

Общие сведения и руководство по использованию системы программ «ЗОНД»

1. Система программ компьютерной интерпретации электрических зондирований «ЗОНД» (разработка базовых основ и способов интерпретации В.П. Колесникова, Пермь, авторское свидетельство № 200 561 0058).

2. Автоматизированная система «ЗОНД» предназначена для обработки и интерпретации результатов вертикального электрического зондирования и его модификаций, широко используемых при решении различного рода инженерно-геологических, экологических, гидрогеологических и геолого-поисковых задач.

3. Технология интерпретации с помощью системы ЗОНД охватывает широкий набор интерпретационных возможностей, включая анализ качества результатов наблюдений, первичную обработку данных, качественную и количественную интерпретации, анализ параметрических зондирований (при наличии результатов бурения), различные виды визуализации (графики, разрезы, карты, объемные отображения) и, вместе с тем, достаточно проста и удобна в применении. Система ЗОНД уникальна. Особое внимание уделено созданию приемов, нацеленных на максимально полное извлечение полезной информации с оценкой ее достоверности. Учитывая неоднозначность решения обратных задач геофизики, с помощью специально созданных приемов анализа параметрических зондирований, регуляризации решений, статистического моделирования и формализации опыта работ интерпретатора, она позволяет в автоматическом режиме проанализировать множество вариантов возможного расчленения разреза в каждой точке зондирования, обеспечивая возможность выбора наиболее оптимального варианта строения изучаемой модели среды. Данный подход нацелен на внедрение в производство интенсивно развиваемого в последние годы направления, связанного с использованием элементов искусственного интеллекта. Процесс количественной интерпретации с использованием различного рода априорной информации в системе ЗОНД выполняется достаточно оперативно. К примеру, время автоматической количественной интерпретации результатов площадной съемки, включающей порядка 500 зондирований (результат полевых работ одной бригады за 2-3 месяца), составляет не более 10 мин.

Система ЗОНД достаточно универсальна. Она может быть использована на этапе качественной интерпретации результатов наблюдений, получаемых различными методами электрометрии (МТЗ, ЧЗ, ТЭМП и др.) с выдачей разрезов, карт и объемных отображений поля кажущегося сопротивления и его трансформат. Имеется достаточно большой опыт такого ее применения.

Оперативность выполнения производственных работ и качество получаемого материала значительно повышаются при комплексном использовании программы ЗОНД и аппаратуры АМС-1, в которой предусмотрена специальная подготовка и цифровая регистрация результатов

наблюдений в формате исходных данных системы ЗОНД, позволяющая выполнять интерпретацию непосредственно по наблюдаемым данным, скаченным с данной аппаратуры.

Аппаратура АМС-1 создана совместно с разработчиками системы программ ЗОНД с учетом особенностей и специфики ее практического применения, нацеленных на упрощение технологии ведения работ. Данный аппаратурно-программный комплекс находится в постоянном совершенствовании и развитии.

4. Система программ ЗОНД успешно применяется в следующих организациях: «ВЕРХКАМТИСИЗ» (г.Пермь), ООО «ПермьПроектИзыскания» (г.Пермь), ЗАО «СтройИзыскания» (г.Уфа), ОАО «Уралкалий» (г.Березники), НИПППД ООО «Недра» (г. Пермь), ООО «ТюменНИИГипрогаз» (г. Тюмень), ООО «Геострой» (г. Москва), ООО «Изыскатель» (г. Березники, Пермский край), Пермский госуниверситет (ПГНИУ, г. Пермь), Казанский федеральный университет (ФГАОУВПО, г. Казань), «ЛотосГео» (г.Анапа), Проектно-Изыскательская компания «Норд» (г.Пермь), ООО «ЗапсибстройИзыскания» (г. Сургут) и др.

1. Назначение и общие характеристики системы ЗОНД

Программный комплекс ЗОНД представляет собой автоматизированное рабочее место инженера-геофизика и предназначен для обработки и интерпретации результатов наземных и подземных электроразведочных наблюдений методом вертикального электрического зондирования и его модификаций. Она может быть использована для качественной интерпретации материалов, получаемых широким многообразием методов электрометрии (методы ЕП, МСГ, ЗСБ, МТЗ, ЧЗ, ТЭМП и др.).

Рассматриваемая система программ реализует технологический процесс компьютерной интерпретации электрических зондирований, базирующийся на использовании ряда новых теоретических, методических и методологических решений. Она представляет собой своеобразный набор инструментов, необходимых для эффективного решения различного рода задач, освобождающих интерпретатора от множества рутинных операций и позволяющих более обоснованно подходить к решению вопросов, связанных с повышением однозначности и геологической содержательности получаемых результатов.

Данный программный комплекс является разработкой группы программистов под руководством и при участии В.П.Колесникова (авторское свидетельство N 200 561 0058). Она находится в постоянном совершенствовании и развитии.

Автоматизированная система ЗОНД включает следующие основные блоки: 1) подготовку, контроль и анализ качества первичного материала; 2)

первичную обработку результатов наблюдений с выявлением и снижением уровня различного рода помех; 3) качественную интерпретацию; 4) количественную интерпретацию; 5) анализ параметрических зондирований; 6) расчет геоэлектрических параметров для заданной части геоэлектрического разреза; 7) пересчет электрических параметров в другие физические характеристики среды на основе использования коррелятивных связей. Для их реализации создано более 25 основных и вспомогательных программных модулей, реализованных в виде динамических библиотек и исполняемых файлов, управляемых ядром (оболочкой).

Каждый из блоков автоматизирован и содержит специально разработанные программы визуализации, предназначенные для организации интерактивного режима работы и графической выдачи результатов в виде графиков, разрезов, карт и объемных (3D) геоэлектрических характеристик среды. Используемые сервисные процедуры позволяют осуществлять визуализацию в одно-, двух- и трехмерном пространстве с учетом особенностей отображения поля при наземной и шахтной съемке, выполнять сканирование объемного поля в различных направлениях, осуществлять выбор оптимальной детализации визуальных отображений и многое другое.

Технологическая схема системы программ ЗОНД приведена на рис.1.1. Рассмотрим кратко назначение и принципы работы основных ее блоков.



Рис. 1.1 Технологическая схема обработки и интерпретации электрических зондирования с помощью автоматизированной системы ЗОНД

2. Принципы работы основных блоков системы

2.1. Анализ и способы первичной обработки полевого материала

В качестве первичного материала при обработке и интерпретации наблюдаемых данных используются результаты полевых электроразведочных наблюдений и результаты бурения скважин (при их наличии).

Процедура работ с первичным материалом включает: а) ввод (либо непосредственную загрузку с аппаратуры АМС-1) данных электрического зондирования, полученных в результате полевых наблюдений, их редактирование и контроль; б) ввода информации по геологическим скважинам с их визуализацией; в) просмотр плана участка съемки; г) просмотр и редакцию вводимой первичной информации, как в графическом, так и табличном виде.

Процедура контроля данных выполняется путем расчета и визуализации поля градиентов изменения кривой зондирования $\alpha = [\ln(\rho_k(r_{j+1})/\rho_k(r_j))/\ln(r_{j+1}/r_j)]$ для сравнительной оценки с максимально физически возможными их значениями для квазигоризонтально-слоистых сред. При выполнении съемки с несколькими приемными линиями MN выполняется картопостроение значений и степени параллельности перекрытий кривых зондирования, полученных при разных значениях MN, так же несущих информацию о степени латеральной изменчивости свойств среды.

Подготовка данных по скважинам может осуществляться либо с экрана дисплея с использованием специальных процедур и библиотеки геологических символов, либо путем их импортирования из других баз данных. В качестве исходных данных по скважине используются возраст, литологический состав пород с их геологическим символом, уровень грунтовых вод, глубины залегания геоэлектрических границ; при наличии данных электрического каротажа – диаграмма кажущихся сопротивлений. Результат подготовки данных по скважине представляется в виде геологической колонки, используемой в последующем при интерпретации параметрического зондирования и при построении и оформлении конечных результатов.

Блок первичной обработки включает устранение перекрытий сегментов кривой зондирования, полученных при разных размерах приемной линии (так называемых “ворот”), интерполяцию графиков зондирования с заданным шагом дискретизации, соответствующим фильтру, используемому при вычислении теоретических кривых зондирования в процессе количественной интерпретации (семь точек на модуль логарифмического бланка), а также, при необходимости, снижение влияния приповерхностных неоднородностей и сглаживание графиков зондирования в пределах погрешностей полевых наблюдений.

2.2. Качественная интерпретация

Блок качественной интерпретации позволяет осуществлять вычисление и визуализацию различных эффективных параметров - кажущихся сопротивлений, кажущихся проводимостей, и их дифференциальных трансформант (вертикальной и горизонтальной производной, нормированных производных, полного нормированного градиента и др., выполнять объемное их отображение в разных проекциях с получением горизонтальных и вертикальных сечений анализируемого поля в виде разрезов, карт и произвольно заданных поверхностей, ограничивающих отдельные его фрагменты. Специальная программа позволяет автоматически получать интересное изображение по соответствующему пункту меню.

Качественная интерпретация используется для получения начального представления о геологическом разрезе непосредственно по результатам полевых наблюдений на основе существующей зависимости между эффективной глубиной проникновения в землю электрического тока и разносом установки [3].

В основе качественной интерпретации лежат два основных положения, вытекающих из теории электрического зондирования [3] - зависимость эффективной глубины проникновения электрического тока от разноса установки и то, что любому промежуточному слою геоэлектрического разреза соответствует определенная, конечная область его эффективного проявления в функциональном диапазоне $\rho_k(r)$.

Связь зондирующего параметра (разноса установки) с глубиной исследования геоэлектрического разреза можно условно отобразить в виде:

$$Z = \alpha \cdot r \quad (1)$$

где Z - эффективная глубина зондирования; α - величина, зависящая от соотношения электрических параметров среды, вида и размеров измерительной установки.

Для однородной изотропной среды величина α , исходя из особенностей поведения относительной плотности тока с глубиной, условно полагается равной 1/2. В случае неоднородной среды эта величина, представляющая сложную зависимость от пространственного распределения электрических свойств (сопротивления) среды $\alpha = \alpha(x, y, z)$, может существенно меняться в пределах исследуемого участка.

Втрое положение является следствием особенностей функциональной зависимости кажущегося сопротивления от параметров горизонтально-слоистой среды. Эти особенности проявляются в том, что по мере увеличения разноса установки кривая зондирования последовательно асимптотически стремится к истинному сопротивлению очередного слоя (ρ) (тем ближе к нему, чем больше его мощность), определяемого эффективной глубиной

зондирования, отображая тем самым наличие отличающихся по электрическому сопротивлению слоев разреза.

Условно эту зависимость можно представить в виде:

$$\rho = \beta \cdot \rho_k, \quad (2)$$

где $\beta = \beta(x, y, z)$ - величина, зависящая от пространственного изменения сопротивления среды.

Поскольку, согласно этих положений, каждая отдельно взятая кривая ВЭЗ дает представление об изменении электрических параметров разреза с глубиной в точке зондирования, визуализация результатов зондирования, полученных при профильных либо площадных наблюдениях с помощью различных графиков, разрезов, карт, объемных отображений наблюдаемых величин и их трансформант, позволяет получать информацию о пространственном распределении электрических сопротивлений исследуемой среды, прослеживать те или иные особенности разреза, выявлять наличие аномальных зон.

Применение качественной интерпретации привлекает рядом ее достоинств: информативностью и устойчивостью эффективных параметров к малым изменениям исходных данных; оперативностью, простотой, экономичностью вычислительных схем и др.

Визуализация и истолкование получаемых разрезов, карт, объемных отображений основаны на аналогии между истинными и эффективными параметрами среды (1), (2). В качестве эффективных параметров помимо кажущегося сопротивления, используются и связанные с ними другие характеристики, например, кажущаяся продольная проводимость $S_k = r / \rho_k$ (аналог истинной продольной проводимости $S = Z / \rho$), кажущееся поперечное сопротивление $T_k = r \cdot \rho_k$ (аналог истинного поперечного сопротивления $T = h \cdot \rho$) и т.п.

Визуализация поля эффективных параметров выполняется в основном с помощью приемов построения изолиний и цветовой заливки интервалов между ними с помощью палитры цветов, выбираемой в соответствии с их числовыми значениями. Иногда при визуализации разрезов кажущихся проводимостей $S_k = r / \rho_k$ для подчеркивания структурных особенностей разреза используют построение этих разрезов в виде совокупности графиков S_k для каждого из разносов питающей линии, отображающих изменение продольной проводимости вдоль заданного профиля. При этом поскольку приращение проводимостей для соседних разносов, связанное с величиной эффективной мощности, уменьшается с увеличением сопротивления нижележащего слоя, сгущение линий S_k соответствует положению пластов высокого сопротивления,

а их разрежение - положению пластов пониженного сопротивления. Пересечение линий S_k свидетельствует о наличии значительных горизонтальных неоднородностей среды.

Используемые в программе дифференциальные трансформанты кривых кажущегося сопротивления (вертикальных и горизонтальных производных, нормированных производных, полного нормированного градиента), нацелены на выделение скрытой или неявно выраженной полезной информации, содержащейся в кривой $\rho_k(r)$, потребность в которых часто возникает при инженерно-геологических изысканиях, связанных с поисками сравнительно небольших локальных объектов, выявлением и прослеживанием карстовых зон и т.п.

Рассмотрим их физическое содержание и возможности практического применения.

Вертикальные и горизонтальные производные кажущегося сопротивления вида (типа):

$$\Delta_x \rho_k(r, x) = (\ln \rho_k(r, x_{j+1}) - \ln \rho_k(r, x_j)) / (x_{j+1} - x_j), \quad (3)$$

$$\Delta_r \rho_k(r, x) = (\ln \rho_k(r_{i+1}, x) - \ln \rho_k(r_i, x)) / (\ln r_{i+1} - \ln r_i), \quad (4)$$

по своей сути не несут какой-либо особой физической содержательности, кроме той, которая заложена в сам процесс дифференцирования, отображая скорость изменения функции кажущегося сопротивления относительно изменения аргумента (в данном случае - расстояния между точками зондирования, либо разноса установки). Однако использование данного математического приема позволяет повысить степень дифференцированности наблюденного графика кажущегося сопротивления и подчеркнуть некоторые особенности разреза. Так, применение горизонтальной производной $\Delta_x \rho_k(x, r)$ позволяет в более явном виде охарактеризовать латеральную изменчивость свойств среды и отобразить наличие приповерхностных локальных неоднородностей, а вертикальной производной $\Delta_r \rho_k(x, r)$ - соответственно степень изменчивости свойств разреза с глубиной. К тому же, поскольку $\Delta_r \rho_k(x, r)$ характеризует не сами ρ_k , а их приращения, не зависящие от конформного смещения кривой зондирования вдоль оси сопротивлений, использование его позволяет снизить влияние приповерхностных неоднородностей, расположенных вблизи приемной линии.

