadro de diálogo para definir los límites que el programa tendrá en cuenta durante la inversión. Utilice esta herramienta si conoce con precisión la posición de los límites. Procure definirlos lo más cerca posible de las líneas de guía de la malla. Se recomienda utilizarla en combinación con Occam inversion, smoothness factor = 0.1..1 (más detalles).
Options/ Inversion	View iterations	Mostrar la ventana con los modelos obtenidos en cada iteración de la última inversión.
Options/ Inversion	Optimization	Configuración de los parámetros de optimización. Están disponibles los siguientes: <i>Line search</i> - Búsqueda del parámetro de amortiguamiento óptimo en cada iteración (ralentiza el proceso de inversión aproximadamente entre 3 y 4 veces). En la mayoría de los



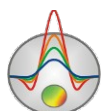
		casos, esta opción permite alcanzar el error de ajuste mínimo en pocas iteraciones, pero aumenta la duración de cada iteración y puede hacer que la solución quede atrapada en un mínimo local. Si la opción está desactivada, el comportamiento del parámetro de amortiguamiento se controla mediante dos parámetros: <i>smoothing factor</i> (valor inicial) y <i>factor</i> (coeficiente de reducción). <i>Factor</i> - Si la opción <i>line search</i> está desactivada, <i>Factor</i> controla el comportamiento del parámetro de amortiguamiento durante la inversión. En la primera iteración se utiliza el valor de <i>smoothing factor</i>, y en cada iteración siguiente este valor se divide por el coeficiente especificado por el usuario. <i>Smoothing factor</i> se puede seleccionar automáticamente si se marca la casilla situada junto al campo de entrada <i>Smoothing factor</i> (en la pestaña Model de Program setup). <i>Lim based inv</i> - Si se establecen límites generales de variación de los parámetros o límites individuales para algunas celdas demasiado estrechos, la inversión intentará llevar los parámetros más allá de los límites establecidos. Esto puede afectar considerablemente a la velocidad de convergencia. En este caso, se debe activar esta opción de inversión, que reduce, por una parte, la contribución de las celdas que exceden los límites establecidos y, por otra, utiliza normas especiales de los parámetros que dificultan que se sobrepasen dichos límites. <i>Display process</i> – muestra el progreso de la optimización durante la inversión. <i>LCurve</i> – selecciona el parámetro de regularización en cada iteración mediante la curva L (compromiso entre el error de ajuste y la norma del modelo). <i>Layered term</i> – abre el cuadro de diálogo <i>Extra layered term</i>: término adicional de la función objetivo que favorece una estructura estratificada del modelo (<i>Enable</i>, <i>Pushing</i>
--	--	--



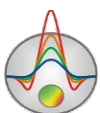
		<i>factor, Num top layers off, Window size).</i> <i>Log data norm – cambia la normalización del error de ajuste de los datos (logarítmica o lineal).</i>
Options/ Inversion	Smoothness	Este conjunto de opciones controla el suavizado y el operador de suavizado. Pueden afectar considerablemente al resultado de la inversión. Se aplican al segundo término de la función objetivo $C^C \cdot (m - m_0)$. <i>m0 - start model - m0 (modelo de referencia)</i> es un modelo definido por el usuario (o un resultado de inversión). En este caso, el objetivo principal de la inversión es reducir el error de ajuste manteniendo la proximidad al modelo de referencia. El grado de proximidad se controla mediante el parámetro <i>Smoothing factor</i>. Funciona con los modos de inversión <i>Occam</i> y <i>Focused</i>. <i>m0 - median - m0 (modelo de referencia)</i> es la mediana del modelo en la iteración actual. El objetivo principal de la inversión es reducir el error de ajuste manteniendo el modelo lo más suave posible. El suavizado se controla mediante el parámetro <i>Smoothing factor</i>. Funciona con los modos de inversión <i>Occam</i> y <i>Focused</i>. Es la opción más adecuada para la <i>focused inversion</i> o la inversión con límites a priori. <i>m0 - previous model - m0 (modelo de referencia)</i> es el modelo de la iteración anterior. El objetivo principal de la inversión es obtener el error de ajuste mínimo con una convergencia estable. La velocidad de convergencia se controla mediante el parámetro <i>Smoothing factor</i>. Funciona con los modos de inversión <i>Occam</i> y <i>Focused</i>. En el modo <i>Focused</i> a veces no produce el resultado deseado (un modelo constante por bloques). <i>Diagonal filter</i> - suavizado diagonal durante la inversión. Utilice esta opción si la sección contiene estructuras inclinadas. <i>Type (L0, L1, L2) – tipo de norma del operador de suavizado: L2 – norma cuadrática (modelos suaves); L1 y</i>



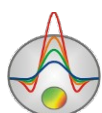
		<i>L0 – normas robustas que permiten límites más abruptos.</i> <i>Robust – suavizado robusto. Al activarlo, se establecen el método Occam, el tipo de norma L0 y el modelo de referencia m0 como modelo inicial.</i> <i>Vert robust only – aplica el suavizado robusto solo en dirección vertical (con el tipo de norma L0).</i> <i>Skip boreholes – no aplica el operador de suavizado cerca de los pozos (para sistemas de observación en pozo).</i> <i>Stabilizer – valor del estabilizador para la inversión suavizada sin la opción Robust.</i> <i>Adaptive – operador de suavizado adaptativo que se actualiza durante la inversión según el modelo actual.</i> <i>IGI forced – construye el operador de suavizado a partir de la imagen de fondo cargada (image guided inversion), independientemente del modo de inversión conjunta.</i>
Options/ Inversion	Cross gradient/Pushing factor	Parámetro principal de la inversión conjunta que controla el grado de similitud entre las imágenes de los modelos de dos métodos (mínimo del gradiente cruzado). Normalmente se determina mediante pruebas y errores en el intervalo 0-1000. Con valor cero, los modelos se ajustan de forma completamente independiente. Los valores altos del parámetro pueden causar errores de ajuste elevados en uno o ambos métodos. Los errores de ajuste se pueden equilibrar asignando pesos a los métodos correspondientes.
Options/ Inversion	Cross gradient/Off- layers num	A menudo, la parte superior de la sección es muy heterogénea y presenta diferencias entre los distintos métodos geofísicos. En estos casos, se deben excluir varias capas del operador de gradiente cruzado. Así, la parte superior queda libre para cambiar.
Options/ Inversion	Cross-gradient / Mi nMax range	Establece el intervalo de variación de los parámetros para el segundo método que participa en la inversión conjunta.
Options/ Inversion	Cross-gradient / CC criteria	Criterio de acoplamiento de los modelos en la inversión conjunta: Cross-gradient – gradiente cruzado; Common correlation – correlación común; Variation information – variación de la información; Gramian – matriz de Gram;



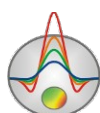
		Global-local correlation – correlación global-local; Structure similarity – similitud estructural.
Options/ Inversion	Cross-gradient / Seismic data – BG image	<i>Selección de los datos del segundo método para la inversión conjunta:</i> <i>Seismic data – datos de prospección sísmica (por ejemplo, picados de ondas P y S en un mismo proyecto). La restricción del coeficiente de Poisson se establece con la opción Options / Inversion / PR constraint.</i> <i>Anisotropy – estima el parámetro de anisotropía al minimizar los gradientes cruzados (activa automáticamente Invert anisotropy).</i> <i>MASW data – datos MASW (véase Options / MASW data).</i> <i>Gravity data, Magnetic data – datos gravimétricos y magnéticos.</i> <i>TDEM data, VES data, MT data – datos de TDEM, VES y MT. Para estos métodos, el valor inicial de la resistividad se establece mediante Start resistivity (30 $\Omega\cdot m$ de forma predeterminada).</i> <i>BG image – imagen de fondo (se recomienda usar escala de grises); al seleccionarla, se activa la opción IGI settings (cuadro de diálogo Image guided settings).</i> <i>Clusterization – inversión con un término adicional de agrupamiento de los valores del modelo.</i> <i>From initial model – utiliza el modelo del segundo método cargado en el proyecto.</i> <i>Draw isolines – muestra las isolíneas del modelo del segundo método superpuestas al modelo de velocidades.</i>
Options/ Attenuation	Joint-velocity	Utiliza la minimización del gradiente cruzado con el modelo de velocidad actual durante la inversión de amplitudes.
Options/ Inversion	Underwater options	Configuración para trabajar con datos acuáticos. Establece los parámetros de la capa superior de agua. <i>Velocity</i> - establecer la velocidad en el agua. <i>Invert</i> - activar la opción de ajuste de la velocidad en el agua. <i>Subnodes number</i> - establecer el número de subdivisiones de



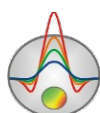
		la capa de agua (5-10). <i>No direct waves</i> – impedir que las ondas se propaguen únicamente a través de la capa de agua (ondas directas). <i>Water level</i> – establecer el nivel del agua (m). <i>Bottom survey</i> – levantamiento del fondo: las fuentes y los receptores están situados en el fondo. <i>Resistivity</i> – resistividad del agua ($\Omega\cdot m$) para la inversión conjunta con datos de prospección eléctrica.
Options/ Inversion	PR constraint	Limitar el coeficiente de Poisson a valores razonables durante la inversión conjunta de datos de ondas P y S (o MASW).
Options/ Inversion	Invert start time MAX-10	Activa el modo de ajuste automático de los tiempos de inicio durante la inversión. Esta opción debe activarse si hay problemas para determinar los tiempos de inicio.
Options/ Inversion	Choose invert	Abrir el diálogo de selección de las fuentes cuyos tiempos de inicio se ajustarán (Start times to invert). Para cada fuente se muestra la diferencia media entre los tiempos observados y calculados.
Options/ Inversion	Apply shifts	Aplicar los tiempos de inicio ajustados a los datos observados. Disponible cuando está activada la opción Invert start times.
Options/ Inversion	Invert visible data	Durante la inversión, solo se ajustarán las dromocronas mostradas. Para ocultar o mostrar dromocronas, utilice la leyenda de los gráficos.
Options/ Inversion	Invert anisotropy	Inversión con ajuste del parámetro de anisotropía (más información).
Options/ Inversion	Long line inversion	Este procedimiento divide el perfil en varios segmentos solapados y los invierte por separado. En la mayoría de los casos no se recomienda este método, salvo que el número de receptores no supere los 10000.
Options/ Inversion	Set weight for profile	Establecer el intervalo de confianza (ms) para todos los puntos visibles de las dromocronas; los pesos de los puntos se recalculan según este intervalo.



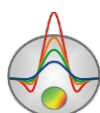
Options/ Data	First break times	Mostrar los valores de las primeras llegadas.
Options/ Data	Apparent velocity	Mostrar los valores de las velocidades aparentes.
Options/ Data	Travel time curves	Mostrar los gráficos de las dromocronas de las primeras llegadas.
Options/ Data	Iso S-R spacing	Mostrar los gráficos para offsets iguales (distancias entre la fuente y el receptor).
Options/ Data	$X_{pos}=(S+R)/2$	La posición del punto de observación en el gráfico corresponde al punto medio entre la fuente y el receptor; de lo contrario, corresponde a la posición del receptor.
Options/ Data	Ray paths	Mostrar en el modelo los rayos sísmicos que conectan las fuentes y los receptores, calculados para el modelo actual. Antes, debe calcularse el problema directo.
Options/ Data	Data editor	Abrir el editor de mediciones en forma de tabla (más información).
Options/ Data	Survey pseudosection	Mostrar la pseudosección de velocidades aparentes del tendido de observación (más información).
Options/ Data	Velocity offset plot	Mostrar en una ventana independiente el gráfico de velocidades aparentes en función del offset. Esta dependencia puede utilizarse para crear un modelo inicial (más información).
Options/ Data	Display with shifts	Mostrar los gráficos de las dromocronas con los tiempos de inicio ajustados.
Options/ Data	Display error gates	Mostrar los intervalos de confianza del picado. Se definen en Trace editor mediante el parámetro quality.
Options/ Data	Smooth data	Suavizar los datos de las primeras llegadas o las amplitudes, según el modo seleccionado.
Options/ Model	Block-section	Mostrar la malla del modelo en forma de celdas (más información).
Options/ Model	Smooth-section	Mostrar la malla del modelo con una paleta de interpolación suave.
Options/ Model	Contour-section	Mostrar la malla del modelo como una sección de contornos.
Options/ Model	Velocity	Mostrar el modelo de velocidades.



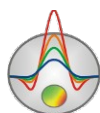
Model		
Options/ Model	Sensitivity	Mostrar la función de sensibilidad del modelo como una sección de contornos. Esta opción está activa cuando está seleccionado el modo <i>Contour section</i> .
Options/ Model	dVelocity	Mostrar el modelo del gradiente total de velocidades. Esta opción está activa cuando está seleccionado el modo <i>Contour section</i> .
Options/ Model	Quality	Mostrar el parámetro de calidad del modelo ajustado. La calidad se define como el número de rayos que atraviesan una celda, normalizado por el error de ajuste de los datos. Esta opción está activa cuando está seleccionado el modo <i>Contour section</i> .
Options/ Model	Display	Velocity – cambiar al modo de trabajo con velocidades. Anisotropy - cambiar al modo de trabajo con anisotropías de velocidad. Attenuation – cambiar al modo de trabajo con el parámetro de atenuación de las ondas. En este modo, las amplitudes se muestran en la sección superior de la ventana en lugar de las dromocronas de las primeras llegadas (más información).
Options/ Model	X:Z=1:1 scale	Igualar las escalas horizontal y vertical del modelo.
Options/ Model	Model editor toolbar	Mostrar la barra de herramientas para editar el tendido y el modelo (más información).
Options/ Model	Set 1D model	Abrir el diálogo Start model and constraints para definir un modelo inicial estratificado y los límites de variación de los parámetros.
Options/ Cutting	No cutting	Desactivar todos los tipos de recorte del modelo.
Options/ Model	Cut by rays	Recortar la parte del modelo que no está cubierta por los rayos sísmicos calculados.
Options/ Model	User cutting	Recortar la sección según el polígono definido por el usuario en la ventana User defined cutting polygon.
Options/ Model	Bound by cable	Recortar las partes del modelo que sobrepasen la primera y la última fuente/receptor.
Options/ Model	Extra cells	Establecer el número de capas de celdas adicionales (0–3)



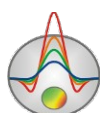
Model		que no se recortan en el límite de la región.
Options/ Model	Semitransparent	Mostrar el área recortada con transparencia parcial en lugar de ocultarla por completo.
Options/ Model	Extend bottom	Si hay topografía, esta opción prolonga las celdas inferiores del modelo hasta la profundidad máxima.
Options/ Model	Write points out of cut	Al exportar el modelo, incluir también los puntos que quedan dentro del área recortada.
Options/ Topography	Topo coefficient 0	Establecer el coeficiente de deformación de la topografía con la profundidad. Si el proyecto contiene elevaciones topográficas, este coeficiente indica la rapidez con la que la malla se aplanar hasta quedar horizontal. 0 – cada nueva capa tiene la misma geometría nueva que la primera; 1 – la última capa de la malla es horizontal.
Options/ Topography	Import topography	Cargar datos de la topografía del perfil desde un archivo de texto (dos columnas: x e y).
Options/ Topography	Remove topography	Eliminar los datos de la topografía del perfil. Se utiliza para pruebas.
Options/ Topography	Restore topography	Restaurar los datos de topografía eliminados anteriormente.
Options/ Topography	Edit topography	Editar los datos de la topografía del perfil en forma de tabla. La topografía se puede copiar desde una tabla de Excel.
Options/ Topography	Smooth topo	Promediar las elevaciones de los puntos topográficos vecinos. Esto ayuda a obtener una topografía más suave a lo largo del perfil.
Options/ Topography	Suppress topo	Aplanar el límite topográfico mediante inversión. Los datos de topografía se eliminan del proyecto después de ejecutar el procedimiento.
Options/ Topography	Set by mouse	Activar el modo de añadir topografía con el ratón. Esta opción funciona del mismo modo que la adición de un límite a priori.
Options/ Topography	Trend removal	Eliminar la tendencia lineal de la topografía: el perfil gira según el ángulo de inclinación calculado mediante mínimos cuadrados o según un ángulo especificado.
Options/ Topography	Splined intermediate	Si se activa esta opción, las cotas de los nodos intermedios se calculan mediante interpolación spline; de lo contrario, se



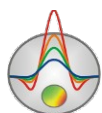
		utiliza interpolación lineal. La opción funciona si el proyecto contiene topografía.
Options/ Topography	Shift line	Desplazar la línea del perfil una distancia especificada en metros.
Options/ Topography	Reverse line	Reflejar la línea del perfil (junto con la topografía y el sistema de observación).
Options/ Boreholes	Create/Edit borehole data	Crear/editar un archivo de litología (más información)
Options/ Boreholes	Load borehole data	Abrir y mostrar un archivo con registros de pozo y columnas litológicas, así como archivos en formato mod1d (archivos de interpretación unidimensional).
Options/ Boreholes	Remove borehole data	Eliminar del proyecto los registros de pozo y las columnas litológicas.
Options/ Boreholes	Set column width	Establecer el ancho de la columna litológica al mostrarla en la sección (como porcentaje de la longitud del perfil).
Options/ Extra	Model smooth/raster	Esta herramienta permite suavizar todo el modelo o una parte, o agrupar las celdas en bloques. La opción puede ser útil para suavizar la parte superior de la sección, muy heterogénea, o para la inversión de tipo «Blocks» (más información).
Options/ Extra	Display t0 map	Crear un mapa de isolíneas de los tiempos de llegada de las ondas t0 en cada nodo para el modelo actual (más información).
Options/ Extra	Data&model histogram	Mostrar gráficos de la distribución del modelo de velocidades y de las velocidades aparentes. El diálogo permite definir los valores mínimo y máximo de la escala de colores.
Options/ Extra	Build start model	Crear un modelo inicial a partir de las velocidades aparentes para la tomografía sísmica entre pozos.
Options/ Extra	Units	Unidades de visualización de la velocidad: km/sec, m/sec o ft/sec. RMS % ms: cambiar las unidades del error de ajuste entre porcentaje y milisegundos.
Options/ Extra	Add extra nodes	Añade nodos adicionales en los bordes del modelo. Esto puede ser útil para las mediciones entre pozos. La opción



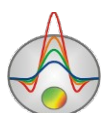
		debe activarse antes de cargar los datos.
Options/ Extra	Flip Z for CBH	Invertir el signo de la coordenada vertical al cargar datos entre pozos.
Options/ Extra	Display receiver	Etiquetas de fuentes y receptores en la sección: Nothing — ninguna, Index — número, Distance — coordenada, RMS — error de ajuste, Start time — tiempo de origen ajustado.
Options/ Extra	Orientation	Seleccionar el modo de orientación de las ventanas: Automatic — automático, Vertical — vertical, Horizontal — horizontal. El modo vertical es práctico para trabajar con datos de prospección sísmica en pozos.
Options/ Import/ Export	Other modules	Conjunto de opciones para intercambiar rápidamente modelos entre los módulos del programa. From layered as model — incorporar un modelo arbitrariamente estratificado en un modelo de malla. From MASW as boreholes — mostrar los resultados de la interpretación MASW sobre el modelo de malla en forma de un conjunto de pozos. From MASW as model — incorporar los resultados de MASW en un modelo de malla.
Options/ Import/ Export	Import model/data	Cargar un archivo de gráfico (dos columnas X e Y) o un archivo mod2d para mostrar el modelo en una ventana aparte.
Options/ Import/ Export	Remove model/data	Eliminar del proyecto el modelo/dato importado.
Options/ Import/ Export	Model parts/Save selection	Guardar la parte seleccionada del modelo en un archivo de texto (modo de modelo de malla).
Options/ Import/ Export	Model parts/Load selection	Cargar una selección desde un archivo de texto e insertarla en el modelo (modo de modelo de malla).
Options/ Import/ Export	Model parts/Extract 1D log	Exportar un modelo 1D para la posición seleccionada a un archivo de texto.
Options/	Model parts/Load	Insertar un perfil vertical de velocidades y sus límites en una



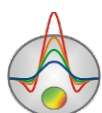
Import/ Export	1D log	coordenada horizontal especificada.
Options/ Import/ Export	Load image	Cargar una imagen de fondo en los siguientes formatos: bmp, png, sgy, sec. El formato sec es un formato interno de Zond que contiene la imagen y las coordenadas de sus esquinas.
Options/ Import/ Export	Remove background	Eliminar la imagen de fondo del proyecto.
Options/ Import/ Export	Change sizes	Esta opción permite cambiar en tiempo real el tamaño y la posición de la imagen de fondo del usuario.
Options/ Import/ Export	Create shaded map	Usar como imagen de fondo un mapa de relieve sombreado creado a partir del modelo actual.
Options/ Import/ Export	Apply relief filter	Aplicar un filtro de relieve (sombras) a la imagen de fondo.
Options/ Import/ Export	Editor	Abrir el editor de imágenes de fondo (véase la sección «Editor de imágenes de fondo»).
Options/ Import/ Export	Load 1D model	Importar un modelo desde un archivo de texto e incorporarlo al modelo 1D actual.
Options/ Import/ Export	Load MOD1D/2D	Cargar un archivo de modelo *.MOD1D o *.MOD2D creado en otro programa de interpretación Zond .
Options/ Import/ Export	Save MOD1D/2D	Guardar el modelo actual en un archivo *.MOD1D o *.MOD2D para utilizarlo posteriormente en otros programas de interpretación Zond .
Options/ Import/ Export	Import SeisOpt picking	Importar tiempos de las primeras llegadas desde un archivo del programa SeisOpt.
Options/ Import/ Export	Import Rafract picking	Importar tiempos de las primeras llegadas y geometría desde archivos del programa Rayfract.



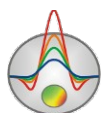
Options/ Import/ Export	Combine Vp&Vs	Combinar modelos de velocidades de ondas P y S y calcular parámetros derivados a partir de ellos (véase la sección «Combine Vp&Vs»).
Options/ Import/ Export	Export model to Excel	Exportar el modelo a una tabla de Excel.
Options/ Import/ Export	Export model to SEG-Y	Exportar el modelo actual al formato sísmico seg-y.
Options/ Import/ Export	Export model to CAD	Exportar los resultados de la interpretación a un archivo en formato DXF.
Options/ Import/ Export	Export model to Geosoft	Exportar el modelo actual al formato del programa geosoft.
Options/ Import/ Export	Export ray paths	Guardar el trazado de rayos en formato de texto.
Options/ Import/ Export	Draw model in Surfer	Representar el modelo actual en Surfer. La representación se puede realizar desde el modo contour section. Pueden surgir problemas si hay dos versiones de Surfer instaladas o si no están instaladas las bibliotecas de intercambio.
Options/ Graphics	Observed graphics	Abrir el diálogo de configuración de la visualización de los gráficos observados (más información).
Options/ Graphics	Calculated graphics	Abrir el diálogo de configuración de la visualización de los gráficos calculados (más información).
Options/ Graphics	Smooth contours	Suavizar los contornos del modelo en el modo de visualización correspondiente (<i>Contour section</i>).
Options/ Graphics	Smoothness	Grado de suavizado de la sección de contornos. Cuanto mayor sea el parámetro de suavizado, más suave será la sección.
Options/ Graphics	Blocky contours	Dibujar la sección de contornos sin interpolación entre celdas (contornos en bloques).



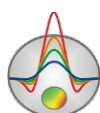
Options/ Graphics	Set user isolines	Definir un conjunto personalizado de valores de isolíneas (diálogo Set isolines).
Options/ Graphics	Isolines high quality	Dibujar isolíneas suavizadas en alta calidad. Debido a la baja velocidad, se recomienda utilizar esta opción en la fase final de preparación de los gráficos.
Options/ Graphics	Bitmap output settings	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros de la imagen gráfica al exportar (más información).
Options/ Attenuation		Subsección de configuración que aparece al cambiar al modo Model/Display/Attenuation si el proyecto contiene amplitudes.
Options/ Attenuation	Modeling mode	Activar el modo de modelización de amplitudes para la cobertura de rayos actual. Durante la modelización, las amplitudes de todas las fuentes son iguales a uno.
Options/ Attenuation	Frequency	Establece la frecuencia de trabajo de la señal útil para calcular las amplitudes en el modo de atenuación.
Options/ Attenuation	Max offset	Establecer el valor máximo del offset (si los sismogramas tienen ruido); al superarlo, los datos no se utilizan en la inversión de amplitudes.
Options/ Attenuation	Sources power	Método para tener en cuenta la potencia de las fuentes durante la inversión de amplitudes: All sources – ajustar la potencia de cada fuente; One source – una potencia común para todas; Normalised – potencias normalizadas; Fixed – no ajustar; Set all to 1 – restablecer a 1 las potencias de todas las fuentes.
Options/ GraviMagnetic	Load new data	Cargar datos gravimétricos y magnéticos desde un archivo de texto (con varias columnas). Los encabezados de las columnas se introducen en la primera fila de la tabla. Los datos deben utilizar el mismo sistema de coordenadas (distancias) que el modelo actual (en metros).
Options/ GraviMagnetic	Add new data	Añadir datos gravimétricos y magnéticos al proyecto.



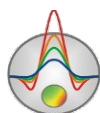
Options/ GraviMagnetic	Field setting	Configuración de los parámetros de los campos gravitatorio y magnético.
Options/ GraviMagnetic	Subtract median grav	Restar la mediana de las observaciones gravimétricas para obtener el campo anómalo.
Options/ GraviMagnetic	Subtract median mag	Restar la mediana de las observaciones magnéticas para obtener el campo anómalo.
Options/ GraviMagnetic	Inversion	Invertir los datos de gravimetría y magnetometría en modo poligonal.
Options/ GraviMagnetic	Invert gravity	Establece si se deben invertir los datos de gravimetría en el modo de modelo de capas arbitrarias.
Options/ GraviMagnetic	Invert magnetic	Establece si se deben invertir los datos de magnetometría en el modo de modelo de capas arbitrarias.
Options/ GraviMagnetic	Set weight of gravity	Establecer un peso común para todos los datos de gravimetría en la inversión conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo del método.
Options/ GraviMagnetic	Set weight of magnetic	Establecer un peso común para todos los datos de magnetometría en la inversión conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo del método.
Options/ GraviMagnetic	Display GM window	Mostrar la ventana con los datos gravitatorios y magnéticos y el modelo (en modo cross-gradient).
Options/ TDEM data	Load TDEM data	Para importar datos se utilizan archivos de texto TDF (zondtem1d) y USF (universal sounding format). Las coordenadas (distancias) deben utilizar el mismo sistema que el modelo actual. La inversión conjunta solo se admite en el modo de modelo de capas arbitrarias.
Options/ TDEM data	Show TDEM data	Mostrar la ventana con los datos del método de sondeos electromagnéticos transitorios (TEM) o de sondeos de



		frecuencia (SF).
Options/ TDEM data	TDEM cone	Establecer las dimensiones del cono de influencia del sondeo TEM (superior e inferior, en porcentajes o metros), utilizado en la inversión conjunta.
Options/ TDEM data	Invert TDEM data	Incluir los datos TEM o SF en la inversión conjunta para un medio de capas arbitrarias.
Options/ TDEM data	Set weight of TDEM	Establece el peso común de todos los datos TEM/SF para la inversión conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo de la inversión.
Options/VES data	Load VES data	Para importar datos se utilizan archivos de texto en formato zond. Las coordenadas (distancias) deben utilizar el mismo sistema que el modelo actual. La inversión conjunta solo se admite en el modo de modelo de capas arbitrarias.
Options/VES data	Invert VES data	Incluir los datos de SEV en la inversión conjunta para un medio de capas arbitrarias.
Options/VES data	Set weight of VES	Establece el peso común de todos los datos de SEV para la inversión conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo de la inversión.
Options/VES data	VES cone	Establecer las dimensiones del cono de influencia del sondeo SEV utilizado en la inversión conjunta.
Options/VES data	Show VES plot	Mostrar la ventana con los datos del método SEV.
Options/MT data	Load MT data	Para importar datos se utilizan archivos de texto en formato zond. Las coordenadas (distancias, km) deben utilizar el mismo sistema que el modelo actual. La inversión conjunta solo se admite en el modo de modelo de capas arbitrarias.
Options/MT data	Invert MT data	Incluir los datos de MT en la inversión conjunta para un medio de capas arbitrarias.
Options/MT data	Set weight of MT	Establece el peso común de todos los datos de MT para la inversión conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo de la inversión.
Options/MT data	MT cone	Establecer las dimensiones del cono de influencia del sondeo MT utilizado en la inversión conjunta.



Options/MT data	Show MT plot	Mostrar la ventana con los datos del método MT.
Options/MASW data	Load MASW data	Cargar datos MASW (curvas de dispersión) desde un archivo *.msw.
Options/MASW data	Get from picker	Transferir al proyecto las curvas de dispersión desde el módulo MASW del editor de sismogramas.
Options/MASW data	Show MASW plot	Mostrar la ventana con los datos MASW.
Options/MASW data	Invert MASW data	Incluir los datos MASW en la inversión conjunta.
Options/MASW data	MASW cone	Establecer las dimensiones del cono de influencia del punto MASW utilizado en la inversión conjunta.
Options/MASW data	Set weight of MASW	Establecer el peso común de los datos MASW en la inversión conjunta.
Options/MASW data	PR&Rho	Establecer el coeficiente de Poisson (0.01–0.45) y la densidad (0.3–4 g/cm ³) utilizados para calcular las curvas de dispersión.
Script	Start recording script	Iniciar la grabación de la secuencia de acciones del usuario en un script.
Script	Stop recording script	Detener la grabación del script.
Script	Run packed processing	Ejecutar el script grabado para un grupo de archivos seleccionados (procesamiento por lotes). El registro se guarda en el archivo batch.out.
Script	Save script file	Guardar el script grabado en un archivo.
Script	Load script file	Cargar un script desde un archivo.
Buffer	Model 1, 2....	El búfer permite almacenar hasta cinco modelos (Model 1 – Model 5) obtenidos mediante distintos métodos. Se pueden comparar en una ventana especial.
Buffer	Open	Mostrar la ventana con todos los modelos del búfer.
Waves	P- refracted	Pasar al modo de trabajo con ondas P refractadas.
Waves	S-refracted	Pasar al modo de trabajo con ondas S refractadas (si están incluidas en el proyecto).
Waves	Reflected-1	Pasar al modo de trabajo con ondas reflejadas en el primer

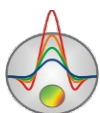


		límite (si están incluidas en el proyecto).
Waves	Reflected-2	Pasar al modo de trabajo con ondas reflejadas en el segundo límite (si están incluidas en el proyecto).
Waves	Reflected-3	Pasar al modo de trabajo con ondas reflejadas en el tercer límite (si están incluidas en el proyecto).
Waves	Summary plot	Mostrar modelos resumidos de la distribución de velocidad, anisotropía y atenuación, si estos últimos se calcularon en los módulos correspondientes, etc. La ventana está dividida en tres secciones; en cada una se puede representar el parámetro seleccionado.
Help	About	Acerca del programa.
Help	Manual	Abrir el manual del programa.
Help	Server	Seleccionar el servidor para buscar actualizaciones: zond-geo.com, zond-geo.co, kaminae.narod.ru.
Help	Check for updates	Comprobar si hay actualizaciones.
Help	ERROR!!!Set default values	Restablecer todos los ajustes a sus valores iniciales; los cambios se aplicarán tras reiniciar el programa.
Help	Bing maps api_key	Seleccionar la imagen de fondo del mapa: Sat1, Sat2, Sat3 – imágenes satelitales; Streets – mapa de calles; Topo – mapa topográfico.
Help	Show news	Mostrar noticias.
Help	Send message to us	Enviar un mensaje al desarrollador. Los mensajes solo se transmiten correctamente en caracteres latinos, por lo que se debe utilizar la transliteración.

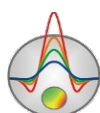
El archivo de datos que se va a importar debe constar de dos columnas: coordenada de medición y valor. El eje vertical de los datos importados es el eje derecho del gráfico. El modelo que se va a importar debe estar contenido en un archivo de proyecto Zond MOD2D; al cargarlo, se abrirá una nueva ventana con el modelo. Al mover el cursor por el área de modelización, la posición de la celda activa se muestra también en el modelo del archivo importado.

Al pasar a la ventana «modelo de capas arbitrarias» (botón  de la barra de herramientas de acceso rápido de la ventana principal del programa), también están disponibles las siguientes opciones de menú:

Layered /	Abrir el constructor del modelo de capas arbitrarias.
------------------	---



Model constructor	
Layered / Save to mesh	Integrar el modelo de capas arbitrarias en la malla.
Layered / Load from mesh	Usar como parámetros de las capas el promedio de todas las celdas que pertenecen a cada capa.
Layered / Layers2pols	Crear un modelo poligonal a partir del modelo de capas arbitrarias: los límites de las capas se convierten en límites de los polígonos y los parámetros de estos son iguales a los valores promedio de los parámetros de las capas.
Layered / Set boundaries as apriori	Transferir los límites del modelo estratificado a los límites a priori (Set boundaries), que se tienen en cuenta durante la inversión del modelo de malla.
Layered / Calc reflection t0	Calcular, para el modelo estratificado actual, los tiempos de las ondas reflejadas en el límite de la capa cuyo número se solicita en el cuadro de diálogo.
Layered / Invert VP&VS	Inversión conjunta de los datos Vp y Vs con una geometría de capas única.
Layered / Invert boundaries	Ajustar la geometría de los límites durante la inversión. En algunos casos, es necesario ajustar solo los parámetros (los límites son conocidos y están fijos).
Layered / Invert MASW	Incluir los datos MASW en la inversión del medio de capas arbitrarias.
Layered / Invert MASW-VP	Al activar esta opción, se usarán las velocidades de ondas P actuales para ajustar los datos MASW.
Layered / Draw labels	Mostrar los valores de la propiedad física en el nodo del parámetro. El parámetro que se mostrará se selecciona en el constructor.
Layered / Transparent	No rellenar las capas. Permite ver la imagen de fondo con los resultados de la inversión en el modo de malla y definir un modelo inicial óptimo.
Layered / Edit mode	Activar el modo de edición del medio de capas arbitrarias. La edición se realiza con el ratón. Los límites se arrastran verticalmente; al hacer clic en la etiqueta de una capa se puede editar el valor del parámetro.
Layered / Save layers	Guardar el modelo estratificado en un archivo de texto.



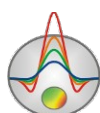
Layered / Load layers	Cargar un modelo estratificado desde un archivo de texto.
Layered / Create from boreholes	Crear los límites del modelo de capas arbitrarias usando los pozos del proyecto actual.

Al pasar a la ventana de modelización poligonal (botón  de la barra de herramientas de la ventana principal del programa), están disponibles las siguientes opciones adicionales de menú:

Modeling / Get values from mesh	Asignar automáticamente valores de parámetros a los polígonos. El valor será igual al promedio de los valores de todas las celdas del modelo situadas dentro del polígono.
Modeling / Set values to mesh	Integrar el modelo poligonal en la malla.
Modeling / Save polygons	Guardar los polígonos en un archivo de texto.
Modeling / Load polygons	Cargar polígonos desde un archivo de texto.
Modeling / Remove all polygons	Eliminar los polígonos definidos por el usuario.
Modeling / Display color scale	Mostrar la escala de colores junto a la sección.
Modeling / Colors from color scale	Asignar colores a los polígonos de acuerdo con la escala de colores.

Teclas de acceso rápido

Teclas de cursor / cursor en el editor de modelos	Cambiar la celda activa del modelo.
Delete / cursor en el editor de modelos	Borrar la celda activa.
Insert / cursor en el editor de modelos	Asignar el valor actual a la celda activa.
F / cursor en el editor de modelos	Fijar el valor de la celda activa.
X / cursor en el editor de modelos	Usar la herramienta magic wand para seleccionar una región.
V / cursor en el editor de modelos	Eliminar la selección.
Arriba/abajo / cursor en la escala de colores	Cambiar el valor actual.
Space	Calcular el problema directo.



Barra de estado

La barra de estado del programa está dividida en varias secciones que contienen distinta información:

Coordenadas del cursor y de la celda activa.
Parámetros de la celda activa.
Modo de funcionamiento del editor de modelos.
Indicador de proceso.
Error de ajuste relativo.
Información adicional. Por ejemplo, el número de mediciones y de celdas del modelo, o el estado del proceso durante la inversión.

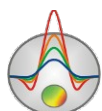
Crear y abrir un archivo de datos para la inversión

Para comenzar la interpretación en el programa **ZondST2D**, es necesario procesar los datos en el módulo de picado de las primeras llegadas (**Trace editor**) y pasar al modo de inversión , o bien abrir un archivo de datos de un formato determinado que contenga las coordenadas de los geófonos, la topografía y los tiempos de las primeras llegadas. También se puede usar la opción del menú principal File/Import from txt/ excel para importar datos desde un archivo de texto o una tabla de Excel.

Normalmente, un archivo contiene los datos de un perfil de observación. Los archivos de texto organizados en el formato del programa **ZondST2D** tienen la extensión «*.ST» (véase la sección [Formato del archivo de datos principal](#)).

Zond data file	Abrir un archivo de datos o un archivo de proyecto en formato Zond.
Program configuration	Abrir un archivo con los parámetros del programa.
Reflex picking	Abrir un archivo con los picados del programa ReflexW.

Para que el programa funcione correctamente, el archivo de datos no debe contener:



- caracteres no convencionales para separar los registros en una línea (usar los caracteres TAB o SPACE)
- valores absurdos o no numéricos para los parámetros de las mediciones

Se recomienda que el número total de mediciones de un archivo no supere 100000 y que el número de posiciones únicas de fuentes/receptores no supere 5000. Todas las magnitudes geométricas deben expresarse en metros y los tiempos, en milisegundos.

Formato del archivo de datos principal ST

El programa ofrece un formato de datos universal que incluye información sobre las coordenadas de las fuentes de disparo y los receptores, las cotas de la topografía y los valores de las primeras llegadas y las amplitudes.

Los archivos en formato *.st pueden tener estructuras diferentes: pueden ser archivos de datos (la estructura de estos se describe a continuación) o archivos de proyecto (creados por el programa al guardar). El archivo de proyecto es binario y solo se puede leer con **ZondST2D**. Contiene toda la información utilizada durante el trabajo con el proyecto: datos observados, datos calculados, modelos, información a priori introducida, datos de otros métodos, etc.

Formato de datos de prueba del programa **ZondST2D data files** (extensión *.ST).

El archivo de datos se puede dividir en dos partes: 1) datos observados; 2) datos de topografía (si los hay).

Parte I del archivo de datos: Datos observados

La primera línea contiene las claves de control que indican al programa qué datos contiene cada columna.

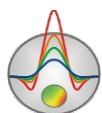
En **ZondST2D** se utilizan las siguientes denominaciones (claves) para las coordenadas de las fuentes y los receptores:

Fuentes **Sz Sy Sz** (del inglés Source)

Receptores **Rx Ry Rz** (del inglés Receiver)

Las coordenadas Y y Z se deben introducir cuando sea necesario, por ejemplo, al utilizar un sistema de observación en una tableta, sistemas de medición mixtos (pozo-superficie) o mediciones en zonas acuáticas.

Al introducir las coordenadas Z de las fuentes/receptores, se debe tener en cuenta que los valores positivos indican que la fuente/el receptor está por debajo de la superficie de medición (por ejemplo, en observaciones en pozo; véase la Fig. 29).



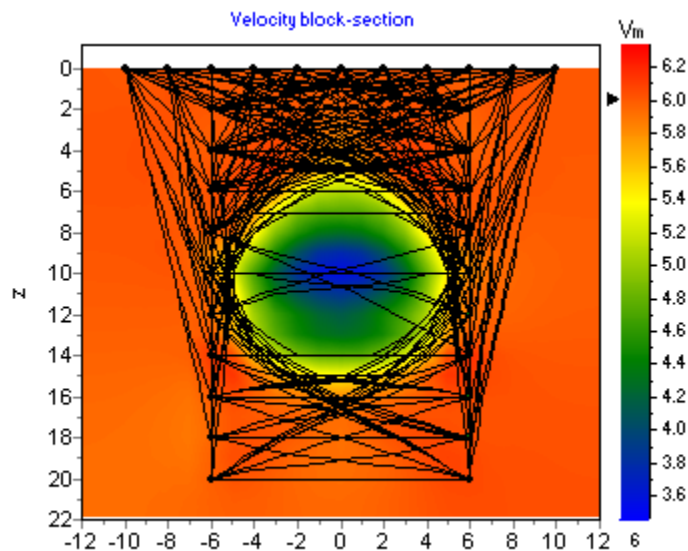


Fig. 29 Sistema de observación pozo-pozo, pozo-superficie, superficie-superficie

Las coordenadas negativas se utilizan en mediciones acuáticas o en pozos (en este caso, se considera que la superficie de medición es el fondo 0).