Наряду с отмеченными информационными возможностями отмеченных дифференциальных трансформант, имеется и ряд трудностей их истолкования, в частности, связанных с появлением при визуализации дополнительных аномалий иногда противоположного знака, не связанных с наличием отдельных локальных тел, а являющихся результатом процесса дифференцирования.

В качестве одного из подходов к повышению контрастности выделения локальных образований с помощью дифференциальных трансформант можно отметить использование полных нормированных производных кажущегося сопротивления [2,3]. Основная идея получения данного параметра заключается в определении отклонений значений кажущегося сопротивления от некоторого фона, к которому берется кривая зондирования, построенная по средним значениям кажущихся сопротивлений по профилю (или площади) для каждого из разносов установки, и усиления этих отклонений с помощью процесса дифференцирования.

Вычисление полных нормированных производных кажущегося сопротивления осуществляется по следующей формуле:

$$\varepsilon_{ij} = \delta_{ij} - \delta_{j\min}, \quad (5)$$

где:

$$\delta_{ij} = \Delta_{ij} - \Delta_{i(j-1)};$$

$$\Delta_{ij} = \frac{\rho_{kij} - \rho_{kcpj}}{\rho_{kcpj}} \cdot 100\%;$$

$$\Delta_{i(j-1)} = \frac{\rho_{ki(j-1)} - \rho_{kcp(j-1)}}{\rho_{kcp(j-1)}} \cdot 100\%;$$

$$\rho_{kcpj} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \rho_{kij}$$

$$\rho_{kcp(j-1)} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \rho_{ki(j-1)}$$

j - порядковый номер разноса; i - порядковый номер точки ВЭЗ; L - количество ВЭЗ на профиле; $\delta_{j\min}$ - наименьшее значение нормированной разности для j -го разноса.

Осмысление разрезов нормированных производных связано как с отмеченными выше общими для дифференциальных параметров особенностями, так и с выбором длины профиля, обеспечивающей оптимальное соотношение между фоновой и аномальной составляющими поля.

При анализе разрезов нормированных производных и в целом параметров этой группы следует иметь в виду, что процесс дифференцирования функции осложненной погрешностями, может приводить к появлению ложных аномалий. Для получения более достоверных результатов необходимо применение специальных способов оптимального сглаживания кривых зондирования.

Среди дифференциальных трансформант, предлагаемых для локализации аномалиеобразующих объектов, можно отметить возможность использования значений полного нормированного градиента [Березкин, 1998]:

$$G_n = \frac{\sqrt{(\Delta_x \rho_k^2(r, x) + \Delta_r \rho_k^2(r, x))^v}}{\frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \sqrt{(\Delta_x \rho_k^2(r, x) + \Delta_r \rho_k^2(r, x))^v}}, \quad (6)$$

где L – число точек зондирования на профиле; $\Delta_x \rho_k(r, x)$, $\Delta_r \rho_k(r, x)$ – горизонтальная и вертикальная производные функции $\rho_k(r)$; v – показатель, влияющий на четкость проявления аномалии (подбирается для конкретной ситуации: $v = 1, 2, 3, \dots$).

В отличие от дифференциальных трансформант типа (2.42) – (2.44) данный параметр G_n , как показывают результаты численного моделирования, не связан с появлением дополнительных аномалий, чем обеспечивает более благоприятные условия для локализации аномальных объектов.

Процедура определения различных эффективных параметров и визуализации пространственного изменения свойств среды в виде одно-, двух- и трехмерных изображений со сканированием поля в заданном направлении рассмотрена в инструкции для пользователя системы ЗОНД (Книга 3).

2.3. Анализ параметрических зондирований

Анализ параметрических зондирований предназначен для увязки физической модели с реальным геологическим разрезом: выбора оптимального числа обобщенных геоэлектрических слоев, литологической и стратиграфической их привязки, выявления опорного горизонта и др., т.е. приведение априорной геологической информации в соответствие с геоэлектрической моделью исследуемой среды в рамках информационных возможностей метода.

Для реализации данного процесса создана специальная программа анализа параметрических зондирований, позволяющая на основе численного моделирования и визуального контроля осуществлять подбор решения в рамках δ -эквивалентности, отвечающего как информативности метода, так и наибольшей его согласованности с геологическим разрезом. При наличии данных бурения по нескольким скважинам в результате такого анализа получается соответствующая совокупность опорных параметрических решений, являющаяся основой для формирования опорной геоэлектрической модели, используемой для регуляризации решений на этапе количественной интерпретации.

2.4. Количественная интерпретация

Блок количественной интерпретации дает возможность выполнения следующих процедур: а) интерактивную интерпретацию одиночных

зондирований; б) автоматическую интерпретацию с использованием приемов регуляризации решений.

Данный блок является наиболее сложным в его реализации, так как затрагивает фундаментальные вопросы, связанные с некорректностью решения обратных задач. Ввиду некорректности наблюдаемым значениям электрического зондирования может соответствовать достаточно большой набор эквивалентных решений, отвечающих наблюдаемым данным с точностью до погрешностей полевых наблюдений δ (в рамках δ -эквивалентности), но в то же время, способных существенно отличаться от истинного.

Одним из путей повышения однозначности решения некорректных задач является их доопределение за счет привлечения дополнительной информации, вовлекаемой в интерпретационный процесс на основе использования принципа регуляризации.

В системе программ Зонд использован набор элементов регуляризации, способствующих повышению однозначности решения обратной задачи, с использованием различного рода дополнительной качественной и количественной априорной информации об искомом решении:

согласованность решения с имеющимися параметрическими данными, например, с результатами бурения скважин:

$$F(p, \alpha) = \sum_{j=1}^N \left(\frac{\rho_{k_j}(r) - \bar{\rho}_{k_j}(r, p)}{\rho_{k_j}(r)} \right)^2 + \alpha \sum_{i=1}^{2n-1} |p_i^{ckg} - p_i| = \min; \quad (7)$$

где $\rho_{k_j}(r)$, $\bar{\rho}_{k_j}(r, p)$ - наблюдаемая и рассчитанная по данным интерпретации кривые зондирования; p_i, p_i^{ckg} - искомые и определенные по скважинам мощности и удельные электрические сопротивления слоев $p = (h_i, p_i \ i=1, n)$; α - параметр регуляризации;

2) поиск решения в наиболее достоверных пределах (к примеру, в пределах эквивалентности решений) для каждого i -го слоя (p_i^h, p_i^g):

$$\Phi(p, \beta) = \sum_{j=1}^N \left(\frac{\rho_{k_j}(r) - \bar{\rho}_{k_j}(r, p)}{\rho_{k_j}(r)} \right)^2 + \beta \sum_{i=1}^{2n-1} (p_i^g - p_i)(p_i - p_i^h) = \min \quad ; \quad (8)$$

при условии гладкости границ:

$$f(p, \gamma) = \sum_{j=1}^N \left(\frac{\rho_{k_j}(r) - \bar{\rho}_{k_j}(r, p)}{\rho_{k_j}(r)} \right)^2 + \gamma \sum_{i=1}^{n-1} \left| \frac{\partial^2 z_i(x)}{\partial x^2} \right| = \min, \quad (9)$$

где $z_i(x)$ - глубина до i -й границы в точке с координатой x ;

при условии квазгоризонтальности границ:

$$G(z) = \frac{|\Delta z(x)|}{\Delta x} \leq k; \quad 0 \leq k \leq 0,29;$$

(10)

где k – предельное значения возможного угла наклона границы; $k = 0.29$ соответствует углу наклона границы, равному 16° .

5) в рамках чувствительности кривой зондирования к параметрам i -го слоя:

$$\eta(p_i) = \left| \frac{\Delta \rho_k(r)}{\Delta p_i} \right| > C_0, \quad (C_0 = 0,01). \quad (11)$$

При этом использование элементов регуляризации (1)-(5) должно осуществляться при условии соответствия искомого решения точности полевых наблюдений δ_0 , то есть в рамках δ – эквивалентности :

$$\sum_{j=1}^N \left| \frac{\rho_{k_j}(r) - \overline{\rho_{k_j}}(r, p)}{\overline{\rho_{k_j}}(r, p)} \right| \leq \delta_0. \quad (12)$$

Практическая реализация отмеченных выше способов решения обратной задачи с элементами регуляризации (1)-(6) выполнена с помощью алгоритма стабилизации, блок-схема которого приведена на рис. 2.1.

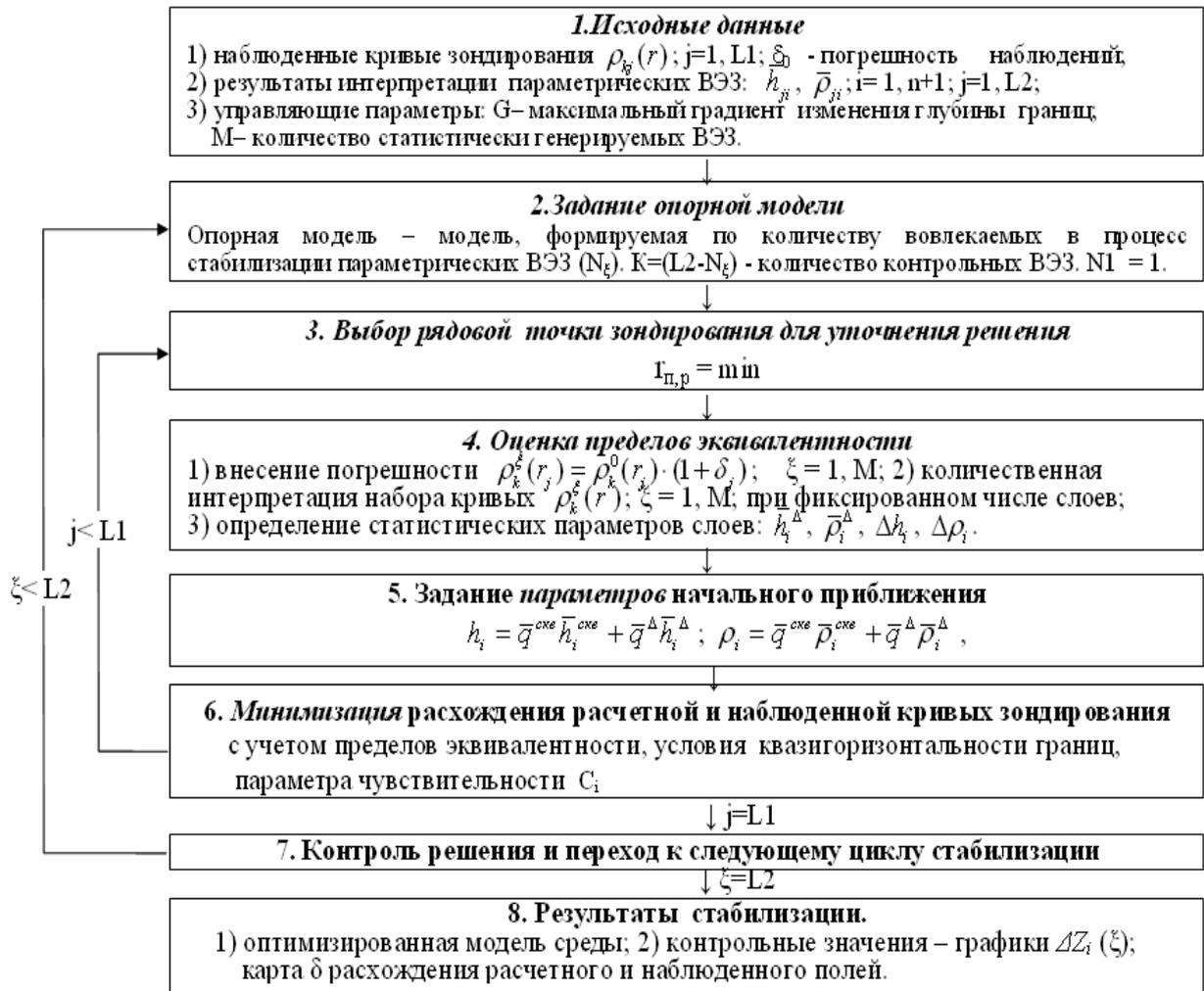


Рис.2.2. Блок-схема алгоритма стабилизации решения

В качестве исходных данных на начальном этапе, помимо результатов полевых наблюдений – кривых зондирования и точности полевой съемки (δ_0), предполагается использование геологических данных (результатов бурения скважин) и сведений о максимально возможной для данных условий степени изменчивости (градиента G) глубины залегания границ, а также количества вариантов (M) статистически генерируемых кривых зондирования для оценки параметров слоев и пределов их эквивалентности.

При отсутствии параметрического материала в качестве опорных зондирований может быть использована совокупность зондирований, формируемых с помощью отмеченной выше программы по результатам предварительной формальной интерпретации электрических зондирований, выбираемых автоматически по совокупности оценочных параметров (наилучшей сходимости расчетной и наблюдаемой кривых ВЭЗ, степени согласованности решений и др.).

Последующие 2-7 блоки алгоритма отображают автоматизированный процесс согласованной интерпретации совокупности зондирований с

постепенным вовлечением опорных параметрических зондирований (формированием опорной модели).

На первом этапе из заданной совокупности параметрических ВЭЗ выбирается одна, принимаемая за опорную, остальные - используются в качестве контрольных. Процесс стабилизации решений начинается с выбора ближайшей к опорной рядовой точки зондирования. Для данной точки с помощью статистического моделирования выполняется оценка вероятностных значений и пределов эквивалентности параметров каждого i -го слоя. Данная процедура включает следующие операции:

1) получение репрезентативной выборки вариантов кривой зондирования в рамках заданной погрешности δ_0 путем внесения погрешности в анализируемую кривую зондирования $\rho_k^0(r_j)$:

$$\rho_k^\xi(r_j) = \rho_k^0(r_j) \cdot (1 + \delta_j), \quad (13)$$

где $\delta_j = \frac{D_j}{K}$; $K = \frac{D_{cp}}{\delta_0}$; $D_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |D_j|$; D_i - случайные числа, генерируемые с помощью датчика случайных чисел; $j=1, N$; N - число разносов; δ_0 - средняя относительная погрешность функции $\rho_k(r)$, равная погрешности полевых наблюдений; $\xi = 1, M$;

2) количественная интерпретация набора сгенерированных кривых $\rho_k^\xi(r)$, $\xi = 1, M$, выполняемая при фиксированном числе слоев n , соответствующем числу слоев, полученных в результате анализа параметрических зондирований;

3) статистический анализ полученных решений и определение вероятностных значений параметров слоев:

$$\bar{h}_i^\Delta = \sqrt{\prod_{\xi=1}^L \bar{h}_{i,\xi}}, \quad \bar{\rho}_i^\Delta = \sqrt{\prod_{\xi=1}^L \bar{\rho}_{i,\xi}};$$

где L - количество параметров, для которых частота $\eta_i > \eta_0$;
 $\Delta h_i = \bar{h}_{i\max} - (\bar{h}_{i\max} \cdot \bar{h}_{i\min})^{1/2}$; $\Delta \rho_i = \bar{\rho}_{i\max} - (\bar{\rho}_{i\max} \cdot \bar{\rho}_{i\min})^{1/2}$.