Para los valores medidos:

Tiempos de las primeras llegadas (ms) **ft**

El error, o peso de las mediciones, se especifica en la columna con la clave **Weight**, que define la calidad de las mediciones. Los pesos deben estar comprendidos entre cero y uno. Si no se dispone de información sobre los errores de medición (es decir, si no hay una columna con la clave **Weight**), el programa asigna automáticamente un peso de 1 a cada medición.

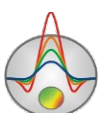
La segunda línea y las siguientes contienen los datos correspondientes a cada medición, escritos en el mismo orden que las claves de control de la primera línea.

A continuación, se introduce una columna con los nodos adicionales de la malla horizontal (si es necesario). La coordenada de cada nodo nuevo se introduce después del símbolo *******. Los nodos adicionales de la malla suelen añadirse para ampliar el área del modelo más allá de los receptores extremos del cable o cuando hay un relieve abrupto fuera del cable.

Parte II del archivo de datos: Datos de topografía

Si se dispone de datos de topografía, a continuación se incluye una línea con la palabra **topo** y, después, una lista de coordenadas y elevaciones del terreno. A los distintos métodos de especificación de la topografía corresponden las siguientes claves adicionales.

topo Esta clave se utiliza si las coordenadas de los receptores y del levantamiento topográfico están expresadas en proyecciones horizontales.



topo~ Reducción a un plano horizontal (Fig. 30). La curva topográfica se aproxima mediante una recta por el método de mínimos cuadrados y, a continuación, se gira junto con todos los puntos topográficos hasta que coincide con el eje horizontal. Este método se debe utilizar cuando los trabajos se realizan a lo largo de una pendiente y se conocen las cotas absolutas del terreno.

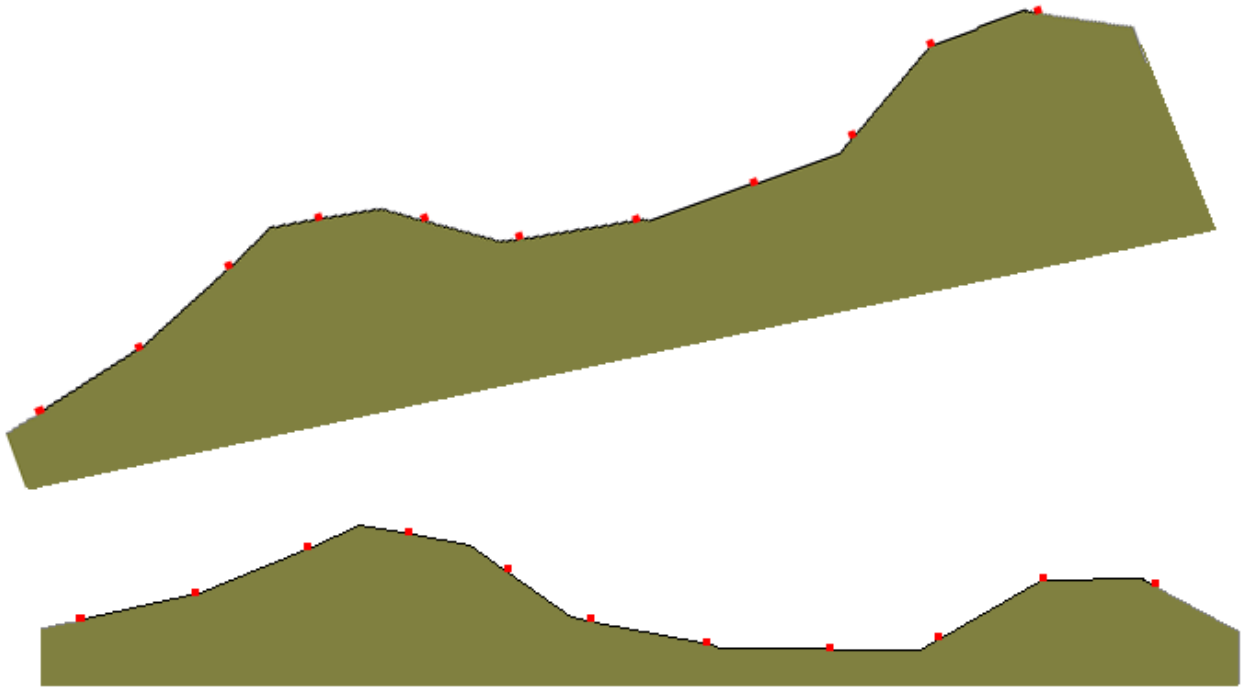


Fig. 30 Reducción de la topografía de una pendiente a un plano horizontal

topo# Especificación de las coordenadas del perfil por distancias (recorrido en «serpiente») (Fig. 31). En este caso, la coordenada horizontal de los receptores es la distancia a lo largo del cable, no la proyección X. Las coordenadas X de los receptores se recalculan a partir de las distancias. En la línea siguiente a la clave se debe especificar la correspondencia entre uno de los puntos de disparo/receptores **P** del cable y un punto de la topografía. La segunda entrada es la coordenada del receptor (en distancias) y la primera, la coordenada X correspondiente en la lista de elevaciones topográficas.

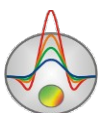
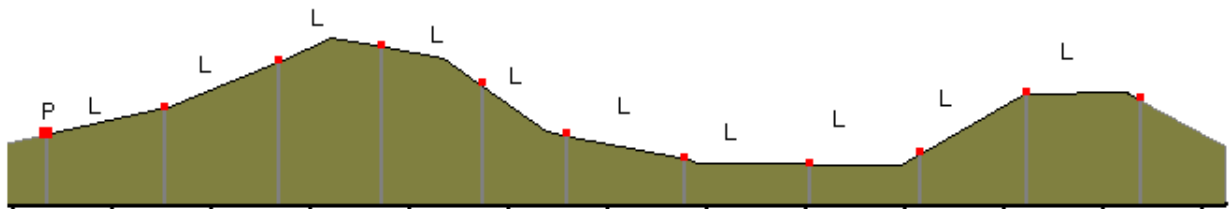


Fig. 31 **Posición de los receptores, con la distancia entre ellos ajustada a los cambios de la topografía (a lo largo del cable)**

topo^ Esta clave se necesita si los datos topográficos y las coordenadas de los receptores están expresados en distancias a lo largo del cable.

Las claves se pueden combinar; por ejemplo: **topo~#**.

topow – esta clave se utiliza para interpretar datos obtenidos en zonas acuáticas (en la superficie del agua y en el fondo). En este caso, se utiliza como topografía el perfil del fondo o el perfil del fondo que continúa en tierra (si se realizan mediciones mixtas) (Fig. 32). En la misma línea, separados por espacios, se deben indicar el nivel del agua (con respecto a las coordenadas del perfil del fondo especificadas a continuación, en el sistema de coordenadas en que se define la topografía), la velocidad en el agua y el número de subdivisiones adicionales de la capa de agua (3-10). Los dos últimos parámetros se pueden modificar mediante el menú de funciones de la ventana principal del programa. Se pueden especificar sistemas mixtos en los que las mediciones se realizan en el fondo y en la superficie de la capa de agua (zona de transición). Para ello, se deben introducir las coordenadas verticales de los receptores con respecto al nivel del perfil del fondo.

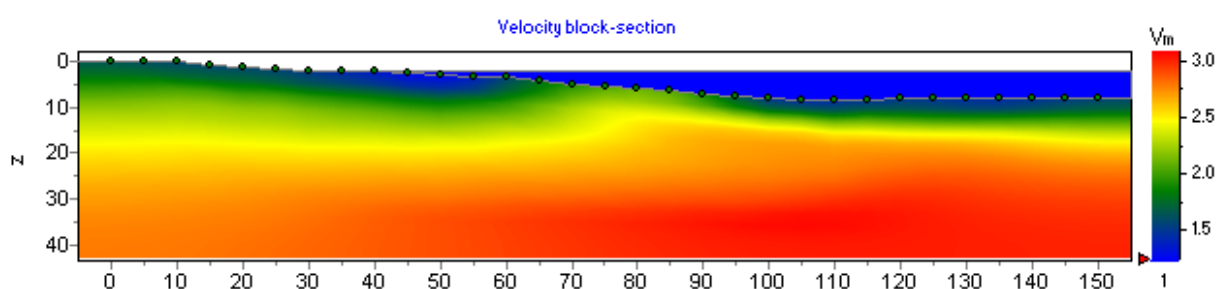


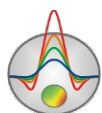
Fig. 32 **Sección de velocidades obtenida a partir de mediciones mixtas en tierra y en una zona acuática.**

topow* – en zonas acuáticas, esta clave simplifica la introducción de los datos topográficos cuando el cable está en la superficie del agua.

Creación de un sistema de observación sintético

El cuadro de diálogo para crear un sistema de observación sintético se abre mediante la opción de menú **File/Create synthetic survey** de la ventana principal del programa.

La ventana está dividida en tres partes: el gráfico de la geometría de las fuentes y los receptores (a la izquierda), la tabla de coordenadas de las fuentes y los receptores (arriba a la



derecha) y la tabla de la dromocrona actual (abajo a la derecha), que muestra la lista de pares de índices fuente-receptor (Fig. 33) de la dromocrona actual.

El gráfico muestra las posiciones únicas de las fuentes y los receptores, junto con sus índices. En él se seleccionan las fuentes y los receptores con el ratón. La fuente activa se muestra en rojo y los receptores del grupo actual, en azul.

La tabla de coordenadas contiene las coordenadas horizontales y verticales de las fuentes y los receptores, que se pueden editar. Al hacer clic derecho en una celda de la tabla, se puede definir un incremento de coordenada para todas las celdas siguientes.

La tabla de la dromocrona actual contiene los índices de la fuente y del grupo de receptores de la dromocrona activa, que se pueden editar. Si los índices se introducen incorrectamente, se resaltan en rojo. La forma más sencilla de definir el sistema de observación es mediante el botón

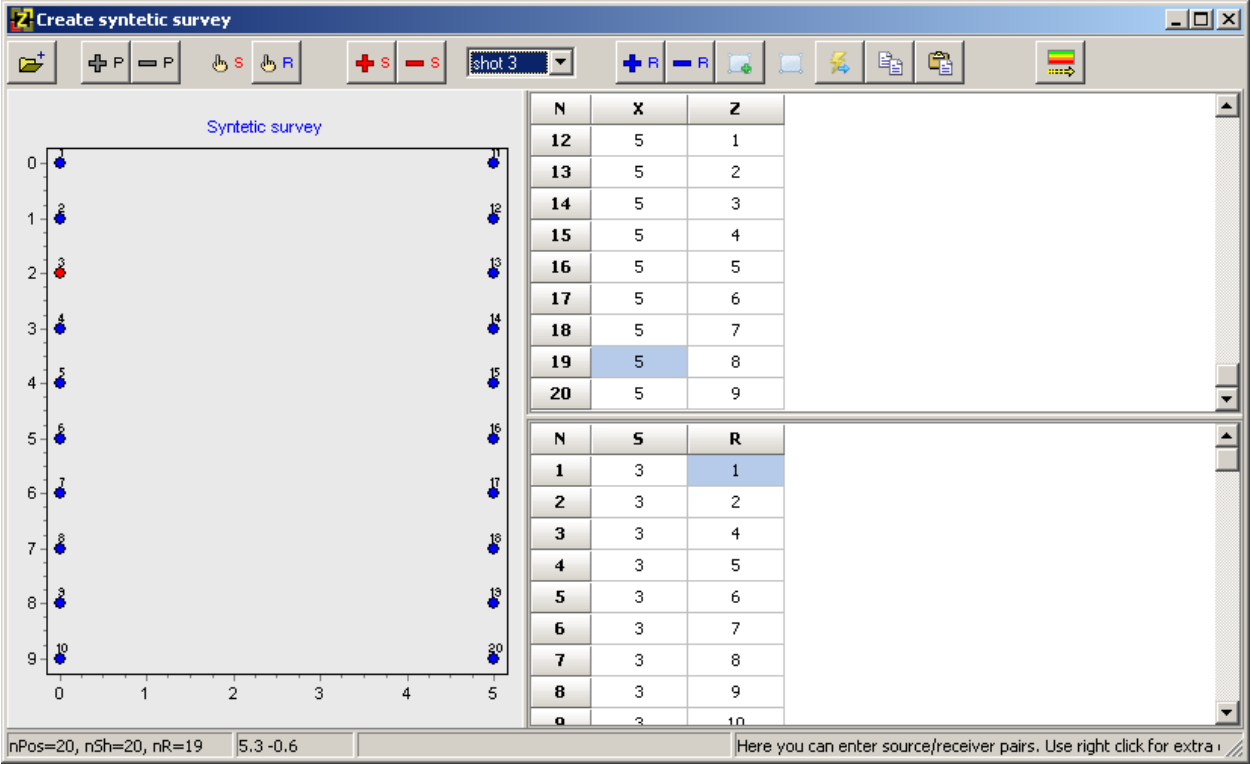
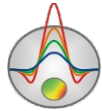


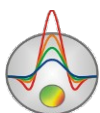
Fig. 33 Ventana del programa Create synthetic survey

La barra de herramientas permite acceder rápidamente a las funciones más utilizadas del programa. Contiene los siguientes botones funcionales (de izquierda a derecha):

	Abrir un archivo con las coordenadas de las fuentes/receptores.
	Guardar un archivo con las coordenadas de las fuentes/receptores



	Añadir una nueva posición de fuente/receptor. La nueva posición aparece en el gráfico de la izquierda de la ventana y sus coordenadas, en la tabla superior de la derecha. Es necesario pulsar muchas veces; en la barra de estado se muestra el número actual de posiciones.
	Eliminar la posición actual de fuente/receptor (de la tabla).
	Activar el modo de selección de la fuente actual. La posición de la fuente para la dromocrona actual se selecciona con el ratón en el gráfico de la izquierda. Después de seleccionar la fuente, el programa cambia al modo de selección de receptores.
	Activar el modo de selección del receptor actual. El receptor para la dromocrona actual se selecciona con el ratón en el gráfico de la izquierda. Si se selecciona manteniendo pulsada la tecla [SHIFT], se añade un nuevo par (fuente/receptor) a la tabla inferior; de lo contrario, se asigna una nueva posición al receptor actual.
	Añadir una nueva dromocrona. Después de añadirla, el programa cambia al modo de selección de receptores. La dromocrona actual se selecciona en la lista desplegable de la derecha.
	Eliminar la dromocrona actual.
	Lista desplegable para seleccionar la dromocrona actual.
	Añadir un par fuente/receptor a la dromocrona (a la tabla inferior).
	Eliminar el par fuente/receptor actual de la dromocrona.
	Seleccionar un grupo de posiciones de receptores que se añadirán a la dromocrona actual. La selección se realiza en el gráfico de la derecha con un rectángulo elástico trazado con el ratón.
	Seleccionar un grupo de posiciones de receptores que sustituirán la dromocrona actual. La selección se realiza en el gráfico de la derecha con un rectángulo elástico trazado con el ratón.
	Abrir el menú emergente de funciones para crear automáticamente un sistema de dromocronas. <i>Select all positions</i> – Seleccionar todas las posiciones excepto la de la fuente de la dromocrona. <i>Deselect all positions</i> – Eliminar todos los receptores de la dromocrona. <i>Create full array</i> – Crear un sistema de observación en el que haya una fuente en cada posición y cada fuente tenga un grupo formado por todos los demás



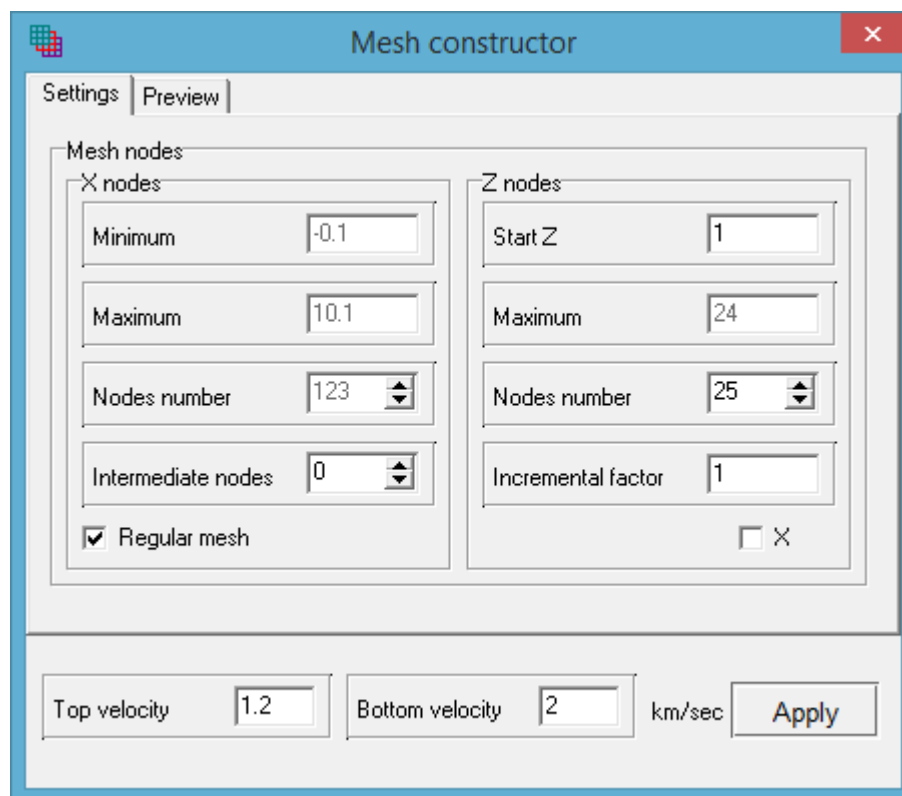
	receptores.
	Copiar los índices de los receptores de la dromocrona actual al portapapeles.
	Cargar los índices de los receptores del portapapeles en la dromocrona actual.
	Crear el sistema y pasar al modo de modelización.

Después de crear el sistema sintético de observación, se pulsa el botón  y aparece el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la malla.

Los resultados de la modelización se utilizan a menudo en la inversión para confirmar determinadas hipótesis. Para ello, se debe guardar el proyecto con los resultados de la modelización mediante el modo *Save model with calculated*, abrir el proyecto guardado de esta forma, borrar el modelo y realizar la inversión.

Cuadro de diálogo para configurar el modelo inicial

Después de cargar los datos desde un archivo (o desde la ventana **Trace editor**) o de crear un sistema de medición sintético, aparece el cuadro de diálogo para configurar la malla inicial del modelo. En él se pueden seleccionar los parámetros de la malla y el modelo de velocidad inicial del medio encajante. Este cuadro de diálogo también se puede abrir desde el menú principal del programa **Options/Mesh Constructor** (Fig. 34).



Mesh constructor

Settings | Preview

Mesh nodes

X nodes

Minimum: -0.1

Maximum: 10.1

Nodes number: 123

Intermediate nodes: 0

☒ Regular mesh

Z nodes

Start Z: 1

Maximum: 24

Nodes number: 25

Incremental factor: 1

☐ X

Top velocity: 1.2 Bottom velocity: 2 km/sec **Apply**

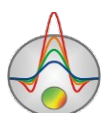


Fig. 34 **Ventana del cuadro de diálogo Mesh constructor, pestaña Settings**

El área **X nodes** contiene opciones que permiten definir los parámetros de la malla horizontal del modelo.

Minimum – indica la coordenada mínima del perfil de medición.

Maximum - indica la coordenada máxima del perfil de medición.

Nodes number – indica el número de nodos horizontales del modelo. Si se utiliza un sistema de observación con un solo pozo (es decir, una única coordenada x para todo el conjunto de datos), esta opción define el número de nodos adicionales a la izquierda y a la derecha del pozo.

Intermediate nodes – establece el número de nodos adicionales entre las posiciones únicas de las fuentes/receptores en el perfil (0 - 4). Si solo se definen 2 pozos verticales, se debe introducir un número mayor de nodos intermedios o un paso de discretización constante.

Regular mesh – activa el algoritmo de construcción de la malla horizontal, que selecciona los nodos adicionales para lograr una discretización uniforme. Se recomienda activar esta opción cuando las distancias entre fuentes/receptores adyacentes varían considerablemente. Al hacer clic derecho en el panel con la etiqueta **Regular mesh** se puede especificar el paso de discretización de las celdas a lo largo del eje X.

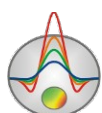
El área **Z nodes** contiene opciones que permiten definir los parámetros de la malla vertical del modelo. Para los sistemas de medición en superficie, el programa selecciona estos parámetros automáticamente de acuerdo con las reglas siguientes:

- La profundidad de la capa inferior corresponde a un tercio del offset máximo.
- El número de capas corresponde aproximadamente al número de offsets únicos del sistema de medición.
- El espesor de cada capa sucesiva es 1.05 veces mayor que el de la anterior.

Sin embargo, para muchos tipos de estudios, especialmente para la sísmica entre pozos, los parámetros deben configurarse manualmente.

Start Z – establece el espesor de la primera capa. Este valor debe aproximarse al tamaño de la celda y satisfacer los requisitos de resolución. Si se activa la opción **X** (para mediciones en pozos), indica la coordenada vertical mínima del modelo. Esta opción resulta útil cuando se necesita empezar la discretización a una profundidad determinada. En este caso, en lugar de *Start Z* se utiliza *Minimum*.

Maximum – indica la profundidad de la capa inferior. Debe tenerse en cuenta que la profundidad máxima no debe ser demasiado grande (para mediciones en superficie), ya que la profundidad de penetración de los rayos está limitada por el offset máximo y la geología. En las



mediciones entre pozos, este valor debe superar la profundidad del punto de disparo o receptor situado a mayor profundidad.

Nodes number – establece el número de capas del modelo. Para describir un modelo en trabajos en superficie, normalmente son suficientes entre 15 y 18 capas. Si se activa la opción **X**, indica el número de nodos verticales del modelo (se calcula a partir del número de posiciones únicas de fuentes y receptores en los pozos).

Incremental factor– establece la relación entre los espesores de capas adyacentes para un levantamiento en superficie (**X** desactivada). Los valores de este parámetro suelen estar entre 1 y 2. Si se activa la opción **X** (Intermediate nodes, variante entre pozos), determina el número de nodos verticales intermedios de la malla (entre fuentes y receptores).

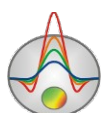
X – sitúa los nodos verticales de la malla del modelo en las posiciones de los receptores. Esta opción está disponible al interpretar datos de pozo.

Regular mesh – activa el algoritmo de construcción de la malla vertical, en el que los nodos adicionales se seleccionan para obtener una partición uniforme. Se recomienda activar esta opción cuando las distancias verticales entre fuentes o receptores adyacentes sean muy diferentes.

Top velocity – establece la velocidad de la capa superior del modelo inicial.

Bottom velocity – establece la velocidad de la capa inferior del modelo inicial. Las velocidades de las capas intermedias se obtienen mediante interpolación lineal entre la primera y la última.

En la pestaña **Preview** se muestra la malla prevista, sin tener en cuenta la topografía.



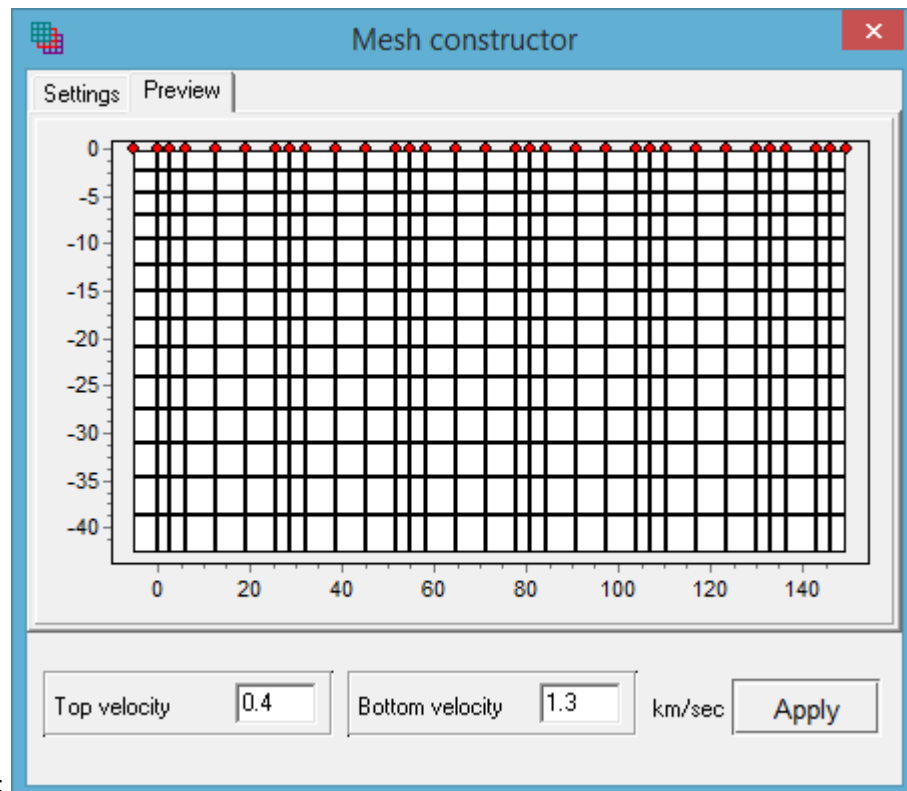


Fig. 35

Error:

Reference source not found Ventana de diálogo Mesh constructor, pestaña Preview

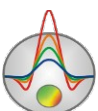
Una vez configurados los parámetros de la malla, se pulsa el botón [Apply], y el programa pasa al modo de trabajo.

La malla se puede corregir añadiendo o eliminando nodos intermedios y ajustando la altura o la anchura de las celdas mediante las opciones del editor del modelo.

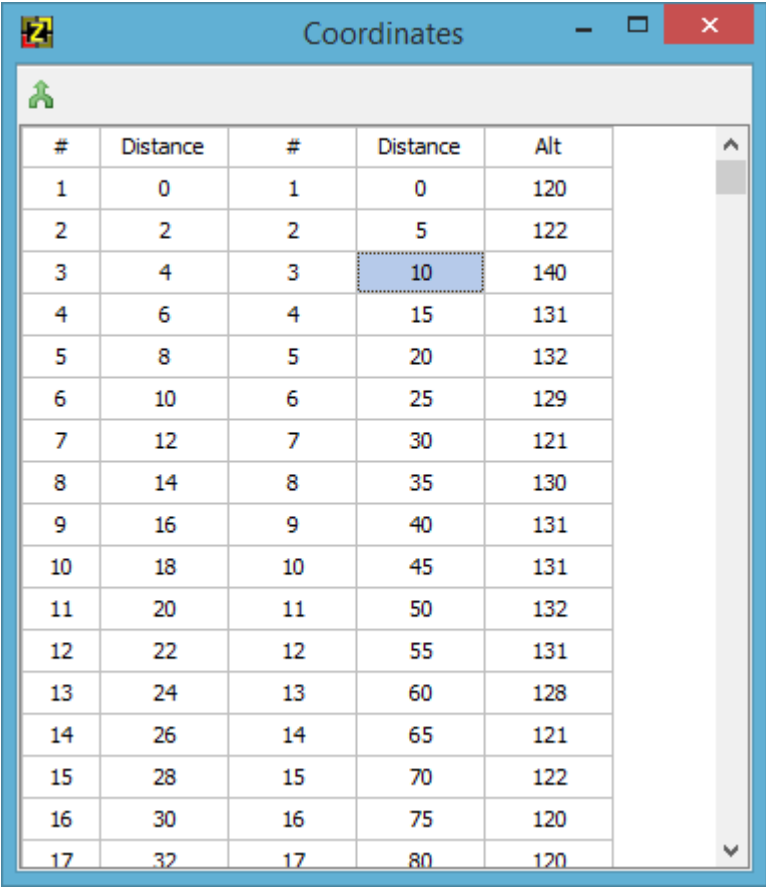
Introducción y edición de la información topográfica

En el programa **ZondST2D** se puede introducir la topografía de varias maneras: en el módulo **Trace editor** durante el picado, mediante la información del archivo de datos de entrada ST, con la opción de importación de información topográfica del menú principal **Options/Topography/Import topography** o copiando los datos de Excel en **Options / Topography / Edit topography**. También se puede introducir la topografía con el ratón.

La información topográfica se importa desde un archivo de texto que contiene dos columnas: distancia a lo largo del perfil y cotas de elevación. La opción **Options/Topography/Import topography** abre una tabla en cuyas columnas se carga la información del archivo de texto seleccionado (Fig. 36). En los encabezados de las columnas correspondientes, se debe seleccionar



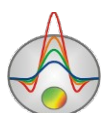
Distance/X y Alt (para ello, en la primera fila se selecciona el encabezado de la columna en la lista). La introducción de la información topográfica se completa pulsando el botón .



#	Distance	#	Distance	Alt
1	0	1	0	120
2	2	2	5	122
3	4	3	10	140
4	6	4	15	131
5	8	5	20	132
6	10	6	25	129
7	12	7	30	121
8	14	8	35	130
9	16	9	40	131
10	18	10	45	131
11	20	11	50	132
12	22	12	55	131
13	24	13	60	128
14	26	14	65	121
15	28	15	70	122
16	30	16	75	120
17	32	17	80	120

Fig. 36 **Tabla de importación de información topográfica**

La opción de menú **Options/Topography/Edit topography** abre un diálogo que permite editar mediante una tabla la información topográfica contenida en el archivo de datos original o importada al proyecto. Los datos topográficos se pueden copiar desde una hoja de cálculo de Excel. Si se activa la opción X, la coordenada horizontal no se recalcula en función del perfil de elevaciones. La opción XY permite introducir las coordenadas XY reales de cada fuente o receptor (para perfiles curvilíneos), que se utilizarán al mostrar la sección en 3D.



Topography editor

#	cable pos, m	Altitude
1	0	222
2	2	221
3	4	223.5
4	6	223
5	8	223
6	10	222.1
7	12	224
8	14	225.3
9	16	224.1
10	18	222
11	20	221
12	22	221.1
13	24	221.2
14	26	222
15	28	223.2
16	30	222.1

☐ Fixed X
 ☐ XY

OK

Fig. 37 **Diálogo de edición de información topográfica**

El modo de añadir topografía con el ratón puede resultar útil para realizar pruebas (ya que es demasiado aproximado). Se activa mediante la opción de menú *set by mouse*. El proceso de introducción de la topografía es similar al de definición de límites a priori.

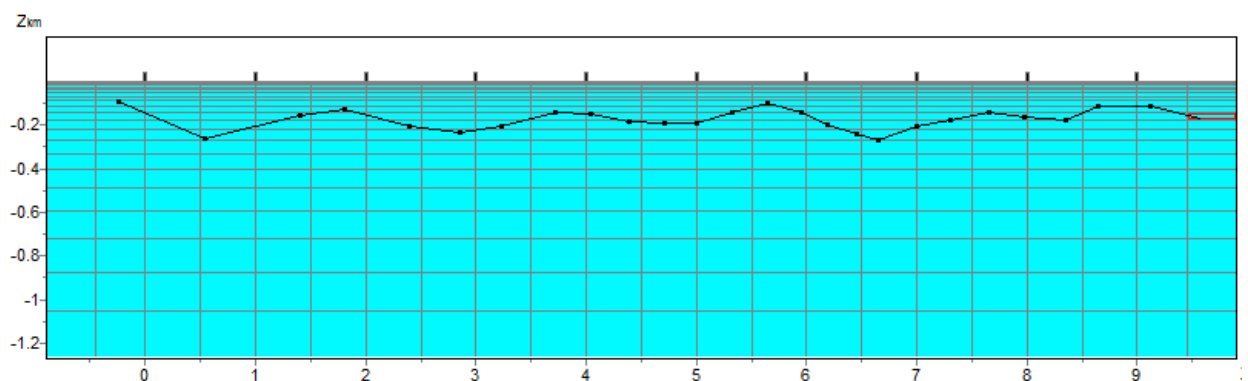
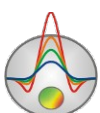


Fig. 38 **Ejemplo de sección en el modo de adición de topografía con el ratón**

El coeficiente de deformación de la topografía con la profundidad (0-5) se puede especificar en el menú **Option/Topography/Topo coefficient**. 0: la topografía de cada capa sucesiva repite



la de la capa anterior. 1: la topografía se aplanar con la profundidad; la última capa es plana (Fig. 39). La profundidad deformada se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$z^{\square}(x, z) = \text{Topo}(x) + z \cdot \left(1 + \frac{\max(\text{Topo}) - \text{Topo}(x)}{\max(z)} \cdot \text{Tcoeff} \right),$$

donde *Topo* es la elevación de la topografía, *z* es la profundidad desde la superficie.

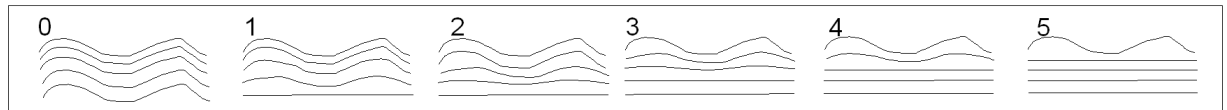


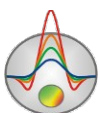
Fig. 39 **Deformación de las capas del modelo para valores del parámetro Topo coefficient entre 1 y 5**

Métodos de visualización de datos

Panel de gráficos

El panel de gráficos sirve para mostrar, en forma de gráficos a lo largo del perfil, los valores de las dromocronas de las primeras llegadas **Options/Data/First break times** y de las velocidades aparentes **Options/Data/Apparent velocity**. En el modo Attenuation se muestran gráficos de amplitud.

En el menú principal del programa, **Options/Data** se puede seleccionar el tipo de gráfico: las dromocronas **Travel time curves** (Fig. 40A) o los gráficos para un offset determinado **Iso S-R spacings** (Fig. 40B).



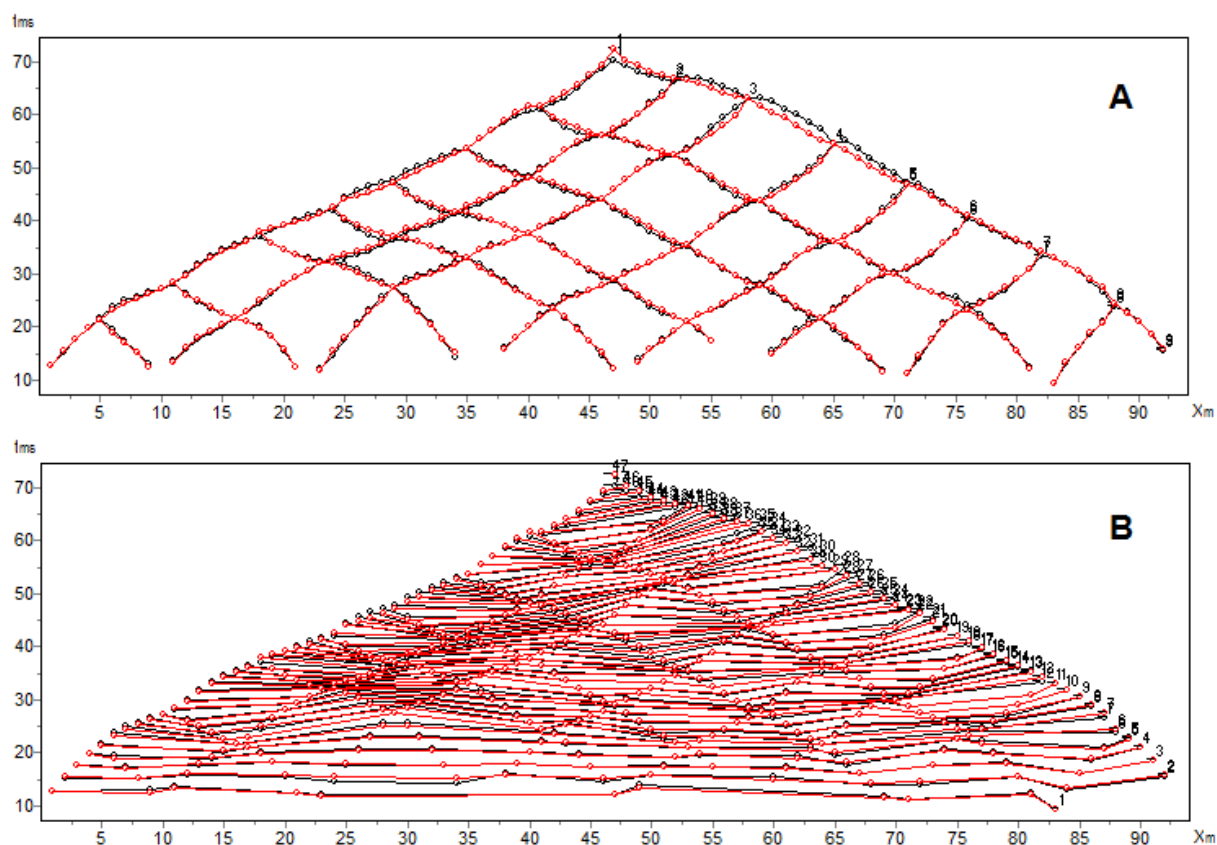


Fig. 40 Paneles de gráficos: «A» - Travel time curves, «B» - Iso S-R spacings

La manipulación del plan de gráficos se realiza con el ratón:

La ampliación de una zona concreta o su desplazamiento se realiza en el modo con el botón pulsado (herramienta «rectángulo elástico»). Para seleccionar la zona que se desea ampliar, se mueve el cursor del ratón hacia abajo y a la derecha, manteniendo pulsado el botón izquierdo (Fig. 41A). Para volver a la escala inicial, se realizan las mismas acciones, pero se mueve el ratón hacia arriba y a la izquierda (Fig. 41B).

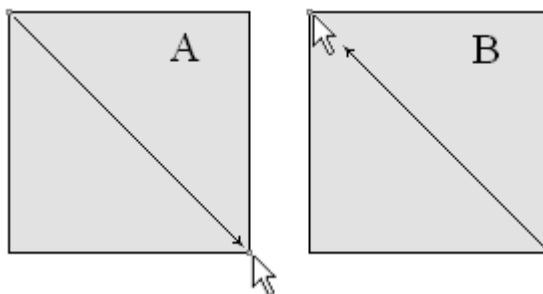
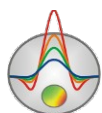


Fig. 41 Dirección del movimiento del ratón al cambiar la escala.

Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón en un punto del gráfico, se ocultan los demás gráficos y se muestran las posiciones de las fuentes/receptores correspondientes al punto activo



(hasta que se suelte el botón del ratón). Los valores medidos se editan arrastrando el punto del gráfico con el botón derecho pulsado.

Para seleccionar un gráfico y eliminar los demás, se hace clic con el ratón en la leyenda mientras se mantiene pulsada la tecla [SHIFT]. Al volver a hacer clic, se invierte la operación. Para desplazarse por los gráficos, se utiliza la rueda del ratón. Para ello, se deben seleccionar varios gráficos contiguos en la leyenda y girar la rueda del ratón con el cursor situado sobre la leyenda. Los índices de los gráficos activos irán cambiando. Al hacer clic con el botón derecho del ratón en un punto del gráfico, la medición se selecciona en la tabla (si el editor de tablas está activo).

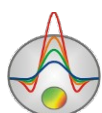
El diálogo de configuración de gráficos se abre desde el menú principal [Options/Graphics/Observed\(Calculated\) graphics](#).

En el modo de visualización de datos en forma de gráficos, es posible eliminar mediciones determinadas o asignarles pesos. Para eliminarlas, se hace clic con el botón central del ratón en los puntos; para cambiar el peso, se utilizan los botones izquierdo y derecho. Estas acciones deben realizarse con la tecla ALT pulsada. El área de selección se muestra como un círculo cuyo tamaño se regula con la rueda del ratón. Para editar valores individuales de los gráficos, se utiliza el botón izquierdo del ratón con la tecla CTRL pulsada.

Al hacer clic con el botón derecho del ratón en un eje mientras se mantiene pulsada la tecla [SHIFT], aparece un menú emergente que permite abrir el diálogo de configuración de los parámetros de dicho objeto.

Funciones adicionales para visualizar los datos de medición

En el menú principal del módulo de inversión **Options/Data** están disponibles las siguientes funciones: *Survey pseudosection* y *Velocity offset plot*, destinadas al análisis adicional de los datos de entrada. Al seleccionar la función *Survey pseudosection* se abre una ventana adicional Survey scheme (Fig. 42), que contiene una pseudosección de velocidades aparentes.

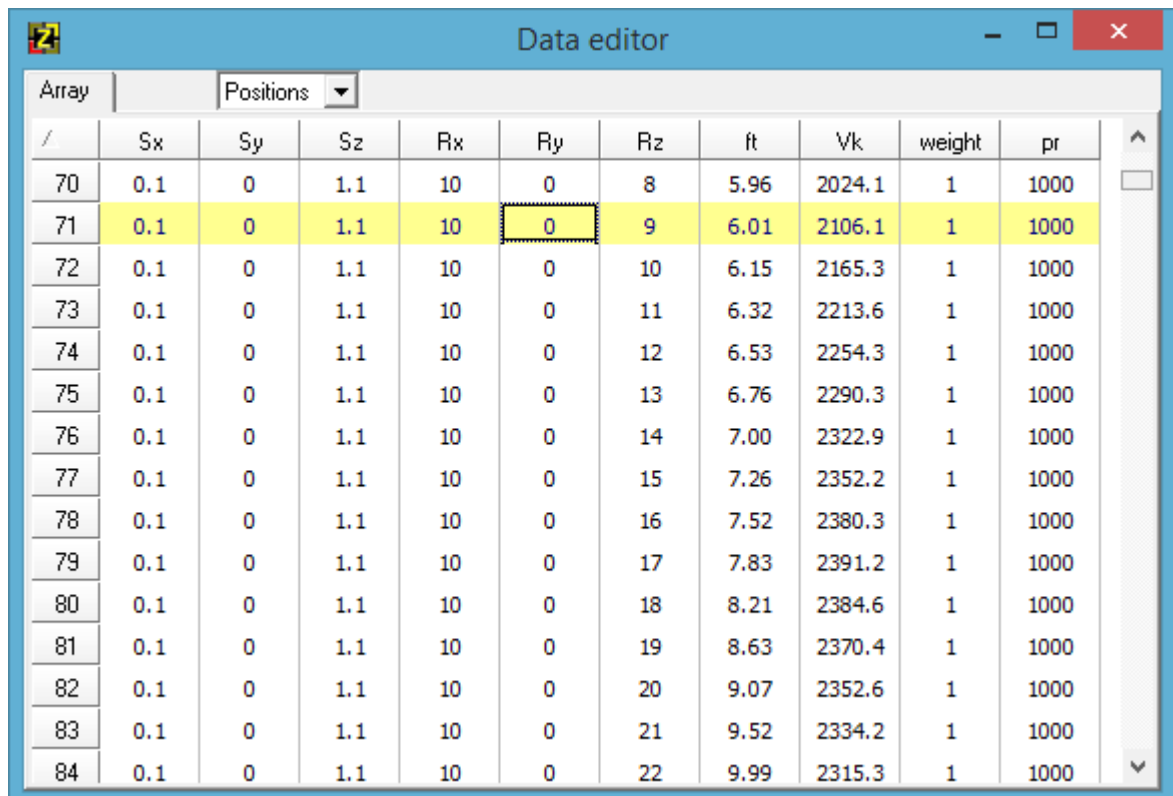


Editor de mediciones (Data editor)

El editor de mediciones se abre con el botón  y sirve para presentar en forma de tabla el sistema de observación y los valores medidos (Fig. 44). La tabla contiene 10 columnas:

Sx	Coordenada X* de la fuente.
Sy	Coordenada Y de la fuente.
Sz	Profundidad de la fuente.
Rx	Coordenada X* del receptor.
Ry	Coordenada Y del receptor.
Rz	Profundidad del receptor.
ft	Tiempo de las primeras llegadas.
Vk	Velocidad aparente de propagación de las ondas P.
pr	Índice del perfil de medición.
Weight	Peso de la medición.

* - mediante el cambio de la opción *Coordinates/Positions* situada sobre la tabla, las posiciones de los receptores y las fuentes pueden mostrarse en esta ventana en las coordenadas originales (distancias) incluidas en el archivo de datos (modo *Coordinates*) o en las proyecciones horizontales calculadas (modo *Positions*).



The screenshot shows the 'Data editor' window with a dropdown menu set to 'Positions'. The table contains 12 columns: Array, Sx, Sy, Sz, Rx, Ry, Rz, ft, Vk, weight, and pr. The data is organized into rows numbered 70 to 84. Row 71 is highlighted in yellow, and the cell containing '0' in the Ry column is also highlighted with a black border.

Array	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz	ft	Vk	weight	pr
70	0.1	0	1.1	10	0	8	5.96	2024.1	1	1000
71	0.1	0	1.1	10	0	9	6.01	2106.1	1	1000
72	0.1	0	1.1	10	0	10	6.15	2165.3	1	1000
73	0.1	0	1.1	10	0	11	6.32	2213.6	1	1000
74	0.1	0	1.1	10	0	12	6.53	2254.3	1	1000
75	0.1	0	1.1	10	0	13	6.76	2290.3	1	1000
76	0.1	0	1.1	10	0	14	7.00	2322.9	1	1000
77	0.1	0	1.1	10	0	15	7.26	2352.2	1	1000
78	0.1	0	1.1	10	0	16	7.52	2380.3	1	1000
79	0.1	0	1.1	10	0	17	7.83	2391.2	1	1000
80	0.1	0	1.1	10	0	18	8.21	2384.6	1	1000
81	0.1	0	1.1	10	0	19	8.63	2370.4	1	1000
82	0.1	0	1.1	10	0	20	9.07	2352.6	1	1000
83	0.1	0	1.1	10	0	21	9.52	2334.2	1	1000
84	0.1	0	1.1	10	0	22	9.99	2315.3	1	1000

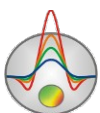


Fig. 44 Ventana de diálogo Data editor

Las tres columnas penúltimas pueden editarse con el teclado, si es necesario. No se deben introducir valores absurdos para los tiempos de las primeras llegadas. Los pesos de las mediciones se asignan en el intervalo de 0 a 1.

Al mover el cursor por la tabla, las posiciones de la fuente y el receptor de la medición activa se muestran en el plan de gráficos y en el modelo.

Si está activada la opción **Options/Data/Ray paths** en la ventana del modelo, los rayos solo se muestran para la posición actual de la fuente en la tabla (Fig. 45).

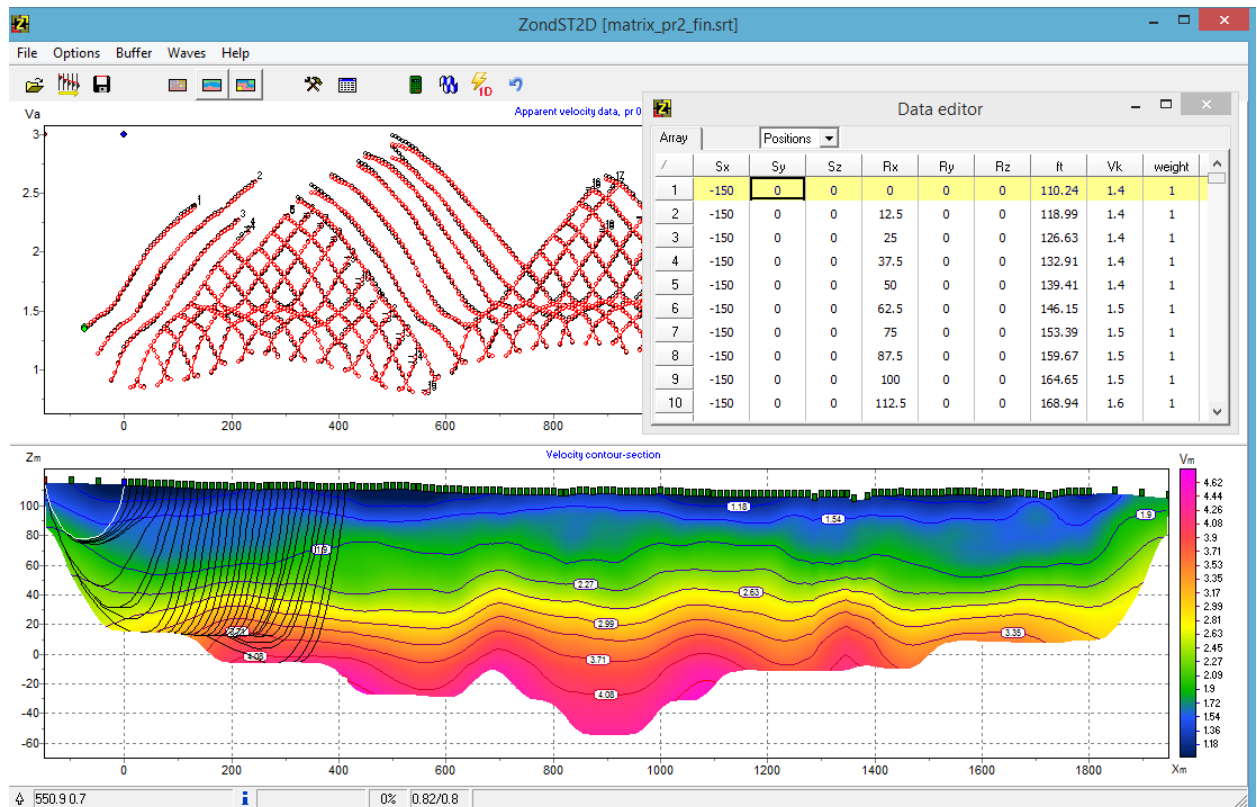
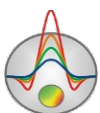


Fig. 45 Visualización de las trayectorias de rayos en la ventana de trabajo del programa mediante el diálogo Data editor

Al seleccionar la opción **Options/Extra/Display t0 map** se abre automáticamente el diálogo Data Editor. Tras los cálculos, se muestra en el modelo un mapa de isolíneas t0 para la fuente seleccionada en la tabla. Las isolíneas se configuran con el botón  de la barra superior de la ventana.



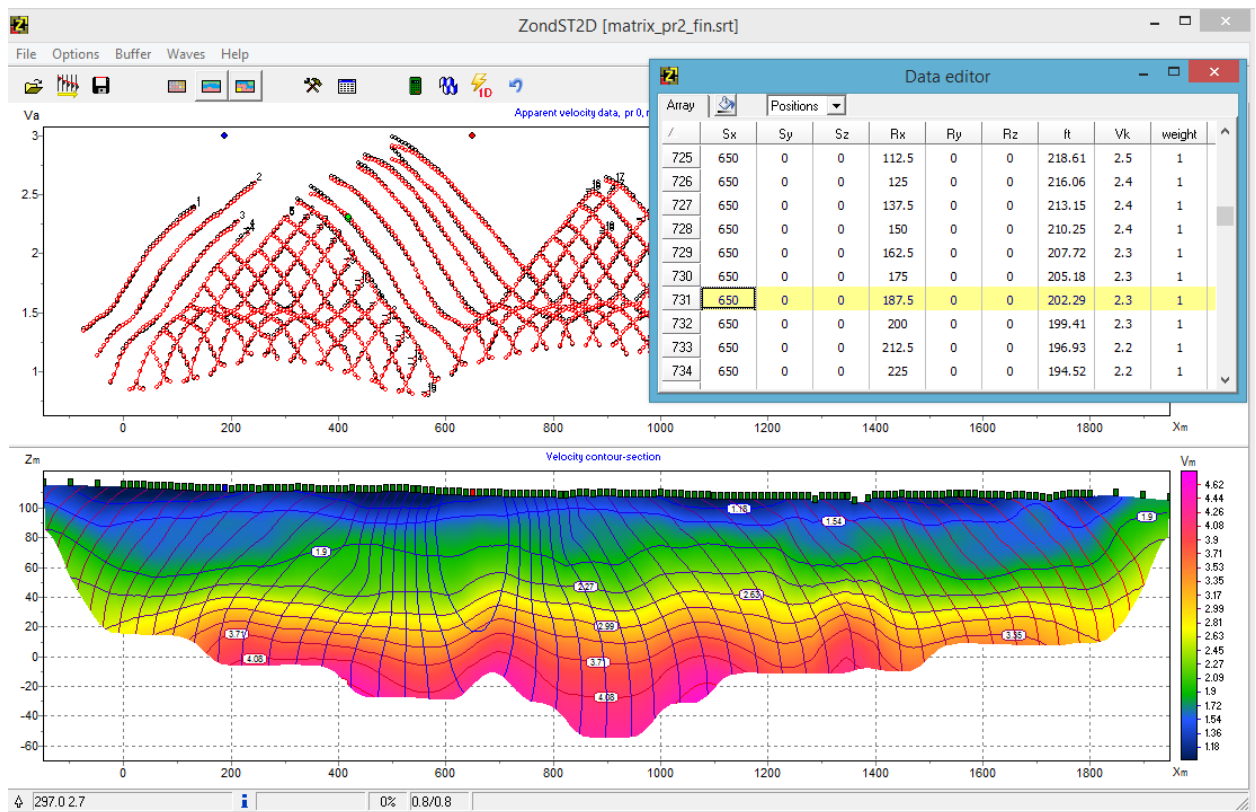
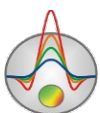


Fig. 46 Visualización del mapa de isolíneas t_0 para la fuente seleccionada en la tabla

Modos de visualización del modelo de malla

El modelo se puede mostrar como celdas **Options/Model/Block-section** (Fig. 47A), con una paleta de interpolación suave **Options/Model/Smooth-section** o como una sección de contornos **Options/Model/Contour-section** (Fig. 47C).



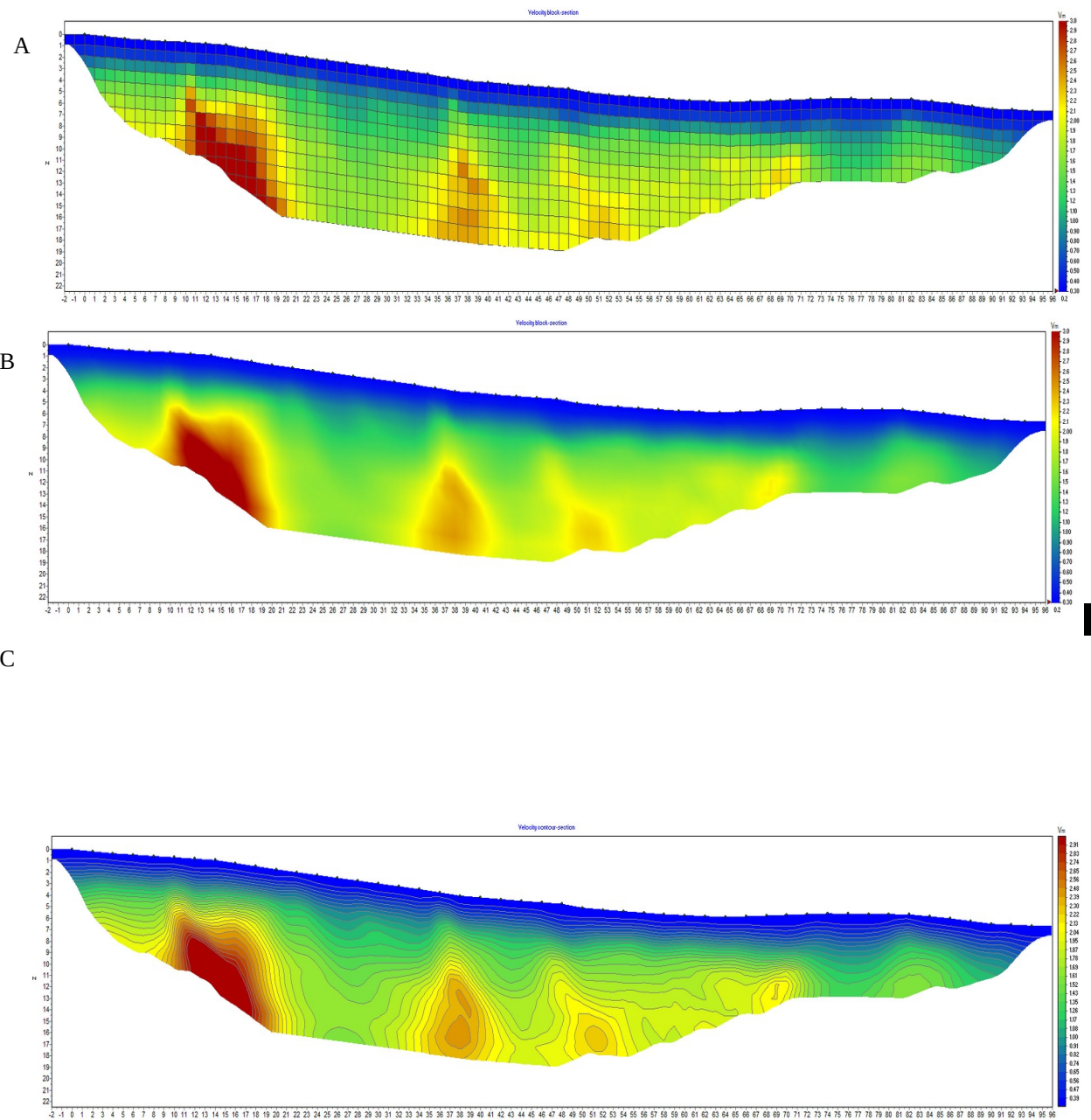
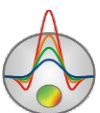


Fig. 47 Opciones de visualización del modelo: Block-section (A), Smooth-section (B), Contour-section (C)

Una herramienta útil es la opción *Create shaded map*, que permite mostrar el modelo actual como un mapa de relieve sombreado (Fig. 48).



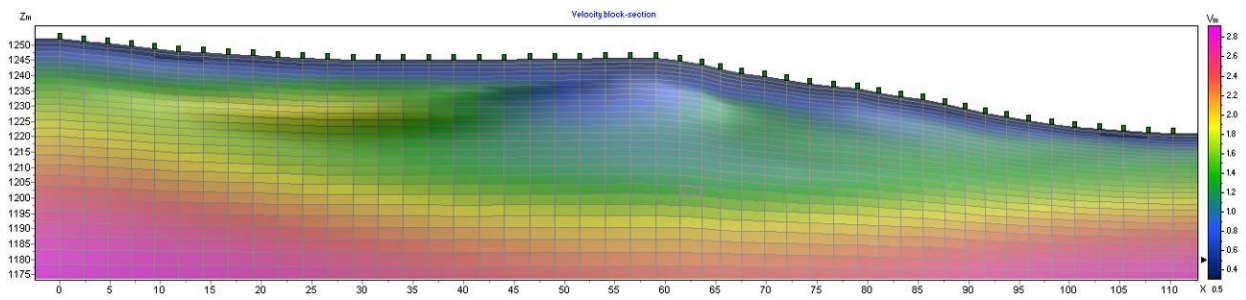
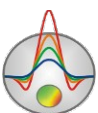


Fig. 48 Visualización del modelo como mapa de relieve sombreado

Al mover el cursor del ratón por las ventanas creadas durante el trabajo con el programa, en la sección izquierda de la barra de estado de la ventana principal se muestran las coordenadas correspondientes a los ejes propios de esa sección.

Las posibilidades adicionales del programa dependen del modo de visualización seleccionado. La modelización matemática debe realizarse en el modo **Block-section**. La distribución de la sensibilidad integral se muestra en el modo de sección de contorno (**Contour-section**) mediante la opción **Option/Model/Sensitivity** (Fig.47C). En este mismo modo, la opción **Option/Model/dVelocity** permite calcular y mostrar el modelo del gradiente completo de velocidades (Fig.47B).

La fiabilidad de la determinación de las velocidades en una zona determinada del modelo se evalúa según la densidad de las trayectorias de rayos. La opción **Data/Ray paths/Calculated** permite mostrar el esquema de las trayectorias de rayos calculadas para este modelo. La opción **Options/Model/Cut bay rays** permite ocultar las zonas del modelo por las que no pasan trayectorias de rayos como resultado de la inversión (Fig.47A).



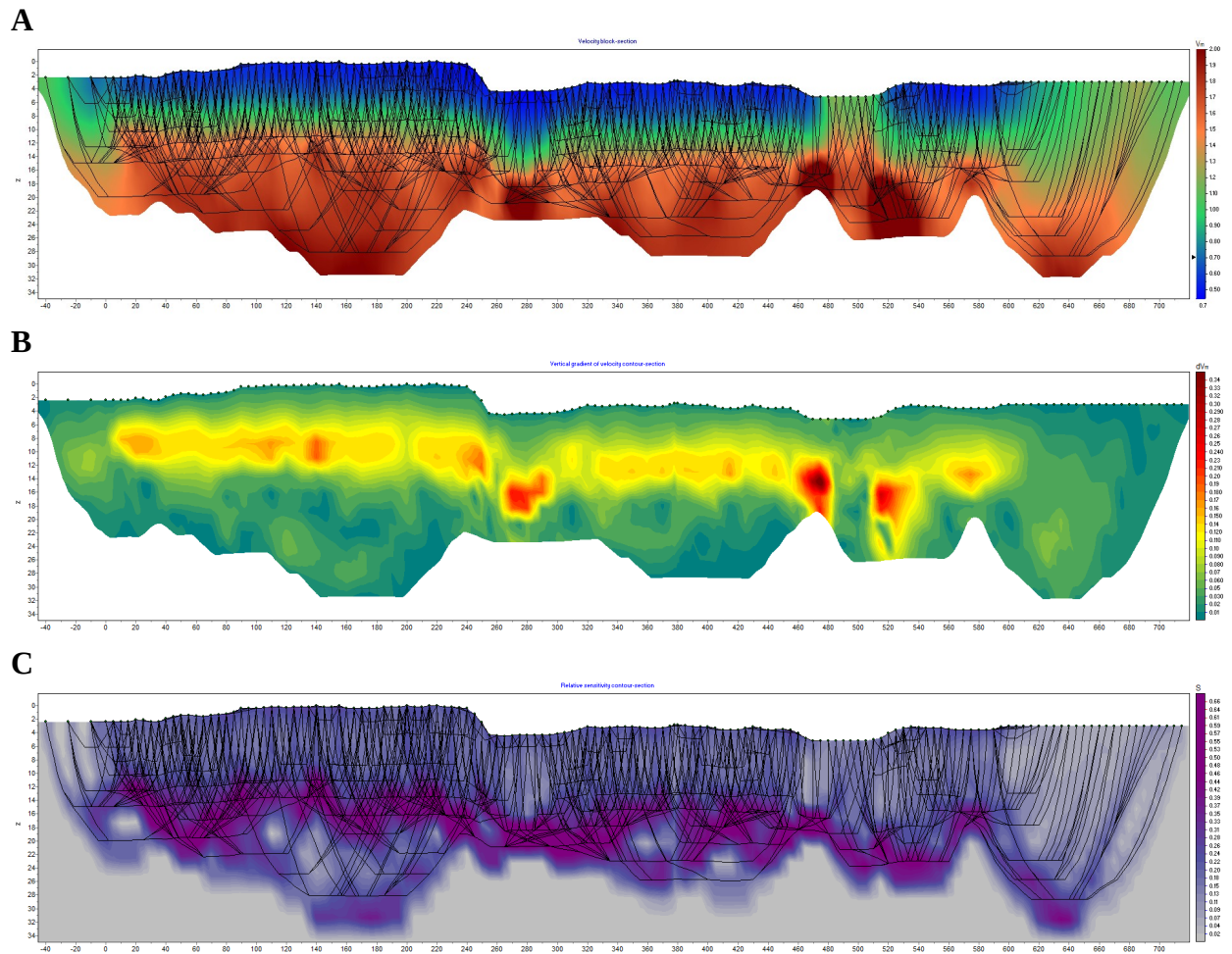


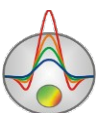
Fig. 49 Modelo de velocidades con las trayectorias de rayos calculadas (A), limitado a la zona cubierta por los rayos; modelo del gradiente completo de velocidades (B); distribución de la sensibilidad integral para este modelo (C)

Modelización

La *modelización* es un proceso importante previo a los trabajos de campo. Permite seleccionar los parámetros óptimos del sistema de medición para resolver el problema geológico planteado. Con información a priori sobre el objeto de estudio, el intérprete puede modelizar distintas situaciones geológicas y planificar los trabajos geofísicos.

Editor de modelos de malla

El medio de velocidades se crea en el editor de modelos, la sección gráfica inferior de la ventana del programa en el modo **Block-Section**. El editor de modelos permite modificar con el



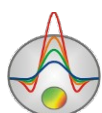
ratón los parámetros de celdas individuales del modelo. A la derecha del área de edición se encuentra la escala de colores, que relaciona el color con el valor de velocidad. Para seleccionar el valor actual, haga clic con el botón derecho del ratón en la escala; el valor se muestra debajo de la escala de colores.

El trabajo con las celdas del modelo es similar a la edición de una imagen rasterizada en un editor gráfico. Al mover el cursor por el área del modelo, la barra de estado inferior de la ventana principal muestra las coordenadas y los parámetros de la celda activa sobre la que se encuentra el cursor. La celda activa está rodeada por un rectángulo que actúa como cursor. La celda seleccionada o fijada se marca con un tramado de puntos blancos o negros. Al hacer doble clic en los ejes vertical y horizontal, o clic derecho en el área del editor de modelos, aparecen opciones que permiten editar la malla creada mediante el cuadro de diálogo **Mesh constructor**.

Eje vertical	Set maximum	Establecer el valor de profundidad de la capa inferior.
	Redivide	Establecer el mismo espesor para todas las capas del modelo (a esta escala).
	Thick mesh	Eliminar uno de cada dos nodos de la malla vertical.
	Thin mesh	Añadir nodos intermedios a la malla vertical.
Eje horizontal	Redivide	Establecer el mismo ancho para las celdas situadas entre posiciones únicas de los electrodos.
	Thick mesh	Eliminar uno de cada dos nodos de la malla horizontal (si no hay ningún electrodo en ese nodo).
	Thin mesh	Añadir nodos intermedios a la malla horizontal.

Al hacer clic derecho en el área de edición del modelo, aparece un menú contextual con las siguientes opciones:

Display cell setup	Abrir el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la celda.
Cell to cursor value	Usar el parámetro de la celda activa como valor actual.
Edit mode	Activar el modo de edición.
Selection\Free form selection	Seleccionar con el ratón un conjunto de celdas dentro del área de edición. El área tiene los límites definidos por el usuario.



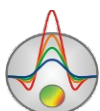
Selection\Rectangular selection	Seleccionar con el ratón un conjunto de celdas dentro del área de edición. El área tiene forma rectangular.
Selection\Elleptical selection	Seleccionar con el ratón un conjunto de celdas dentro del área de edición. El área tiene forma elíptica.
Selection\Magic wand	Seleccionar con el ratón un conjunto de celdas dentro del área de edición. Se seleccionan la celda activa y las celdas contiguas cuyos parámetros son similares al suyo. El grado de similitud se define en el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del modelo.
Selection\Remove selection	Eliminar la selección.
Mesh options\Add column /row	Añadir un nuevo límite vertical u horizontal. El nuevo límite aparece al hacer clic con el ratón en el lugar seleccionado.
Mesh options\Remove column /row	Eliminar el límite vertical u horizontal seleccionado.
Mesh options\Resize column /row	Cambiar con el ratón el espesor de una fila o el ancho de una columna.
Clear model	Borrar el modelo actual.
Clear parameters	Borrar los parámetros actuales.

Trabajo con el modelo

El trabajo se realiza con el ratón:

Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón en una celda, su parámetro cambia al valor actual.

Para ampliar una zona concreta o desplazarla, utilice el modo Zoom&Scroll con el botón pulsado. Para seleccionar la zona que desea ampliar, mueva el cursor del ratón hacia abajo y a la derecha mientras mantiene pulsado el botón izquierdo. Para volver a la escala inicial, realice la misma acción, pero mueva el ratón hacia arriba y a la izquierda.



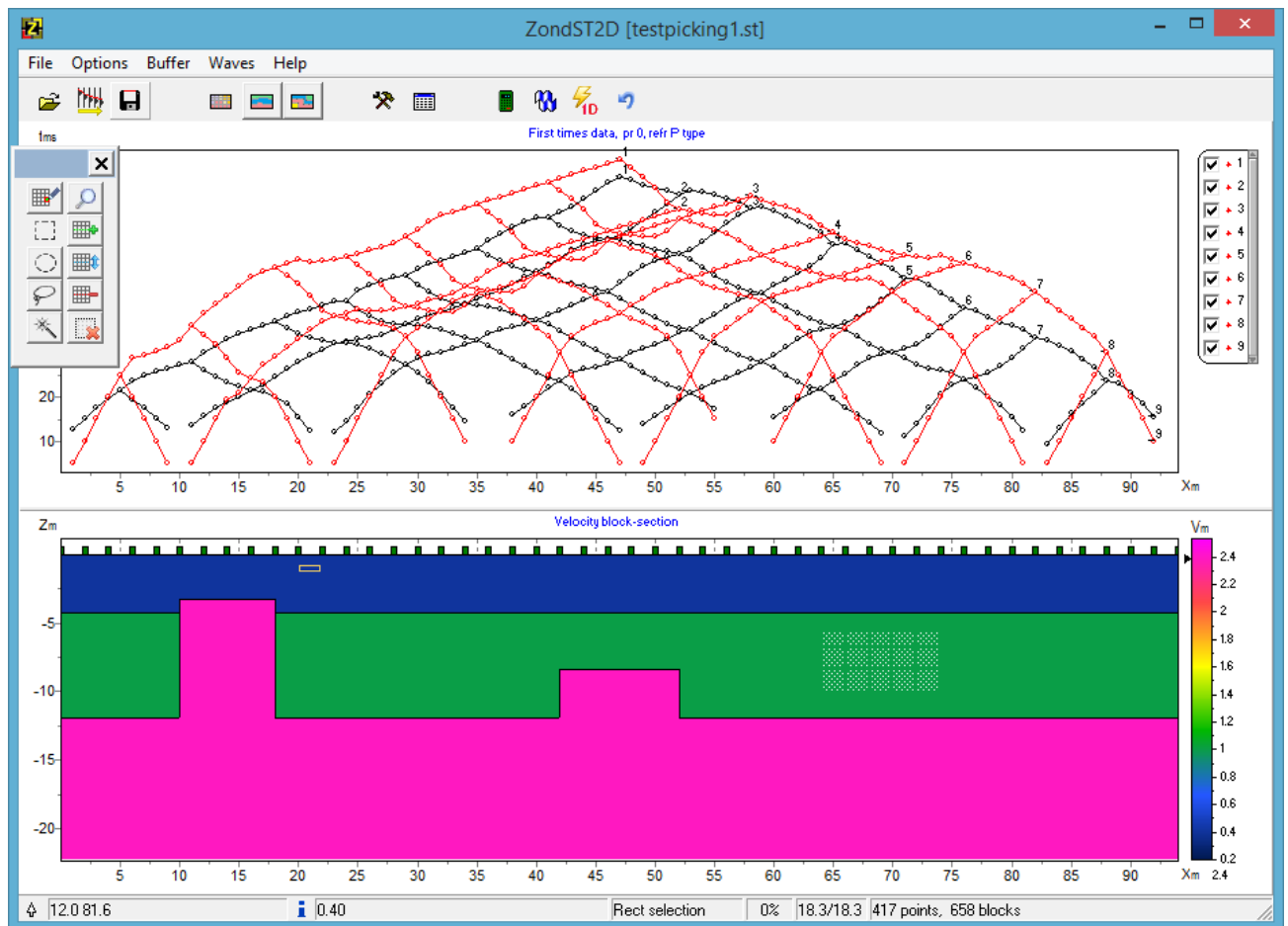
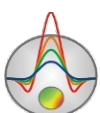


Fig. 50 Ventana del programa en el modo de modelización

Para crear modelos rápidamente, el programa ofrece varios modos de selección de celdas: rectangular, elíptica, de forma libre y por un valor determinado del parámetro. Las opciones correspondientes se abren haciendo clic derecho en el área de edición del modelo.

Al hacer clic en una celda con el botón izquierdo del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla [SHIFT], aumenta su parámetro. Al hacer clic en una celda con el botón derecho del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla [SHIF], disminuye su parámetro. El porcentaje de cambio del valor se define en el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del modelo. Si la celda activa pertenece a una selección, todas las operaciones descritas se aplican a toda la selección.

Al hacer clic con el ratón mientras se mantiene pulsada la tecla [CTRL], se puede desplazar con el ratón el conjunto de celdas seleccionado dentro del área de edición. Al desplazar la selección con el botón izquierdo del ratón pulsado, el contenido de las celdas seleccionadas se copia en una nueva ubicación. Al desplazar la selección con el botón derecho del ratón pulsado, el contenido de las celdas seleccionadas se corta y se copia en una nueva ubicación.

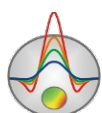


También se pueden asignar valores del parámetro a las celdas seleccionadas mediante el diálogo de configuración de parámetros de celda **Cell setup** (Fig.51).

Además, se puede utilizar la opción **Options/Model/Model editor toolbar**. Al seleccionar esta opción, aparece la barra de herramientas de edición del modelo:

	Activar el modo de edición del modelo.
	Activar el modo de zoom del modelo.
	Seleccionar con el ratón un conjunto de celdas dentro del área de edición. El área tiene forma rectangular.
	Añadir un nuevo límite vertical u horizontal. El nuevo límite aparece al hacer clic con el ratón en el lugar seleccionado.
	Seleccionar con el ratón un conjunto de celdas dentro del área de edición. El área tiene forma elíptica.
	Cambiar con el ratón el espesor de una fila o el ancho de una columna.
	Seleccionar con el ratón un conjunto de celdas dentro del área de edición. El área tiene los límites definidos por el usuario.
	Eliminar el límite vertical u horizontal seleccionado.
	Seleccionar con el ratón un conjunto de celdas dentro del área de edición. Se seleccionan la celda activa y las celdas adyacentes cuyos parámetros son próximos al parámetro de esta. El grado de proximidad se establece en el diálogo de configuración de parámetros del modelo.
	Anular la selección

Diálogo de configuración de parámetros de celda



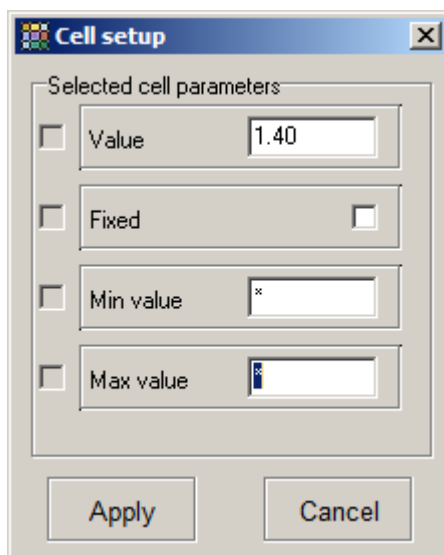


Fig. 51 Ventana de diálogo Cell setup

El diálogo permite seleccionar los parámetros de una celda o de un conjunto de celdas seleccionadas.

Value – establece el valor del parámetro de la celda.

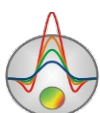
Fixed – fija o libera el parámetro de la celda.

Min value, *Max value* – define el intervalo de variación del parámetro de la celda.

Se seleccionan las casillas situadas a la izquierda de cada opción si se desea aplicar el nuevo valor a todas las celdas seleccionadas.

Para calcular la respuesta de los parámetros aparentes a partir del modelo de velocidad especificado (resolver el problema directo) se debe pulsar el botón  de la barra de herramientas. Al hacer clic con el botón derecho del ratón en distintas áreas del editor del modelo, aparecen menús contextuales con las siguientes opciones:

Área superior	Display model mesh	Indica si se debe mostrar la malla.
	Display objects border	Indica si se debe mostrar el límite del objeto.
	Display color bar	Indica si se debe mostrar la escala de colores.
	Setup	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros del modelo.
	Zoom&Scroll	Activar el modo de lupa y desplazamiento.
	Print preview	Imprimir el modelo.



Escala de colores	Setup	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros de la escala.
	Set range	Establecer el valor mínimo de la escala de colores.
	Automatic	Determinar automáticamente los valores mínimo y máximo de la escala de colores.
	Log scale	Establecer una escala logarítmica para la escala de colores.
	Set halfspace value	Definir los parámetros del medio encajante.
	Set cursor value	Establecer el valor actual del parámetro.
	Color as histogram	Ajustar la escala de colores según el histograma de distribución de los parámetros del modelo.

Modelización poligonal

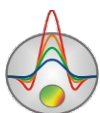
El modo de modelización poligonal está pensado para crear rápidamente una sección formada por cuerpos poligonales. La descripción poligonal del modelo del medio permite representarlo de forma más estructurada y gestionar fácilmente sus elementos.

Para pasar al modo de modelización poligonal, se debe pulsar el botón  de la barra de herramientas. Antes de comenzar la modelización, se debe seleccionar la imagen de fondo sobre la que se construirá el modelo. Esto resulta práctico al crear un modelo a partir de los resultados de la inversión. En este caso, es preferible reconstruir previamente la sección en la representación *Contour-section*. Si la modelización se realiza «desde cero», después de pasar al modo de modelización es preferible utilizar la opción *Remove background* del menú principal del programa.

Cada vez que se modifican los parámetros del modelo, se pueden recalcular los valores de las dromocronas sintéticas. Para deshacer la última acción, se utiliza el botón . Cabe señalar que el grado de ajuste del modelo poligonal depende de la densidad de la malla de la imagen de fondo del modelo. Cuanto más densa sea la malla, más precisos serán los resultados.

Dos opciones útiles para intercambiar datos entre el modelo poligonal y el modelo de malla:

Get values from mesh – esta opción puede utilizarse al crear un modelo a partir de los resultados de la inversión en un modelo de malla. Justo antes de utilizar la opción, se trazan los contornos de los cuerpos poligonales (se pueden crear polígonos directamente siguiendo las



isolíneas de la imagen de fondo de la malla). A continuación, se determinan los parámetros de los objetos a partir de los valores medios de las celdas incluidas en el polígono.

Set values to mesh – esta opción puede resultar útil al utilizar los datos de modelización en la inversión. La opción incorpora los parámetros de los polígonos al modelo de malla.

La creación y edición de polígonos se realiza mediante la barra de herramientas que aparece al pulsar el botón .