На основе полученных оценочных статистических параметров слоев, результатов анализа параметрических зондирований и степени их весомости формируются начальные приближения h_i, ρ_i , необходимые для поиска решения в процессе минимизации расхождения расчетной и наблюдаемой кривых зондирования:

$$h_i = \bar{q}^{CKB} \bar{h}_i^{CKB} + \bar{q}^\Delta \bar{h}_i^\Delta;$$

$$\rho_i = \bar{q}^{CKB} \bar{\rho}_i^{CKB} + \bar{q}^\Delta \bar{\rho}_i^\Delta;$$

где

а) $\bar{h}_i^{СКВ}$, $\bar{\rho}_i^{СКВ}$ - средние весовые значения мощности и сопротивления i -го слоя ($i=1,n$; n – число слоев), вычисленные по совокупности параметрических

ВЭЗ: $\bar{h}_i^{СКВ} = \sum_{\xi=1}^N q_{\xi} h_{i,\xi}^{СКВ}$; $\bar{\rho}_i^{СКВ} = \sum_{\xi=1}^N q_{\xi} \rho_{i,\xi}^{СКВ}$; $\xi = 1, N$; N – количество параметрических ВЭЗ;

б) $\bar{q}^{СКВ}$, \bar{q}^{Δ} - весовые коэффициенты, учитывающие расстояние и погрешность интерпретации наблюдений опорной $\delta_{он.м}$ и исправляемой δ_{ξ} точек зондирования:

$$\bar{q}^{СКВ} = \frac{\check{q}^{СКВ}}{\check{q}^{СКВ} + \check{q}^{\Delta}}; \quad \check{q}^{СКВ} = \frac{\delta_0}{\delta_{он.м}} \frac{r_{\min}}{r}; \quad \bar{q}^{\Delta} = \frac{\check{q}^{\Delta}}{\check{q}^{СКВ} + \check{q}^{\Delta}}; \quad \check{q}^{\Delta} = \frac{\delta_0}{\delta_{испр.м}} \frac{r}{r_{\max}};$$

$$\frac{\delta_0}{\delta_{он.м}} = \sum_{\xi=1}^N q_{\xi} \frac{\delta_0}{\delta_{он.м,\xi}}; \quad r = \frac{1}{\sum_{\xi=1}^N \frac{q_{\xi}}{r_{\xi}}}; \quad \text{где } q_{\xi} = \frac{\delta_0}{\delta_{\xi}} \frac{r_{\min}}{r_{\xi}}$$

$\delta_{он.м}$, $\delta_{испр.м}$ - погрешности интерпретации опорной и исправляемой точек зондирования; r_{ξ} – расстояние между выбранной рядовой до ξ -й опорной точками зондирования; r_{\min} , r_{\max} - минимальное и максимальное расстояния между точками ВЭЗ и скважинами для данной площади;

в) \bar{h}_i^{Δ} , $\bar{\rho}_i^{\Delta}$ - значения мощности и сопротивления i -го слоя по результатам статистического моделирования для выбранной точки ВЭЗ (см. п. 4).

Процесс минимизации, осуществляемый с использованием метода Ньютона (наискорейшего спуска), выполняется с учетом условия квазигоризонтальности границ (4) и заданного предела чувствительности кривой $\rho_k(r)$ к изменению сопротивления каждого слоя (5) в рамках вероятностных пределов эквивалентности Δh_{\max} .

Если получаемое в результате минимизации решение отвечает условиям его достоверности: ($\delta \leq \delta_0$; $h_i \geq h_{i-1}$; $C_i > C_0$; $|\Delta Z_i| < \Delta Z_0$), то данная точка ВЭЗ используется в качестве опорной, при анализе последующих рядовых точек зондирования.

После завершения интерпретации всех $L1$ зондирований осуществляется сглаживание границ разреза в рамках δ -эквивалентности путем минимизации функционала (3) при условии (6).

Полученное на данном этапе решение при использованной для стабилизации одной опорной параметрической точки зондирования в целях оценки его точности сравнивается с данными анализа параметрических

зондирований, не использованных в процессе стабилизации (контрольных параметрических ВЭЗ).

Параметрическая точка с наибольшим расхождением решений, указывающим на наибольшую потребность в априорных данных на данном участке, переводится в разряд опорных и интерпретации анализируемого массива кривых ВЭЗ повторяется с использованием для стабилизации решений уже двух параметрических зондирований. Данный процесс повторяется до тех пор, пока не будут исчерпаны все L2 параметрических точек зондирования. Получаемая при этом информация, отображающая динамику изменения величины расхождения количественных параметров в параметрических точках при соответствующей величине расхождения расчетного и наблюдаемого полей, косвенно свидетельствуют о точности и достоверности решений в рядовых точках зондирования в пределах исследуемой территории.

В качестве отладочного инструмента по развитию автоматической интерпретации предусмотрен вариант просмотра и, при необходимости, корректировки формируемой модели в режиме "рабочая модель" (рис. 2.3).

Как показала практика работ по мере отладки и совершенствования алгоритма стабилизации необходимость в интерактивном режиме ("рабочая модель") постепенно снижается, достигая к настоящему времени не более 10-15 %.

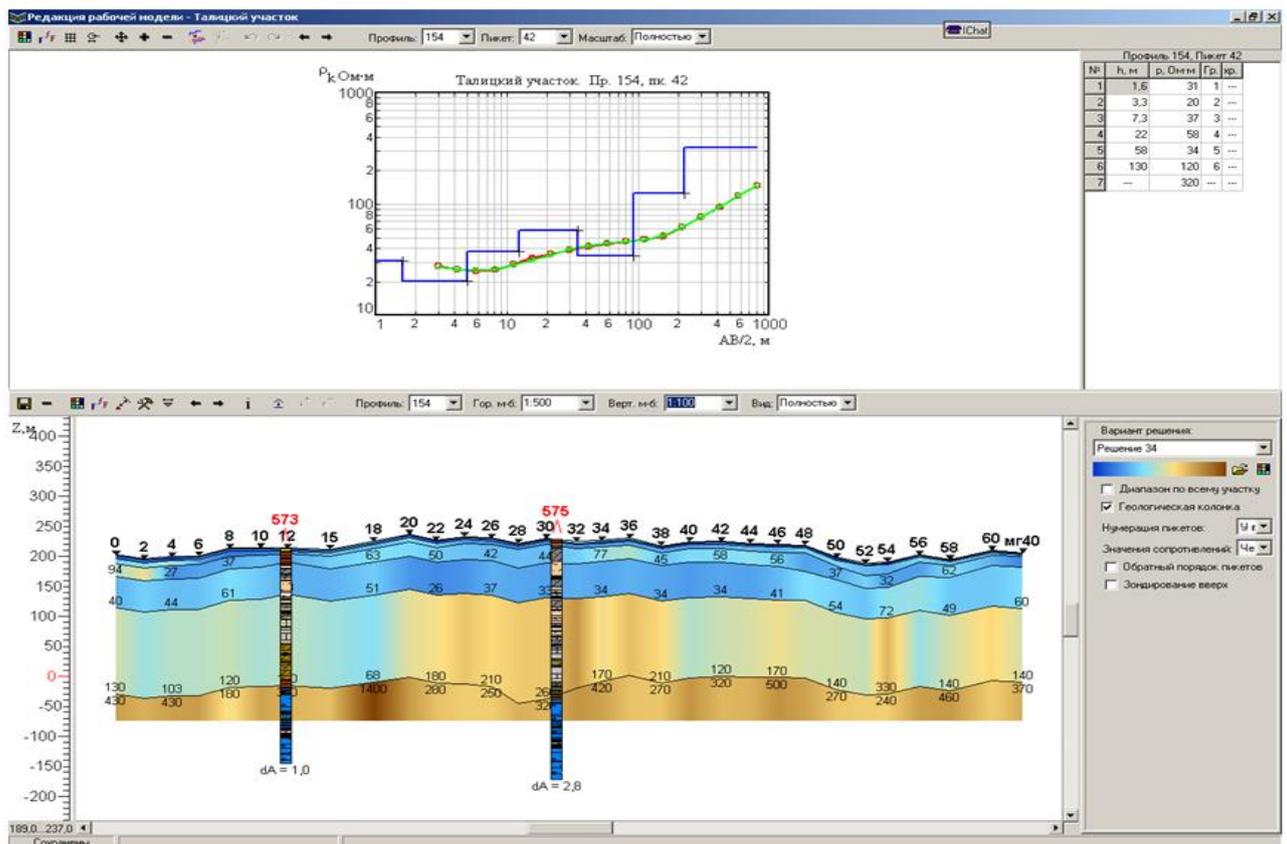


Рис.2.3. Фрагмент интерактивной интерпретации в режиме "рабочая модель"

По окончании процесса стабилизации возможна дальнейшая оптимизация модели за счет использования другой имеющейся информации, например, информация о гладкости границ. Уточнение решений в соответствии с этим требованием выполняется путем сглаживания геоэлектрических границ в рамках δ -эквивалентности. Математически задача сглаживания границ сводится к минимизации следующего функционала:

$$\Phi(z_i) = \sum_{j=1}^L \left(\frac{z_{ji} - \tilde{z}_{ji}}{\tilde{z}_{ji}} \right)^2 + \alpha \iint_{\Omega} \left[\left(\frac{\partial^2 z_{ij}}{\partial x^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 z_{ij}}{\partial y^2} \right)^2 \right] dx dy ; \quad i = 1, 2, \dots, n ;$$

где L – количество зондирований на площади; n – число слоев; Z_{ij} – глубина залегания i -й границы в j -й точке зондирования; α – параметр сглаживания, подбираемый в соответствии с условием:

$$\left(\frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \left(\frac{z_{ji} - \tilde{z}_{ji}}{\tilde{z}_{ji}} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} = \sigma ,$$

где σ – среднее относительное квадратичное отклонение, определяющее пределы вариаций сглаживаемого параметра.

В качестве оптимального берется максимальное значение σ , обеспечивающее выполнение условия:

$$\left[\frac{1}{NL} \sum_{j=1}^L \sum_{\xi=1}^N \left(\frac{\rho_{k,ij} - \tilde{\rho}_{k,ij}}{\tilde{\rho}_{k,ij}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \leq \delta_0 ,$$

где ρ_k и $\tilde{\rho}_k$ – соответственно расчетная и наблюдаемая кривые кажущегося сопротивления $\rho_k(r)$; N – число разносов питающей линии (r); δ_0 – погрешность полевых наблюдений.

Процесс сглаживания выполняется в интерактивном режиме путем варьирования величины σ с визуализацией геоэлектрического разреза и величины средней погрешности расхождения наблюдаемого и расчетного полей.

По окончании процесса интерпретации вычисляется поле остаточных аномалий, характеризующих степень соответствия расчетного и наблюдаемого полей в рамках используемой квазигоризонтально-слоистой модели среды. Значения остаточных аномалий, выраженные в процентах, рассчитываются по формуле:

$$\Delta \rho_{k,ij} = \frac{\bar{\rho}_{k,ij}(r) - \tilde{\rho}_{k,ij}(r)}{\tilde{\rho}_{k,ij}(r)} \cdot 100\% ; \quad i = 1, L ; j = 1, N$$

На участках с величиной $\Delta\rho_{k,ij}$ превышающей погрешность наблюдения (δ_0) может быть использовано 3D, либо 2D моделирование для обоснования причин аномального поведения наблюденного поля.

Визуализация результатов количественной интерпретации осуществляется в виде геоэлектрических разрезов и карт удельных электрических сопротивлений по отдельным горизонтам. С помощью специальных процедур возможно редактирование полученных отображений – наполнения геологической символикой, нанесения геологических колонок в параметрических точках и т.п. Для изучения электрических характеристик интересующих обобщенных пачек пород, а также в целях комплексного анализа с другими физическими величинами, могут быть вычислены и визуализированы электрические сопротивления для любой интересующей части разреза в пределах глубины исследования.

В случае неудовлетворительных результатов, либо в целях проверки оптимальности полученного решения, интерпретация может повториться при других возможных эквивалентных вариантах формирования опорных решений.

Аналогичным образом осуществляется процесс автоматической интерпретации и при формировании опорных решений по результатам интерпретации одиночных зондирований (при отсутствии параметрического материала). Для определения доверительных интервалов существования решения в этом случае привлекается оценка пределов эквивалентности, выполняемая отдельно для мощностей и сопротивлений слоев. Пределы эквивалентности для мощности произвольного (i -го) слоя находятся путем перебора ее значений с фиксированным шагом Δ по формуле $h_{i,\xi} = h_{i,0}(1 \pm \xi\Delta)$, где $h_{i,0}$ – начальное значение мощности, полученное в результате интерпретации; $\xi=1, 2, \dots, N$. При каждом значении ξ параметры разреза подаются на вход программы минимизации расхождения наблюденной и расчетной кривых $\rho_k(r)$, осуществляющей минимизацию за счет изменения всех параметров разреза кроме $h_{i,\xi}$. Получаемое на выходе программы значение невязки $\delta(\xi)$ сравнивается с погрешностью полевых наблюдений δ_0 . Если при очередном ξ величина $\delta(\xi)$ превысит δ_0 , то соответствующее ему значение $h_{i,\xi}$ принимается за нижний ($h_{i,\xi} = h_{i,0}(1 - \xi\Delta)$), либо верхний ($h_{i,\xi} = h_{i,0}(1 + \xi\Delta)$) предел возможных значений мощности i -го слоя. Пределы эквивалентности для сопротивлений слоев находятся по полученной выборке всех эквивалентных решений, полученных в процессе определения пределов эквивалентности для h_i .

Технологически построение физико-геологической модели сводится к формированию опорных решений и заданию управляющих параметров, обеспечивающих возможность выбора наиболее оптимального варианта конструируемой модели в рамках имеющейся априорной информации об

исследуемом разрезе. Аномальные эффекты, не укладывающиеся в рамки квазигоризонтально-слоистой модели среды и отображаемые в виде поля остаточных аномалий, классифицируются как локальные неоднородности либо помехи по совокупности признаков (величине коэффициентов прослеживаемости, пространственной согласованности, достоверности результатов).

В итоге разработанные алгоритмы и программы регуляризации решения обратной задачи позволили выйти на качественно новый уровень количественной интерпретации, позволяющий вместо традиционно используемого интерактивного анализа одиночных зондирований, осуществлять автоматическую интерпретацию всей совокупности электрических зондирований по исследуемому участку в режиме “модель-поле” с анализом достоверности получаемых результатов.