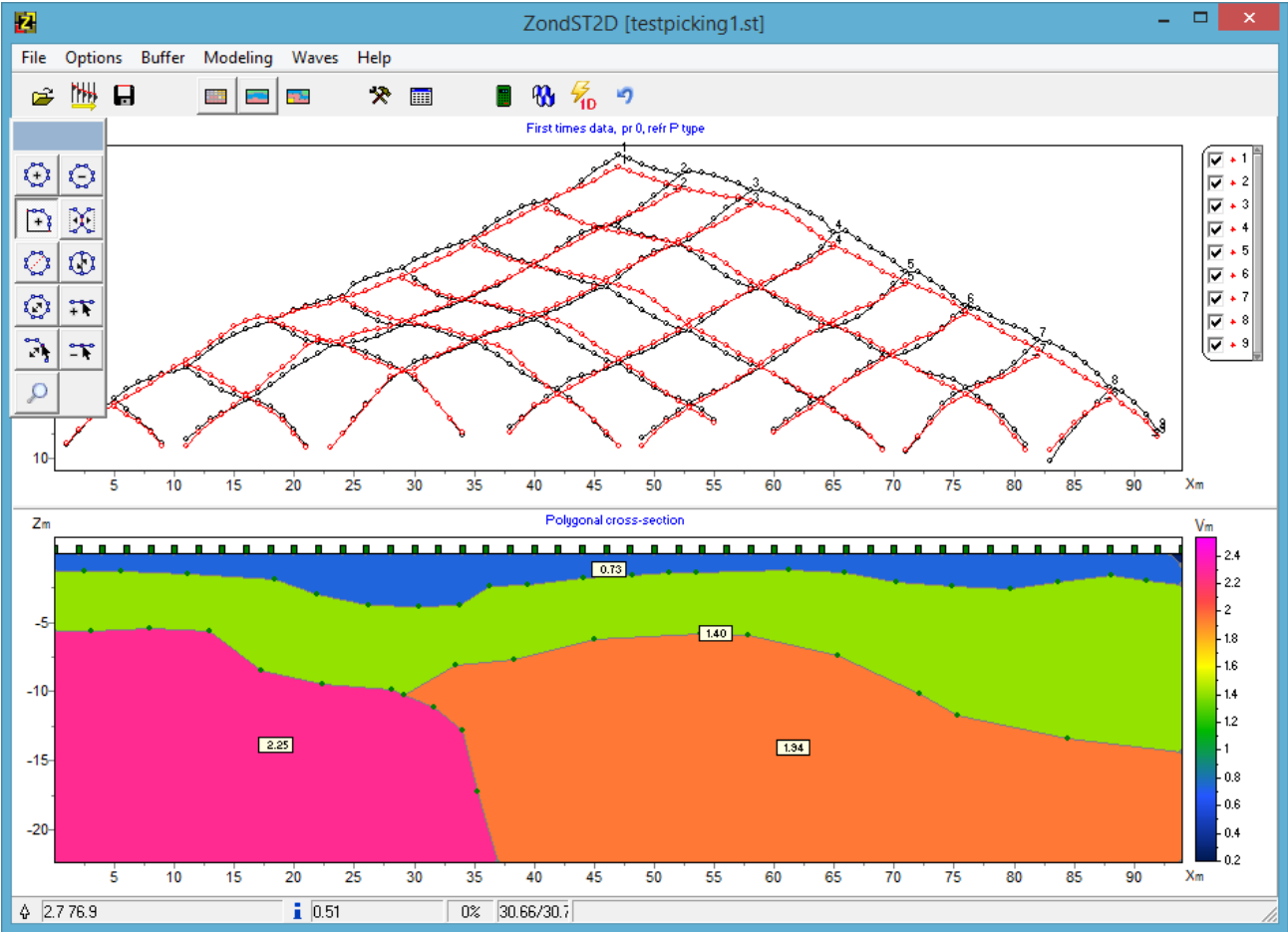
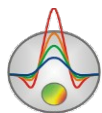


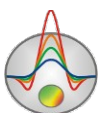
Fig. 52 Ejemplo de modelo en el modo de modelización poligonal

El modo de modelización poligonal permite describir tanto polígonos individuales (cuerpos) en un medio encajante homogéneo como un sistema de polígonos (cuerpos) conectados entre sí. Para crear y editar un polígono, se debe seleccionar la herramienta correspondiente en la barra de herramientas de modelización poligonal:

Herramienta	Opción
	Crear un polígono. Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón, se añade un nuevo nodo al contorno del polígono. El trazado del contorno del polígono



	finaliza al hacer clic con el botón derecho del ratón; a continuación, el polígono se cierra automáticamente.
	Eliminar un polígono. Tras seleccionar la herramienta, se hace clic con el botón derecho del ratón en el polígono que se desea eliminar.
	Crear un polígono adyacente a un polígono existente o al límite del área de modelización. Tras seleccionar esta herramienta, se debe definir el límite que no es adyacente al polígono existente. El primer y el último punto del límite definido deben pertenecer al límite de un cuerpo adyacente o al límite del área de modelización. La definición del límite finaliza al hacer clic con el botón derecho del ratón. El programa seleccionará automáticamente el límite adyacente o propondrá elegirlo mediante un diálogo (si hay dos opciones posibles).
	Separar polígonos adyacentes. Si con la herramienta anterior se ha creado un modelo que contiene polígonos adyacentes, esta herramienta permite separarlos para poder modificar sus límites, desplazarlos o eliminarlos de forma independiente. Tras seleccionar la herramienta, se selecciona con el botón izquierdo del ratón el polígono que se desea separar (un solo clic en cualquier punto del polígono; sus límites cambian de color). Al hacer clic con el botón derecho del ratón, finaliza el procedimiento de separación.
	Dividir un polígono mediante una línea recta (crear dos polígonos a partir de uno). Con el botón izquierdo del ratón se indica el primer punto de la línea y, a continuación, con el botón derecho, el segundo. Ambos puntos deben estar en el límite del polígono que se va a dividir.
	Mover un polígono. Para seleccionar el polígono, se hace clic con el botón izquierdo del ratón. Al mover el ratón, el polígono se desplaza. La posición del polígono se fija haciendo clic con el botón derecho.
	Mover una parte del polígono.
	Añadir un nodo. Se hace clic con el botón derecho del ratón en el punto del límite donde se desea añadir el nodo.
	Eliminar un nodo. Se hace clic con el botón derecho del ratón en el nodo que se desea eliminar.
	Mover un nodo. Para seleccionar el nodo, se hace clic con el botón izquierdo del ratón; se mueve arrastrando el ratón y se finaliza el movimiento haciendo clic



	con el botón derecho.
	Lupa. Permite cambiar la escala de visualización del modelo.

Al trabajar con las herramientas de modelización poligonal, se debe tener en cuenta que **todas las operaciones finalizan haciendo clic con el botón derecho del ratón.**

Para cambiar los parámetros de un polígono, haga doble clic con el botón izquierdo del ratón en cualquiera de sus puntos. Se abrirá el cuadro de diálogo **Body parameters** (véase la figura siguiente).

Cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del polígono

Este cuadro de diálogo se utiliza para configurar diversos parámetros de los polígonos y se abre haciendo doble clic en el polígono correspondiente.

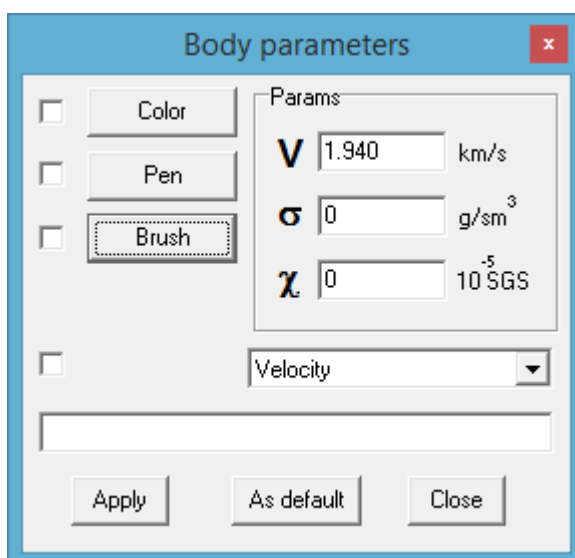
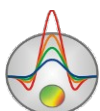


Fig. 53 **Cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del polígono**

Color – abre el cuadro de diálogo para seleccionar el color de relleno del polígono. Si la opción está activada, el color seleccionado se utilizará en todos los polígonos del modelo.

Pen – abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros del límite del polígono. Si la opción está activada, los parámetros seleccionados se utilizarán en todos los polígonos del modelo.

Brush – abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros del relleno del polígono. Si la opción está activada, los parámetros seleccionados se utilizarán en todos los polígonos del modelo.



Gradient – abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros del relleno degradado del polígono. Si la opción está activada, los parámetros seleccionados se utilizarán en todos los polígonos del modelo.

V- establece el valor de velocidad del polígono

σ – establece el valor de densidad del polígono.

χ – establece el valor de susceptibilidad magnética del polígono.

La opción siguiente define el tipo de etiqueta que se muestra en el polígono. Si la opción está activada, el tipo seleccionado se utilizará en todos los polígonos del modelo.

El valor *None* – no se mostrará ninguna etiqueta en el polígono.

El valor *Velocity* – se mostrará en el polígono el valor de su densidad.

El valor *All* – se mostrarán en el polígono los valores de velocidad, densidad y susceptibilidad magnética.

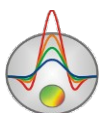
El valor *User text* – se mostrará en el polígono el valor del campo situado debajo. La opción siguiente define el tipo de etiqueta que se muestra en el polígono. Si la opción está activada, el tipo seleccionado se utilizará en todos los polígonos del modelo.

Los modelos poligonales se pueden guardar y cargar mediante las opciones **Save polygons** y **Load polygons** del menú **Modeling** de la barra de herramientas principal. La opción **Export model to CAD** permite exportar el modelo poligonal a un archivo en formato Autocad dxf.

Para calcular el problema directo a partir del modelo creado, haga clic en el botón  de la barra de herramientas o pulse la tecla espacio.

Para aumentar la precisión del cálculo del problema directo, se recomienda utilizar una malla de discretización más detallada. En particular, una vez creado el modelo poligonal, se puede cambiar al modo de bloques mediante el botón  y utilizar la opción **Thin mesh** en la configuración de cada eje. A continuación, vuelva al modo de modelización poligonal y haga clic en . Después, el problema directo se calculará con una malla de discretización más detallada.

El modo Polygonal modeling se puede utilizar para la interpretación conjunta de datos de prospección sísmica y gravimétricos y/o magnetométricos. En este caso, la parte común es la estructura poligonal; es decir, puesto que la estructura es fija, los parámetros se invierten por separado. El ajuste de las velocidades de los polígonos se inicia con el botón , y para la inversión de datos gravimétricos y magnéticos se utiliza la opción: *Options/GraviMagnetic/Inversion*.



Inversión de datos de campo

Cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de inversión

El cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de inversión se puede abrir mediante el botón  o la opción de menú **Option/Program setup**.

El cuadro de diálogo permite configurar los parámetros relacionados con la resolución del problema directo e inverso.

La pestaña **General** permite configurar los parámetros de inversión (Fig. 54).

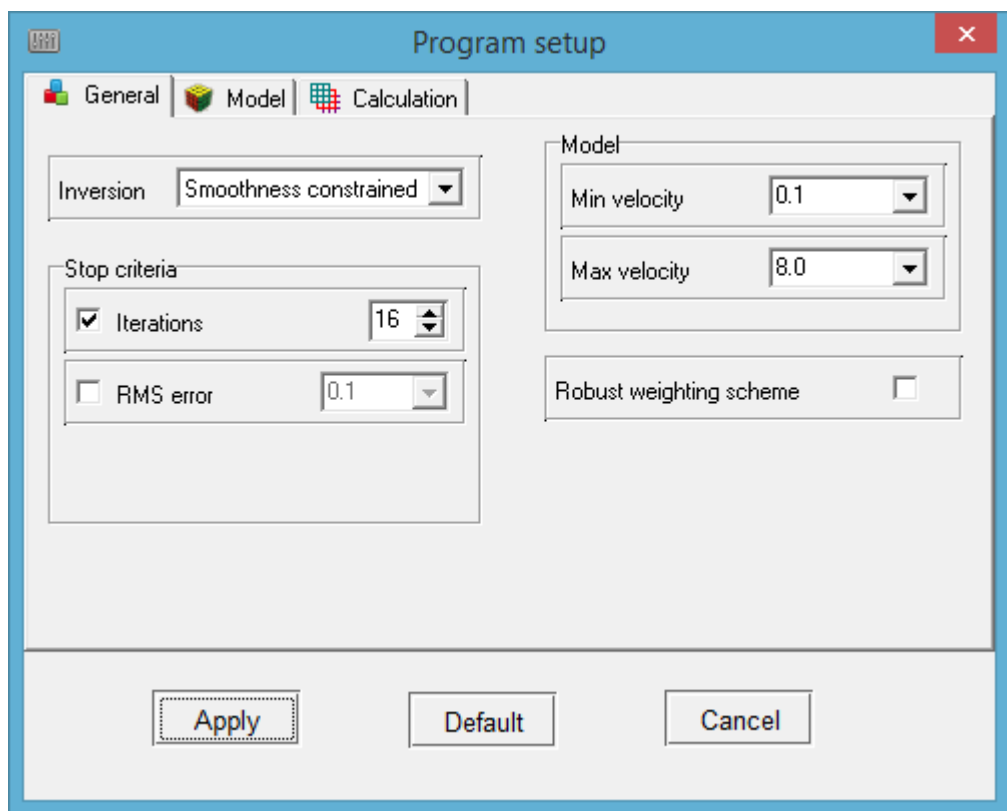
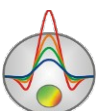


Fig. 54 Cuadro de diálogo Program setup, pestaña General

La opción *Inversion* determina el algoritmo utilizado para resolver el problema inverso.

A continuación se examinan distintos algoritmos de inversión utilizando como ejemplo un modelo del medio formado por varios bloques (Fig. 55).

La distribución del parámetro en el modelo de prueba difiere de la distribución de velocidades de las ondas elásticas que se encuentra habitualmente en los medios, pero permite demostrar claramente las diferencias entre los algoritmos de inversión.



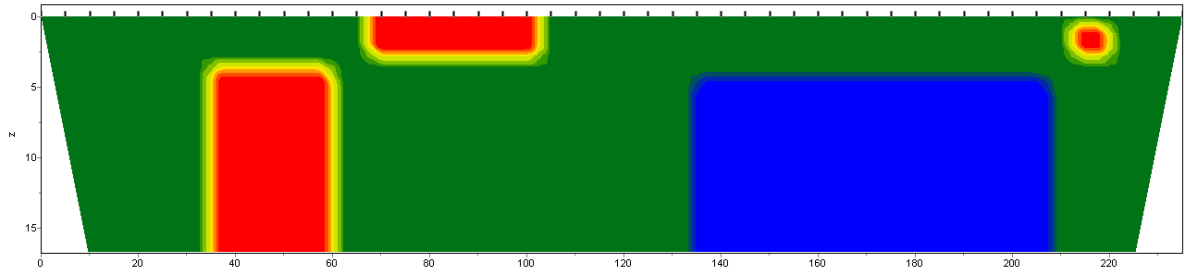


Fig. 55 **Modelo de prueba del medio**

Para probar los algoritmos, calcularemos la respuesta teórica de este modelo y le añadiremos ruido gaussiano del 5 %.

Smoothness constrained – inversión mediante el método de mínimos cuadrados con un operador de suavizado. Este algoritmo produce una distribución de parámetros suave (sin límites abruptos) y estable (Fig. 56).

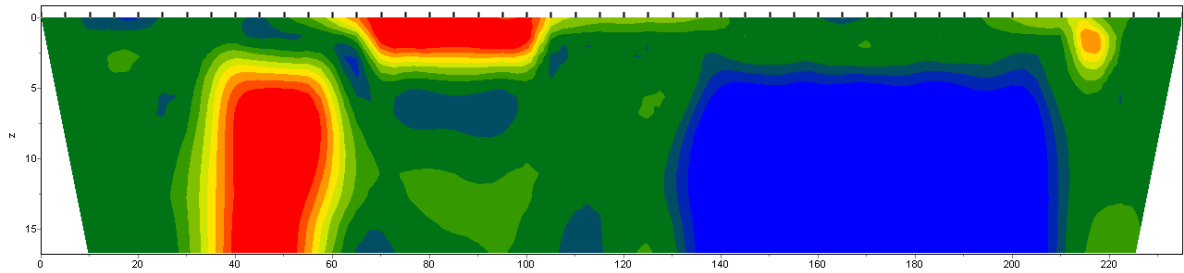


Fig. 56 **Modelo reconstruido como resultado de la inversión *Smoothness constrained***

La ecuación matricial para esta variante de inversión es la siguiente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

Como se observa en la ecuación, durante la inversión no se minimiza el contraste del modelo. Este algoritmo permite alcanzar valores mínimos del error de ajuste. Se recomienda utilizarlo, en la mayoría de los casos, en las etapas iniciales de la interpretación.

Occam – inversión por el método de mínimos cuadrados con un operador de suavizado y una minimización adicional del contraste [Constable, 1987]. Este algoritmo produce la distribución más suave de los parámetros (Fig.57).

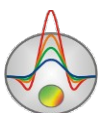
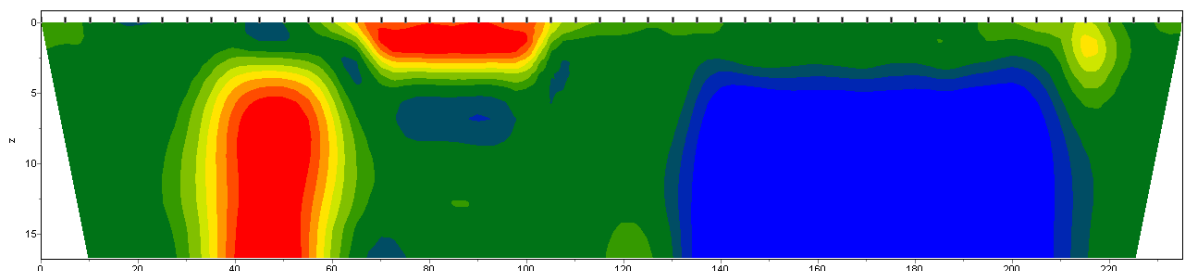


Fig. 57 **Modelo reconstruido como resultado de la inversión Occam**

La ecuación matricial para esta variante de inversión es la siguiente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T C m$$

El grado de suavidad del modelo resultante es directamente proporcional al valor de *Smoothness factor*. Se debe tener en cuenta que valores demasiado altos del parámetro pueden provocar un aumento del error de ajuste.

Marquardt – algoritmo clásico de inversión por el método de mínimos cuadrados con regularización mediante un parámetro de amortiguamiento (**Ridge regression**) [Marquardt, 1963]. Con un número reducido de parámetros de la sección, el algoritmo permite obtener un modelo contrastado (Fig.58).

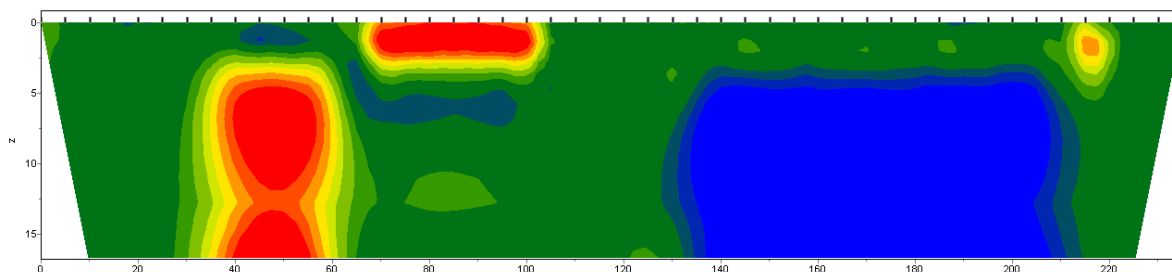


Fig. 58 **Modelo reconstruido como resultado de la inversión Marquardt**

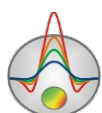
La ecuación matricial para esta variante de inversión es la siguiente:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

El uso imprudente de esta modificación de la inversión puede dar lugar a resultados inestables o a un aumento de la desviación cuadrática media, es decir, a la falta de convergencia del algoritmo.

Se recomienda utilizar el método **Marquardt** como método de refinamiento (para reducir el error de ajuste), después de realizar la inversión con los algoritmos **Smoothness constrained** o **Occam**.

Focused – inversión por el método de mínimos cuadrados con un operador de suavizado y un enfoque adicional del contraste [Portniaguine, 2000]. Este algoritmo produce una distribución de parámetros suave por bloques, es decir, un modelo formado por bloques con velocidad constante (Fig.59).



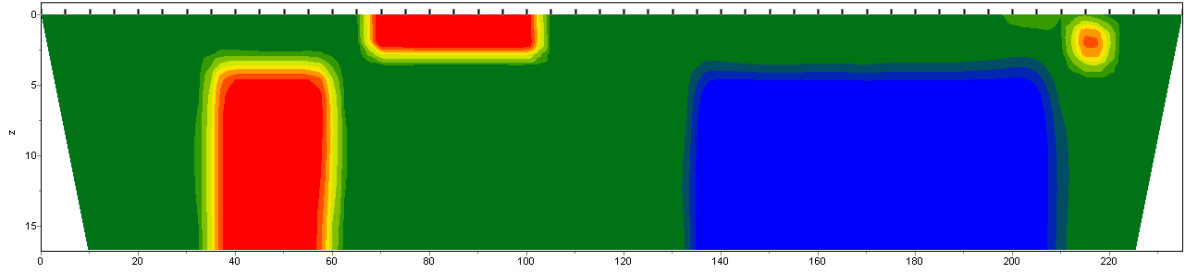


Fig. 59 **Modelo reconstruido como resultado de la inversión *Focused***

La ecuación matricial para esta variante de inversión es la siguiente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m$$

El uso de esta variante de inversión requiere seleccionar cuidadosamente el parámetro de contraste umbral *Threshold*. Este parámetro determina el valor umbral del contraste entre celdas vecinas; una vez alcanzado, los parámetros de esas celdas dejan de promediarse entre sí (es decir, se considera que existe un límite entre las celdas). La dependencia del grado (o peso) de promediado de dos celdas vecinas R_i con respecto al umbral de contraste e y al contraste entre esas celdas r_i es la siguiente:

$$R_i = \frac{e^2}{e^2 + r_i^2}.$$

Blocks – ajuste de los parámetros de regiones individuales que difieren en velocidad. Las regiones con velocidades iguales se consideran bloques únicos (Fig.60).

La ecuación matricial de esta variante de inversión es igual que la del algoritmo **Marquardt**:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

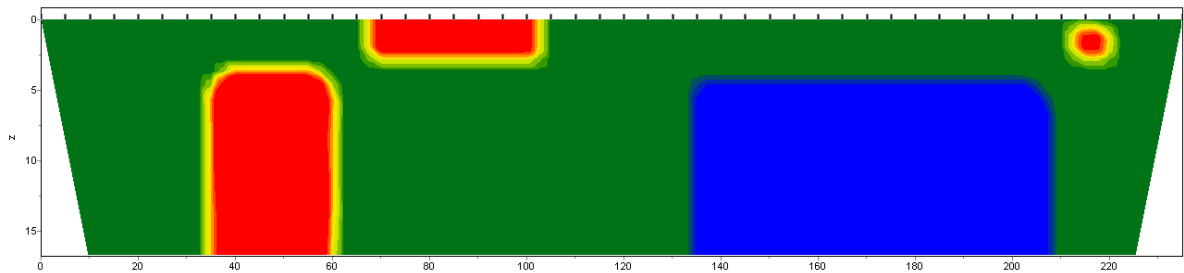
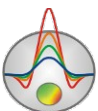


Fig. 60 **Modelo reconstruido como resultado de la inversión *Blocks***

Se recomienda utilizar el algoritmo para refinar los resultados de métodos anteriores (preferiblemente **Focused**), agrupando previamente las celdas en los bloques necesarios mediante la opción *Model smooth/rough*. Para seleccionar bloques individuales manualmente, se debe utilizar el editor de modelos y asignar parámetros distintos a las diferentes regiones. Los bloques individuales se delimitarán con un borde al trabajar en la ventana de este diálogo.



El área **Stop criteria** contiene los criterios de detención de la inversión.

Iterations – si se activa esta opción, el proceso de inversión se detiene al alcanzar el número de iteración establecido.

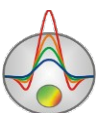
RMS error – si se activa esta opción, el proceso de inversión se detiene al alcanzar el valor establecido del error de ajuste.

Área **Model**

Min velocity, Max velocity – establece los límites de variación de los parámetros del modelo durante la inversión. Si se establecen límites globales estrechos para la variación de los parámetros o límites individuales para algunas celdas, la inversión intentará continuamente que los parámetros sobrepasen dichos límites. Esto puede afectar considerablemente a la velocidad de convergencia. En este caso, se debe activar **Options / Inversion / Optimization / Lim based inv.** Esta variante de inversión, por un lado, reduce la contribución de las celdas cuyos parámetros superan los límites establecidos y, por otro, utiliza normas especiales para los parámetros que dificultan que se sobrepasen dichos límites.

Robust weighting scheme – se debe activar esta opción si los datos contienen algunos valores atípicos intensos relacionados con errores de picado. Si la cantidad de datos defectuosos es comparable a la de mediciones de calidad, es posible que este algoritmo no dé resultados positivos.

La segunda pestaña **Model** permite configurar parámetros adicionales de la inversión (Fig.61).



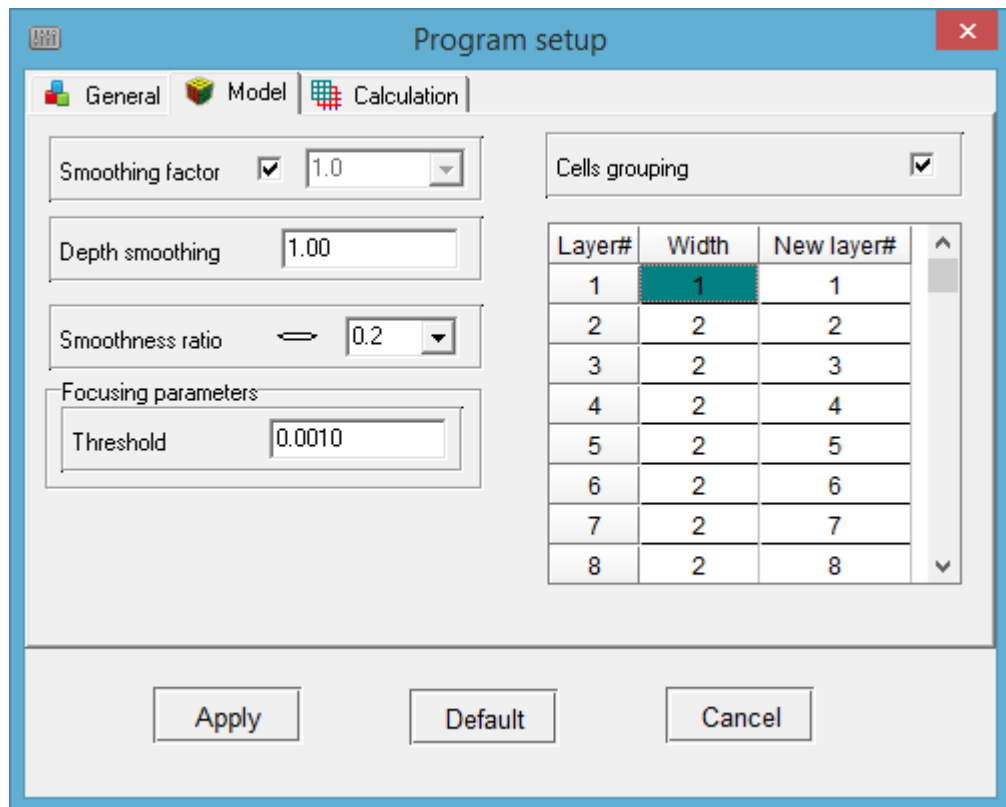


Fig. 61 Ventana de diálogo Program setup, pestaña Model

Smoothing factor – establece la relación entre la minimización del error de ajuste de las mediciones y la del error de ajuste del modelo (por ejemplo, su suavidad). Para datos con un nivel elevado de ruido o para obtener una distribución de parámetros más suave y estable, se seleccionan valores relativamente altos del parámetro de suavizado: 0.5 - 10; si las mediciones son de alta calidad, se utilizan valores de 0.005 - 0.1. Los valores altos del parámetro de suavizado suelen producir valores mayores del error de ajuste de los datos (véase la figura siguiente). Se utiliza en los algoritmos de inversión **Occam** y **Focused**. Si la optimización (*Line search*) está desactivada, el programa permite seleccionar automáticamente el valor del parámetro de suavizado. Para ello, se debe marcar la casilla situada a la derecha de smoothing factor.

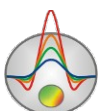
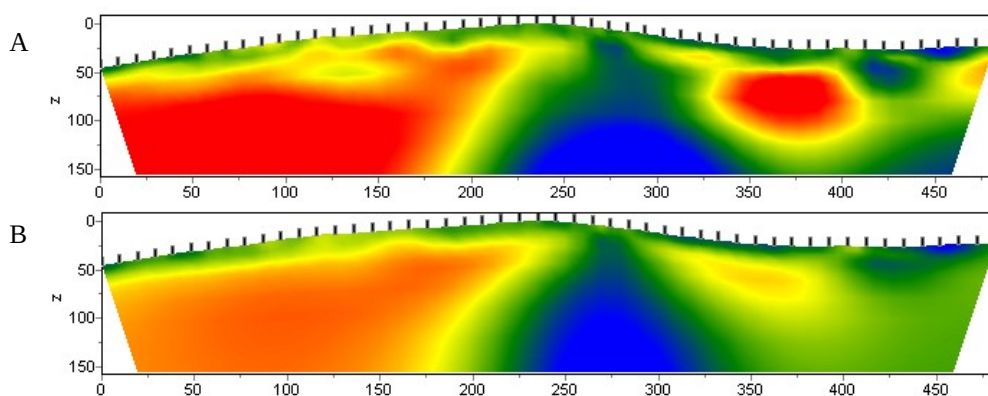


Fig. 62 Modelos obtenidos como resultado de la inversión *Occam* con el parámetro *smoothing factor*: 0.01 (A) y 1.0 (B)

Depth smoothing – establece el coeficiente de suavizado con la profundidad. El valor de este parámetro también depende del nivel de ruido: si este es alto y durante la inversión aparecen oscilaciones y objetos «no geológicos» en la parte inferior de la sección, es necesario aumentar este parámetro. El valor se determina empíricamente.

Smoothness ratio – determina la relación entre el grado de suavizado en las direcciones horizontal y vertical. Para estructuras estratificadas horizontalmente, se deben utilizar valores de este parámetro < 1 ; para estructuras estratificadas verticalmente, > 1 . Normalmente, se utilizan valores de 0.2 a 1 (Fig.63).

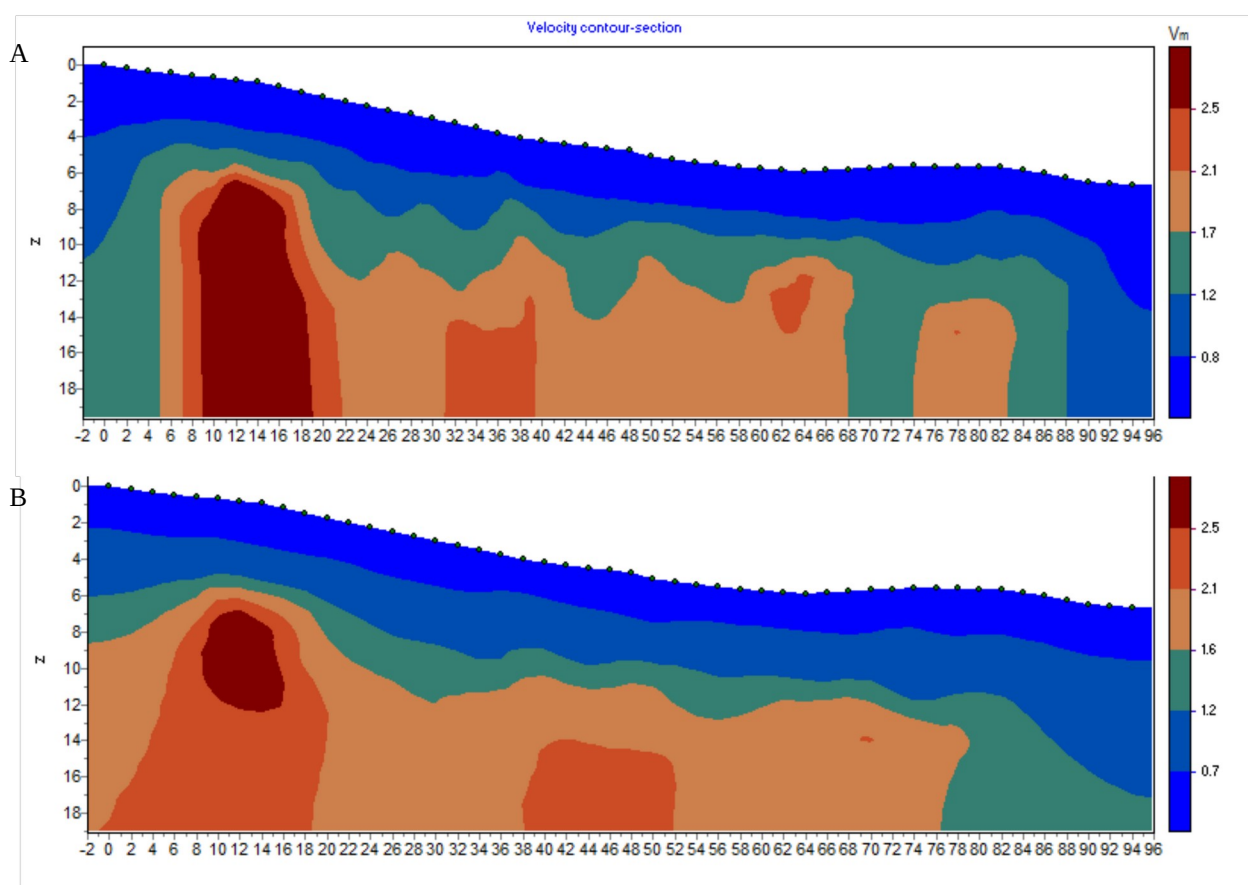
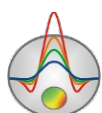


Fig. 63 Modelos de velocidad obtenidos mediante una inversión «suave» con el parámetro *Smoothness ratio*: 1 (A) y 0.5 (B)

Área Focusing parameters

Threshold – establece el valor umbral del contraste entre celdas vecinas a partir del cual sus parámetros no se promedian entre sí (es decir, se considera que hay un límite entre las celdas). El valor de este parámetro se selecciona empíricamente (0.001-1) (Fig.64). Un valor demasiado bajo



puede provocar la divergencia del algoritmo (en ese caso, se debe aumentar su valor). Los valores demasiado altos producen una distribución suavizada.

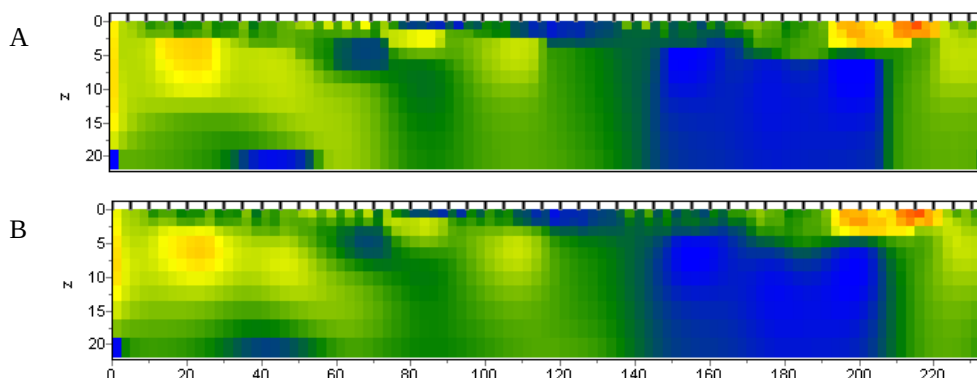


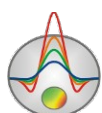
Fig. 64 Modelos obtenidos como resultado de la inversión *Focused* con el parámetro *Threshold*: 0.01 (A) y 0.1 (B)

Cells grouping – se debe utilizar esta opción en modelos grandes. La opción activa una tabla que permite combinar celdas adyacentes y reducir el número de parámetros determinados durante la inversión. Al utilizar esta opción, el número de celdas para resolver el problema directo permanece igual, mientras que el número de celdas para la inversión disminuye. Lo ideal es que el número de parámetros que se ajustan sea cercano al número de datos.

La tabla contiene tres columnas: en la primera (*Layer*) se indica el número de la capa del modelo inicial; en la tercera (*ID*) se establece el número de la capa de la malla de inversión; en la segunda (*Width*) se debe indicar el número de celdas (en dirección horizontal) que contiene cada celda de la malla de inversión para esa capa. La malla de inversión se muestra en el editor de modelos durante su configuración. Un doble clic con el botón izquierdo del ratón en las celdas de la columna *Width* permite combinar celdas en dirección horizontal para esa capa; un clic derecho permite hacerlo para esa capa y todas las capas inferiores.

Un doble clic con el botón izquierdo del ratón en las celdas de la columna *ID* permite combinar celdas en dirección vertical; un clic derecho permite hacerlo para esa capa y todas las capas inferiores.

A continuación se muestran ejemplos de tres mallas de inversión: en la primera, la malla de inversión coincide con la del modelo (Fig.65A); en la segunda, a partir de la segunda capa, las celdas se agrupan de dos en dos (Fig.65B); en la tercera, a partir de la segunda capa, las celdas se agrupan de cuatro en cuatro (Fig.65C).



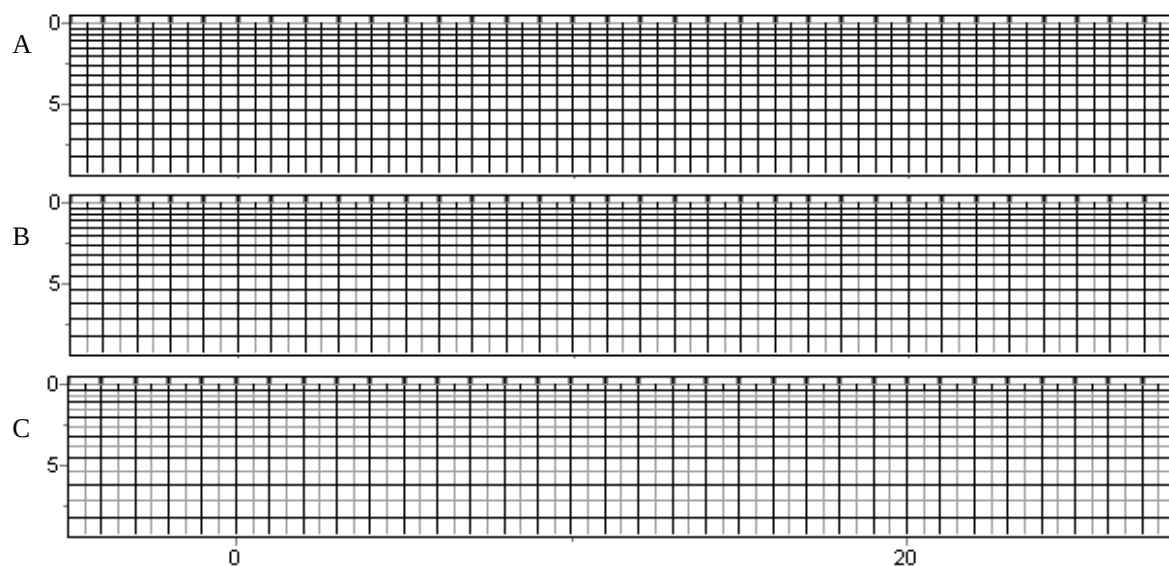


Fig. 65 Ejemplos de mallas de inversión

Tercera pestaña **Calculation** destinada a configurar los parámetros del problema directo (Fig.66).

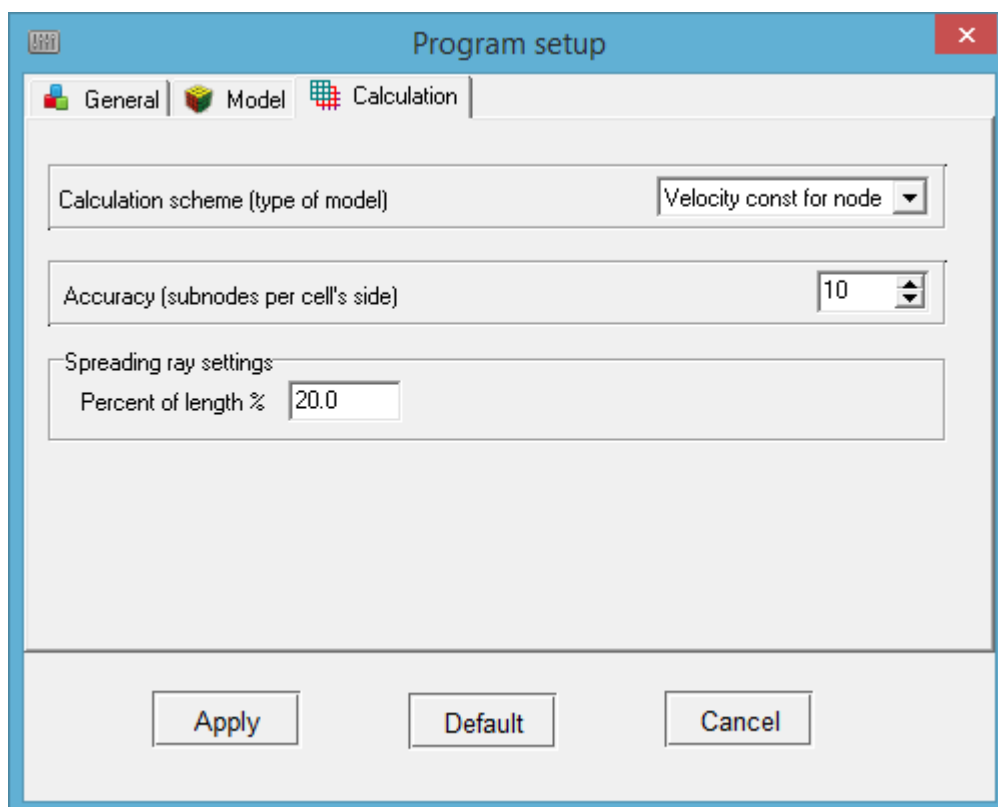
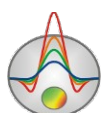


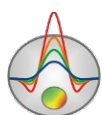
Fig. 66 Cuadro de diálogo Program setup, pestaña Calculation



El programa implementa tres métodos para resolver el problema directo, es decir, para calcular las trayectorias de los rayos sísmicos en un medio bidimensional arbitrario. En el primer caso (*Velocity const for cell*), el medio se divide en un conjunto de celdas con una velocidad constante definida. Esto significa que el rayo atraviesa la celda a velocidad constante. Este algoritmo genera la cobertura de rayos menos suave.

En el segundo método (*Velocity const for node*), el medio se divide en un conjunto de nodos con una velocidad definida, que varía linealmente entre ellos. Este método produce una cobertura de rayos más suave que el anterior. El paso inverso, de los valores de velocidad en los nodos a un modelo de celdas (después de la inversión), plantea cierta dificultad. Este procedimiento suaviza ligeramente los valores de velocidad y aumenta el error de ajuste.

El tercer método (*Spreading ray*) implementa la formulación más estable del problema. Utiliza el concepto de un rayo que se expande con la profundidad. Esto significa que, al atravesar el medio, el radio del «canal» se expande y abarca un volumen cada vez mayor en profundidad. Las celdas situadas más cerca del rayo central del «canal» influyen más en la velocidad media del «canal» a lo largo del tramo del recorrido. Este método produce la cobertura de rayos más suave. La opción *Percent of length,%* controla el grado de expansión del rayo en función de la distancia a la fuente o al receptor, expresado como porcentaje de la longitud del recorrido del rayo. La solución con un rayo expansivo es la más estable y ofrece la mejor cobertura, pero requiere ajustar el «canal». Además, tiene el mismo inconveniente que el método anterior: suaviza los valores de velocidad al convertirlos a un modelo de malla.



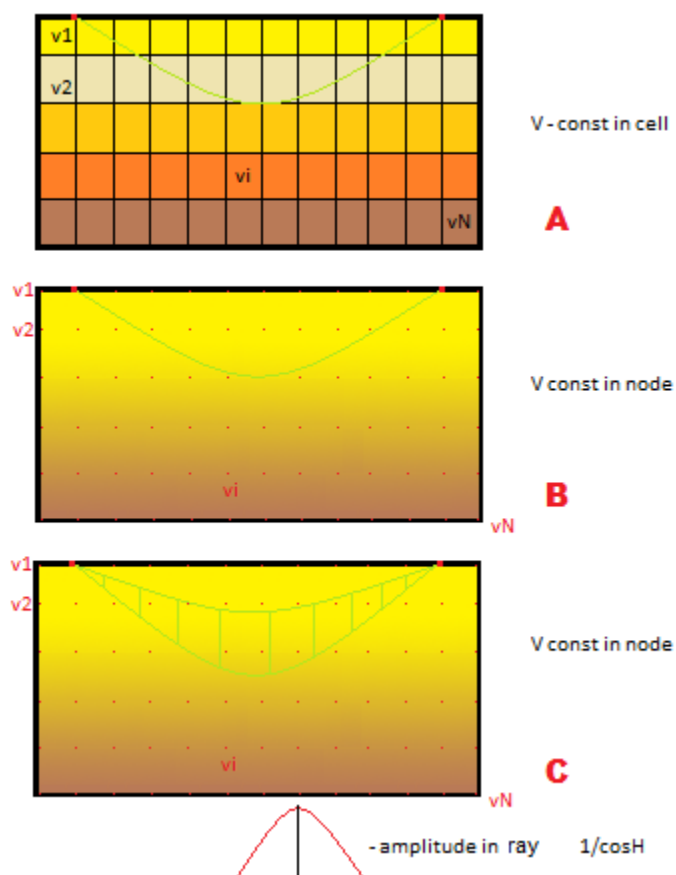


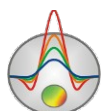
Fig. 67 **Variantes de asignación de velocidad en una celda**

La opción *Accuracy subnodes per cell's side* controla la precisión de los cálculos para los tres métodos. Establece el número de nodos de cálculo intermedios del modelo, es decir, determina la precisión en la dimensión de longitud. Normalmente, bastan 10-20 nodos para resolver el problema con precisión. Cabe señalar que la velocidad de cálculo está directamente relacionada con este parámetro: cuantos más nodos, menor será la velocidad de cálculo.

Modo de modelización e inversión de la anisotropía de velocidades

Actualmente, el programa implementa una versión sencilla del tratamiento de la anisotropía de las velocidades sísmicas. En el cálculo se utilizan valores distintos de velocidad para las direcciones vertical y horizontal en cada elemento de la sección. El tratamiento de la anisotropía influye especialmente en los resultados de las mediciones de sísmica entre pozos.

El programa recupera el valor medio de la velocidad y la relación V_x/V_z en el modo de velocidad constante por celda. Para calcular la anisotropía, seleccione la función *Invert Anisotropy* en la pestaña **Options/Inversion** del menú principal del programa. Al seleccionar esta opción, durante la inversión (después de la segunda iteración) aparecerá una ventana adicional



con la distribución del parámetro de anisotropía (V_x/V_z) de la sección y el modelo calculado. Si es necesario que la sección de velocidades y la sección de anisotropía tengan más características en común, se puede realizar una inversión conjunta en el modo cross-gradient. Para ello, en el submenú *Cross-gradient* se debe seleccionar la opción *Anisotropy*.

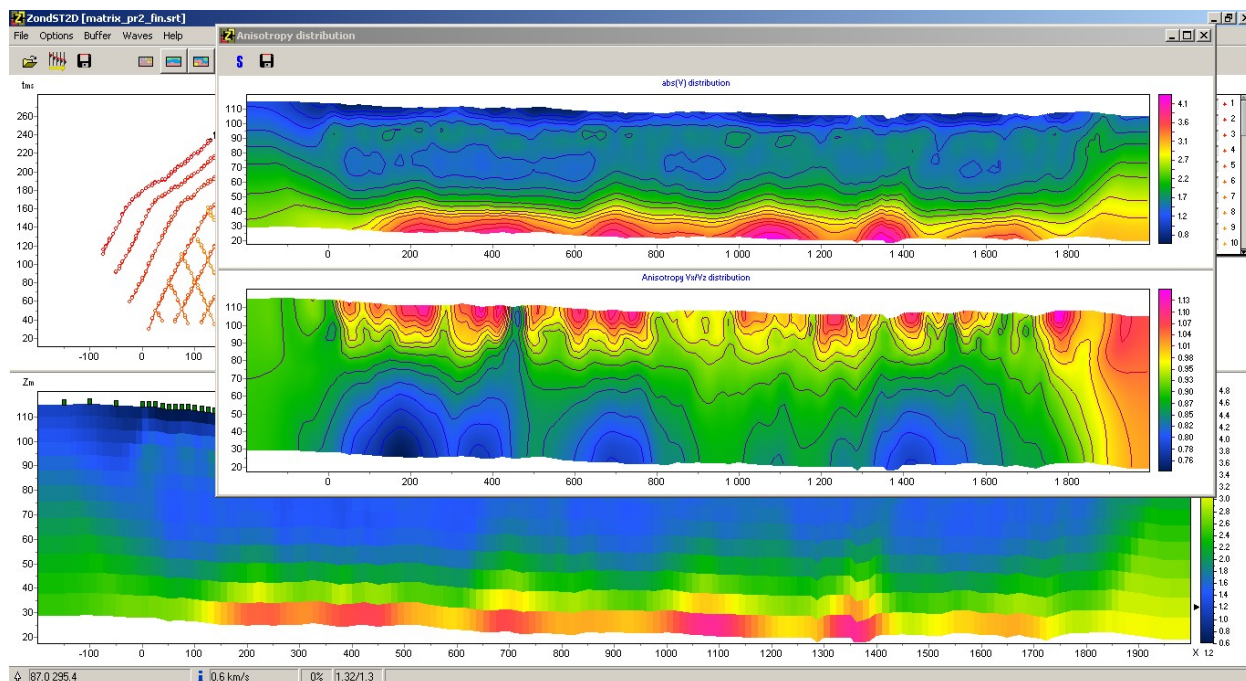
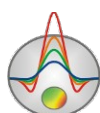


Fig. 68 Resultado del cálculo de anisotropía. Ventana Anisotropy distribution

Se debe tener cuidado al ajustar simultáneamente la velocidad media y el parámetro de anisotropía, ya que este introduce un grado de libertad adicional (aumenta la equivalencia de las soluciones). Se recomienda utilizar este modo cuando se tiene la certeza de que la sección contiene rocas con anisotropía o al invertir datos de sísmica entre pozos, donde los «ángulos de incidencia» son considerablemente mayores.

Para pasar al modo de modelización del efecto de la anisotropía, utilice la opción de menú **Options/Model/Display/Anisotropy**. Este modo permite modelizar distintas situaciones geológicas, determinar en qué medida la presencia de anisotropía influye en los datos y evaluar la posibilidad de recuperar este parámetro mediante inversión.

Modo Attenuation tomography



El módulo **Attenuation tomography** está destinado a recuperar el parámetro de atenuación Q del medio (inverso del factor de calidad del medio). Para acceder a este módulo, se debe seleccionar la opción *Attenuation* en el menú **Options/Model/Display** del menú principal del programa. A continuación, en el menú **Options** aparecerá una pestaña adicional *Attenuations*.

El algoritmo de cálculo presupone que previamente se ha resuelto el problema inverso de las velocidades sísmicas y que se conoce la cobertura de rayos.

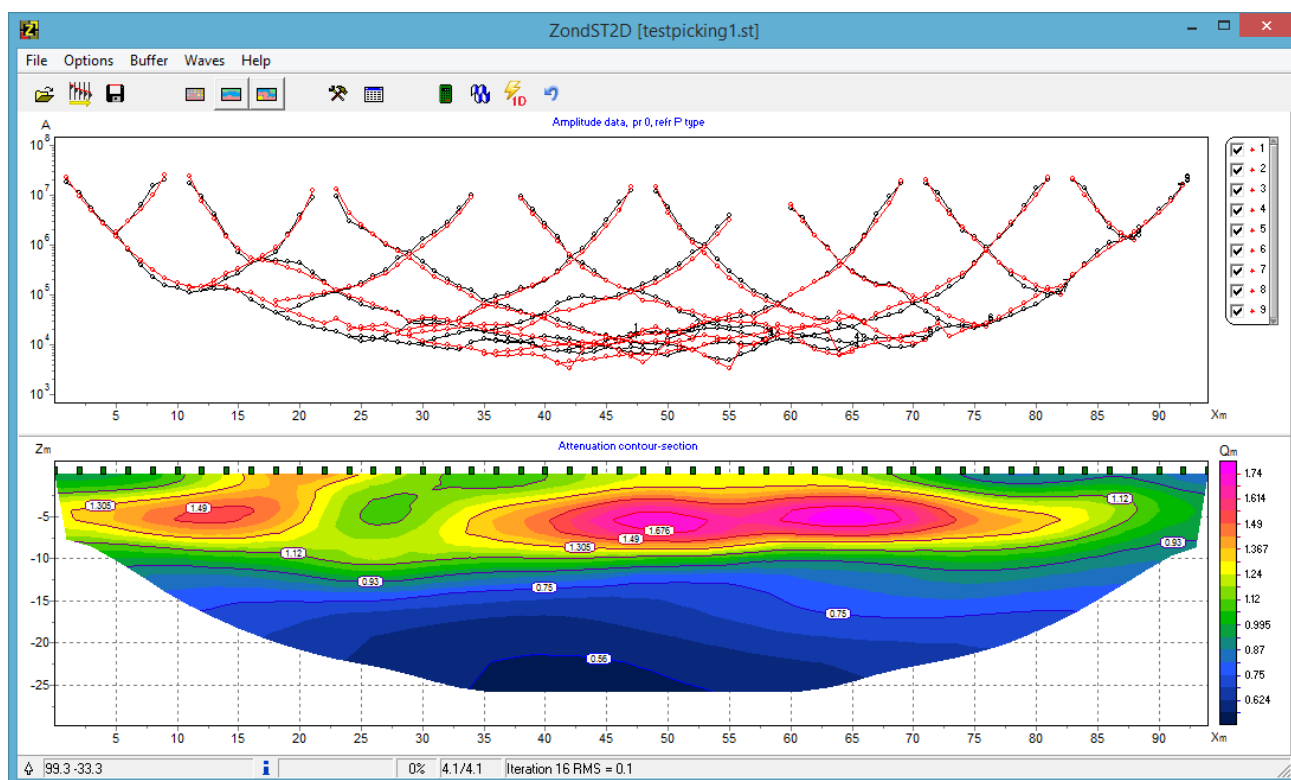
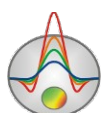


Fig. 69 Sección del parámetro Q (atenuación)

El procedimiento utiliza como datos de entrada las trayectorias de los rayos sísmicos, la sección de velocidades y las amplitudes de las primeras llegadas. Las amplitudes se determinan automáticamente al realizar el picado de las dromocronas de las primeras llegadas. Cabe señalar que, para este algoritmo, es más correcto realizar el picado en los valores máximos (en valor absoluto). Si el picado se ha realizado en el frente de onda, se deben utilizar opciones especiales para corregir los valores de amplitud (ajustarlos a los máximos): *collect amplitudes from* y los ajustes de *Amplitude collect settings*.

Para que la opción funcione correctamente, es importante elegir bien la anchura de la ventana de búsqueda en la que se buscará el máximo.



La velocidad del modelo de velocidades de base (cobertura de rayos) es un parámetro muy importante para la inversión de amplitudes. Por ello, antes de iniciar el cálculo, compruebe que los rayos cubren la sección de forma suficientemente completa en toda su extensión.

Una vez obtenida una cobertura de rayos de calidad, se puede pasar al módulo *Attenuation*. En la sección superior de la ventana del módulo se muestran los gráficos de amplitud. Están representados de la misma manera que las dromocronas de las primeras llegadas, pero con las amplitudes en escala logarítmica en el eje izquierdo. Si los gráficos de amplitud presentan muchos picos o parecen «ruidosos», los datos se pueden suavizar mediante la opción **Data/Smooth data** en el modo *Attenuation*. En general, las amplitudes deben disminuir al aumentar el offset respecto de la fuente.

Los gráficos de amplitud se pueden consultar individualmente o en grupos mediante la leyenda de los gráficos y la rueda del ratón. También se pueden ampliar o reducir zonas concretas del gráfico con el ratón. Para corregir valores individuales de amplitud, se utiliza el botón izquierdo del ratón. Para activar o desactivar valores individuales (o grupos), se utiliza el botón derecho del ratón (con la tecla [ALT] pulsada).

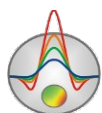
El algoritmo de inversión de amplitudes utiliza los mismos ajustes básicos que la tomografía de ondas refractadas. Un parámetro importante que se debe establecer antes del cálculo es la frecuencia media de la señal útil (*Attenuation/Frequency*). Se puede estimar visualmente o a partir del espectro medio de los sismogramas. Para iniciar el cálculo, se utiliza el botón . Durante el proceso iterativo de inversión, en la parte inferior de la ventana se muestra el modelo del parámetro Q y, en la parte superior, los gráficos de amplitudes observados y calculados.

El resultado del algoritmo es la distribución del parámetro de atenuación Q, que, junto con la sección de velocidades, resulta de gran interés para la geología de ingeniería.

Modo Layered inversion

El modo **Layered Inversion** está destinado a resolver los problemas directo e inverso de tomografía sísmica con ondas refractadas y reflejadas en un medio de estratificación arbitraria. Por medio de estratificación arbitraria se entiende una sección multicapa con límites de geometría arbitraria y variación arbitraria de la velocidad de las ondas sísmicas dentro de cada capa.

Es un análogo del módulo principal del programa, en el que el medio se divide en celdas, pero con una representación estratificada. Esta forma de describir el medio es más estructurada y comprensible para los geólogos. A diferencia del método T0, en **ZondST2D** se implementa una solución exacta del problema. Es decir, la onda no tiene que propagarse a lo largo del límite (no



hay restricciones sobre la curvatura), sino que sigue la trayectoria de menor tiempo de recorrido. El tratamiento de la variación de la velocidad dentro de una capa es especialmente importante en los estudios de geología de ingeniería, donde las variaciones laterales de velocidad son tan importantes como las variaciones con la profundidad. El módulo permite resolver el problema directo, es decir, realizar la modelización matemática, y el problema inverso: recuperar la geometría de los límites y las velocidades de las capas.

Como entrada, el módulo recibe dromocronas picadas de las primeras llegadas, las coordenadas de las fuentes y los receptores y la topografía de la superficie de medición; como salida, obtiene una sección de velocidad con capas arbitrarias.

La ventana principal está dividida en dos secciones. En la parte superior se muestran las dromocronas observadas y calculadas de las primeras llegadas; en la parte inferior, la sección de velocidad (Fig. 70).

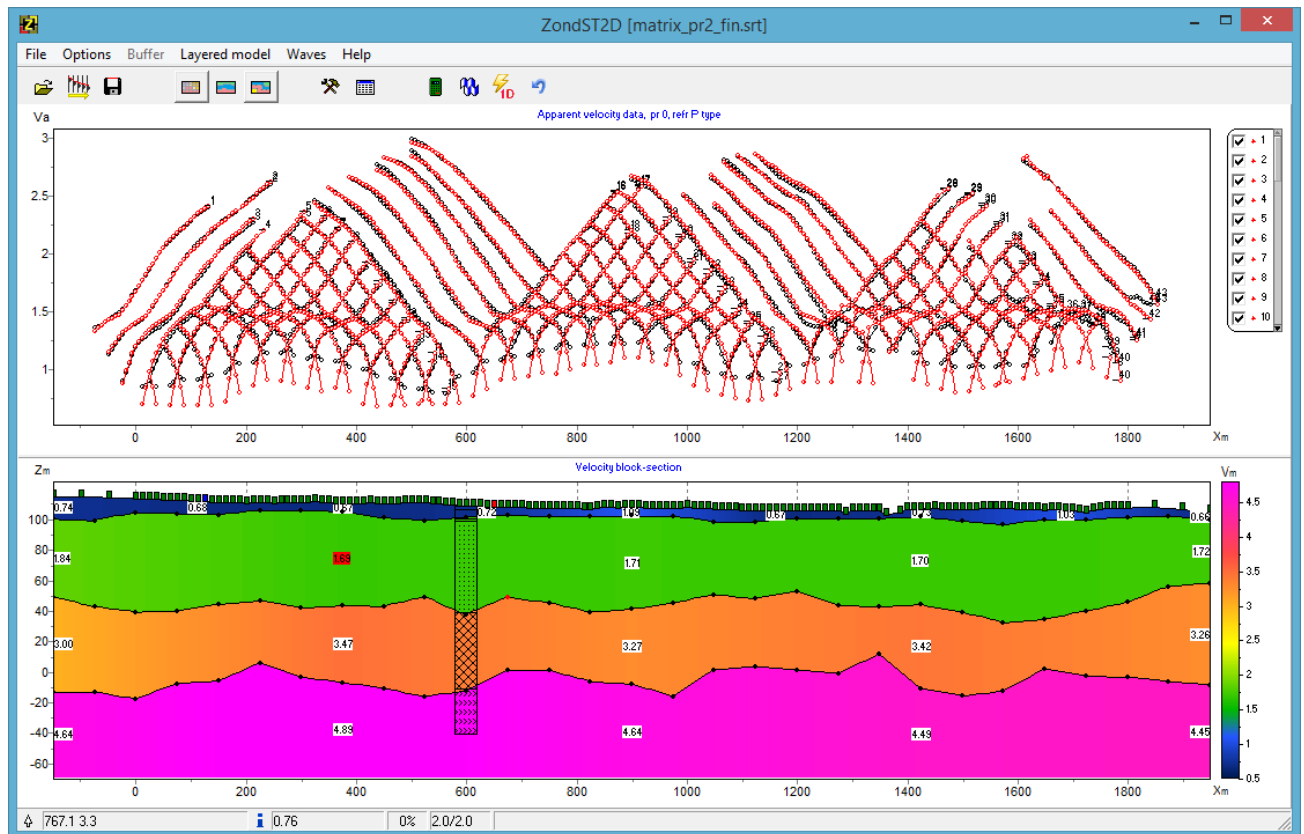
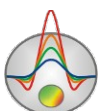


Fig. 70 Ventana principal del programa en el modo Layered Inversion

Al pasar al modo de modelo estratificado, en el menú principal del programa aparece la pestaña *Layered model*.

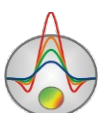
Antes de empezar a trabajar, es necesario crear un modelo inicial del medio. Como sección inicial se utiliza un medio estratificado horizontalmente, con velocidad constante dentro de cada



capa. El modelo inicial se configura en el cuadro de diálogo que se abre mediante la opción del menú principal **Layered/model constructor**. Al resolver el problema inverso, es muy importante establecer una buena aproximación inicial del modelo, cercana al medio real. El modelo inicial puede elegirse a partir del análisis de los resultados de la inversión en el modo de modelo de malla. Estos mismos resultados pueden incorporarse a la estructura del modelo creado mediante la opción **Layered/Load from mesh**. Los parámetros importantes son el número de capas, el gradiente de velocidades (variación de la velocidad de una capa a otra) y el espesor de las capas. La validez del modelo inicial se determina a partir de la cobertura de rayos del modelo estratificado (los rayos deben atravesar los límites de todas las capas). Además, el botón  permite simplificar considerablemente el proceso de selección del modelo inicial (si se conoce el número de capas). El procedimiento determina automáticamente los parámetros de las capas del modelo inicial mediante una inversión unidimensional.

Otros parámetros importantes son el número de nodos de la geometría de los límites y el número de nodos de variación de la velocidad. Un nodo de geometría del límite de una capa es un punto en el que puede cambiar su coordenada vertical. Por tanto, cuantos más nodos haya, más compleja podrá ser la geometría del límite. Por otro lado, cuantos menos nodos haya, más fiable será la determinación del límite. Lo más conveniente es elegir el número de nodos de geometría según el número de posiciones únicas de los receptores en el perfil. El número de nodos es el mismo para todos los límites de las capas, excepto para la superficie de medición. En el modo de modelización (**Layered/Edit mode**), los nodos se muestran como círculos que pueden arrastrarse con el ratón o fijarse durante la inversión (al hacer clic en un nodo con CTRL pulsada, los nodos fijados se muestran en rojo). La edición de los límites resulta más cómoda con la opción **Layered/Transparent** activada, usando como imagen de fondo el resultado de la inversión en el modo de malla.

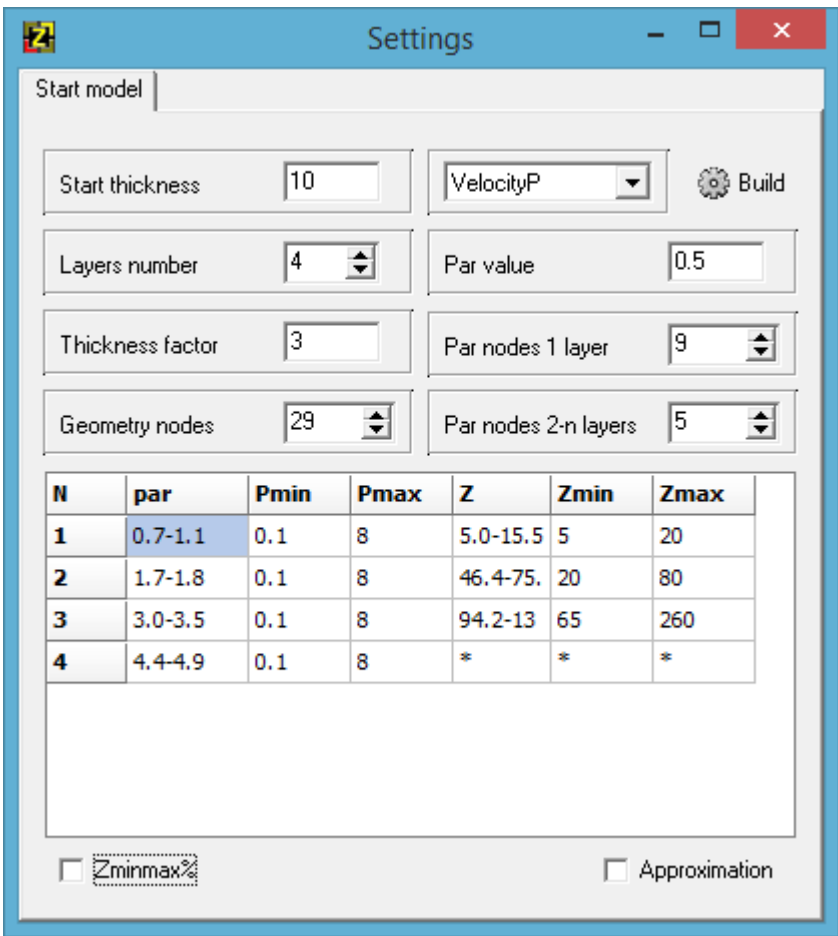
Los nodos de velocidad, o perfil de variación de la velocidad, definen la distribución de la velocidad dentro de una capa. El perfil de velocidad se especifica mediante un conjunto de valores nodales fijos, entre los cuales la velocidad varía linealmente. El programa permite establecer un número distinto de nodos para la primera capa y para las demás. Por lo general, la velocidad varía más en la capa superior, por lo que se recomienda definir un perfil más detallado (3-10 nodos). En las capas inferiores, la velocidad varía más suavemente y pueden bastar 1-3 nodos. En el modo de modelización (**Layered/Edit mode**), se pueden editar los valores de los parámetros nodales haciendo clic con el botón derecho del ratón en la etiqueta del valor; para fijar un parámetro durante la inversión, se hace clic con el botón derecho en la etiqueta del valor con CTRL pulsada.



Cabe destacar otra función importante del medio con capas arbitrarias: permite realizar una inversión conjunta de distintos métodos geofísicos (no solo sísmicos) para obtener un modelo con una geometría común de los límites y las posiciones de los nodos de variación de los parámetros. La inversión conjunta admite los siguientes tipos de datos: tiempos de Vp, tiempos de Vs, curvas MASW, tiempos de ondas reflejadas, datos de prospección gravimétrica, datos de prospección magnética, datos de SEV, datos de MTZ y datos de ZSB. Como es lógico, dado que los distintos métodos geofísicos utilizan parámetros físicos diferentes, es necesario configurar cada uno de ellos.

Cuadro de diálogo para configurar el modelo inicial

El cuadro de diálogo para configurar el modelo inicial se abre mediante la opción del menú principal **Layered/model constructor**. Como ya se ha indicado, el modelo inicial es muy importante para resolver el problema inverso. Es importante elegir correctamente el número de capas, el gradiente de velocidades y el factor de variación de los espesores.



Settings

Start model

Start thickness: 10

VelocityP

Build

Layers number: 4

Par value: 0.5

Thickness factor: 3

Par nodes 1 layer: 9

Geometry nodes: 29

Par nodes 2-n layers: 5

N	par	Pmin	Pmax	Z	Zmin	Zmax
1	0.7-1.1	0.1	8	5.0-15.5	5	20
2	1.7-1.8	0.1	8	46.4-75.	20	80
3	3.0-3.5	0.1	8	94.2-13	65	260
4	4.4-4.9	0.1	8	*	*	*

☒ Zminmax%

☐ Approximation

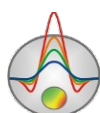


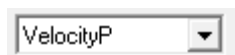
Fig. 71 **Pestaña Start model del menú de configuración de los parámetros de inversión en el modo Layered model**

Start thickness permite especificar el espesor de la primera capa.

Layers number especifica el número de capas del modelo.

Thickness factor es el factor de aumento del espesor de cada capa respecto a la anterior.

Geometry nodes es el número de nodos geométricos para cada límite de capa (10-30). El límite puede modificarse verticalmente en estos nodos.



- especifica el tipo de parámetro de la lista.

Gravity – densidad, datos de prospección gravimétrica

Magnetic – susceptibilidad magnética, datos de prospección magnética

VelocityP – velocidad de ondas P, ondas refractadas o reflejadas

VelocityS – velocidad de ondas S, ondas refractadas o datos VASW

Resistivity – resistividad, datos de SEV, MTZ o ZSB.

Si el tipo seleccionado no está disponible (no se han cargado en el proyecto datos del método correspondiente), el valor cambiará a *VelocityP*.

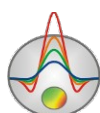
Cabe destacar que las etiquetas de las capas mostrarán el parámetro seleccionado actualmente en esta lista. Esto permite visualizar simultáneamente los resultados de la interpretación de dos propiedades. El color representa la velocidad del modo actual (VP/VS), y el valor numérico corresponde al parámetro de la lista.

Par value – establece el valor inicial del parámetro en la primera capa (para el tipo de parámetro actual).

Par nodes 1 layer – el número de nodos de parámetros define la distribución de los parámetros dentro de la primera capa. El perfil de variación del parámetro se define mediante un conjunto de valores fijos en los nodos, entre los cuales el parámetro varía linealmente. Si se introduce 1 en el campo de entrada, los parámetros de la capa serán constantes. Si se introduce 2, los parámetros variarán linealmente de izquierda a derecha.

Par nodes 2-n layers – el número de nodos de parámetros define la distribución de los parámetros dentro de las capas siguientes. El perfil de variación del parámetro se define mediante un conjunto de valores fijos en los nodos, entre los cuales el parámetro varía linealmente. Si se introduce 1 en el campo de entrada, los parámetros de la capa serán constantes. Si se introduce 2, los parámetros variarán linealmente de izquierda a derecha.

En la parte inferior de la ventana *Start model* se encuentra una tabla. En ella se pueden definir manualmente el valor de la propiedad física par y los límites *Pmin* a *Pmax* para la inversión (para



el tipo actual). También se puede definir la profundidad del límite inferior de la capa Z y los límites dentro de los cuales puede variar durante la inversión (de Z_{min} a Z_{max}). El intervalo de profundidades se puede definir como porcentaje del valor actual (si se selecciona la opción $Z_{min}Max$ %), lo que resulta mucho más sencillo, pero implica ejecutar la inversión varias veces, ya que el intervalo seleccionado de esta manera suele ser demasiado estrecho.

Approximate solution – cálculo aproximado para la sísmica de refracción, que aumenta la velocidad de cálculo (en este caso, el rayo debe ir estrictamente por el límite).

Si el proyecto contiene datos de ondas reflejadas, en la tabla aparecen dos columnas adicionales: *rfl* e *inv*. Para verlas, es necesario cambiar al modo de ondas reflejadas en *Waves/Reflected 1-3*. Como a menudo no es posible seleccionar más de una onda reflejada en los datos de campo, el programa permite elegir un límite de la tabla como reflectante. La columna *rfl* permite seleccionar el límite que actuará como reflectante. La columna *inv* indica al programa si se deben invertir los datos de reflexión.

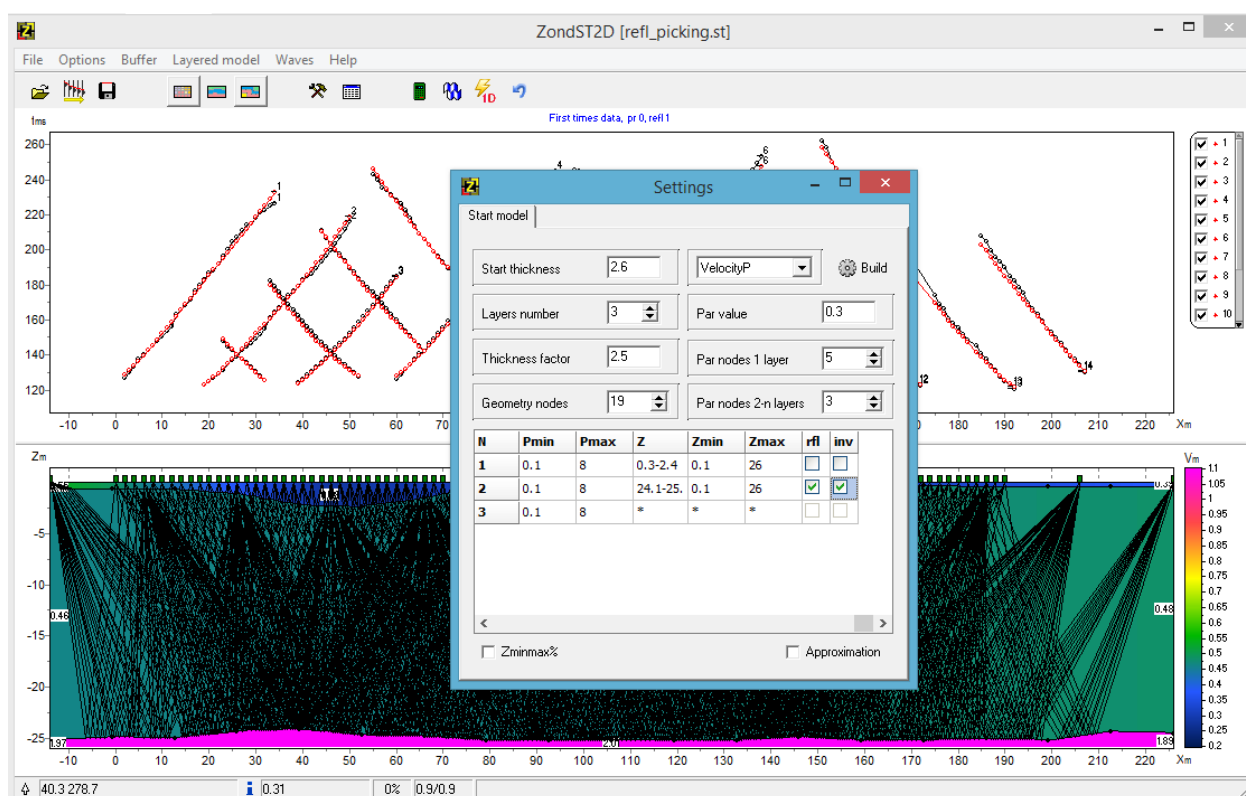
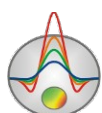


Fig. 72 Ventana del programa en modo de trabajo con ondas reflejadas

En el modo de ondas reflejadas, el programa calcula los tiempos de llegada de las ondas reflejadas para un modelo de capas arbitrarias y permite mostrar la cobertura de rayos. Para iniciar la inversión conjunta de ondas reflejadas y refractadas, en el modo *Waves/Reflected – 1*, seleccione la opción **Invert VP&VS** en el menú *Layered*.



El parámetro para la inversión conjunta se selecciona en la lista desplegable situada a la izquierda del botón **Build**. Los valores iniciales y los límites de variación se configuran para cada uno de los parámetros incluidos en la inversión conjunta.

Una vez configurado el modelo inicial, se pulsa el botón **Build**.

El ajuste de la geometría de los límites durante la inversión se realiza cuando está activada la opción **Invert boundaries**. A veces es necesario ajustar únicamente los parámetros (los límites se conocen y están fijados); en ese caso, se debe desactivar la opción **Invert boundaries**.

Draw labels – muestra los valores de la propiedad física del parámetro seleccionado en la lista desplegable de parámetros.

La opción **Transparent** hace que el modelo de capas sea transparente sobre la imagen de fondo del modelo de malla (de bloques), de modo que solo se vean los límites horizontales del modelo de capas.

Edit mode – activa el modo de edición del modelo de capas arbitrarias. La edición se realiza con el ratón. Los límites se editan modificando la posición de los nodos únicamente en dirección vertical.

Una vez creado el modelo inicial, se debe comprobar: ¿atraviesan los rayos sísmicos todos los límites? Para ello, se debe calcular el problema directo y observar la cobertura de rayos. A continuación, se puede volver a la pestaña **Inversion** e intentar obtener una solución unidimensional. Si, tras calcular el problema directo para el nuevo modelo, el error de ajuste disminuye, se puede pasar al modo de ajuste.

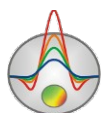
Si se conoce alguno de los parámetros, se puede excluir del ajuste. Para ello, se debe cambiar al modo de modelización y fijarlo. También se pueden excluir de la inversión dromocronas individuales. Las dromocronas se controlan en la leyenda de los gráficos. Las dromocronas desactivadas no se ajustan ni se muestran (la opción **Invert visible data** debe estar activada).

Información previa

La inversión se puede realizar sin tener en cuenta la información previa o teniéndola en cuenta. La información previa se incorpora a la inversión, con mayor frecuencia, de dos maneras: definiendo el modelo inicial (la distribución prevista de los límites de variación en la sección) o la posición de los límites de contraste.

De forma predeterminada, el modelo inicial para la inversión en **ZondST2D** es el modelo actual que se muestra en el editor de modelos. El programa lo modificará durante la inversión.

Como información previa, se puede introducir la posición de los límites de contraste conocida a partir de datos de perforación u otros métodos geofísicos.



El modo de definición de límites **Set boundaries** está disponible en el menú **Options/Inversion** y permite incorporar información geológica previa a la inversión. Al seleccionar esta pestaña, aparece un menú con los siguientes botones:

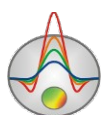
	Enable/Disable editing boundaries mode	Activar/desactivar el modo de edición de límites
	Add new boundary	Añadir un nuevo límite
	Delete boundary	Eliminar todos los límites
	Save boundaries to file	Guardar los límites en un archivo
	Load boundaries from file	Cargar los límites desde un archivo

La incorporación de límites geológicos previos en el problema inverso es una de las técnicas más importantes para mejorar la calidad de la interpretación. Por una parte, aumenta la estabilidad del problema y, por otra, reduce la zona de equivalencia y permite obtener una estructura más coherente. En las zonas del modelo donde los parámetros son poco sensibles a los cambios en la sección, la incorporación de límites previos es prácticamente la única forma de obtener un resultado aceptable.

Cuando se han incorporado límites, lo más conveniente es utilizar el algoritmo Occam. Normalmente se utilizan 1-2 límites; no se debe olvidar que los límites geológicos no siempre coinciden con los petrofísicos.

Antes de establecer los límites, se recomienda realizar una inversión con el algoritmo **Occam** y, a continuación, superponer en la sección obtenida los datos de los pozos, si se dispone de ellos. Los límites deben trazarse en la sección obtenida teniendo en cuenta los datos de los pozos o las ideas previas sobre la estructura de la zona estudiada. Los límites se establecen con el botón izquierdo del ratón, con el modo de edición de límites activado. El límite se cierra con el botón derecho del ratón. Al trazar los límites, no se deben utilizar muchos nodos. Es recomendable que los límites sean lo más suaves posible y pasen cerca de los nodos de la malla de inversión.

Una vez trazados los límites, se debe volver a ejecutar la inversión, que se realizará teniendo en cuenta los límites establecidos (Fig. 73).



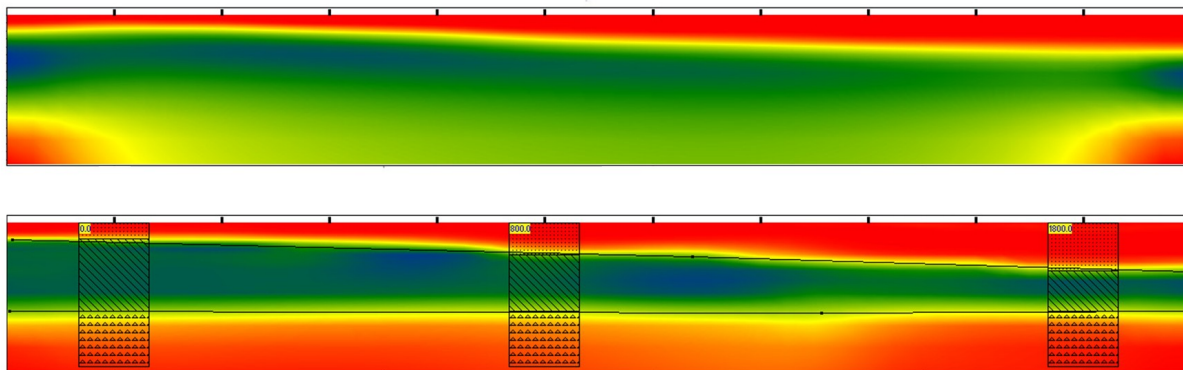


Fig. 73 **Ejemplo de uso de la función para establecer límites Set boundaries.** La sección superior se obtuvo con el algoritmo Occam sin introducir límites; la sección inferior se obtuvo teniendo en cuenta los límites previos

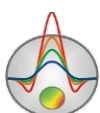
También cabe señalar las posibilidades del algoritmo Image guided inversion, que permite obtener modelos similares a una imagen gráfica a partir de esta (**Options/Inversion/Cross-gradient/BG image**).

El programa ofrece varios métodos para visualizar información previa. Mediante la opción **Options/Import/Export** se puede cargar diversa información geológica y geofísica:

- columnas litológicas;
- datos de registros de pozo;
- mediciones de perfil en forma de gráficos;
- modelos de proyectos de otros programas del paquete **Zond**;
- imagen gráfica como fondo de una sección de velocidades (por ejemplo, una sección geológica o geoelectrica).

El uso de información previa adicional contribuye a realizar una interpretación integrada de los datos y aumenta la fiabilidad del resultado final de la interpretación.