Подробная информация о структуре пакета программ ЗОНД, его функциональных возможностях и порядке выполнения работ приведена в инструкции для пользователя.

2.5. Расчет геоэлектрических параметров для заданной части разреза

На основе результатов послойной количественной интерпретации с помощью специальной программы может быть выполнен расчет электрических параметров для любой заданной части разреза: между любыми заданными границами, между двумя произвольно заданными "срезами", а также до глубины заданной границы в абсолютных отметках.

Расчет параметров толщ выполняется по формулам, полученных на основе используемых в электроразведке способов определения электрических характеристик обобщенных пачек пород. К примеру, для определения обобщенных параметров слоев для границы залегающей на глубине H величина удельного электрического сопротивления рассчитывается по формулам:

$$\rho_{l,i} = \frac{H}{S} = \frac{\Delta h_{i+1} + \sum_{\xi=1}^i h_{\xi}}{\Delta S_{i+1} + \sum_{\xi=1}^i S_{\xi}} = \frac{\Delta h_{i+1} + \sum_{\xi=1}^i h_{\xi}}{\rho_{i+1} + \sum_{\xi=1}^i S_{\xi}} ; \quad (\rho_n > \rho_{l,i})$$

$$\rho_{l,i} = \frac{T}{H} = \frac{\Delta T_{i+1} + \sum_{\xi=1}^i T_{\xi}}{\Delta h_{i+1} + \sum_{\xi=1}^i h_{\xi}} = \frac{\rho_{i+1} \Delta h_{i+1} + \sum_{\xi=1}^i h_{\xi} \rho_{\xi}}{\Delta h_{i+1} + \sum_{\xi=1}^i h_{\xi}} ; \quad (\rho_n < \rho_{l,i})$$

Результаты вычислений отображаются в виде карт соответствующих параметров и могут быть использованы в качестве исходных данных в блоке корреляционного анализа для пересчета их в другие физические характеристики среды - минерализацию, скорости, плотности и др., заданные в параметрических точках.

2. Краткая инструкция по работе с программой ЗОНД

Система работы с программой ЗОНД достаточно проста в применении. Каждый из этапов работы отображен функциональными кнопками и сопровождается комментариями к ним. Она может быть легко освоена и при непосредственном ее использовании.

Достаточно подробное пояснение для работы с системой ЗОНД приведено в нижеследующей инструкции.

Исходными данными для работы с системой являются результаты полевых наблюдений методом электрического зондирования, а при наличии данных по скважинам, - геологическая информация о разрезе.

Ввод результатов полевых наблюдений в программу ЗОНД возможен двумя путями: 1) путем импорта файла, сохраненного в памяти измерителя аппаратуры АМС-1; 2) ручным способом, - путем набивки данных из полевого журнала в разделе «Исходные данные» (см. п.2.2.)

1. Импорт данных из памяти измерителя АМС-1 на компьютер

Перекачка данных из памяти измерителя АМС-1 на компьютер выполняется с помощью утилиты IM2470Reading.exe, поставляемой в комплекте с аппаратурой. Перед первым запуском утилиты, необходимо установить драйверы USB, так же поставляемые вместе с аппаратурой. Для этого необходимо найти папку Drivers на компакт-диске, поставляемом с АМС-1, запустить в ней файл PreInstaller.exe, и, следуя инструкциям, установить драйверы.

Утилита IM2470Reading.exe сохраняет данные в трех видах файлов: 1) все данные из памяти прибора в mem-файлы для хранения архива; 2) данные для импорта в программу ЗОНД в формате dta и 3) в формате xml.

Файл в формате dta (см. пример на рис.1) содержит информацию о каждой из точек зондирования с указанием номера профиля и пикета, координат точки наблюдения и высотной отметки рельефа местности,

измеренных значений ρ_k для каждой из приемных линий кривых кажущегося сопротивления,

Файл в формате xml содержит более полную информацию о результатах полевых измерений, используемую в системе Зонд, включая величину тока (I) и измеренные значения разности потенциала (ΔU) для каждого измерения.

Для скачивания информации в систему ЗОНД после запуска утилиты IM2470Reading.exe необходимо выполнить первоначальные настройки. Для этого нажмите пункт меню «Установки» (рис. 3.6, цифра 1), в появившемся диалоге выполните следующие операции:

1. Установите номер порта, на который подключена аппаратура АМС-1 (рис. 3.6, цифра 2) (номер порта можно выяснить в Диспетчере оборудования операционной системы Windows).

2. Отметьте галочкой пункты, которые необходимо будет сохранять в выходном файле (цифра 3). Рекомендуется установить галочку «Автоматически» для автоматического сохранения всех данных, считанных из прибора в один архивный файл с расширением tem (цифра 4). В данном файле сохраняется вся информация по всем участкам, имеющаяся на данный момент в приборе. В дальнейшем из этого файла можно будет сохранять данные по участкам без подключения прибора к компьютеру.

3. Установите желаемое название файлов с участками (цифра 5).

4. Установите формат файлов, в которые вы хотите сохранять данные по участкам – dta и\или xml (цифра 6). Формат файлов описан в Руководстве пользователя.

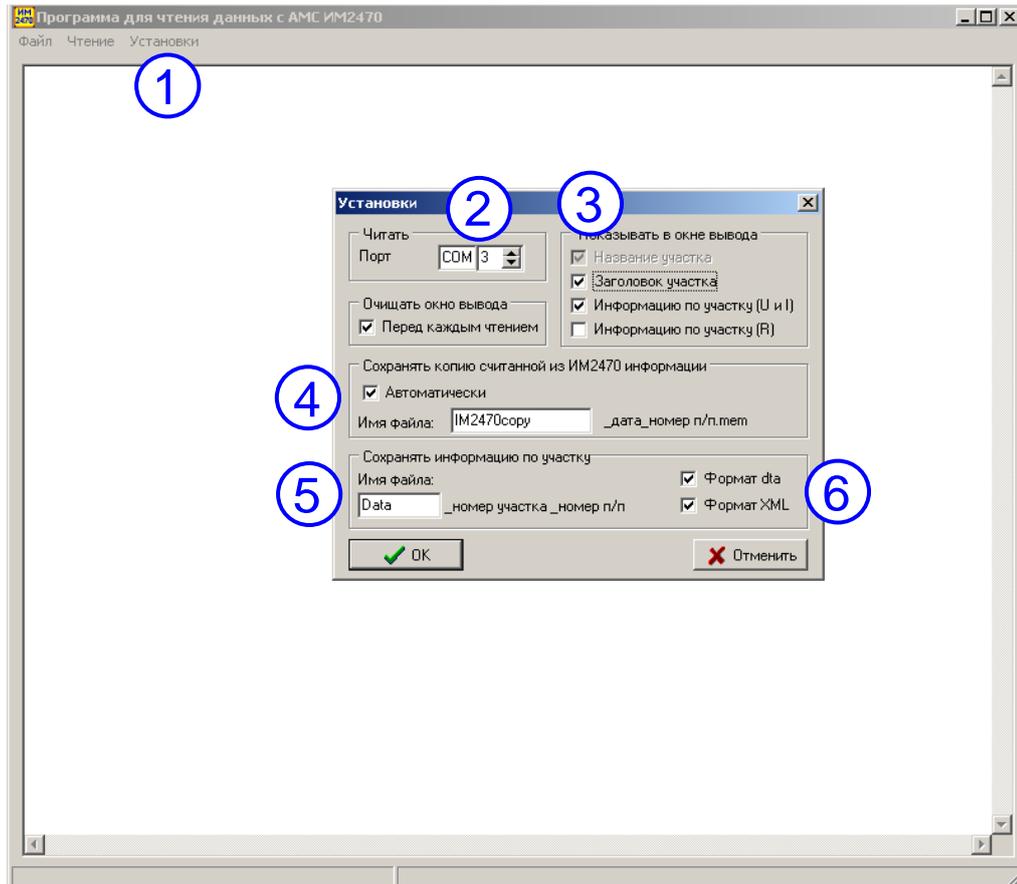


Рис. 3.6. Настройки утилиты IM2470Reading.exe

Для сохранения данных из памяти прибора в компьютер выполните следующие действия:

- 1) подключите измеритель к компьютеру USB-шнуром из комплекта поставки АМС-1;
- 2) включите измеритель;
- 3) запустите утилиту IM2470Reading.exe;
- 4) выберите пункт меню Чтение→Информация по участкам (рис. 3.7); данные из памяти прибора будут считаны, их можно будет просмотреть в текстовом виде прямо в окне утилиты (рис. 3.8);
- 5) выберите меню Файл→Сохранить информацию по участку (рис. 3.9);
- 6) в появившемся диалоге (рис. 3.10) напишите номер участка, данные по которому нужно сохранить и нажмите ОК;
- 7) в появившемся стандартном диалоге сохранения файлов укажите файл, в котором нужно сохранить информацию по участку, выберите расширение (dta или xml) и нажмите кнопку «Сохранить»; сохраненный файл можно импортировать в программу ЗОНД.

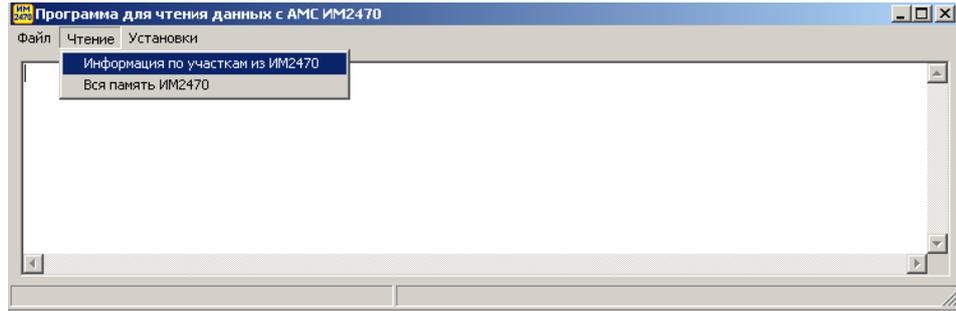


Рис. 3.7. Чтение данных из измерителя АМС-1 с помощью утилиты IM270Reading.exe

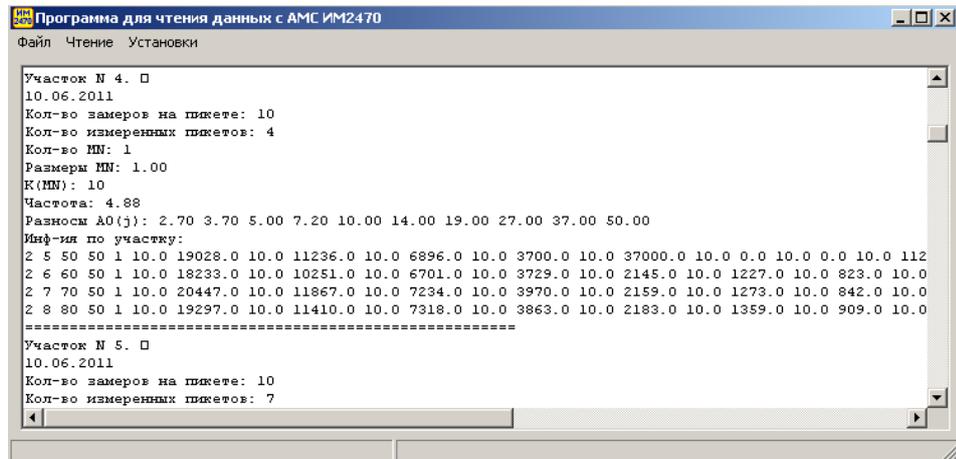
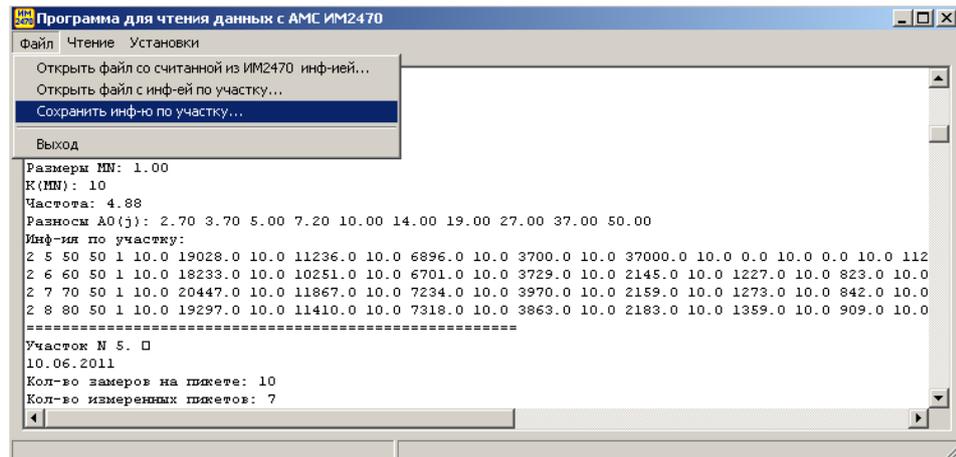


Рис. 3.8. Результаты чтения данных из измерителя АМС-1 (частота ???)



3.9. Сохранение данных по участку

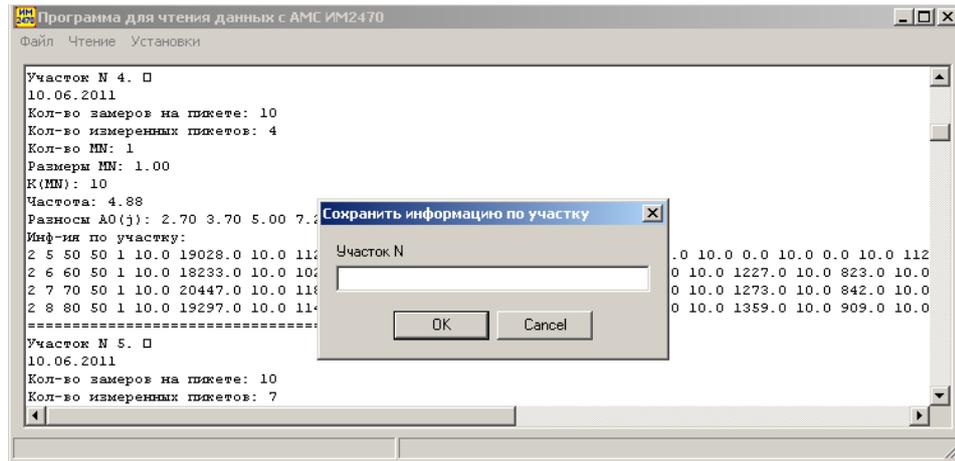


Рис. 3.10. Ввод номера участка при сохранении данных по участку (частота ??? – шаг интерполяции ????)

2. Ввод данных в программу ЗОНД

При первом запуске программы ЗОНД пользователь видит ограниченную панель инструментов, которая становится полной после открытия существующего или создания нового проекта (рис. 3.11).

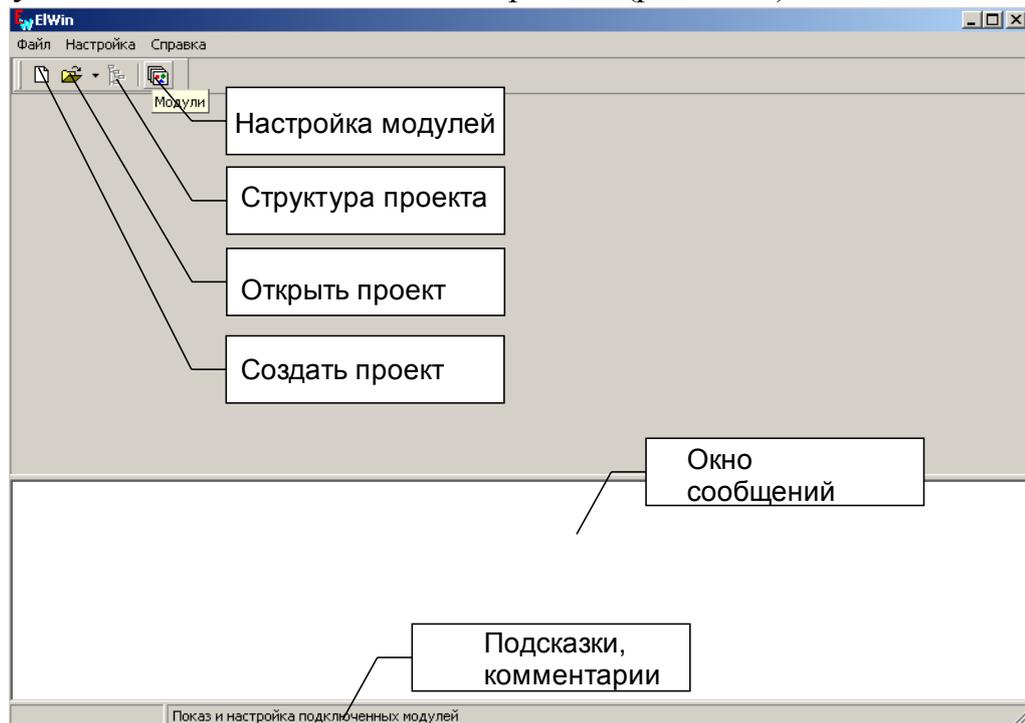


Рис. 3.11. Главное окно программы ЗОНД

При первом запуске программы рекомендуется проверить, подключены ли рабочие модули, задана ли активная библиотека знаков и округление данных (главное меню «настройки»).

Ввод данных выполняется либо путем, рассмотренного выше, импорта файла, сохраненного из памяти измерителя АМС-1, либо ручным способом из полевого журнала в разделе «исходные данные» - «подготовка». В том и другом случаях возможно начать как с создания нового проекта, так и с изменения имеющегося.

Для изменения имеющегося проекта, сохраните его под другим именем. Для этого зайдите в редактор исходных данных, и нажмите кнопку «Удалить все данные ВЭЗ», после чего можете начинать ввод новых данных.

Для создания нового проекта выполните следующее:

1) нажмите на кнопку «Новый проект» в главном меню программы ЗОНД (рис. 3.12, цифра 1);

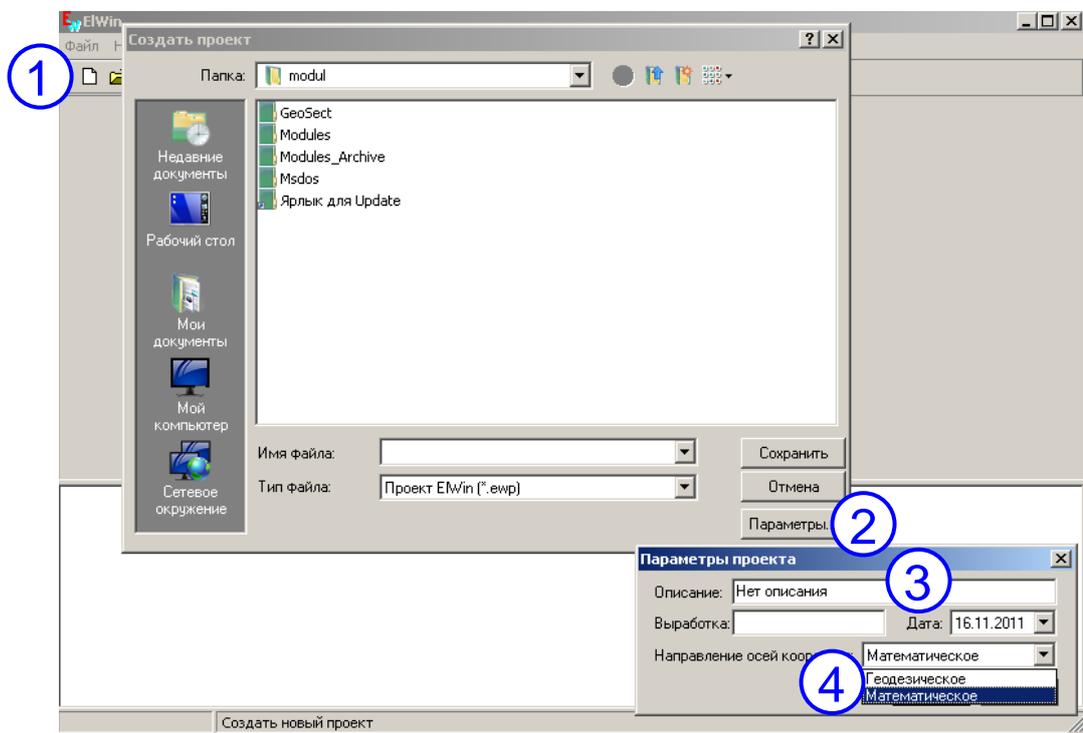


Рис. 3.12. Создание нового проекта

2) в появившемся диалоге создания нового проекта, перед тем как задать имя файла, в котором будет сохранен проект, нажмите кнопку «Параметры» (цифра 2);

3) задайте описание проекта (цифра 3) (это может быть название участка работ и т.цифра , можно изменить впоследствии);

4) выберите направление осей координат (цифра 4). Рекомендуется устанавливать математическое направление осей, когда ось X имеет направление на восток, а ось Y – на север. После установки этих параметров, задайте имя файла, и нажмите кнопку «Сохранить» - новый пустой проект будет создан.

После того, как проект создан, появляются панели инструментов (рис. 3.13):

- 1) Работа с исходными данными;
- 2) Инструменты качественной интерпретации;
- 3) Инструменты количественной интерпретации.

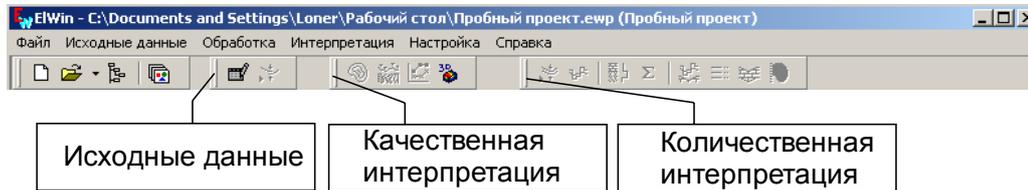


Рис. 3.13. Панель инструментов обработки и интерпретации после создания нового проекта

Большинство инструментов сразу после создания проекта заблокированы, и станут доступны после ввода данных и выполнения первичной обработки. Однако два инструмента доступны сразу – это «Структура проекта» и «Исходные данные».

2.1. Ввод данных из файла, считанного из аппаратуры АМС-1

Для импорта данных из файла, сохраненного из аппаратуры АМС-1, запустите редактор данных, нажав кнопку «Исходные данные» в главном меню программы ЗОНД (рис. 3.13). В появившемся окне редактора данных нажмите кнопку «Импорт исходных данных ВЭЗ» (рис. 3.14, цифра 1)

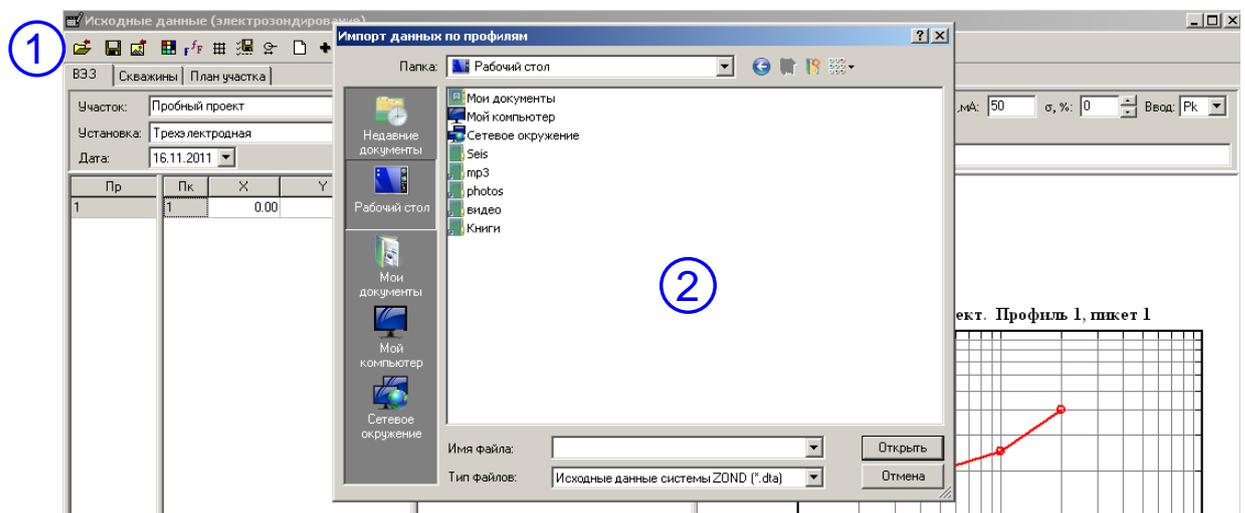


Рис. 3.14. Импорт данных из файла, сохраненного в утилите IM2470Reading.exe

В появившемся диалоге выберите файл для импорта (цифра 2), сохраненный ранее с помощью утилиты IM2470Reading.exe с расширением *data* или *xml*, нажмите кнопку «Открыть». В случае, если данные в импортируемом файле корректны, будет выдан запрос на уничтожение имеющихся в проекте

данных, после утвердительного ответа данные будут импортированы в проект вместо уже имеющихся.

2.2. Ручной ввод данных из полевого журнала

Для ввода полевых данных нажмите кнопку «Исходные данные» (рис. 3.13) на панели инструментов, после чего откроется редактор данных ВЭЗ (рис. 3.15).

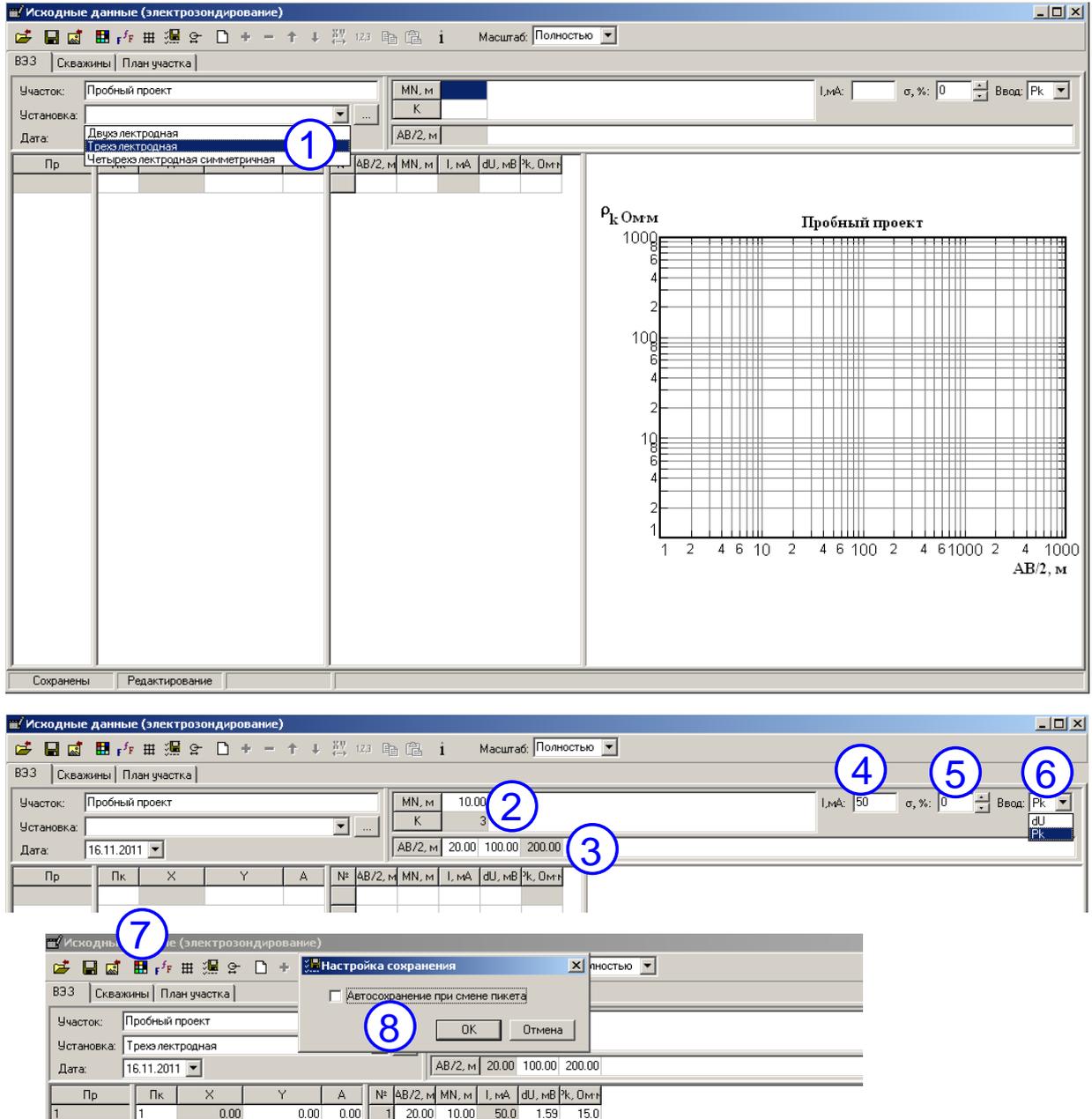


Рис. 3.15. Окно ввода и редакции исходных данных ВЭЗ, установка начальных параметров

Перед началом ввода данных необходимо выполнить следующие настройки:

- 1) задать тип установки – трехэлектродная (рис. 3.15, цифра 1);
- 2) задать размер приемной линии (MN) (цифра 2); в случае измерений с несколькими приемными линиями активизируйте таблицу MN, щелкнув на ней мышью один раз, затем нажмите кнопку «+» на панели инструментов;
- 3) задайте количество разносов для каждой из линий MN (в строке «К»), и сами разносы (в строке «AB/2, м»), (цифра 3);
- 4) задайте основную (проектную) величину тока (цифра 4); если ток был не везде одинаков во время съемки, индивидуальное значение тока будет корректироваться позднее - во время набивки данных по каждому из разносов;
- 5) задайте фактическую погрешность полевых наблюдений в процентах (цифра 5);
- 6) задайте тип вводимых данных – dU или ρ_k (цифра 6) (разность потенциалов, измеренную прибором, или кажущееся сопротивление);
- 7) Для отключения автоматического сохранения при смене пикета – нажать  кнопку на панели инструментов (цифра 7), в появившемся диалоге (цифра 8) снять галочку и нажать кнопку «Ок».