Si se dispone de mediciones de registros de pozo o de columnas litológicas, se pueden cargar en la ventana del modelo mediante la opción **Options / Borehole / Load borehole data** (véase la figura siguiente) o se pueden crear en el editor correspondiente.



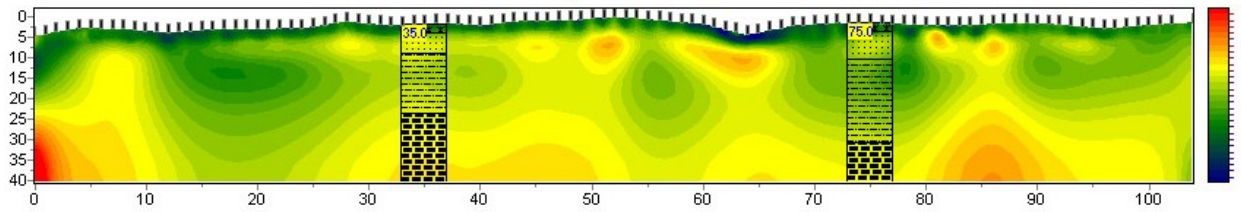


Fig. 74 Sección con columnas litológicas representadas

Options / Import/Export/Import model/data : esta opción permite cargar modelos del subsuelo de proyectos de programas del paquete **Zond** en ventanas independientes (véase la figura siguiente). La opción puede ser útil para comparar los resultados de interpretación de perfiles adyacentes o para la interpretación integrada de datos de distintos métodos.

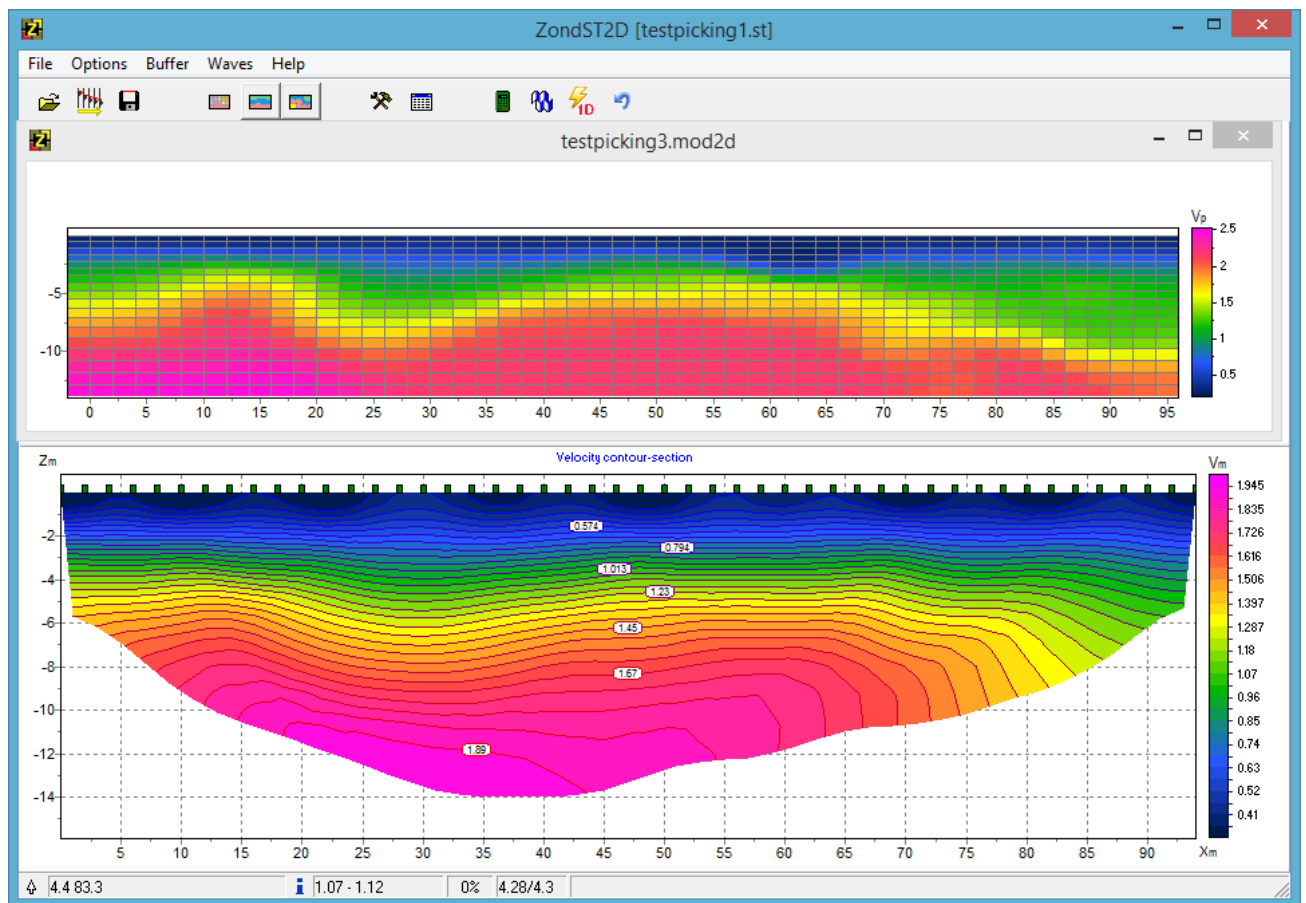
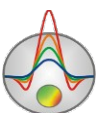


Fig. 75 Ventana de trabajo del programa con el modelo de velocidad importado

Al mover el cursor por el área del editor de modelos, este también se mostrará en todas las demás secciones importadas, de acuerdo con el tamaño de la celda actual cuando el modelo se visualiza en forma de bloques (véase la figura siguiente).



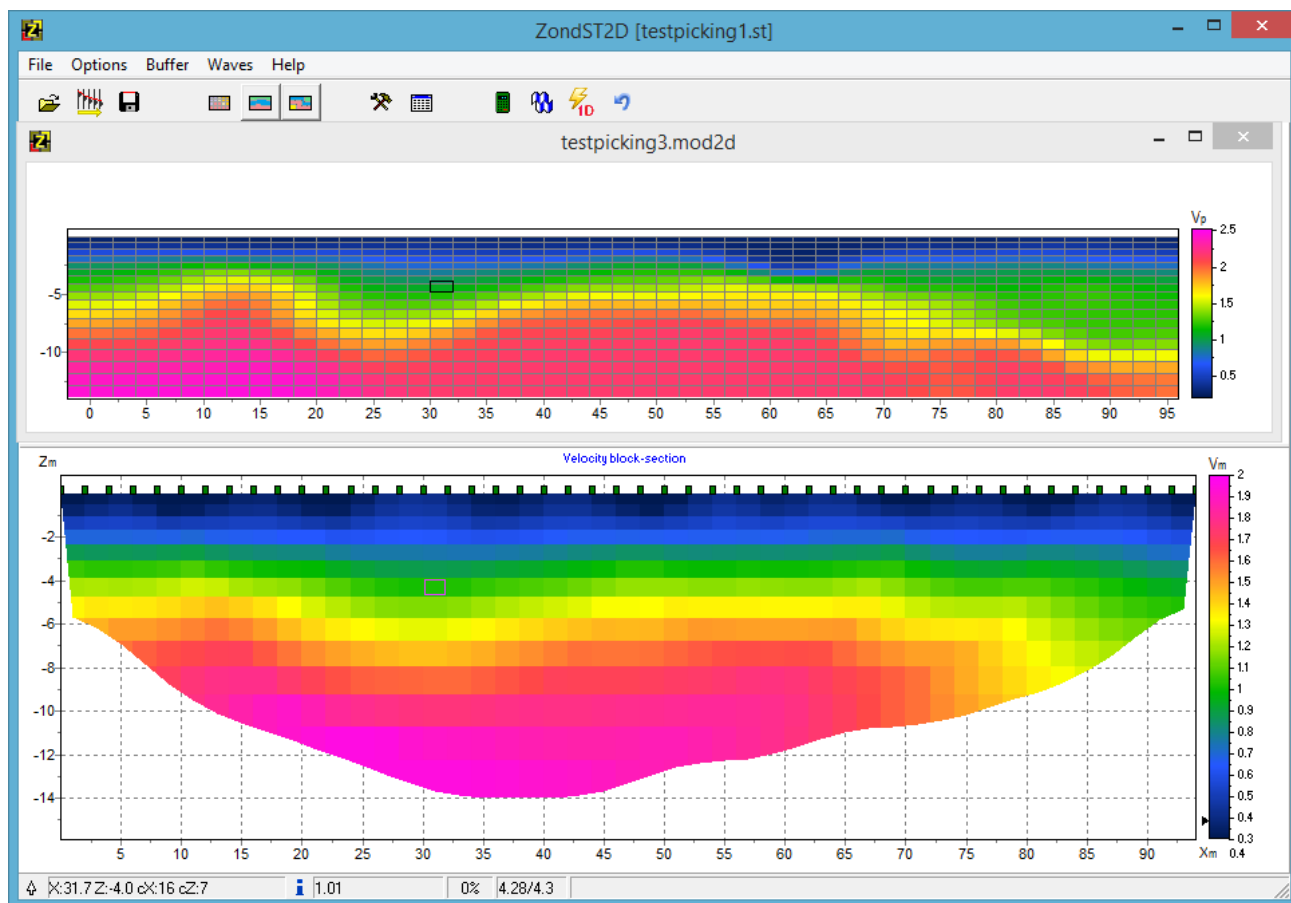
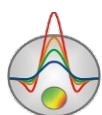


Fig. 76 Visualización de los modelos de trabajo e importado en forma de bloques, con el cursor resaltado

Si se utiliza como archivo importado un archivo de dos columnas con la extensión *.dat, en la ventana de datos calculados (en el modo **graphics-plot**) se mostrará un gráfico asociado al eje derecho (véase la figura siguiente). En la primera columna del archivo *.dat se introducen las coordenadas horizontales del punto de medición a lo largo del perfil; en la segunda, los valores medidos. De este modo, se pueden representar gráficos de la variación de cualquier magnitud física a lo largo del perfil.

Mediante la opción **Save/Load selection** se puede guardar o cargar un fragmento del modelo. Para guardar un fragmento, active el modo de visualización del modelo en forma de bloques (**Blocks-section**), seleccione el fragmento deseado mediante las opciones de la sección **Selection** y pulse **Save selection**.

Para cargar un fragmento del modelo, seleccione una pequeña zona del modelo actual. La esquina superior izquierda de la selección se considerará el punto a partir del cual se insertará el fragmento. Ejecute la opción **Load selection** y seleccione el nombre del archivo. Si no hay ninguna selección, el fragmento se insertará desde la esquina superior izquierda del modelo.



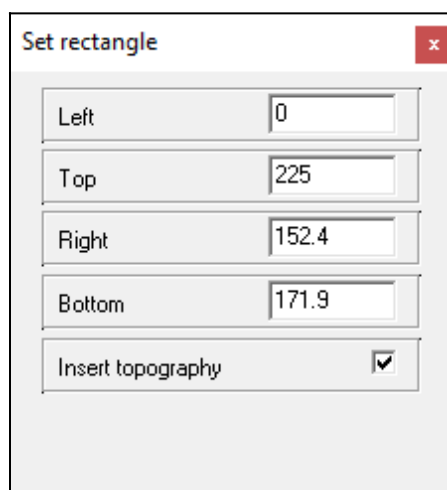
Para guardar o cargar un perfil vertical del parámetro para una coordenada horizontal determinada, se puede utilizar la opción **Extract 1d log / Load 1d log**. Al guardar un perfil vertical, se debe especificar la coordenada X en el cuadro de diálogo. Al cargar un perfil vertical, se debe indicar el intervalo del eje X. Esta opción se puede utilizar, por ejemplo, para incorporar datos de registros de pozo o para estudiar las zonas de intersección de los perfiles.

Si se dispone de información previa, se puede utilizar como imagen de fondo del editor de modelos mediante la opción **Options/Import/Export/Background image**. Puede tratarse, por ejemplo, de secciones geológicas, eléctricas o sísmicas, o de una sección de un perfil adyacente. El programa admite dos formatos de imagen de fondo: archivos gráficos *.png, *.bmp y archivos *.sec, *.seg-y.

Al seleccionar un archivo *.bmp, aparece un diálogo de configuración de las coordenadas de la imagen, en el que se indican las coordenadas de los límites de la imagen en el sistema de coordenadas de la sección.

Para hacer transparente la imagen, en el diálogo de configuración del modelo (clic derecho encima de la sección block-section en la ventana del modelo, opción Setup) se selecciona Transparency.

Al seleccionar la imagen de fondo, aparece la ventana:

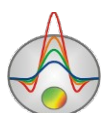


Set rectangle	
Left	0
Top	225
Right	152.4
Bottom	171.9
Insert topography	☒

Fig. 77 **Diálogo de configuración de los parámetros de la imagen de fondo**

En esta ventana se pueden indicar manualmente las coordenadas de las esquinas superior izquierda e inferior derecha de la imagen.

Insert topography – permite modificar la imagen teniendo en cuenta la topografía (el límite superior del dibujo seguirá la topografía del modelo).



En el modo **Blocks section** se mostrarán las celdas cuyos valores sean distintos de los del medio encajante. De este modo, se pueden modelizar cuerpos anómalos sobre la imagen de fondo (véase la figura siguiente).

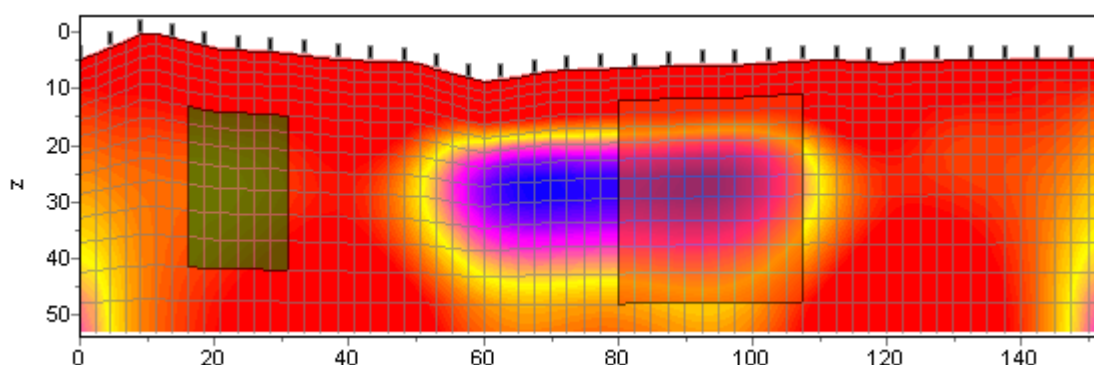


Fig. 78 **Modelo en modo Block-section con imagen de fondo**

En el modo **Smooth section** se mezclarán los colores de la imagen de fondo y del modelo actual, lo que permitirá observar simultáneamente las características de ambas secciones (véase la figura siguiente).

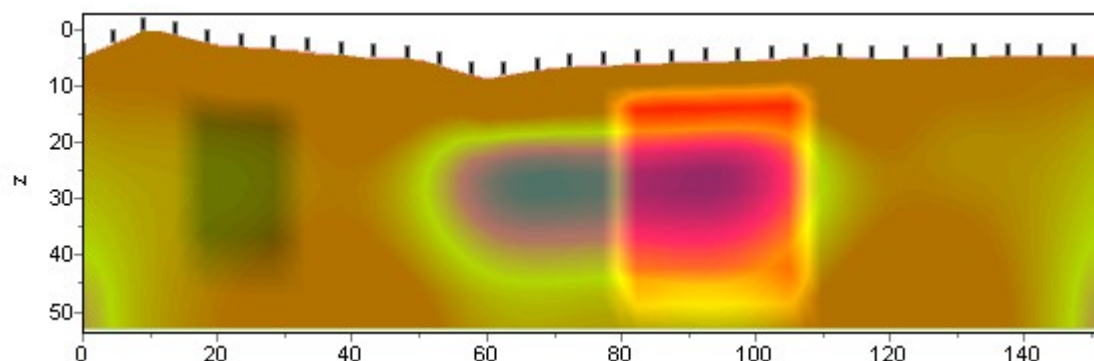
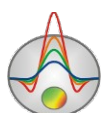


Fig. 79 **Modelo en modo Smooth-section con imagen de fondo**

El uso de una imagen de fondo permite tener en cuenta los resultados de otros métodos de investigación durante la interpretación. Por ejemplo, con datos de prospección eléctrica o una sección geológica existente se pueden definir límites al crear un modelo a priori (inicial) para la inversión de datos. La figura siguiente muestra un ejemplo en el que se utiliza una sección sísmica como imagen de fondo para un modelo de velocidad.



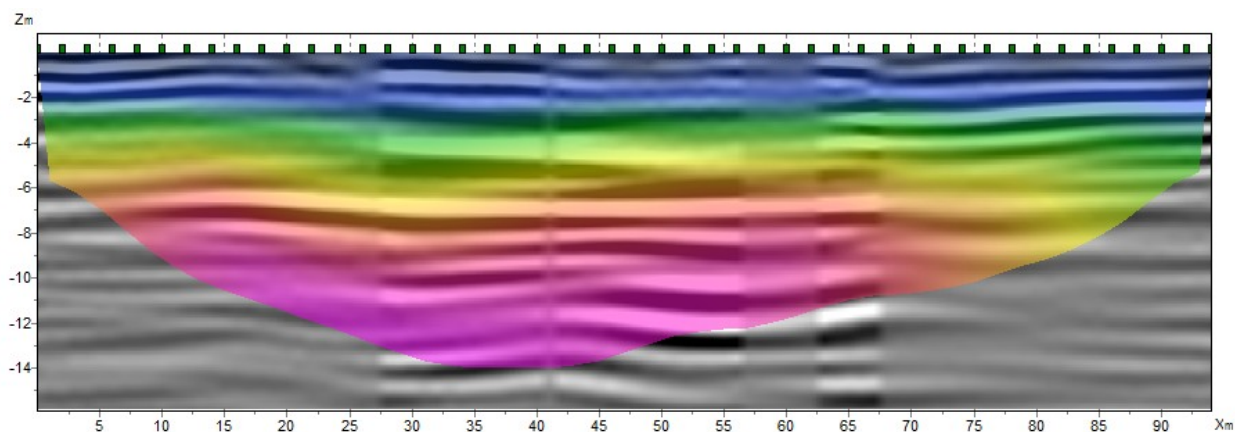


Fig. 80 Modelo en modo Smooth-section con imagen de fondo: datos de prospección sísmica

Creación de datos de pozo

La incorporación de datos de registros de pozo y litología se realiza en el módulo especial **Options / Borehole / Create / Edit borehole data** (véase la figura siguiente). El módulo permite crear, editar y visualizar columnas litológicas y datos de registros de pozo a lo largo del perfil de observación.

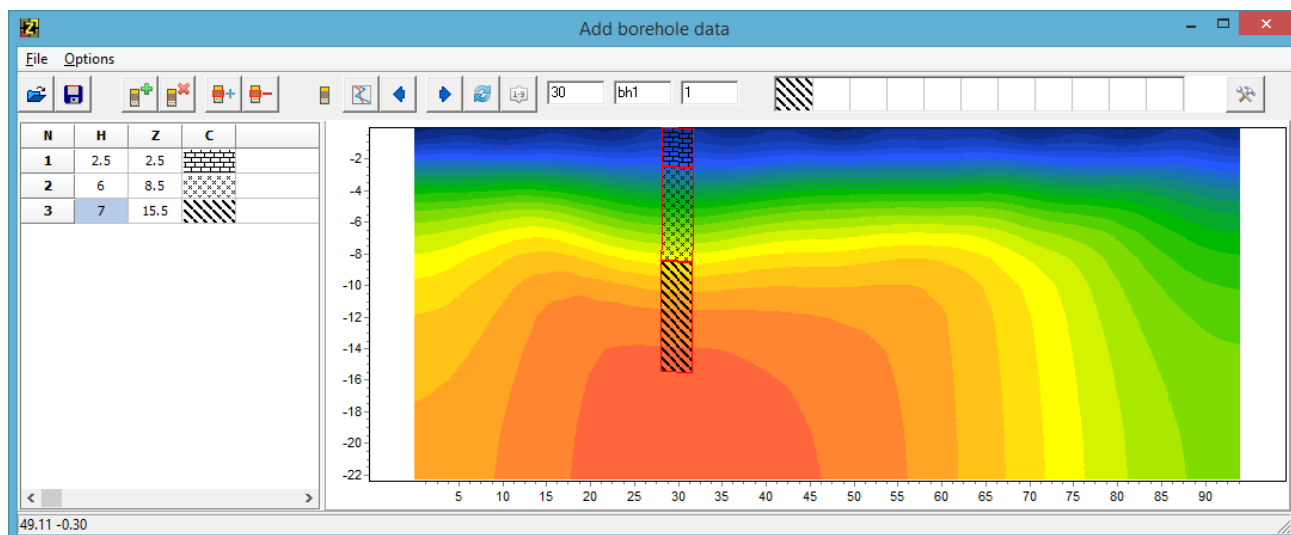
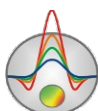


Fig. 81 Módulo para añadir datos de registros de pozo y litología

La barra de herramientas del diálogo contiene los siguientes botones:

	Abrir archivo de litología
	Guardar archivo de litología



	Crear un pozo nuevo
	Eliminar pozo
	Añadir una capa al pozo
	Eliminar una capa del pozo
	Modo de columnas litológicas
	Modo de datos de registros de pozo
	Ir al pozo anterior
	Ir al pozo siguiente
	Actualizar la ventana de visualización de datos
	Ordenar los pozos por coordenada
	Establece la coordenada horizontal (a lo largo del perfil)
	Etiqueta del pozo (máximo 5 caracteres)
	Ángulo de inclinación del pozo en el plano XZ.
	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 metros, **Z** – profundidad de la base de la capa en kilómetros, **C** – tipo de relleno. En la ventana de la derecha, los datos de los pozos se muestran gráficamente.

Para empezar a crear un archivo de litología, se debe pulsar el botón  de la barra de herramientas. A continuación, aparecerá una tabla nueva en la sección de la izquierda. Con el botón  se debe indicar el número de capas requerido. A continuación, se debe editar la tabla, especificando el espesor o la profundidad de la base de cada capa y seleccionando el tipo de relleno correspondiente a la litología. El diálogo de configuración del relleno **Pattern Color Editor** se abre haciendo doble clic con el botón izquierdo del ratón en la columna **C** de la ventana de datos (Fig. 82). El programa ofrece una amplia variedad de patrones de relleno litológico. En la opción **Color** se puede seleccionar el color del relleno.

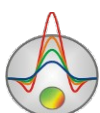




Fig. 82 Ventana del editor de relleno

Una vez introducidos los datos del pozo, se debe pulsar el botón  y el pozo aparecerá en la ventana gráfica. A continuación, se deben indicar las coordenadas horizontal y vertical del pozo en la barra de herramientas, en kilómetros; el pozo se representará entonces según sus coordenadas. En la ventana gráfica, el pozo activo se muestra en rojo.

Para facilitar el trabajo con un gran número de pozos, el programa permite crear una paleta. Para ello, seleccione el relleno deseado en la columna de rellenos de la **Ventana de datos**, y haga clic con el botón derecho del ratón en el área de rellenos del panel principal del programa. De este modo se puede crear un conjunto de rellenos que luego se puede guardar. Para ello, pulse el botón  y seleccione **Save default palette**. El conjunto de rellenos guardado se puede utilizar al crear un nuevo archivo de datos de litología y registros de pozo ( - **Load default palette**).

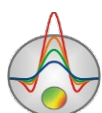
Set borehole width, disponible al pulsar el botón  establece la anchura de los pozos como porcentaje de la longitud del perfil.

Tras guardar el archivo de datos, se crearán varios archivos: ***.crt** – proyecto del módulo que puede cargarse en el programa **ZondST2D** y ***.txt** – un archivo para cada pozo, cuyos nombres corresponden a las coordenadas horizontal y vertical

Los datos de registros de pozo se pueden cargar mediante la herramienta . Para crear un archivo de datos de registros se utilizan los formatos ***.txt** y ***.las**.

Estructura del archivo ***.txt**: la primera columna contiene la profundidad del punto de registro (desde la superficie del terreno) y la segunda, las mediciones de registros de pozo. La tercera y la cuarta columnas contienen ceros. El separador entre columnas es la tecla TAB.

A continuación se muestra un ejemplo de archivo de datos de registros de pozo representados en la sección mediante gráficos (véase la figura siguiente):



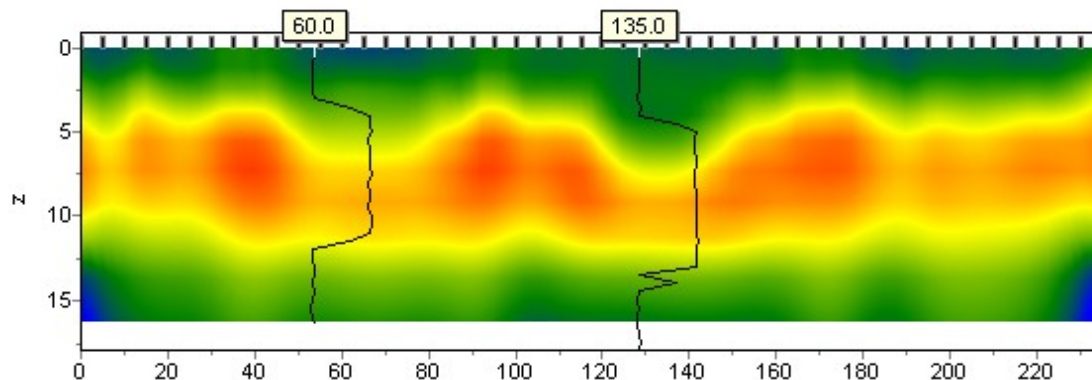


Fig. 83 **Modelo con diagramas de registros de pozo superpuestos**

Al crear un archivo con información litológica, se utiliza la siguiente estructura: la primera columna contiene la profundidad (desde la superficie del terreno) del horizonte litológico; la segunda columna debe rellenarse con ceros; la tercera columna indica el color de la capa en la columna litológica; y la cuarta, el tipo de trama de la columna litológica. Las columnas se separan con espacios. A continuación se muestra un ejemplo de modelo con columnas litológicas superpuestas.

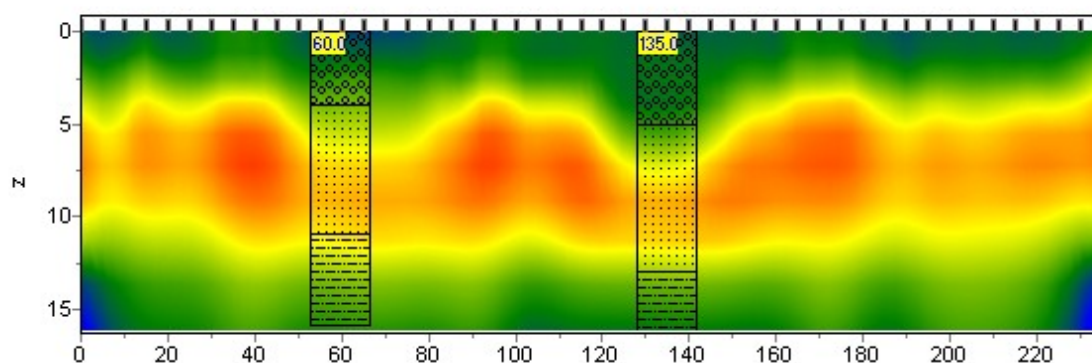
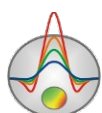


Fig. 84 **Modelo con columnas litológicas superpuestas**

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



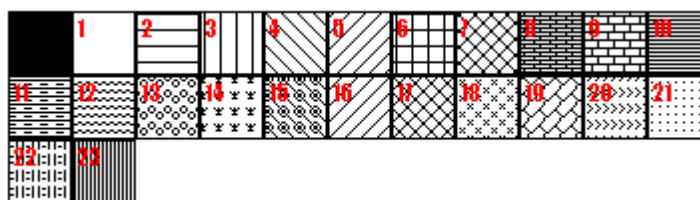


Fig. 85 Opciones de tramado de la columna litológica

Además del formato txt, este módulo permite cargar archivos crt. A continuación se describe la estructura del archivo CRT para mostrar datos litológicos o de registros de pozo de cualquier número de pozos.

2280.txt La primera línea contiene el nombre del archivo con datos de registros de pozo o datos litológicos.

skv2280 La segunda línea contiene la etiqueta del pozo (que se mostrará en el pozo).

18 2 2 1 0 1 0 0 La tercera línea contiene los parámetros de control:

Registro **18** – coordenada del pozo en el perfil;

2 - anchura de la imagen (en porcentaje de la longitud del perfil, normalmente 1 - 20);

2 - tipo de representación de los datos, de 0 a 3;

[0 - datos de registros de pozo (en forma de gráfico);

1 - datos de registros de pozo (columna de colores interpolada); para representar los datos se utiliza la escala de colores de la sección;

2 - columna litológica;

3 - datos de registros de pozo (columna en color); los colores de los datos representados corresponden a la escala del modelo y el color de la columna se selecciona según el valor de la escala de colores del modelo.]

1 - Parámetro de normalización de los datos de los diagramas de registros de pozo, de 0 a 2.

[0,1 – se utiliza el mismo mínimo y máximo para todos los datos;

1,2 - se resta el valor medio de cada diagrama de registros de pozo.]

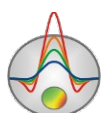
0 - Índice del método de registro (si es necesario mostrar simultáneamente varios tipos de registros, se debe introducir un índice para cada método), de 0 a n-1, donde n es el número de métodos.

1 - Color del gráfico.

0 - Escala de los datos: logarítmica, 0; lineal, 1.

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

Los botones de la barra de herramientas del módulo para introducir datos litológicos también están disponibles en el menú **Options**. Este menú incluye asimismo la función **Remove**



background, que permite quitar la imagen de fondo —el modelo de velocidades— al introducir datos de pozo.

Al crear o editar datos de pozo con el módulo descrito, el programa guarda el resultado en un archivo de formato interno con la extensión *.crt o *.bmp.

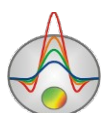
Presentación de resultados

Trabajo con varios modelos en un mismo proyecto

A menudo es necesario almacenar varios modelos en un mismo proyecto y visualizarlos simultáneamente para compararlos. Por ejemplo, al determinar los parámetros óptimos de inversión, resulta más cómodo no crear un proyecto independiente para cada conjunto de parámetros, sino almacenar en un mismo proyecto todos los modelos obtenidos mediante la inversión y poder compararlos en una misma ventana. Del mismo modo, en el modo de modelización, resulta más cómodo almacenar y comparar en un mismo proyecto varios modelos relacionados utilizados para calcular el problema directo.

En el programa **ZondST2D** estas funciones se implementan mediante la sección **Buffer** del menú principal del programa. Los botones **Model 1 – Model 5** corresponden a cinco modelos de búfer que se pueden almacenar en un mismo proyecto.

Para guardar el modelo actual en el búfer, se debe pulsar uno de los botones correspondientes a los modelos de búfer. Si el modelo de búfer seleccionado está vacío, el modelo actual se guardará en él. El cuadro de diálogo que aparece permite introducir el nombre del modelo de búfer, que a continuación se mostrará en el botón correspondiente de la lista **Buffer** y como título al mostrar el modelo.



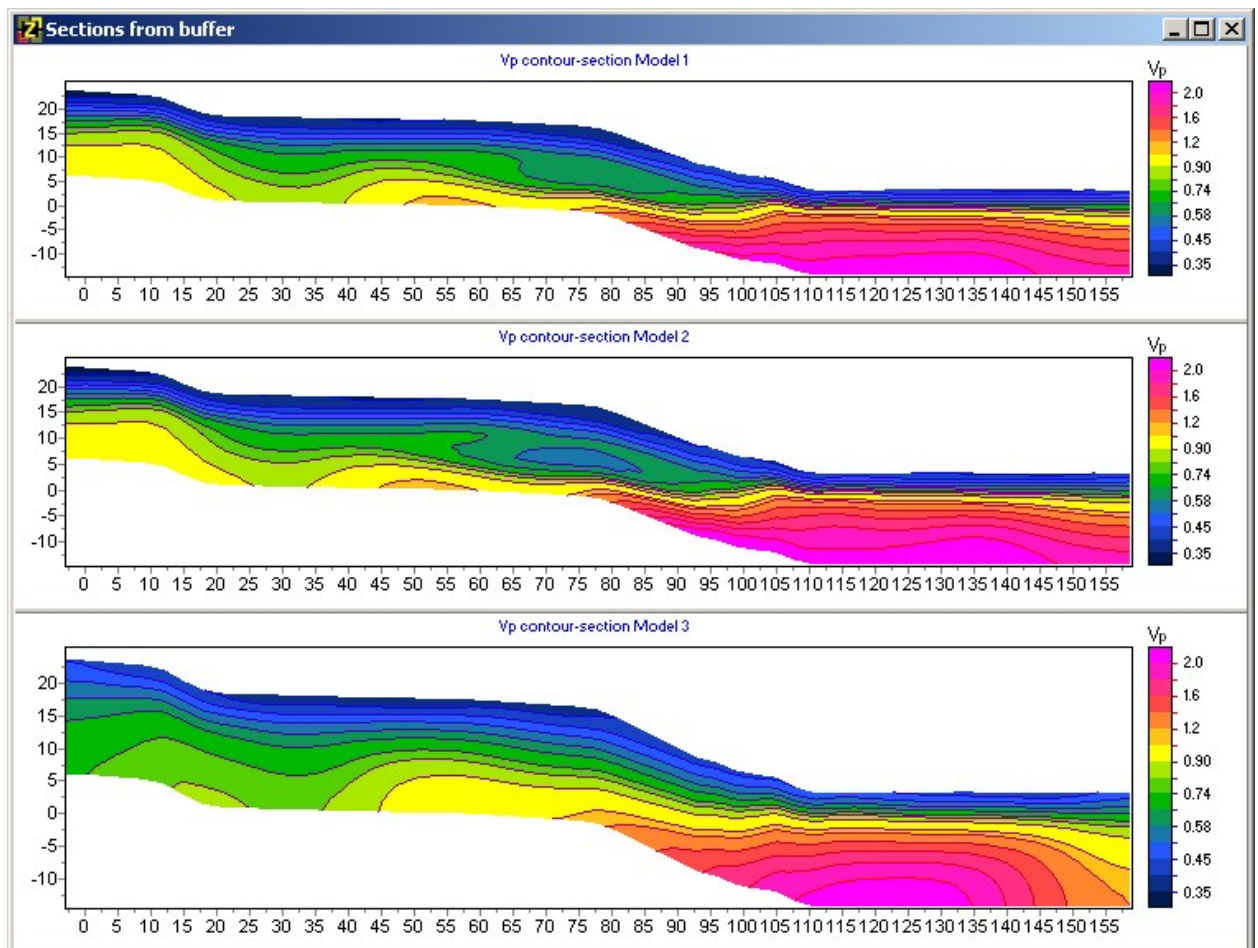


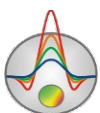
Fig. 86 Ventana para ver simultáneamente varios modelos Buffer/Open. Ejemplo de inversión de los mismos datos con distintos parámetros

Una vez definido el primer modelo de búfer, se puede borrar el modelo actual en el editor de modelos y crear el siguiente para guardarlo en otro modelo de búfer.

Si el modelo de búfer seleccionado no está vacío, el programa preguntará si se desea abrir ese modelo de búfer (**From Buffer**) o reemplazarlo por el modelo actual (**To buffer**). Al seleccionar **From Buffer**, el modelo del búfer se cargará en el editor de secciones, reemplazando el modelo activo actual.

El botón **Buffer/Open** permite ver todos los modelos creados en una misma ventana, lo que facilita su comparación (Error: Reference source not found86).

Ventana de construcción de un modelo geológico-geofísico



Para construir un modelo geológico-geofísico (realizar una interpretación geológica), se utiliza la ventana del editor de modelos geológicos **Geological editor**, a la que se accede mediante el menú **Options/Modules/Geological editor**. El editor permite crear interactivamente un modelo geológico basado en el modelo actual del proyecto, los datos de pozo, los datos de otros programas del paquete **Zond** y la información ráster previa; imprimir las secciones obtenidas a la escala especificada; y guardar y exportar los resultados de la interpretación.

Los resultados de la interpretación geofísica sirven como una especie de imagen de fondo en color sobre la que se construye el modelo geológico. Durante la creación del modelo se delimitan objetos locales y capas, a los que después se aplica el tramado geológico elegido por el intérprete. El módulo también permite mostrar datos de pozo, lo que simplifica considerablemente el proceso de construcción del modelo.

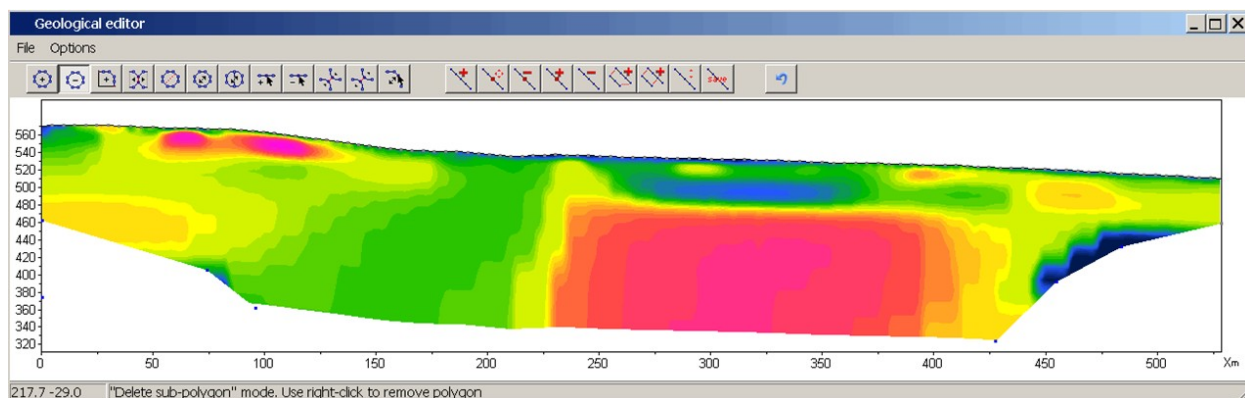


Fig. 87 Ventana del editor de modelos antes de comenzar a trabajar

Así pues, la tarea principal del módulo consiste en construir rápidamente secciones geológicas a partir de los resultados geofísicos y exportarlas posteriormente al informe.

Antes de empezar a trabajar, es necesario elegir con mucho cuidado el tipo de sección y sus ajustes gráficos. La mejor opción es representar la sección mediante isolíneas.

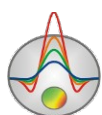
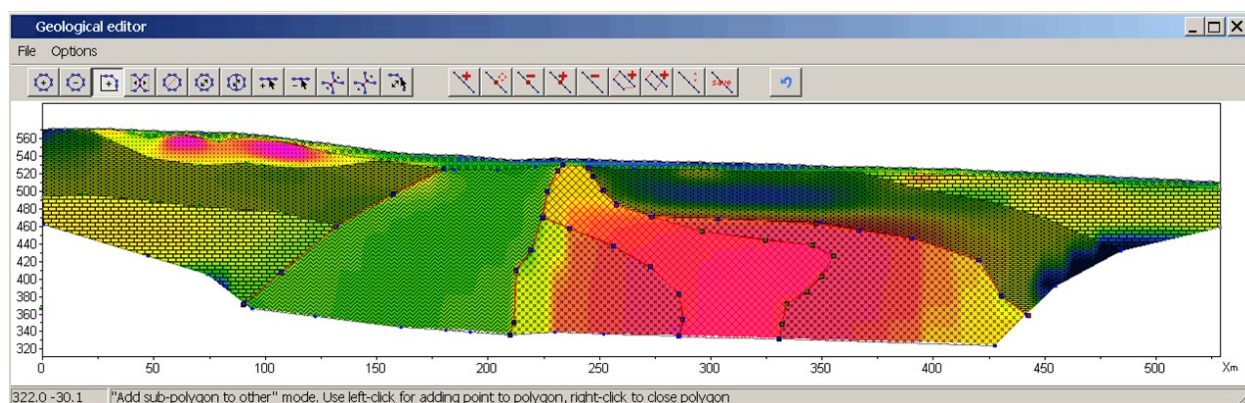


Fig. 88 Ventana del editor de modelos: sección de velocidades e interpretación geológica.

A continuación, se activa la opción **Geological editor**, tras lo cual comienza el trabajo con la sección. Se definen cuerpos y capas como polígonos cerrados y abiertos, y se les asignan colores y tramados.