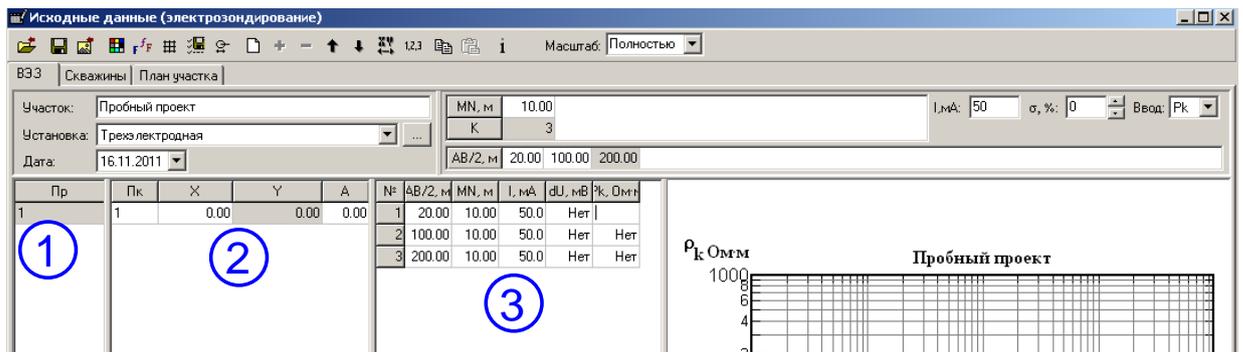


Рис. 3.16. Окно редактора данных. Таблицы для ввода данных

После установки начальных параметров можно начинать вводить данные, для этого служат 3 таблицы (рис. 3.16): таблица профилей (цифра 1), таблица номеров пикетов и их координат (цифра 2), и таблица кривых зондирования (цифра 3).

Для добавления нового профиля или пикета, сначала необходимо щелкнуть мышью на соответствующей таблице, затем на кнопке «+» на панели инструментов. При выборе мышью профиля или пикета, соответствующая кривая отображается на графике в правой части окна. На графике возможно редактирование кривых с помощью мыши. При необходимости, для любого из измерений можно задать ток, отличный от тока, общего для проекта, это делается в столбце «I, mA» напротив нужного разноса. Ток, отличный от общего для проекта, будет выделен жирным шрифтом.

Рекомендуется, нажимая кнопку «+» сразу создать необходимое количество пикетов в профиле, после чего начинать вводить координату X. Для этого встаньте щелчком мыши на первой строке в колонке X, и введите необходимую координату. После ввода значения X, нажмите клавишу Enter на клавиатуре, и фокус ввода автоматически перейдет на следующую строку, что позволяет вводить значения очень быстро, не отвлекаясь на переходы от строки к строке. После окончания ввода всех координат X, переходите к первой строке колонки Y, и повторите операцию для координаты Y. Аналогично введите значения абсолютных отметок пикетов.

После ввода координат пикетов аналогичным образом можно вводить данные зондирований. При необходимости, возможно вставлять данные в таблицы программы ЗОНД из буфера обмена Windows. Подробнее данная возможность описана в руководстве пользователя.

2.3. Ввод данных по скважинам

Если на участке работ имеются скважины, данные по ним вводятся на странице «Скважины» редактора исходных данных (рис. 3.17). Перед началом ввода данных по скважинам, выберите режим ввода – ввод глубин границ (Z отн) или мощностей слоев (Н). Для добавления и удаления новой скважины или нового слоя служат кнопки «+» и «-» соответственно. Кнопки действуют для той таблицы, которая активна в данный момент. Для активизации таблицы щелкните на ней один раз левой кнопкой мыши.

После добавления новой скважины в таблице со списком скважин (верхняя таблица) требуется задать ее номер (колонка «Скважина»), координаты (колонки «X», «Y»), и абсолютную отметку (колонка «А»). После задания этих данных, переходите к нижней таблице для ввода данных по слоям. Рекомендуется, нажимая кнопку «+», сразу создать необходимое количество слоев, после чего вводить глубину (или мощность, в зависимости от выбранного режима). После ввода очередного значения глубины или мощности, нажимайте клавишу Enter на клавиатуре, и фокус ввода будет автоматически переходить на следующую строку. Тем самым отпадает необходимость использования мыши и сокращается время ввода данных.

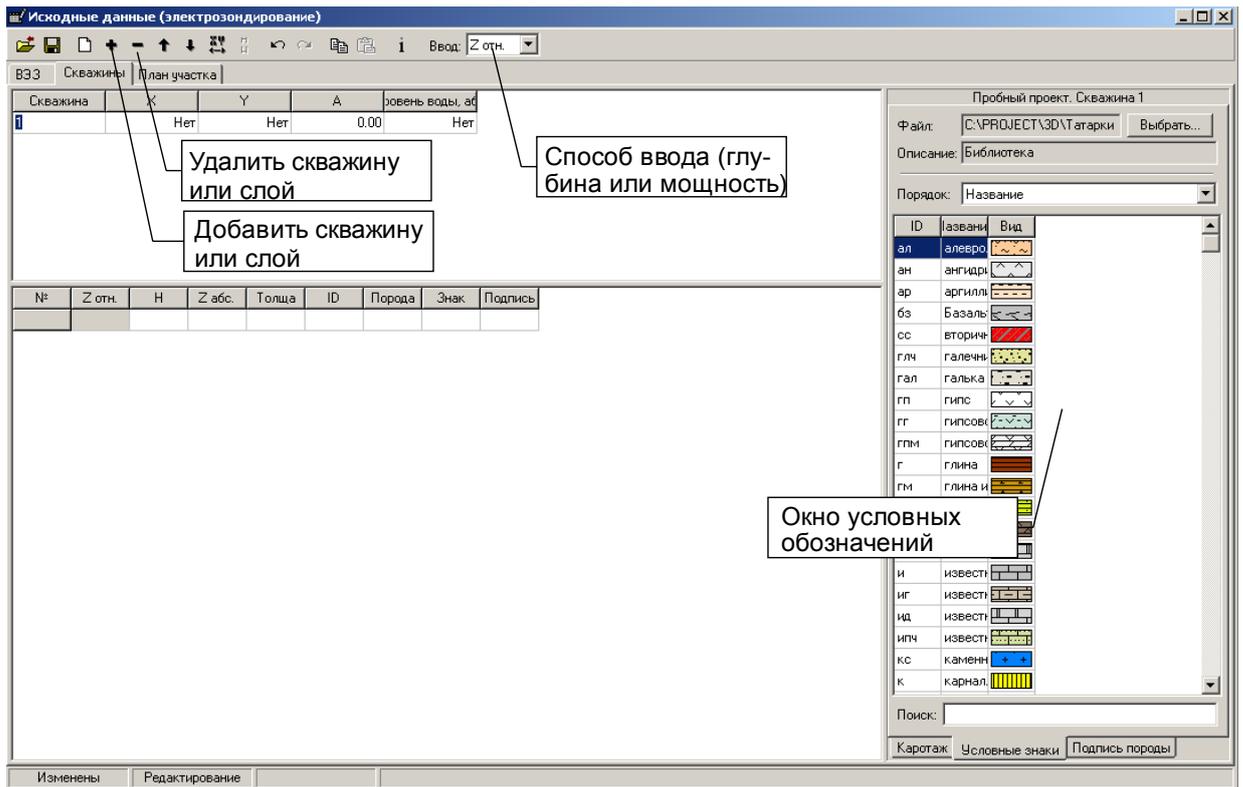


Рис. 3.17. Ввод данных по скважинам.

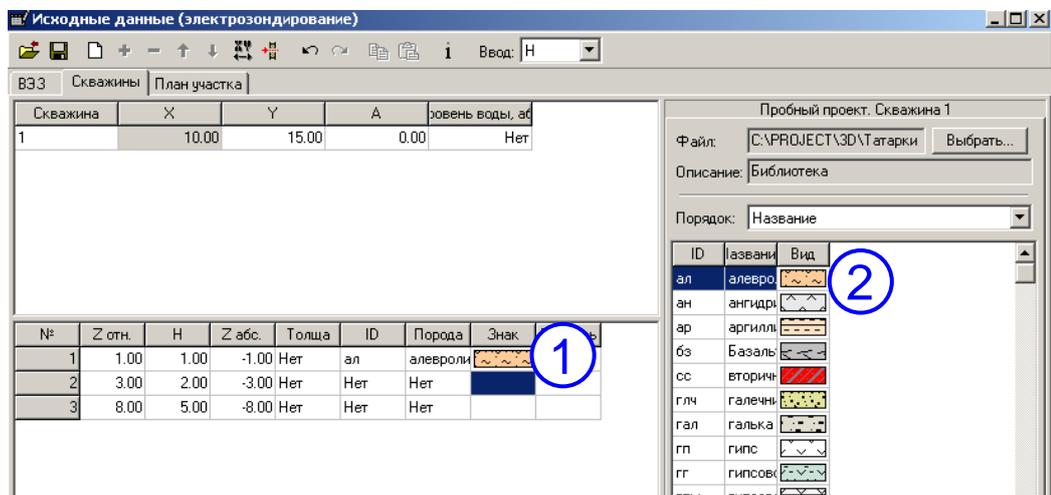


Рис. 3.18. Привязка условных обозначений к слоям

Для привязки условных обозначений к созданным слоям, рекомендуется встать на первую строку в нижней таблице (рис. 3.18, цифра 1), перейти в библиотеку знаков (правая панель) и щелкнуть дважды на строке с нужной горной породой (цифра 2).

После этого в колонке «Знак» появится выбранное условное обозначение, в колонке «Порода» - название выбранной горной породы, а в колонке «ID» - идентификатор (сокращенное название) выбранной горной породы, как это показано на рисунке. Фокус ввода после выбора нужного условного знака

автоматически переместится на следующую строку, что позволяет сразу же выбирать условное обозначение для следующего слоя. Таким образом, можно не возвращаясь в таблицу редакции слоев, задать все условные обозначения для выбранной скважины за один раз.

При необходимости удалить условное обозначение, щелкните один раз в колонке «Порода» или «Знак» напротив нужного слоя, и нажмите клавишу Delete на клавиатуре, после чего все, что касается условного обозначения для выбранного слоя, будет удалено.

2.4. Контроль координат введенных данных

Правильность расположения профилей, точек зондирования и скважин можно визуально проконтролировать на странице «План участка» редактора исходных данных.

На странице «План участка» (рис. 3.19, цифра 1) предусмотрена возможность редактирования контура исследуемого участка для ограничения карт, получаемых в процессе последующей интерпретации наблюдаемых данных. Для начала работы с контурами нажмите соответствующую кнопку на панели инструментов (цифра 2), справа появится закладка с инструментами для работы с контурами (цифра 3).

После окончания ввода данных зондирования и данных по скважинам, можно закрыть редактор данных. Если данные еще не были сохранены, будет выдан запрос на сохранение данных (рис. 3.20):

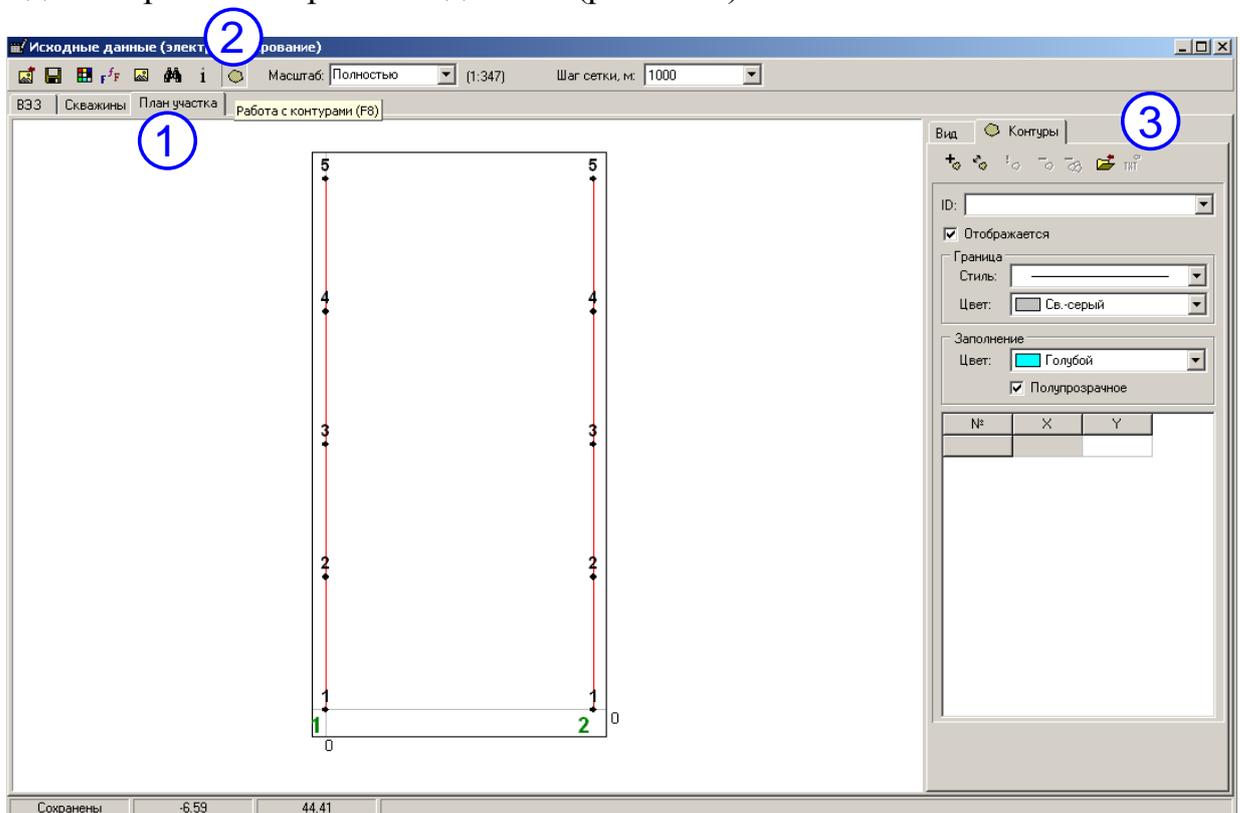


Рис. 3.19. Работа с планом участка

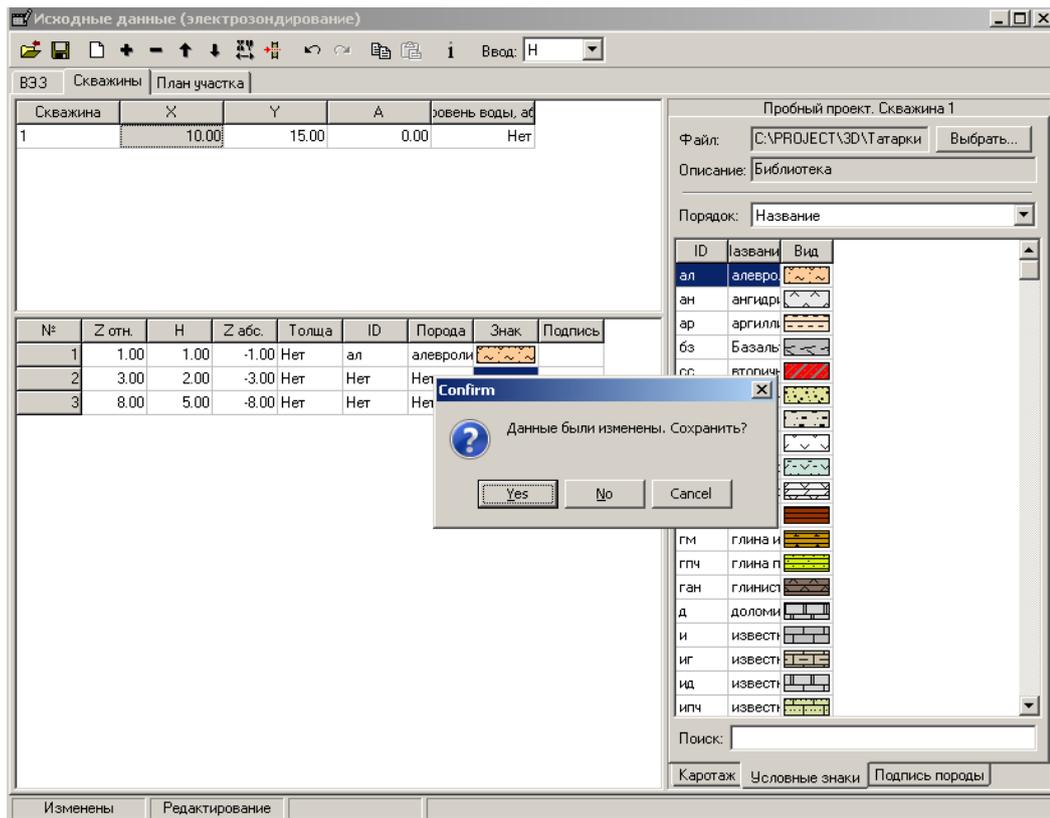


Рис. 3.20. Запрос на сохранение данных.

3. Качественная интерпретация данных

После окончания ввода данных появляется возможность перейти к этапу качественной интерпретации. Под качественной интерпретацией понимается визуальная интерпретация карт, разрезов и объемных изображений поля кажущихся сопротивлений и его трансформант (поля эффективных параметров), при этом используется эффективная (не истинная) шкала глубин.

Во всех модулях качественной интерпретации есть возможность экспортировать получаемые изображения в графические файлы, которые затем можно вставить в отчет. Для этого во всех модулях имеется кнопка  «Экспорт в графические файлы» на верхней панели инструментов.

Для того, что бы построение карт, разрезов и объемных изображений поля эффективных параметров стало возможным, требуется :

1) в главном окне программы ЗОНД нажать кнопку  «Первичная обработка» (рис. 3.21, цифра 1);

2) в появившемся диалоге необходимо установить галочку напротив пункта «Интерполяция и сглаживание», и указать «Шаг интерполяции» равным 7 (цифра 2), наиболее отвечающий информативности кривых зондирования. (Шаг равный 7 необходим также для выполнения количественной

интерпретации, использующей фильтр, рассчитанный на этот шаг; в случае качественной интерпретации величина шага не требует жестких ограничений. В результате исходные данные желательно проинтерполировать на регулярную логарифмическую сетку с частотой 7 точек на модуль логарифмического бланка.

По желанию интерпретатора возможно выполнить нормализацию, для этого отметьте соответствующий пункт в диалоге параметров обработки (цифра 3). Нормализация служит для снижения влияния приповерхностных неоднородностей вблизи приемной линии MN.

Первичная обработка служит для получения так называемых оптимизированных данных, с которыми ведется дальнейшая работа – качественная и количественная интерпретация со стабилизацией решений.

ПРИМЕЧАНИЕ. Первичную обработку необходимо выполнять после **любого** изменения исходных данных, иначе поток оптимизированных данных не будет содержать последние изменения!

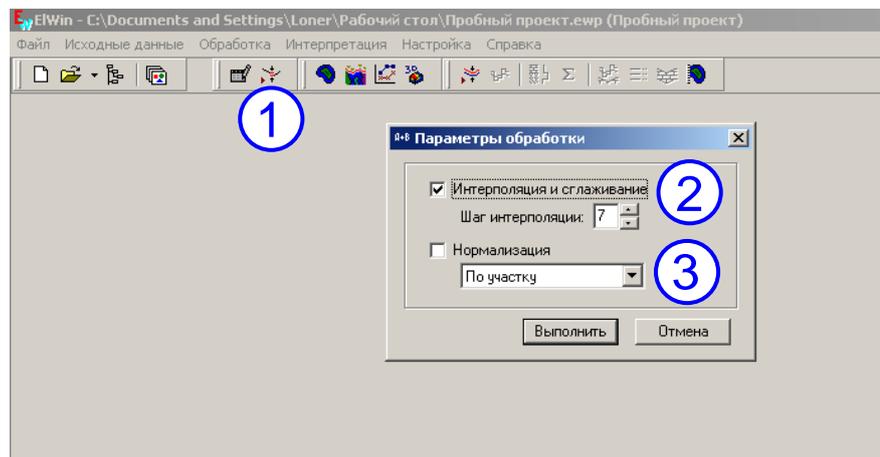


Рис. 3.21. Первичная обработка полевых данных

После выполнения первичной обработки становятся доступными пункты меню качественной интерпретации (рис. 3.22) и пункты меню, связанные с количественной интерпретацией (рис. 3.32).



Рис. 3.22. Пункты меню качественной интерпретации (слева направо): построение карт, разрезов, графиков, объемных изображений поля эффективных параметров.

3.1. Построение карт эффективных параметров

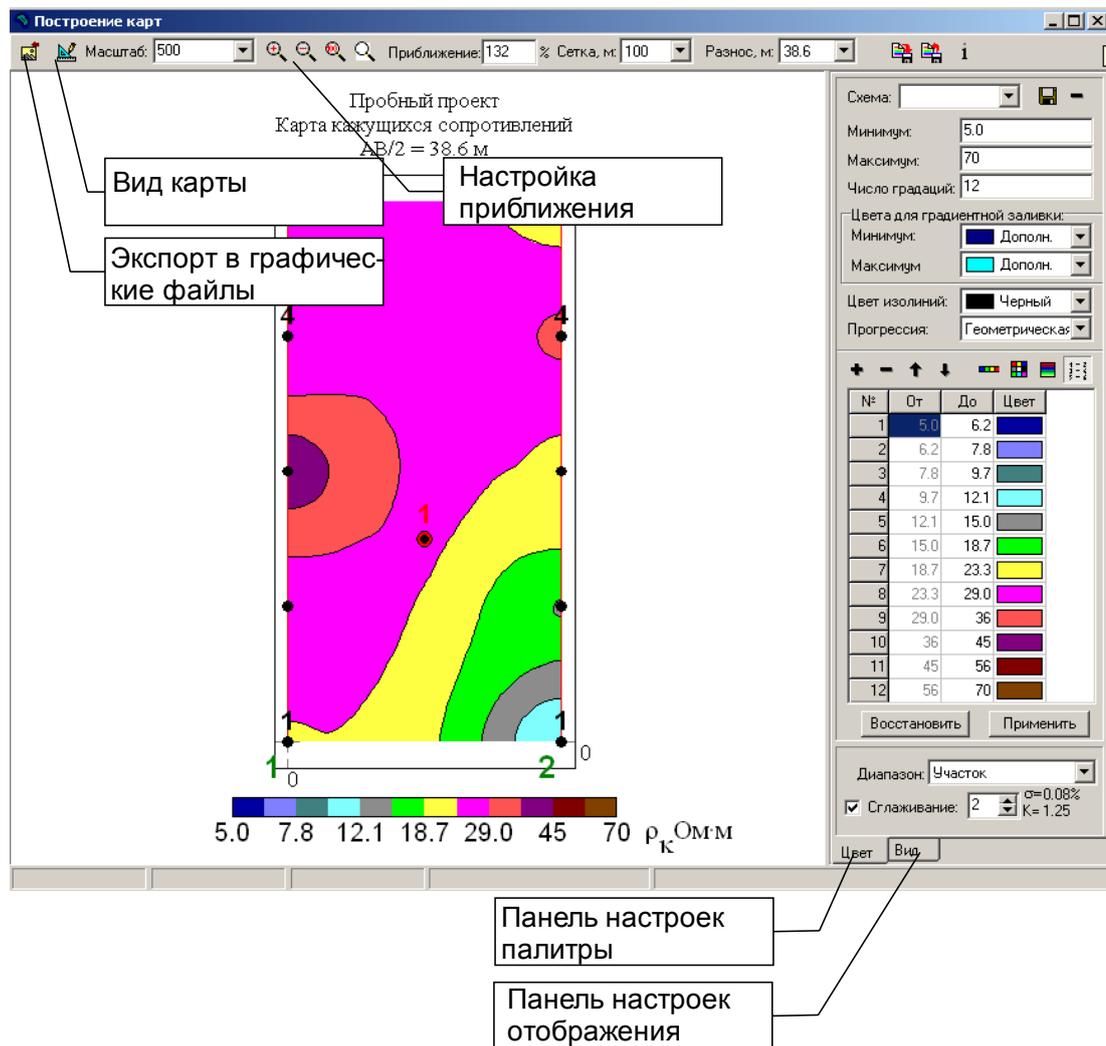


Рис. 3.23. Модуль построения карт эффективных параметров

При запуске модуля построения карт эффективных параметров происходит автоматическое построение карты кажущихся сопротивлений (КС), используется масштаб по умолчанию, применяется палитра, использованная в предыдущем сеансе работы с модулем. Пользователь имеет следующие основные возможности:

- 1) Изменять масштаб (влияет на размер экспортируемого изображения)
- 2) Приближать-отдалять изображение с помощью настроек приближения (не влияет на размер экспортируемого изображения)
- 3) Редактировать цветовую палитру (панель «Цвет» справа, рис. 3.23)
- 4) Изменять настройки шрифтов, вид пикетов, профилей, скважин (панель «Вид» справа, рис. 3.23)
- 5) Применять сглаживание изолиний (панель «Цвет»)

- 6) Сохранять и загружать палитры в формате программы Golden Software Surfer.
- 7) Выбирать необходимый разнос питающей линии, для которой будет построена карта.
- 8) Выбирать вид карты, или, иначе говоря, выбирать отображаемый параметр (кнопка «Вид карты», рис. 3.23)
- 9) Экспортировать изображение в графические файлы (кнопка «Экспорт в графические форматы», рис. 3.23)

3.2. Построение разрезов эффективных параметров.

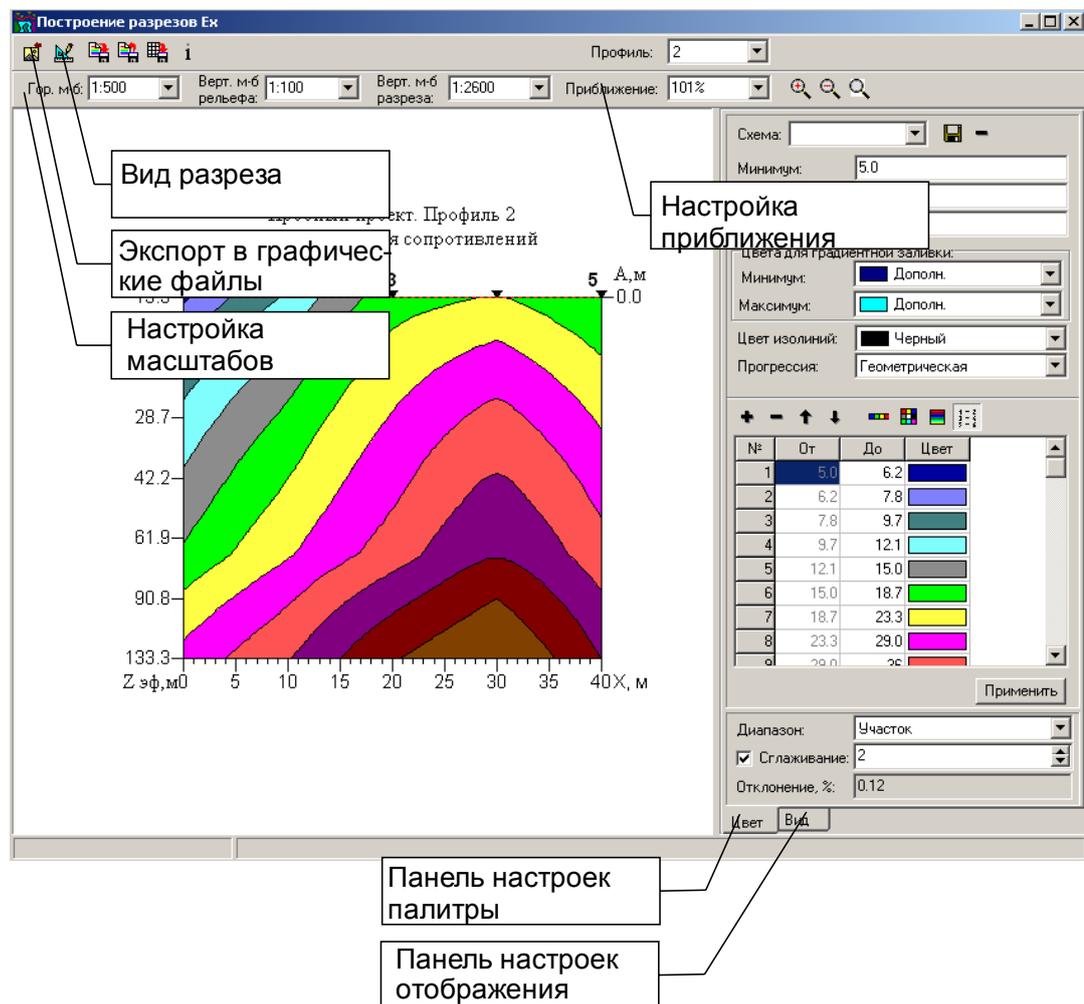


Рис. 3.24. Модуль построения разрезов эффективных параметров

Интерфейс модуля построения **разрезов** эффективных параметров практически идентичен интерфейсу модуля построения **карт** эффективных параметров. Основные отличия:

- 1) При построении разрезов эффективных параметров используются три масштаба: горизонтальный масштаб разреза, вертикальный масштаб

рельефа (линейные) и вертикальный масштаб разреза (логарифмический)

- 2) Разрезы строятся по профилям, карты – по разносам, соответствующее отличие проявляется в верхней панели инструментов и в выборе диапазона (панель настройки палитры, рис. 3.23, 3.24).