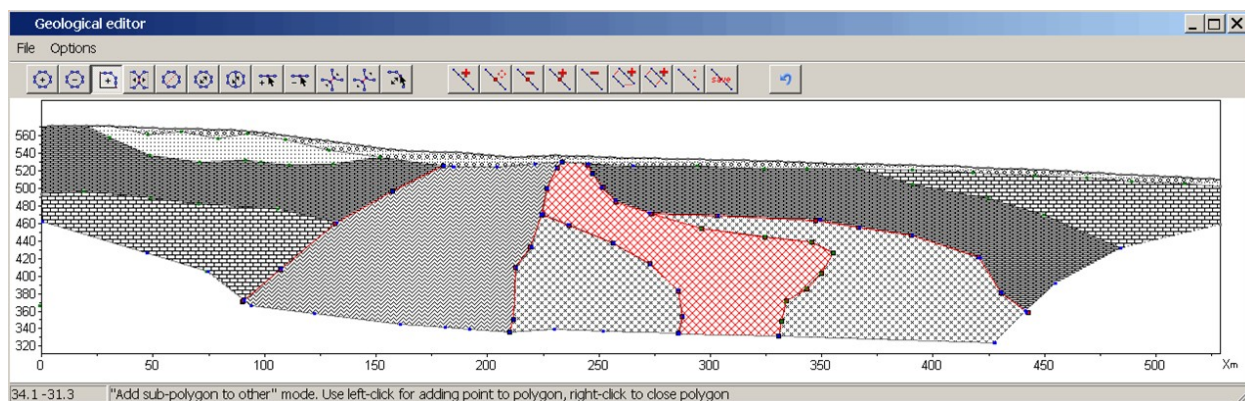
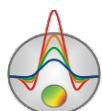


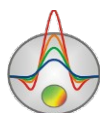
Fig. 89 Ventana del editor de modelos: sección geológica-geofísica obtenida a partir de los resultados de la interpretación

La barra de herramientas de la ventana **Geological editor** contiene botones para editar polígonos y líneas:

Herramienta	Opción
	Crear un polígono. Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón, se añade un nodo a la polilínea que define el límite del polígono. Para terminar de definir el límite, se hace clic con el botón derecho del ratón; la polilínea se cierra automáticamente.
	Eliminar un polígono. Tras seleccionar la herramienta, se hace clic con el botón derecho del ratón en el polígono que se desea eliminar.
	Crear un polígono adyacente a un polígono existente o al límite del área de modelización. Después de seleccionar esta herramienta, se debe definir un límite que no sea adyacente a un polígono existente. El primer y el último punto del límite definido deben pertenecer al límite de un cuerpo adyacente o al límite del área de modelización. La definición del límite termina al



	hacer clic con el botón derecho del ratón. El programa selecciona automáticamente el límite adyacente o solicita que se seleccione mediante un cuadro de diálogo.
	Separar polígonos adyacentes. Si con la herramienta anterior se ha creado un modelo que contiene polígonos adyacentes, esta herramienta permite separarlos para poder modificar sus límites, desplazarlos o eliminarlos de forma independiente. Tras seleccionar la herramienta, se selecciona con el botón izquierdo del ratón el polígono que se desea separar (un solo clic en cualquier punto del polígono; sus límites cambian de color). Al hacer clic con el botón derecho del ratón, finaliza el procedimiento de separación.
	Dividir un polígono mediante una línea recta (crear dos polígonos a partir de uno). Con el botón izquierdo del ratón se indica el primer punto de la línea y, a continuación, con el botón derecho, el segundo. Ambos puntos deben estar en el límite del polígono que se va a dividir.
	Mover un polígono. Para seleccionar el polígono, se hace clic con el botón izquierdo del ratón. Al mover el ratón, el polígono se desplaza. La posición del polígono se fija haciendo clic con el botón derecho.
	Mover una parte del polígono
	Añadir un nodo. Se hace clic con el botón derecho del ratón en el punto del límite donde se desea añadir el nodo.
	Eliminar un nodo. Se hace clic con el botón derecho del ratón en el nodo que se desea eliminar.
	Mover un nodo. Para seleccionar el nodo, se hace clic con el botón izquierdo del ratón; se mueve arrastrando el ratón y se finaliza el movimiento haciendo clic con el botón derecho.
	Separar puntos conectados. Este modo sirve para separar puntos conectados.



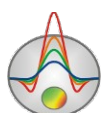
	Para separar los puntos de un polígono conectado, se hace clic derecho sobre el punto. Como resultado, el punto conectado se sustituye por un conjunto de puntos independientes, cada uno perteneciente a su propio polígono. Los puntos de los polígonos se vuelven rojos cuando el cursor se acerca.
	Mover un punto. Este modo sirve para mover un punto del polígono. Para seleccionar el punto que se va a mover, se hace clic con el botón izquierdo del ratón; a continuación, el punto del polígono sigue el cursor. Para fijar la nueva posición del punto, se hace clic con el botón derecho del ratón. Si la operación no es posible (es decir, si se cruzan algunos lados), el programa no permite mover el punto y lo devuelve a su posición original. Los puntos situados en el límite del modelo solo se pueden mover a lo largo de los bordes correspondientes. Los puntos del polígono se vuelven rojos cuando el cursor se acerca.

El cuadro de diálogo para configurar los parámetros gráficos del polígono se abre haciendo doble clic en su centro.

La barra de herramientas también contiene botones para crear y editar líneas:

	Añadir una línea
	Mover un nodo
	Eliminar un nodo
	Añadir un nodo
	Eliminar una línea
	Crear un polígono a partir de dos líneas
	Mover una línea
	Guardar una línea
	Deshacer la última acción

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



File/Load polygons – cargar polígonos desde un archivo

File/Save polygons – guardar los polígonos del modelo actual en un archivo

File/Show background – mostrar la imagen de fondo.

File/Remove background – ocultar la imagen de fondo del editor.

File/Print preview – abrir el cuadro de diálogo de impresión de la imagen.

Get from modeling – cargar polígonos desde el modo de modelización poligonal

Options/Model setup – abrir el cuadro de diálogo para configurar las dimensiones del área del modelo

Options/Load borehole data – cargar datos de pozo desde un archivo

Options/Remove borehole data – eliminar los datos de pozo del editor

Options/Remove all polygons – eliminar todos los polígonos

Visualización tridimensional de modelos obtenidos en varios perfiles

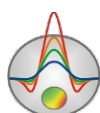
Si se han realizado mediciones en varios perfiles próximos entre sí dentro del área de estudio, conviene interpretarlos conjuntamente. Esto permite estudiar la distribución en planta de las estructuras delimitadas y facilita la interpretación de cada perfil por separado, al simplificar la identificación de los elementos más estables del modelo.

En el programa **ZondST2D** se utiliza el módulo **3D section viewer** para visualizar conjuntamente modelos de velocidades obtenidos en varios perfiles. El módulo se abre desde la opción de menú **Options/Modules/3D fence diagram**. Permite representar los modelos en el espacio (teniendo en cuenta la topografía) y también crear mapas de distribución del parámetro seleccionado para una profundidad o cota absoluta especificada por el usuario.

La ventana de visualización tridimensional consta de tres pestañas: **Lines** (definición de las coordenadas de los perfiles), **3D View** (ventana de visualización del modelo), **Options** (ajustes de imagen), y una barra de herramientas (que da acceso a parámetros adicionales y a las opciones para cargar, guardar y exportar el modelo tridimensional creado).

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

	Carga desde Internet un mapa de la zona. Para ello, las coordenadas de las estaciones deben estar definidas en coordenadas UTM. Si hay problemas con la carga, introduzca una clave actualizada en el campo Bing maps api_key
---	---



	Construir cortes horizontales en Surfer
	Vista preliminar de impresión
	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros del modelo 3D
	Configuración de los parámetros de los ejes (más información)
	Rotar el modelo 3D
	Mostrar un plano horizontal. La profundidad del plano desde la superficie se establece en kilómetros en la ventana de la derecha 
	Al pulsar este botón, se establecen las mismas escalas para todos los ejes. A continuación, aparece a la derecha una ventana que permite definir la relación de escalas para cada eje.
	Seleccionar el parámetro para la construcción (Vp o Vs)

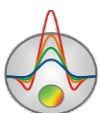
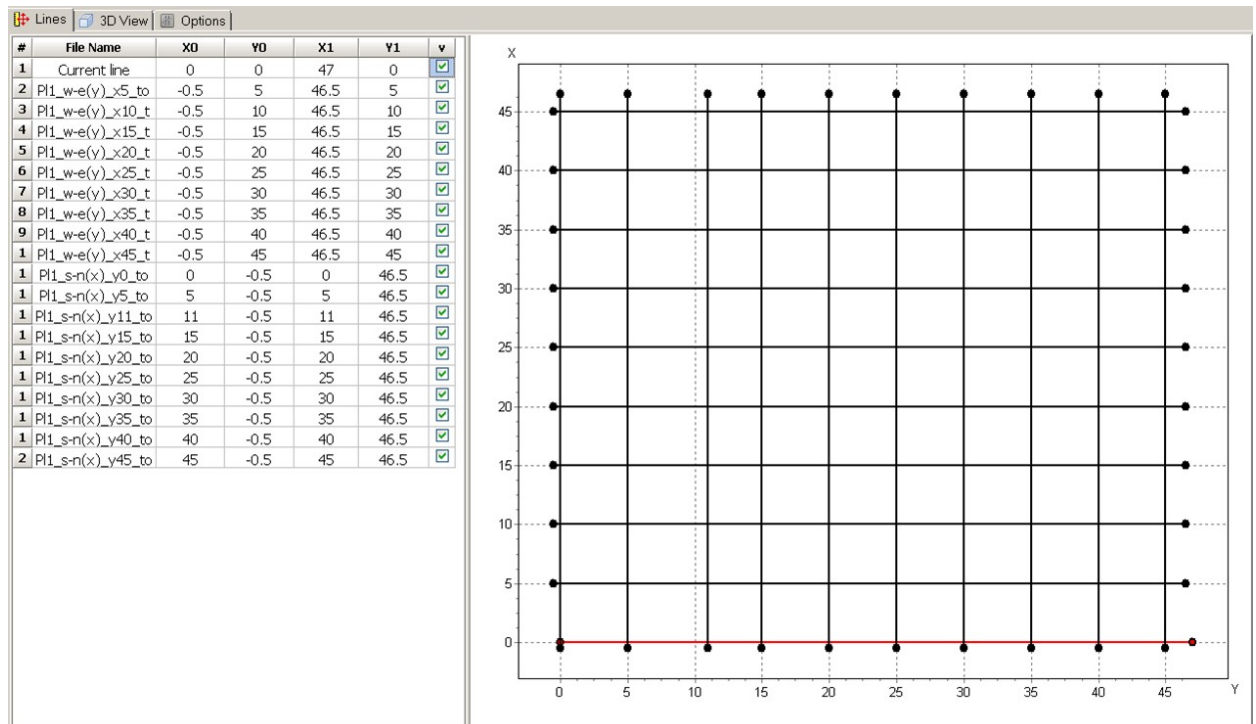
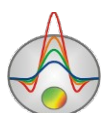


Fig. 90 **Pestaña Lines de la ventana 3D Section viewer**

La pestaña *Lines* (Error: Reference source not found90) permite añadir perfiles y asignarles coordenadas. Cada perfil corresponde a una fila de la tabla. Para añadir un perfil a la tabla, se debe hacer clic derecho en una celda vacía de la primera columna y seleccionar el archivo deseado. Para la visualización tridimensional, el programa utiliza un archivo con la extensión *.mod2d, que se crea automáticamente al guardar el proyecto principal en formato **ZondST2D**. Se puede añadir una fila vacía a la tabla o eliminar un archivo innecesario mediante los botones  y  de la barra de herramientas. Las columnas X0, Y0, X1, Y1 de la tabla contienen las coordenadas rectangulares del inicio y el final del perfil correspondiente (los perfiles curvilíneos se pueden definir con la opción XY/Edit topo). Se permite cualquier orientación relativa entre los perfiles: pueden ser paralelos, no paralelos, intersectarse o no. El plano de los perfiles se muestra en la parte derecha de la pestaña Lines a medida que se introducen las coordenadas. La última columna de la tabla permite desactivar, si es necesario, los perfiles seleccionados de la imagen 3D.

La pestaña *Options* permite configurar los parámetros de visualización: la escala de colores y las escalas de cada eje. La relación entre las escalas también se puede establecer con el campo  de la barra de herramientas. El campo de valores contiene las escalas de visualización de cada eje. Al pulsar el botón  se ajusta la visualización a la escala máxima del área delimitada por los ejes.



El modelo tridimensional se muestra en la pestaña **3D View** (Error: Reference source not found91).

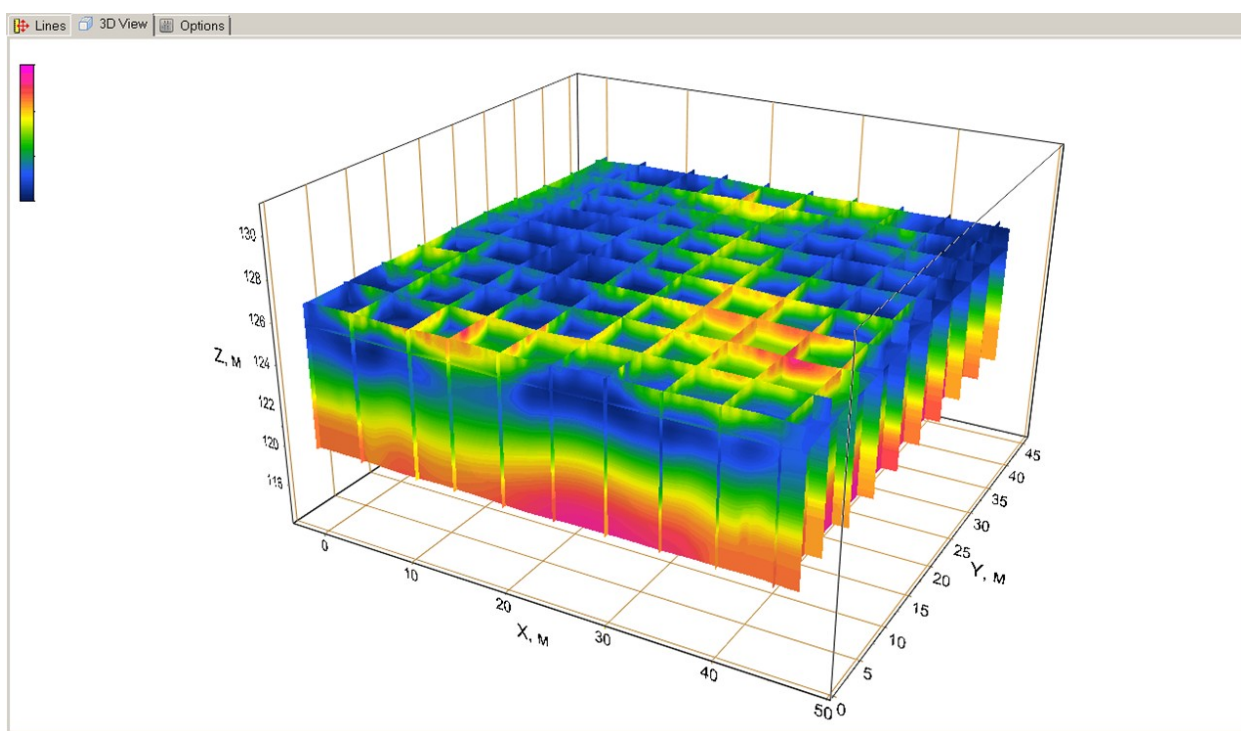


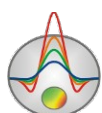
Fig. 91 Pestaña 3D View de la ventana 3D section viewer. Visualización tridimensional

La configuración de cada eje por separado se realiza mediante los diálogos que se abren con el botón  de la barra de herramientas. El diálogo correspondiente permite modificar las propiedades de las etiquetas de los ejes, configurar la visualización de la cuadrícula, establecer los títulos de los ejes, etc.

Se accede a la configuración relacionada con la imagen tridimensional del modelo (tipos de proyección, escalas, ángulo de rotación, desplazamientos del modelo en las coordenadas de pantalla, etc.) mediante el botón .

También se puede manipular el modelo con el ratón: si se mantiene pulsado el botón izquierdo, se puede rotar libremente; con la rueda del ratón se modifica la escala. Al pulsar el botón , el modelo gira automáticamente alrededor de su centro geométrico.

Una opción útil es la posibilidad de construir un corte del parámetro a una profundidad determinada. Se accede a esta opción mediante el conjunto de herramientas  de la barra de herramientas. Si la casilla no está marcada, en el campo numérico se indica la cota absoluta a la que se construirá el corte. Si la casilla está marcada, en el campo numérico se indica



la profundidad desde la superficie a la que se construirá el corte. En la Fig. 92 se muestra un ejemplo de construcción de un corte del modelo.

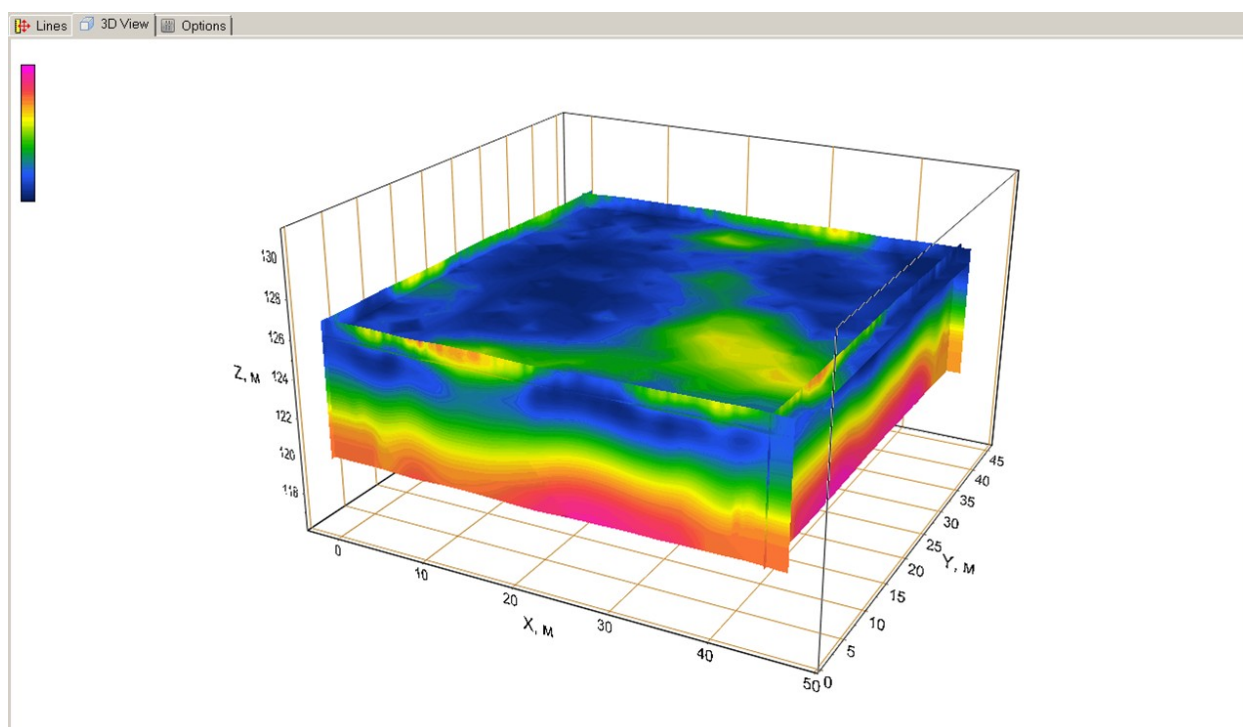


Fig. 92 **Pestaña 3D View de la ventana 3D section viewer. Corte de velocidades a una profundidad determinada desde la superficie.**

La pestaña **Options** está destinada a configurar los parámetros de la imagen.

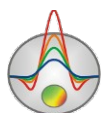
El área *Color scale* permite configurar los parámetros del relleno. El botón **Palette** abre el diálogo de configuración del relleno. El área *Color scale limits* permite establecer manualmente los valores mínimo y máximo de la escala de colores o seleccionar el modo automático de determinación de los límites marcando la casilla correspondiente.

La opción Continuous permite visualizar las secciones con una paleta de gradiente continuo o en modo de contornos.

El área *Axis scales* está destinada a establecer las escalas de los ejes. Las escalas solo se pueden establecer si está pulsado el botón  de la barra de herramientas de la ventana.

La opción *Boreholes* permite mostrar los datos de los pozos en la imagen tridimensional. Si el proyecto contiene muchos pozos, su visualización puede llevar bastante tiempo.

Los resultados del trabajo con el módulo **3D section viewer** se pueden guardar, exportar e imprimir. Para guardar y exportar, se utiliza el botón  de la barra de herramientas. Si se selecciona Project file como tipo de archivo, el programa crea un archivo con la extensión *.prj,



que almacena las rutas absolutas a los archivos de perfiles y sus coordenadas. Posteriormente, al abrir este archivo con el botón , el programa carga los datos correspondientes y vuelve a construir el modelo tridimensional. Si en el diálogo de guardado se selecciona XY plane, el programa crea un archivo de texto *.dat que contiene los datos del mapa del parámetro a la profundidad seleccionada. Este archivo se puede utilizar en programas externos, por ejemplo, Surfer. Al guardar en formato Voxler 3d grid, el programa crea un archivo de texto *.dat que contiene los datos de todo el modelo.

La impresión de la ventana del modelo se realiza pulsando el botón  de la barra de herramientas.

Diálogo Summary plot

Este diálogo permite visualizar conjuntamente distintos resultados sísmicos en una ventana independiente. Se abre mediante la opción **Waves/Summary plot** del menú principal del programa. Según la información disponible en el proyecto, las tres listas del panel superior de la ventana contendrán distintos parámetros que se podrán representar en las secciones correspondientes.

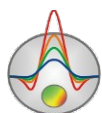
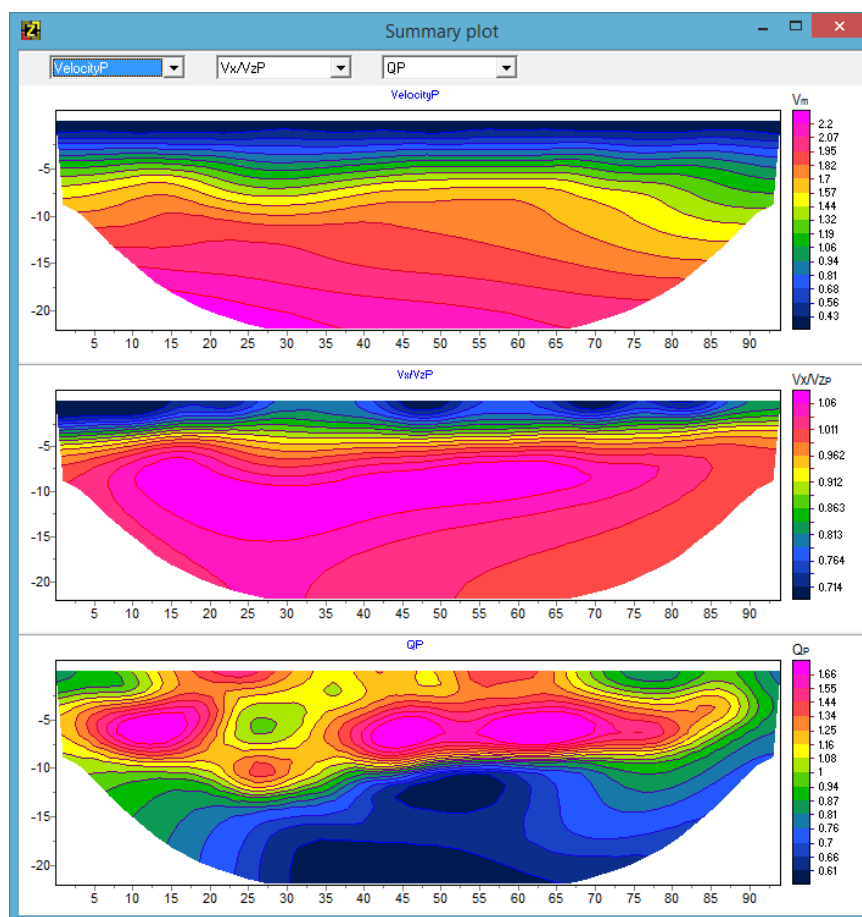


Fig. 93 Summary plot en el modo de visualización de la sección de velocidad, el coeficiente de anisotropía y el parámetro de atenuación

Si el proyecto contiene datos MASW y datos de ondas P y S, la lista completa de parámetros es la siguiente:

VelocityP – velocidad de las ondas P de la malla

VelocityS – velocidad de las ondas S de la malla

Vx/VzP – coeficiente de anisotropía de las ondas P

Vx/VzS – coeficiente de anisotropía de las ondas S

QP – coeficiente de atenuación de las ondas P

QS - coeficiente de atenuación de las ondas S

Vp layered - velocidad de las ondas P de un modelo estratificado arbitrario

VS layered - velocidad de las ondas S de un modelo estratificado arbitrario

VS MASW - velocidad de las ondas S según los datos MASW

Poisson ratio MASW –coeficiente de Poisson según los datos MASW

E MASW –coeficiente E según los datos MASW, $E = \rho \cdot V_s^2 \cdot \frac{3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}$

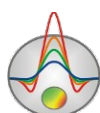
G0 MASW –coeficiente G0 según los datos MASW, $G_0 = \rho \cdot V_s^2$

Guardado de los resultados de la interpretación

El resultado de la interpretación del perfil de datos se almacena en un archivo en formato **ZondST2D** (extensión *.ST). Este archivo contiene los datos de campo, los valores de los pesos relativos de las mediciones, el modelo actual del medio y otros ajustes. Al volver a cargarlo, se utilizan los datos del archivo para crear el modelo del medio.

Para guardar el resultado de la interpretación, se puede pulsar el botón  de la barra de herramientas o seleccionar la opción de menú correspondiente. En el diálogo que aparece también se puede elegir el formato de los datos para guardar los tiempos de las primeras llegadas observados (**Observed**) o calculados (**Calculated**) para el modelo actual, así como imágenes (**Model**, **WorkSheet**) en formato *.BMP y a la escala necesaria. La escala de la imagen se puede configurar mediante el diálogo **Options/Graphics/Bitmap output settings**.

Zond project data	Guardar en un archivo de proyecto ST los valores medidos, el
-------------------	--



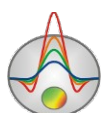
	modelo actual del medio y todos los ajustes.
Zond calculated data	Guardar los valores calculados en un archivo de datos ST de texto.
Zond observed data	Guardar los valores observados en un archivo de datos ST de texto.
Zond model with calculated	Guardar en un archivo de proyecto ST los valores medidos, el modelo actual del medio y todos los ajustes. En este modo, los valores observados se sustituyen por los calculados. Esto resulta muy práctico para probar la inversión con distintos modelos.
Worksheet	Guardar las tres secciones gráficas de la ventana en formato BMP.
Model	Guardar la sección gráfica inferior de la ventana en formato BMP. Para ajustar la escala de la imagen, se debe utilizar el cuadro de diálogo Output settings .
Program configuration	Guardar los parámetros del programa.
Grid file	Guardar el modelo actual como archivo de malla en formato DAT. Para facilitar su representación posterior, también se guarda un archivo en formato bln que contiene los puntos característicos de la topografía y el contorno de recorte.
Section file	Guardar el modelo actual en formato sec (archivo gráfico con georreferenciación de las esquinas).

Funciones adicionales del programa

Diálogo Model smooth/raster

La opción (**Options/Extra/Model smooth/raster**) permite reducir la resolución (dividir en bloques) o suavizar el modelo actual. El modelo en bloques se puede utilizar en la inversión del tipo [Blocks](#). En este caso, se ajusta un parámetro para cada bloque. La reducción de resolución consiste en una especie de rasterización del modelo suavizado, es decir, en dividirlo en regiones con parámetros constantes. El resultado de una inversión focalizante es el más adecuado para la rasterización.

Al utilizar el modo **Blocks** (Fig.94B), en función del parámetro de contraste (*Contrast factor*), se agrupan las celdas con parámetros similares en zonas de valor constante, como resultado. La opción **Start layer** establece el número de capa a partir del cual se realiza esta operación.



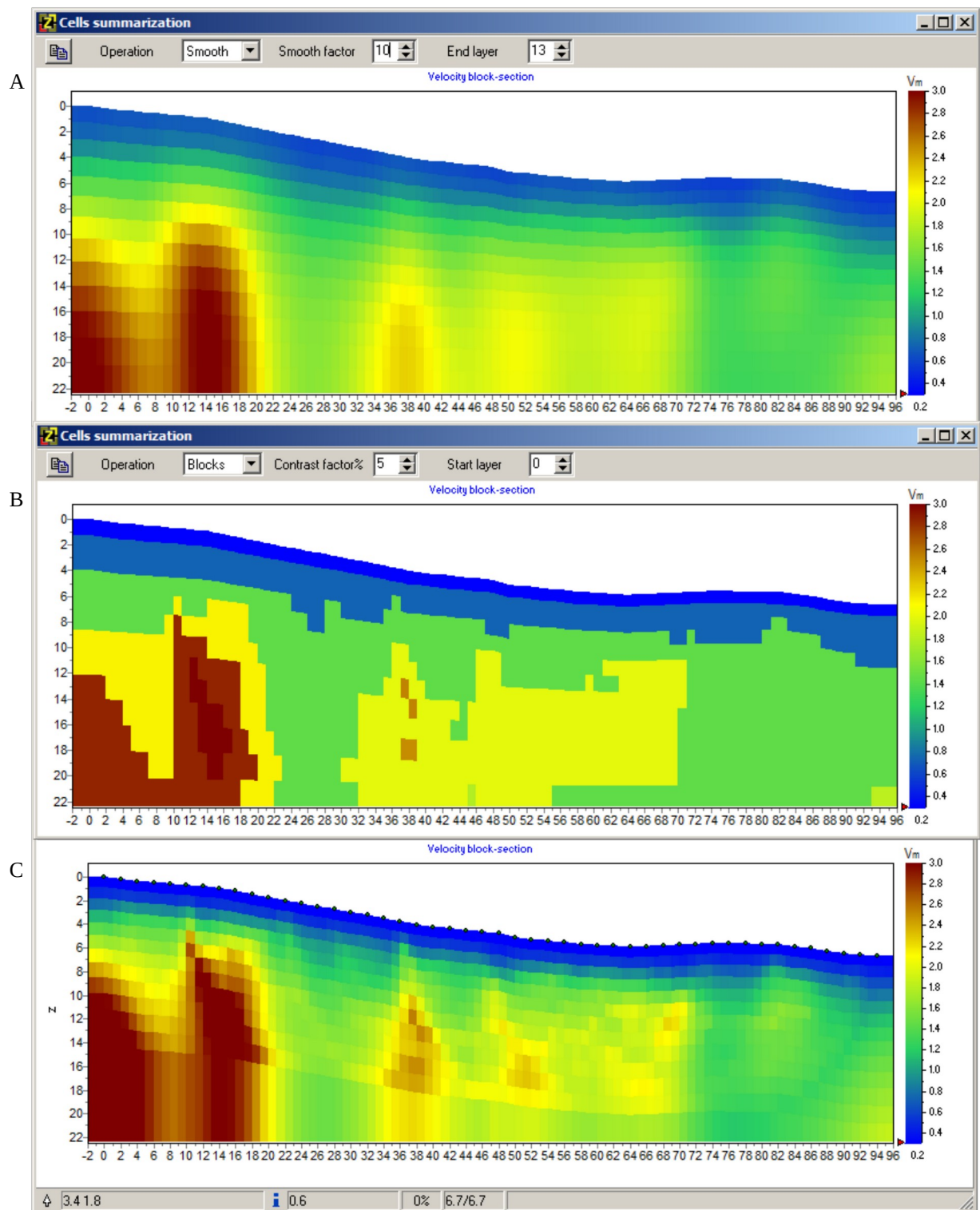
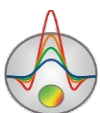


Fig. 94 Ejemplo de suavizado (A) y división en bloques (B) del modelo de velocidad (C) mediante el diálogo Cell summarization



En el modo **Smooth** (Fig.94A), los parámetros de las celdas del modelo se promedian, es decir, el modelo se suaviza, según el factor de suavizado (**Smooth factor**). La opción **End layer** establece la capa hasta la que se realiza esta operación.

El botón  copia el modelo obtenido al editor de modelos.

Trabajo con datos gravimagnéticos

El programa se puede utilizar para la interpretación conjunta de datos de prospección sísmica y de gravimetría y magnetometría. Para cargar los datos, seleccione la función **Modeling/GraviMagnetic/Load data** o **Add data**. Los datos pueden estar en cualquier formato de texto. Después de seleccionar el archivo, aparece el diálogo **Export text data**. En él, se debe especificar la columna que contiene las distancias a lo largo del perfil (*ProfPos*), así como los datos de los campos gravitatorio (*Grav*) y magnético (*Mag*) en la fila *Type*. También se deben establecer las unidades de medida de cada magnitud en la fila *Units*. Los botones *Start* y *End* permiten establecer las filas inicial y final de los datos. Seleccione la fila necesaria y pulse el botón correspondiente. La fila inicial de los datos aparece resaltada en verde en la tabla y la fila final, en rojo.

Export text data				
OK Start End				
Type	ProfPos	None	Mag	Grav
Units	m	None	nTl	mGal
1	x	ProfPos	t	g
2	0	Grav	59981.634	0.11047764
3	5	Mag	59983.39	0.13166159
4	10	0	59985.341	0.14462907
5	15	0	59993.915	0.15142022
6	20	0	59997.61	0.15633892
7	25	0	59997.024	0.15779217
8	30	0	59996.732	0.15944106
9	35	0	59996.049	0.15860264
10	40	0	59990.793	0.15491362
11	45	0	59987.585	0.1487373
12	50	0	59987	0.14585874
13	55	0	59995.268	0.14954776
14	60	0	60004.232	0.15633892
15	65	0	60006.476	0.15921748
16	70	0	60002.183	0.16005589
17	75	0	59999.854	0.16005589
18	80	0	59998	0.16044715
19	85	0	59996.732	0.16190041
20	90	0	59995.561	0.16005589

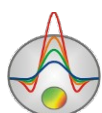


Fig. 95 **Diálogo de exportación de datos gravimétricos y/o magnetométricos Export text data**

Tras hacer clic en el botón OK, los datos se cargarán y aparecerá la ventana de configuración de los parámetros de medición. Esta ventana también está disponible en el menú principal **GraviMagnetic/Field settings**. La ventana de selección de los parámetros de medición está dividida en dos áreas: **Magnetic survey** y **Gravity survey**, correspondientes a la configuración de los campos magnético y gravitatorio.

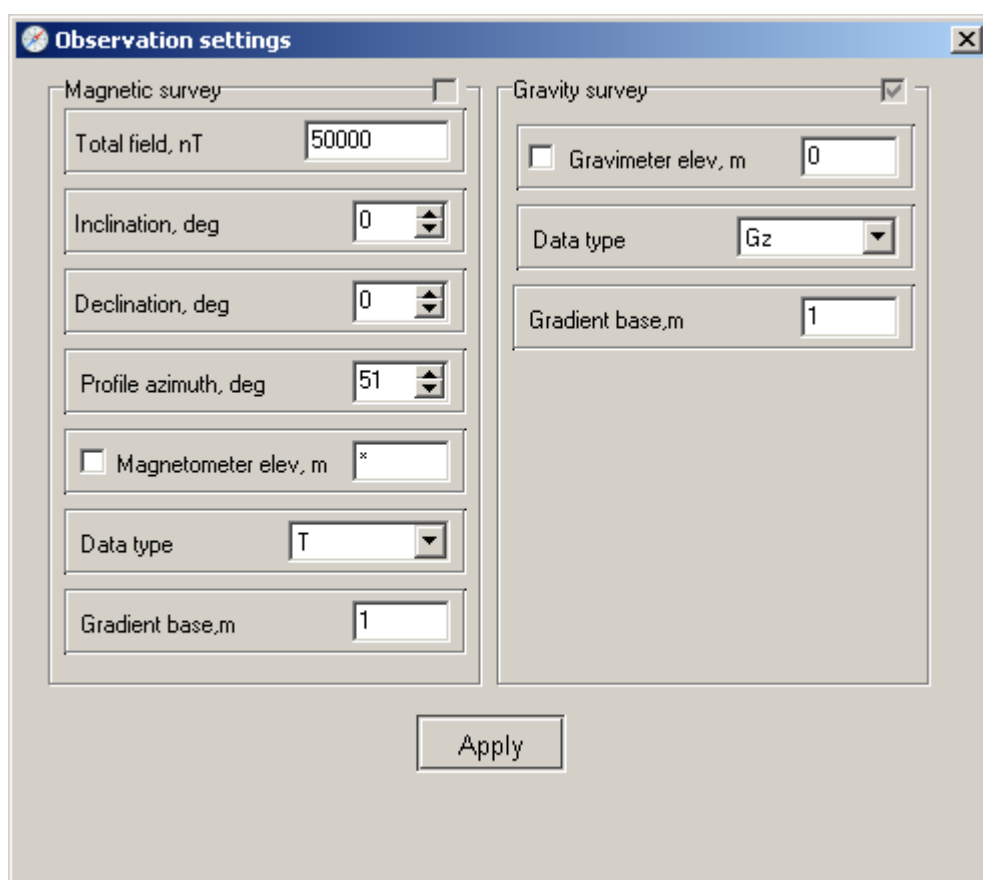


Fig. 96 **Diálogo de configuración de los parámetros de observación Observation settings**

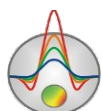
Área **Magnetic survey**:

Total field, nT – módulo del vector del campo magnético normal (T_0), en nT.

Inclination, deg – valor de la inclinación del campo magnético normal, en grados (I_0). Se mide hacia abajo desde la horizontal.

Declination, deg – valor de la declinación del campo magnético normal, en grados (D_0). Se mide en sentido horario desde el norte.

Profile azimuth, deg – azimut del perfil, en grados. Se mide en sentido horario desde el norte.



Magnetometer elev, m – altura del sensor del magnetómetro, en metros, con respecto a la topografía.

Data type – tipo de datos medidos. **T** – campo magnético, **GrZ** – gradiente del campo magnético

Gradient base, m – Altura del sensor sobre la superficie terrestre

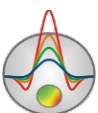
Área **Gravity survey**:

Gravimeter elev, m – altura de las observaciones gravimétricas, en metros, con respecto a la topografía.

Data type – tipo de datos medidos. **Gz** – componente vertical de la gravedad, **Grz** – gradiente de la componente vertical de la gravedad.

Gradient base, m – Altura del sensor sobre la superficie terrestre.

Una vez establecidos los parámetros de la campaña, aparecerá la ventana Gravity&Magnetic data, que contiene los gráficos de los campos gravitatorio y magnético. Esta ventana también está disponible en el menú principal **GraviMagnetic/Display GM window**.



Módulo de procesamiento por capas

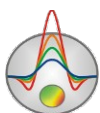
El módulo **Vintage processing module (Options / Modules / Layered processing)** está diseñado para interpretar dromocronas de ondas refractadas mediante un modelo estratificado (hasta cuatro capas). Los puntos de las dromocronas se asignan a las capas mediante los botones 1–4 (**X** – capa desconocida) de una de las siguientes maneras: haciendo clic en un punto, haciendo clic para propagar la asignación a los puntos más cercanos a la fuente o más alejados de ella, o mediante la herramienta «círculo». El botón **Build solution** construye un modelo estratificado (el control deslizante determina el suavizado de la solución; con el botón derecho se abre el menú de configuración); el botón **Get pattern from solution** transfiere desde la solución la asignación de los puntos a las capas; **Remove pattern** elimina dicha asignación. Los botones **t** y **V** alternan la visualización de los tiempos y las velocidades aparentes; dos botones establecen la posición del punto en el gráfico (receptor o punto medio entre la fuente y el receptor).

Menú de configuración del botón **Build solution**: **Geometry settings** (número de nodos y subnodos de los límites, número de divisiones de velocidad de la primera capa, número máximo de capas 2–4, interpolación spline), **Data metric** (S – lentitud o t_0 – tiempo), **Process visible** – procesar solo las dromocronas visibles, **$V(i) < V(i+1)$** – la velocidad aumenta con la profundidad, **Optimization**, **Search for start_grad**, **Rebuild model**. Menú del botón **Options**: **Print preview**, **Set as apriori** – transferir los límites a los límites a priori de la ventana principal, **Set as layered model** – transferir al modelo estratificado arbitrario, **Save to file**.

Módulo de inversión VSP

El módulo **VSP inversion (Options / Modules / Downhole module** o el botón **VSP** de la ventana Trace editor) realiza la inversión unidimensional de los tiempos (y las amplitudes) de las ondas directas de VSP. Botones de la barra: **Inversion** – iniciar la inversión (con el botón derecho se abre el menú: **Invert depths** – ajustar las profundidades de los límites, **Robust**, **Layers number** – número de capas 3–100, **PR constraint** – restricción del coeficiente de Poisson); **Rebuild model**; **Save model**; **Copy models to main window**; **Error gates**; **Correct amplitudes** – eliminar los saltos de amplitud a lo largo del pozo. Menú contextual del modelo: **Split layer**, **Merge layers**.

Al cargar datos VSP (o datos de sísmica entre pozos) en Trace editor, se abre el diálogo **Imported VSP data (Imported cross-hole data)**. En la tabla se indica para cada archivo si se utilizará, su polaridad (+/–) y la asignación de canales (X, Y, Z, trig – canal de marca de tiempo). **Sx** – coordenada horizontal de la fuente, **Rx** – coordenada horizontal del pozo con los receptores, **Summarize repeats** – sumar los registros repetidos. El botón **Apply** genera los sismogramas por componentes.



Módulo de modelización del campo de ondas

El módulo **Simulation module** (botón de la barra de herramientas) calcula sismogramas sintéticos para el modelo actual mediante el método de elementos finitos. Pestaña **Settings**: **Dimension** (2D, Q2.5D, 2.5D), **Problem** (Acoustic, Elastic), **Element** (Quadratic, Spectral); impulso **Wavelet** (Ricker o GaussDeriv, frecuencia **f0**, retardo **t0**, amplitud **A**); **Times** – número de muestras e intervalo de muestreo (s); **Scaling** – normalización de las trazas y opción **Cross zeros**. Botones: cargar el modelo desde la ventana principal, iniciar el cálculo, guardar el resultado (SEG-Y o formato de texto del modelo). Los resultados se muestran en las pestañas **Traces** y **Models**.

Módulo de inversión 2D MASW

Módulo **2D MASW inversion module** (botón **2DMASW inversion**) realiza la inversión bidimensional de espectros de ondas superficiales (si es necesario, junto con las primeras llegadas). Botones: cargar el modelo desde la ventana principal, inversión 2D, inversión 1D, guardar el modelo, configuración del programa, selector 32/64: ejecutar el cálculo en el módulo de 64 bits.

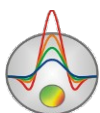
Pestaña **Settings**: **Inversion** – parámetros que se ajustan (V_s con coeficiente de Poisson fijo, o V_p , V_s y V_p , V_s y PR , V_s y V_p/V_s), refinamiento adaptativo de la malla, peso de las primeras llegadas con respecto al espectro y método de equilibrado; **Data** – polígono de datos en el espectro, reducción del número de frecuencias, suavizado, tipo de datos (**Centroid curve** o **Spectrum**), normalización $\sqrt{t}$, offset mínimo, transformación LinLog; parámetros de las primeras llegadas (frecuencia, $\ln(V_a)$ o t_0 , trazador Ray o Thick ray); **Model** – límites y tipo de transformación (linear, logarithmic) para V_p , V_s , densidad y Q_p/Q_s . La pestaña **Misfits** muestra los errores de ajuste; la pestaña **Models** muestra los modelos.

Panel de elementos

El panel **Element's toolbox (Options / Modules / Elements toolbox)** permite añadir elementos gráficos a la sección: polígonos, líneas y rótulos de texto. El tipo de elemento nuevo se selecciona haciendo clic derecho en el botón de adición. El panel contiene botones para editar la geometría del elemento, eliminar el elemento activo o todos los elementos, mostrar u ocultar elementos, una lista de elementos, un campo de texto para el rótulo y ajustes de línea y relleno.

Editor de la imagen de fondo

La opción **Options / Import/Export / Background image / Editor** abre la ventana **Background editor** para procesar la imagen de fondo. Pestañas: **Contrast** – aumento del contraste; **MCP filter** (Num comps); **Clustering** (Num clusters, Bounded); **Smoothing** (dirección X and Y / X / Y / Anisotropic, Numb cycles); **Trunc** (Negative / Positive); **AGC**; **Windowing** (Suppress <); **Replace** (Replace / Remove / Draw, color Color); **Model**. Los campos **winx/2** y **winy/2** definen la mitad del tamaño de la ventana de los filtros. Botones:



Preview – vista previa; **Save** – aceptar el resultado para el paso siguiente; **Original** – restaurar la imagen original; **Cancel** – cancelar la última vista previa; **Apply&close** – aplicar el resultado a la imagen de fondo y cerrar la ventana.

Proyecto de área

El botón **Create areal project** abre la ventana **Area** para trabajar con varios perfiles en un mismo proyecto. Para añadir líneas nuevas, se abren archivos de datos. En la ventana se muestran una tabla de líneas y su ubicación en planta; la línea activa se selecciona haciendo clic en la tabla o en el plano. Al hacer clic en la tabla con la tecla Ctrl pulsada, se abre la ventana **Line coordinates** para definir las coordenadas inicial y final de la línea (**X0, Y0, X1, Y1**; la opción **LonLat->UTM** convierte las coordenadas geográficas a UTM). El panel de la ventana también contiene botones para eliminar una línea, cargar un mapa de la zona e invertir secuencialmente todas las líneas.

Diálogos auxiliares

Start model and constraints (Options / Model / Set 1D model) – definición de un modelo inicial estratificado: **Number of layers**, límites de variación **Set limites +/-**, botón **Apply**.

Histogram (Options / Extra / Data&model histogram) – histogramas del modelo y de las velocidades aparentes.

Combine Vp and Vs (Options / Import/Export / Combine Vp&Vs) – combinación de dos archivos de datos (ondas P y S) en un solo proyecto: **Vp data, Vs data** – archivos, **DX** – desplazamiento de coordenadas para cada archivo; **VS** – tomar los datos del segundo archivo de las columnas VS.

Topography editor – tabla de topografía durante la importación de datos topográficos. **Fixed X** – no modificar las coordenadas X al definir las elevaciones; menú contextual: **Interpolate empty, Lon/Lat->UTM XY**.

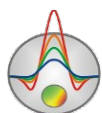
User defined cutting polygon (Options / Cutting / User cutting) – definición del polígono de recorte del modelo; botón para eliminar el polígono.

Set isolines (Options / Graphics / Set user isolines) – selección de los valores de las isolíneas: intervalo uniforme, eliminación de todas las isolíneas y aplicación.

SegY export (Options / Import/Export / Export model to SEG-Y) – intervalo en profundidad (m), transformación logarítmica de los valores y escritura de las coordenadas XY.

Import data (Import SeisOpt picking, Import Rafract picking) – selección de los archivos de fuentes, receptores (geometría) y datos.

Start times to invert (Options / Inversion / Choose invert) – tabla de fuentes con casillas de verificación para ajustar el tiempo de origen y gráfico de la diferencia media entre los tiempos observados y calculados.



Smoothing settings (Options / Data / Smooth data) – **Smoothness** – grado de suavizado; **Metric** – magnitud que se suaviza (Slowness, Time, Velocity); **Start times** – corrección de las marcas de tiempo (Pre-correction, Post-correction, No correction); **Correction only** – solo corrección, sin suavizado; **Preview, Apply**.

Sounding cone (TDEM cone, VES cone, MT cone, MASW cone) – anchura de la zona de influencia del sondeo en la parte superior (**Width on top**) y en la parte inferior (**Width on bottom**); **Units** – porcentajes, metros o según la profundidad.

Extra layered term (Options / Inversion / Optimization / Layered term) – **Enable, Pushing factor, Num top layers off** (0–5), **Window size** (1–5).

Image guided settings (Options / Inversion / Joint inversion / IGI settings) – **Smoothness from** (bloques promediados, gradientes, tensor de estructura) y **Force** (correlación, gradientes, ninguno).

Sections from buffer (Options / Inversion / View iterations, Buffer / Open) – ventana con varias secciones (modelos de iteraciones o modelos del búfer).

Project information (Options / Project information) – información del proyecto: zona, empresa, cliente, fechas, coordenadas, nombre, instrumentos y operadores.

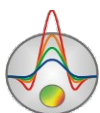
Scripts y procesamiento por lotes

El menú **Script** permite registrar una secuencia de acciones y aplicarla a un grupo de archivos. **Start recording script** inicia la grabación; **Stop recording script** la detiene. **Run packed processing** solicita una lista de archivos y ejecuta en cada uno las acciones grabadas; el registro se guarda en el archivo batch.out, en la carpeta del programa. El script se puede guardar (**Save script file**) y cargar (**Load script file**).

Configuración de los parámetros gráficos

Diálogo de configuración de la imagen exportada

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. 97).



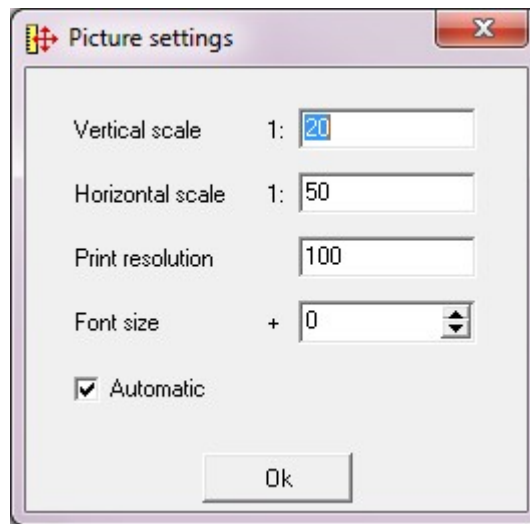
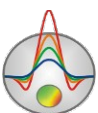


Fig. 97 **Diálogo Picture settings**

Diálogo de configuración de los parámetros de la sección de contornos y la pseudosección

El diálogo se abre desde el menú contextual (**Setup**) en el área de la sección de contornos.



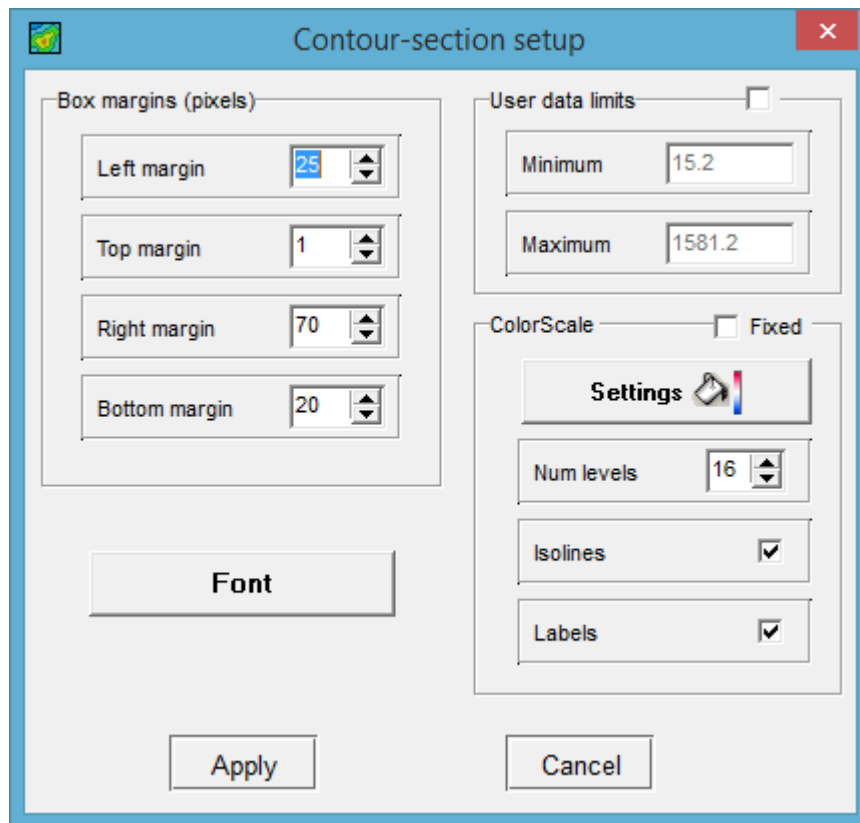


Fig. 98 Ventana del diálogo «Contour-section setup»

El diálogo sirve para configurar los parámetros de la sección de contornos y del mapa de isolíneas.

Área Box margins:

El campo **Left margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde izquierdo de la ventana.

El campo **Right margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde derecho de la ventana.

El campo **Top margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde superior de la ventana.

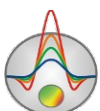
El campo **Bottom margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde inferior de la ventana.

La opción **User data limits** indica si el programa debe utilizar los valores mínimo y máximo de los datos o los valores de los campos Minimum y Maximum al establecer los niveles de las isolíneas.

El campo **Minimum** establece el valor mínimo al definir los niveles de las isolíneas.

El campo **Maximum** establece el valor máximo al definir los niveles de las isolíneas.

Área ColorScale:



Settings – establece la paleta de colores (véase la figura siguiente):

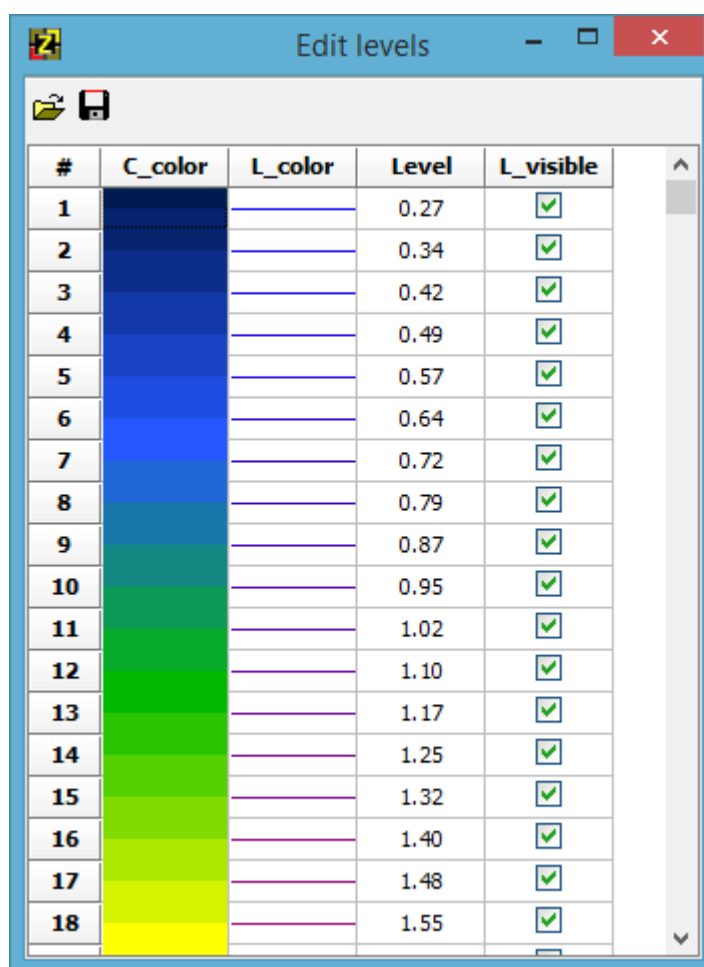


Fig. 99 Ventana del diálogo «Edit levels»

Al hacer clic derecho en los encabezados de la tabla, se abre un menú adicional:

C_color – abre la ventana para editar el color de la escala de valores.

L_color – abre la ventana para editar el color de las marcas de la escala de colores.

Level – abre la ventana para editar los límites de la escala de colores.

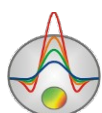
El diálogo permite editar los colores, los parámetros de las isolíneas, los valores de los parámetros y la visualización de cada color. Se pueden cargar y guardar paletas de colores en formato *.clr de Surfer.

El campo **Num levels** determina el número de niveles de isolíneas. Estos se establecen con un intervalo lineal o logarítmico uniforme, según el tipo de datos.

La opción **Isolines** indica si el programa debe dibujar las isolíneas.

La opción **Labels** indica si el programa debe dibujar las etiquetas de las isolíneas.

El botón **Font** abre el diálogo de configuración de la fuente de la leyenda.



Diálogo de configuración de la paleta

El diálogo sirve para configurar la paleta de un objeto del programa y se abre con el botón **Palette** (Fig. 100). Permite elegir una de las paletas predefinidas (arcoíris directa e inversa, escala de grises, etc.) o crear una escala personalizada. Para añadir un control deslizante a la escala, haga clic con el botón derecho del ratón mientras mantiene pulsada la tecla Ctrl. Para eliminar un control deslizante, pulse la tecla Delete. También se puede guardar una paleta personalizada con el botón , o cargar una existente con el botón .

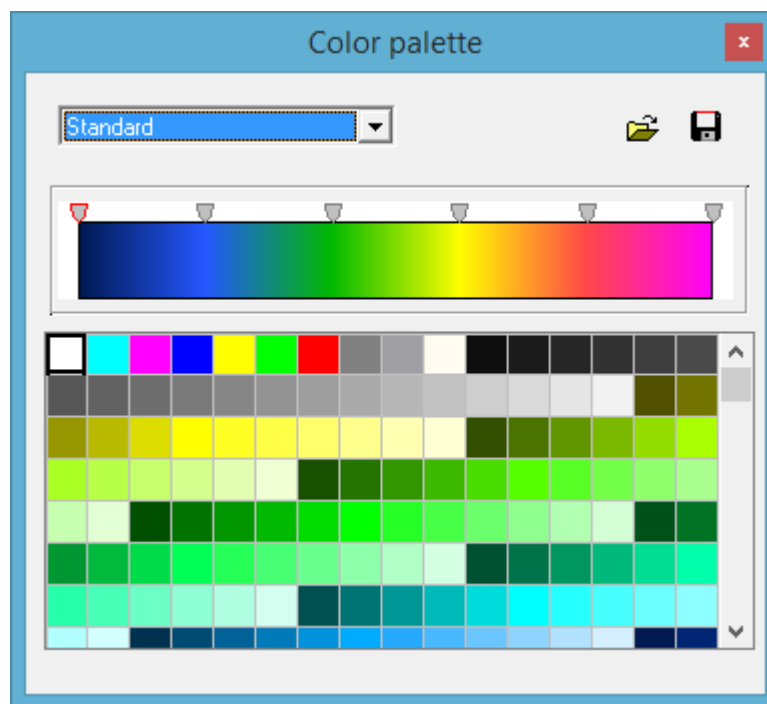
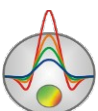


Fig. 100 Diálogo de configuración de los parámetros de la paleta.

La paleta se puede cambiar, editar, cargar desde un archivo y guardar en un archivo con formato *.clr de Surfer.

Editor de conjuntos de gráficos



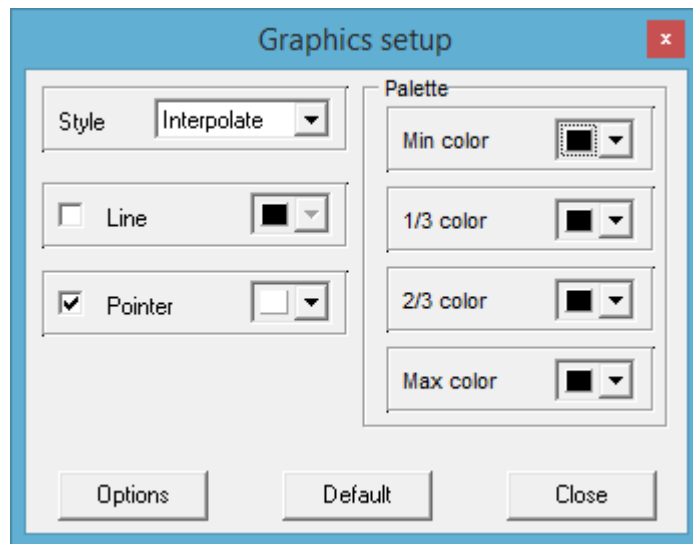


Fig. 101 Editor de conjuntos de gráficos

El editor sirve para configurar la secuencia de colores de un conjunto de gráficos.

La opción *Style* establece el algoritmo para asignar la paleta de colores a los gráficos.

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

La opción *Line* permite establecer un color específico para las líneas de conexión de los gráficos. Si la opción está desactivada, se utiliza el color de la paleta; de lo contrario, se utiliza el color especificado en *Line*.

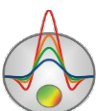
La opción *Pointer* permite establecer un color específico para el relleno de los marcadores de los gráficos. Si la opción está desactivada, se utiliza el color de la paleta; de lo contrario, se utiliza el color especificado en *Pointer*.

La opción *Border* permite establecer un color específico para el contorno de los marcadores de los gráficos. Si la opción está desactivada, se utiliza el color de la paleta; de lo contrario, se utiliza el color especificado en *Border*.

El botón [Options] abre el diálogo de configuración del gráfico.

El botón [Default] restaura la configuración predeterminada de los gráficos.

Editor de gráficos



El editor sirve para configurar la apariencia de un gráfico. Se puede abrir haciendo clic derecho en el gráfico mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT.

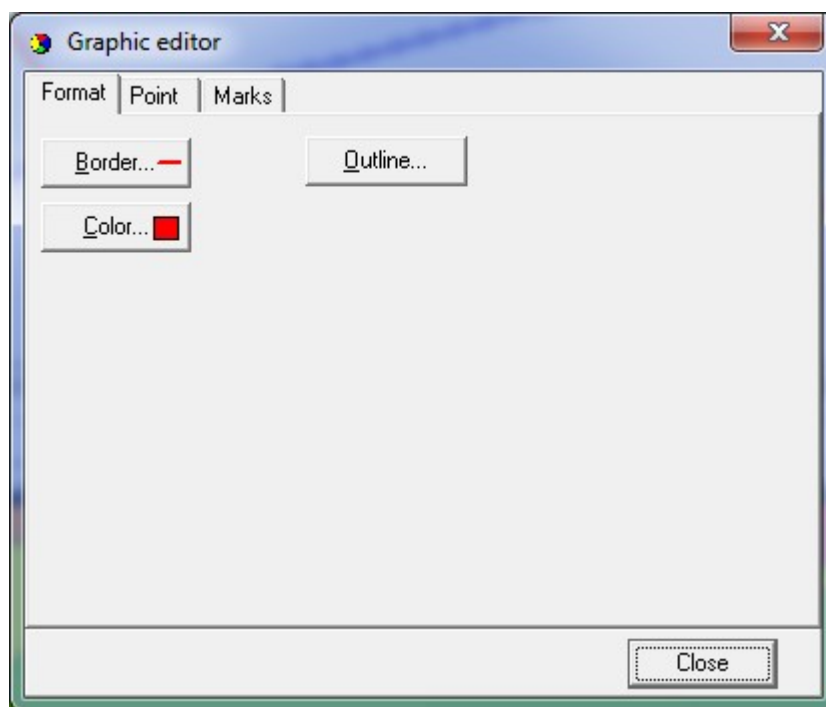


Fig. 102 Diálogo del editor de configuración de gráficos

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

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

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

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

La pestaña **Point** contiene los ajustes de los marcadores del gráfico.

La opción **Visible** permite mostrar u ocultar los marcadores del gráfico.

La opción **Error gates** permite mostrar u ocultar el intervalo de confianza.

La opción **Style** establece la forma del marcador.

La opción **Width** establece la anchura del marcador en unidades de pantalla.

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

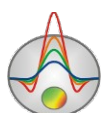
El botón **Pattern** abre el diálogo para seleccionar los parámetros de relleno del marcador.

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

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

La pestaña **Style**:

Zond geophysical software



La opción **Visible** permite mostrar u ocultar las etiquetas de los marcadores del gráfico.

La opción **Draw every** permite dibujar una de cada dos, tres, etc., etiquetas, según el valor seleccionado.

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

La opción **Clipped** establece si se debe dibujar la etiqueta de un marcador cuando queda fuera del área del gráfico.

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

El botón **Border** abre el 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 marcador del gráfico.

La pestaña **Format** contiene los ajustes gráficos del marco que rodea la etiqueta del marcador.

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

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

La opción **Round Frame** permite mostrar el marco con las esquinas redondeadas.

La opción **Transparent** establece el grado de transparencia del marco.

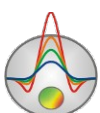
La pestaña **Text**:

El botón **Font** abre el diálogo para configurar la fuente de las etiquetas de los marcadores.

El botón **Outline** abre el diálogo para configurar las líneas de contorno de las letras de las etiquetas de los marcadores.

Editor de ejes

Muchos objetos del programa contienen ejes de coordenadas. Para configurar la apariencia y la escala de los ejes de coordenadas se utiliza el editor de ejes. Se puede abrir haciendo clic derecho en el eje deseado mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT (véase la figura siguiente).



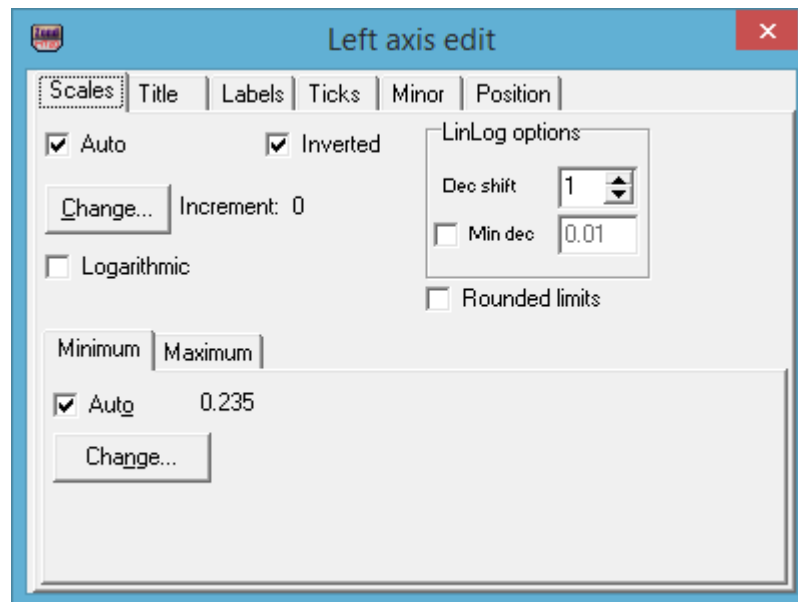


Fig. 103 Ejemplo del diálogo del editor del eje izquierdo

Se abre un menú emergente con tres elementos: *options*, *default* y *fix range*. El primero abre el diálogo y el segundo restaura los valores predeterminados.

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

La opción **Auto** indica cómo se determinan los valores mínimo y máximo del eje. Si la opción está activada, los límites del eje se calculan automáticamente; de lo contrario, el usuario los especifica en los campos **Minimum** y **Maximum**.

La opción **Inverted** determina la orientación del eje.

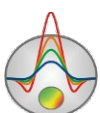
El botón **Increment change** abre el diálogo para establecer el intervalo entre las marcas del eje.

La opción **Logarithmic** establece la escala del eje: logarítmica o lineal. Para un eje con valores de ambos signos, se deben utilizar además las opciones del área **Lin Log options**.

El área Lin Log options contiene opciones para configurar un eje lineal-logarítmico. La escala lineal-logarítmica permite representar datos con valores de ambos signos o que contienen ceros en una escala logarítmica.

La opción **Dec Shift** establece el desplazamiento (en décadas logarítmicas) desde el límite del eje de mayor valor absoluto hasta cero. La década mínima (anterior al cero) tiene escala lineal; las demás, logarítmica.

La opción **Min dec** establece y fija el valor de la década mínima (anterior al cero) cuando la opción está activada.



La opción **Rounded limits** indica si el programa debe redondear los valores mínimo y máximo del eje.

Las áreas **Minimum** y **Maximum** contienen opciones para configurar los límites de los ejes.

La opción **Auto** determina cómo 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.

La pestaña **Style**:

La opción **Title** define 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. Si se establece en 0, el desplazamiento se determina automáticamente.

La opción **Visible** permite mostrar u ocultar el título del eje.

La pestaña **Text**:

El botón **Font** abre el cuadro de diálogo para configurar la fuente del título del eje.

El botón **Outline** abre el cuadro de diálogo para configurar los contornos de las letras del título del eje.

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

La pestaña **Style**:

La opción **Visible** permite mostrar u ocultar las etiquetas del eje.

La opción **Offset** determina el desplazamiento de las etiquetas del eje. Si se establece en 0, el desplazamiento se determina automáticamente.

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 las etiquetas.

La pestaña **Text**:

El botón **Font** abre el cuadro de diálogo para configurar la fuente de las etiquetas del eje.

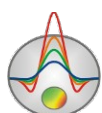
El botón **Outline** abre el cuadro de diálogo para configurar los contornos de las letras de las etiquetas del eje.

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

El botón **Axis** abre el cuadro de diálogo para configurar la línea del eje.

El botón **Grid** abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de la cuadrícula de las marcas principales del eje.

El botón **Ticks** abre el cuadro de diálogo para configurar las marcas principales externas del eje. La opción **Len** establece su longitud.



El botón **Inner** abre el cuadro de diálogo para configurar las marcas principales internas 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 pestaña **Minor** contiene opciones relacionadas con la configuración de las marcas secundarias del eje.

El botón **Grid** abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de la cuadrícula de las marcas secundarias del eje.

El botón **Ticks** abre el cuadro de diálogo para configurar las marcas secundarias externas del eje. La opción **Length** establece su longitud.

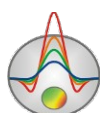
La opción **Count** establece el número de marcas secundarias entre las principales.

La pestaña **Position** contiene opciones para definir las dimensiones y la posición del eje.

La opción **Position%** establece el desplazamiento del eje en el gráfico con respecto a su posición estándar (como porcentaje del tamaño del gráfico o en unidades de pantalla, según el valor seleccionado en Units).

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

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



Cuadro de diálogo para configurar los parámetros de visualización del modelo

El cuadro de diálogo para configurar los parámetros de visualización del modelo se abre al seleccionar **Setup** al hacer clic derecho en la parte superior de la ventana del modelo.

Pestaña **Options** (véase la figura siguiente).

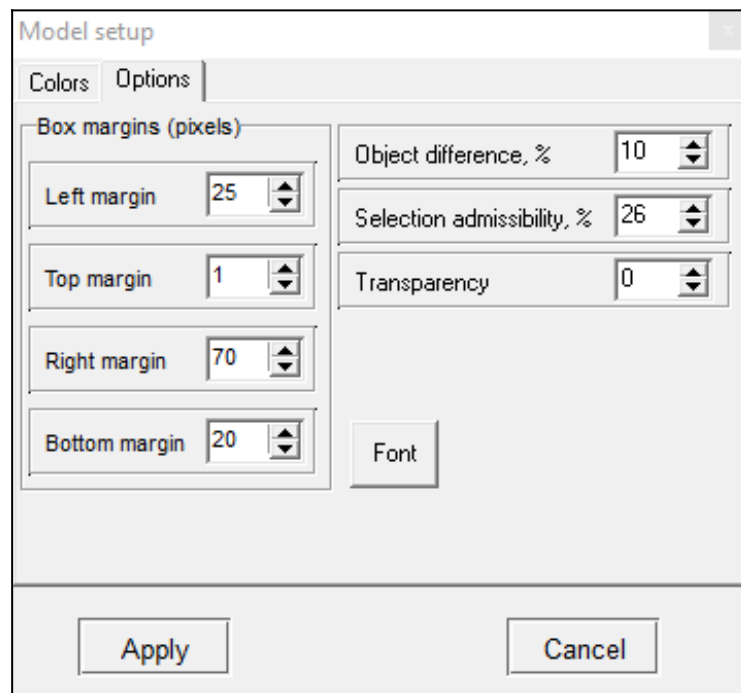


Fig. 104 Cuadro de diálogo «Model setup», pestaña Options

Área Box margins:

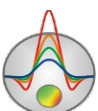
El campo **Left margin**– establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde izquierdo de la ventana.

El campo **Right margin**– establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde derecho de la ventana.

El campo **Top margin** – establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde superior de la ventana.

El campo **Bottom margin**– establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde inferior de la ventana.

El área **Object difference, %** establece el valor máximo de la relación entre los parámetros de celdas adyacentes; si se supera, se dibuja un límite entre ellas.



El área **Selection admissibility, %** establece el nivel de diferencia admisible entre los parámetros de celdas adyacentes para que estas se consideren un único objeto y se seleccionen conjuntamente (en el modo de selección MagicWand).

El área **Transparency** establece la transparencia.

El botón **Font** abre el diálogo de configuración de la fuente.

La pestaña **Colors** (véase la figura siguiente).

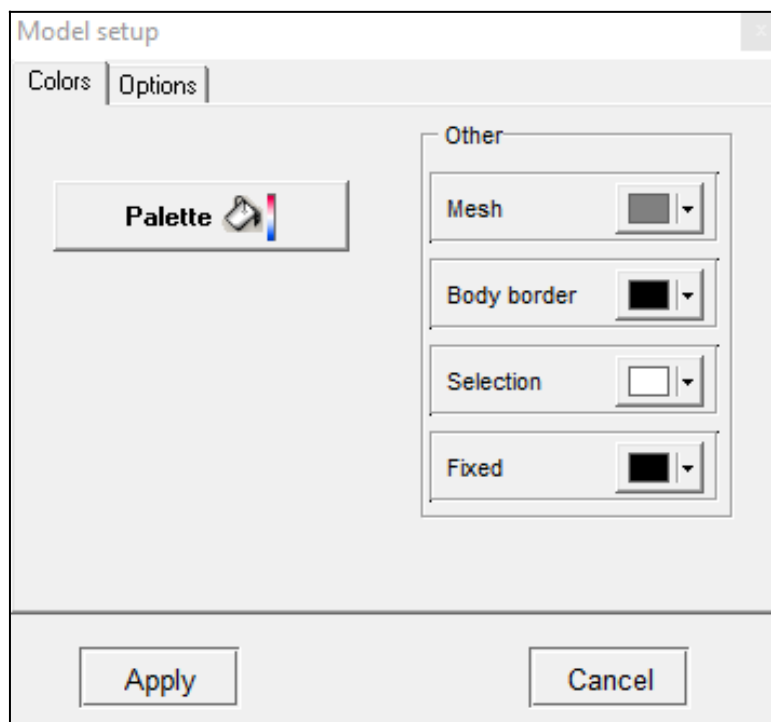


Fig. 105 Diálogo «Model setup», pestaña Colors

El botón **Palette** establece la paleta de colores.

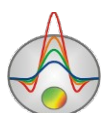
Área **Other**:

Body border – permite definir el color del límite entre celdas adyacentes.

Mesh – establece el color de la malla.

Selection – establece el color de la marca de la celda seleccionada.

Fixed – establece el color de la marca de la celda fijada.



Diálogo de vista previa de impresión (Print preview)

El diálogo de vista previa de impresión se puede abrir desde el menú principal del programa **File/Print preview**.

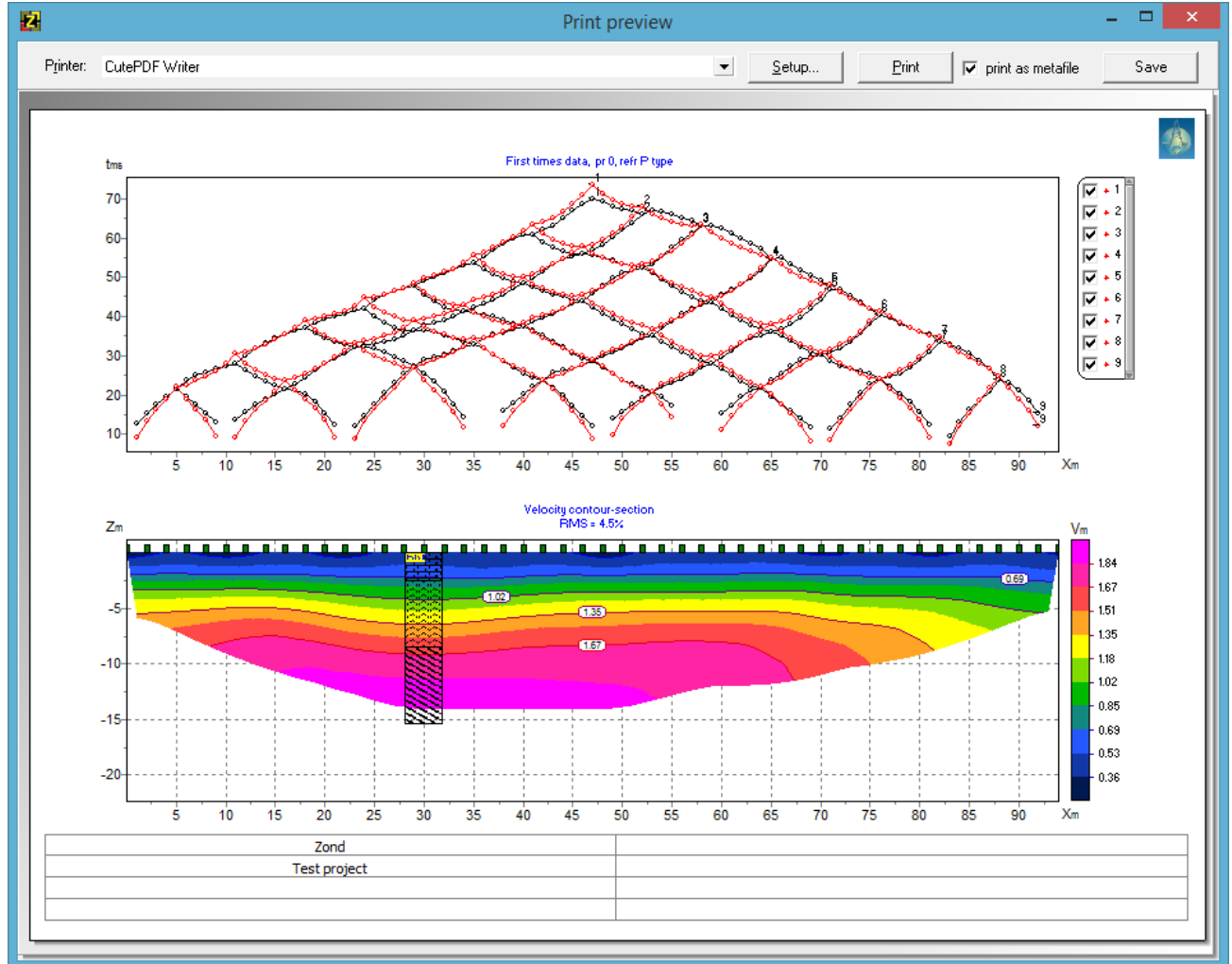


Fig. 106 Ventana Print preview

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

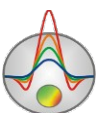
En el menú principal de la ventana **Print Preview** se encuentran los siguientes botones

Printer: CutePDF Writer

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

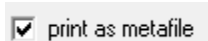
Setup...

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

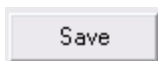




- con este botón, después de modificar los parámetros necesarios, se puede enviar el dibujo a imprimir.



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



- guardar en archivos de mapa de bits.

Los cuadrados de la parte superior de la hoja están destinados a sellos, estampas o emblemas de la empresa. Haga clic derecho en un cuadrado y, en la ventana que aparece, seleccione la imagen de mapa de bits que desea insertar. El tamaño de los cuadrados se puede modificar con el ratón.

En la parte inferior de la hoja hay una tabla editable. Para añadir texto, haga clic derecho en el área de la tabla y, en la ventana que aparece, escriba el texto necesario. También se pueden guardar todos los comentarios en archivos de tabla mediante el botón , o cargar los textos guardados previamente haciendo clic en el botón .

Materiales adicionales:

Videotutoriales en el canal de Youtube:

https://www.youtube.com/channel/UCGtprIIZkc9CsLfuz4VvmQ?view_as=subscriber

Grupo de asistencia en LinkedIn:

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

Proyectos de demostración de Zond:

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

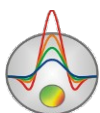
Username: *download@zond-geo.com*

Password: 12345

Si el programa no funciona con el dongle USB:

1) El controlador del dongle no está instalado o no se ha instalado correctamente. En algunos sistemas, el dongle se reconoce correctamente como dispositivo HID y no es necesario instalar el controlador; en otros, no se reconoce y es necesario instalarlo. Enlace para descargar el 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 dos años adicionales de actualizaciones.



3) A veces, al cambiar el dongle al modo HID, el sistema puede no reconocerlo como dispositivo HID. En ese caso, es necesario volver a cambiarlo al modo USB mediante una pequeña aplicación que se puede descargar desde el siguiente enlace: <http://www.zond-geo.com/zfiles/raznoe/SenseSwitch.zip>. “senseswitch.exe” se ejecuta desde cmd con el comando: senseswitch.exe usb.