При запуске модуля построения разрезов эффективных параметров происходит автоматическое построение разреза КС, используется масштаб по умолчанию, применяется палитра, использованная в предыдущем сеансе работы с модулем. Пользователь имеет следующие основные возможности:

- 1) Изменять масштаб (влияет на размер экспортируемого изображения, рис. 3.24 – настройка масштабов)
- 2) Приближать-отдалять изображение (не влияет на размер экспортируемого изображения, рис. 3.24 – настройка приближения)
- 3) Редактировать цветовую палитру (панель «Цвет» справа, рис. 3.24)
- 4) Изменять настройки шрифтов, вид пикетов, профилей, скважин (панель «Вид», рис. 3.24)
- 5) Применять сглаживание изолиний (панель «Цвет»)
- 6) Сохранять и загружать палитры в формате программы Golden Software Surfer.
- 7) Выбирать необходимый профиль.
- 8) Выбирать вид разреза, или, иначе говоря, выбирать отображаемый параметр (кнопка «Вид разреза», рис. 3.24)
- 9) Экспортировать изображение в графические файлы (кнопка «Экспорт в графические форматы», рис. 3.5)

3.3. Построение графиков кажущихся сопротивлений.

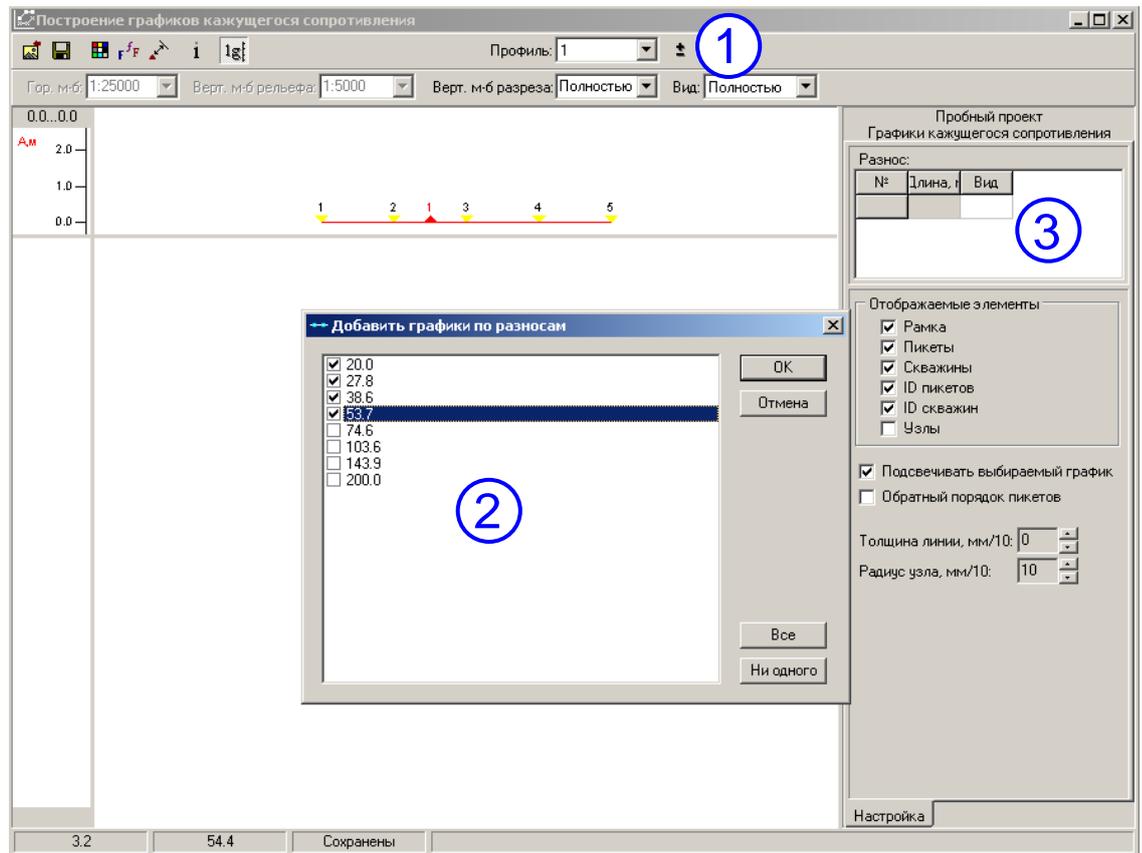


Рис. 3.25. Построение графиков кажущихся сопротивлений

После запуска модуля построения графиков КС автоматически строятся графики по разносам, использованным в прошлом сеансе работы с модулем. Для включения/выключения графиков для определенных разносов требуется:

- 1) нажать кнопку « \pm » на панели инструментов (рис. 3.25, цифра 1);
- 2) в появившемся диалоге выбрать те разносы, графики которых требуется отобразить, нажать кнопку «Ок». (цифра 2)

Вид графиков и другие настройки отображения можно настроить на панели «Настройка» справа от графиков (рис. 3.25).

Пользователь имеет следующие возможности:

- 1) Строить графики КС для необходимых разносов
- 2) Настраивать вид графиков
- 3) Устанавливать линейную или логарифмическую вертикальную шкалу
- 4) Настраивать масштаб
- 5) Экспортировать изображение в графические файлы

3.4. Построение объемных изображений поля эффективных параметров

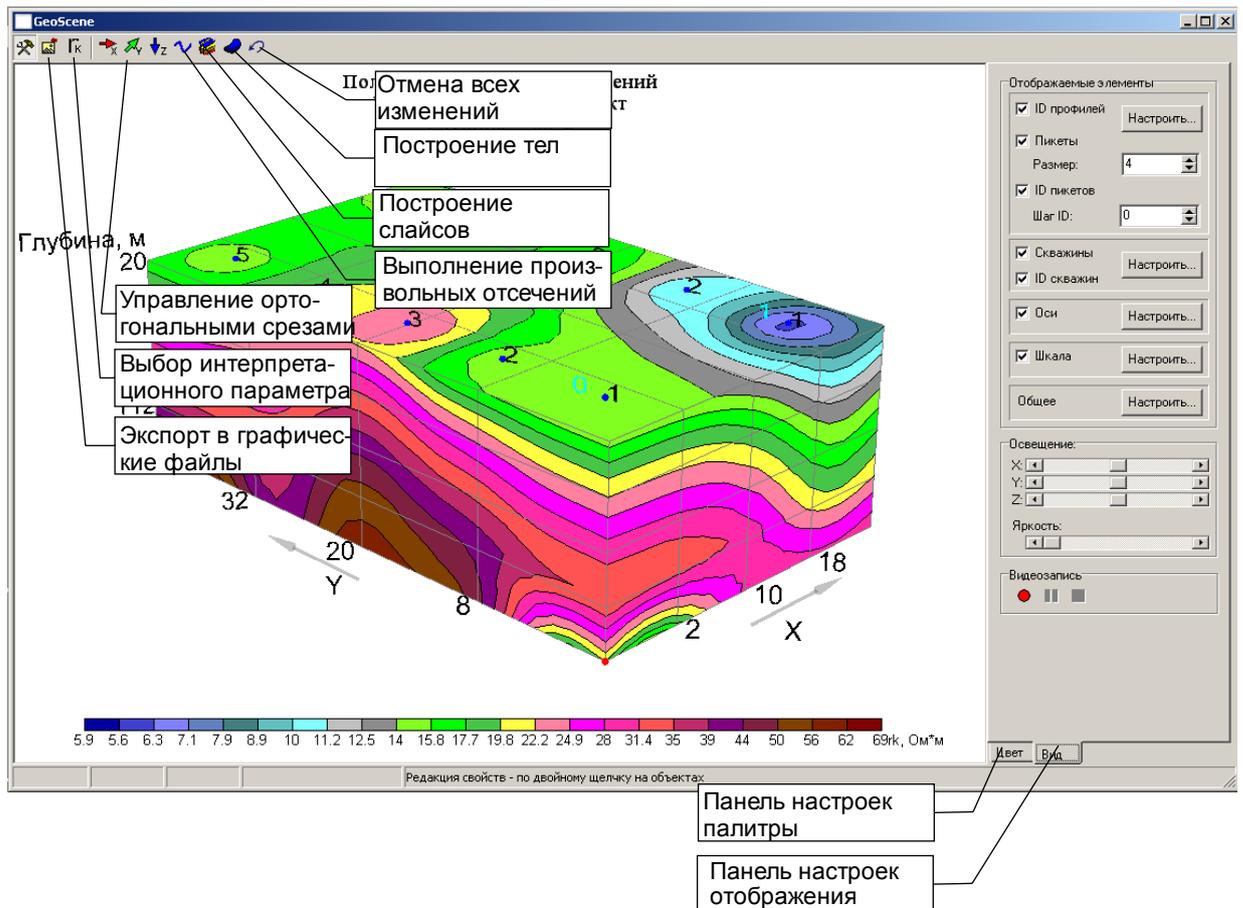


Рис. 3.26. Модуль построения объемных изображений

При запуске модуля по умолчанию строится объемное изображение поля кажущихся сопротивлений с последней использовавшейся палитрой. Справа от изображения находятся панель настроек палитры (панель «Цвет») и панель настроек отображения (панель «Вид») (рис. 3.26). Панель настроек палитры практически идентична таким же панелям в модулях построения карт и разрезов.

Изображение можно приблизить и отдалить с помощью колесика мыши или клавиш «+» и «-» на цифровой клавиатуре. Так же можно вращать изображение с помощью мыши, нажав левую клавишу, и перемещая мышь, либо нажимая кнопки со стрелками на клавиатуре.

Значительно отличается от модулей построения карт и разрезов верхняя панель инструментов – отсутствует масштаб изображения, и присутствуют другие инструменты (см. рис. 3.26). Основные возможности модуля построения объемных изображений:

- 1) выбирать вид интерпретационного параметра (аналогично «Виду карт» в модуле построения карт);
- 2) вращать, приближать и отдалять изображение;
- 3) выполнять ортогональные срезы (рис. 3.27);
- 4) выполнять криволинейные срезы (рис. 3.28);

- 5) строить слайсы (рис. 3.29);
- 6) строить тела, соответствующие областям с выбранным диапазоном сопротивлений (рис. 3.30);
- 7) изменять прозрачность изображения;
- 8) отменять все изменения;
- 9) выполнять настройки палитры, шрифтов, пикетов, профилей, скважин;
- 10) сохранять изображение в графические файлы.

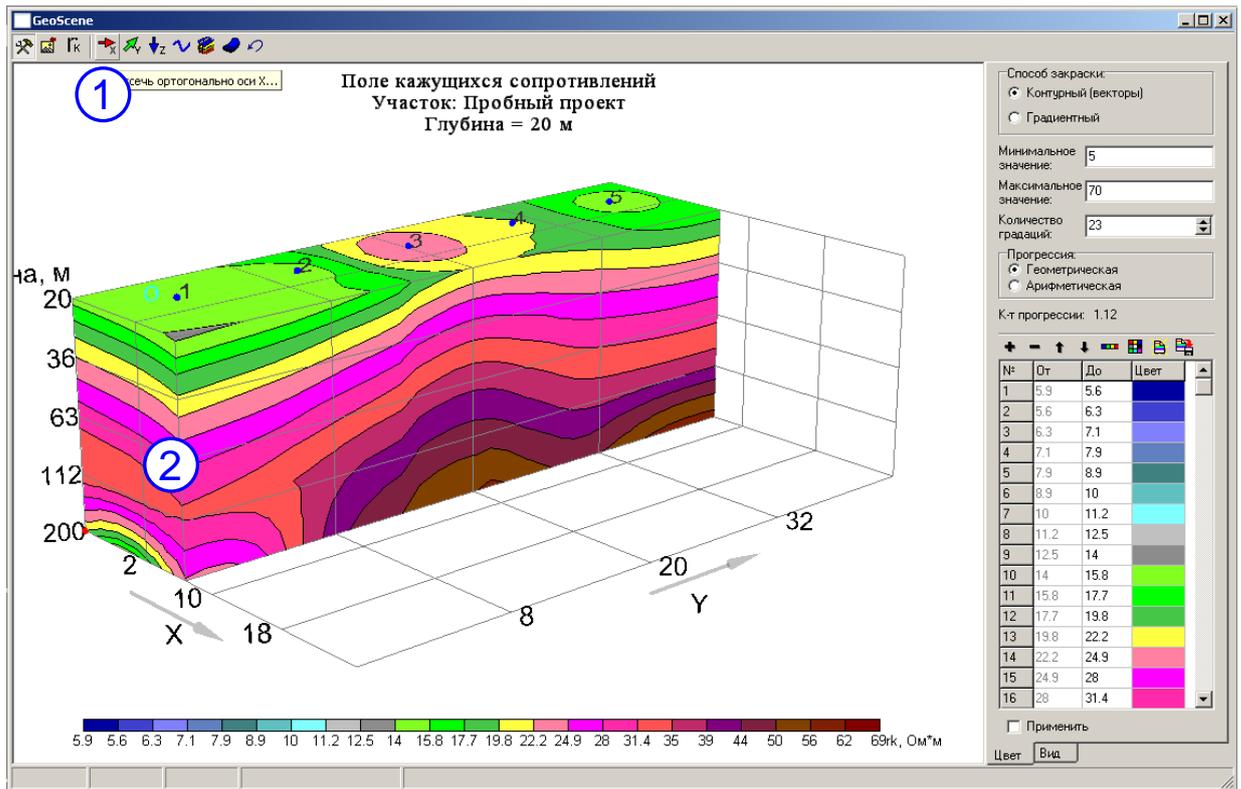


Рис. 3.27. Выполнение ортогональных срезов

Для того что бы выполнить ортогональный срез поля необходимо:

1) щелкнуть на одной из кнопок выполнения ортогональных срезов (X, Y или Z) (рис. 3.27, цифра 1);

2) щелкнуть на объемном изображении на нужной координате для завершения среза (цифра 2), отсечение будет выполнено со стороны пользователя; если необходимо отсечь с другой стороны, нужно сначала развернуть изображение соответствующим образом.

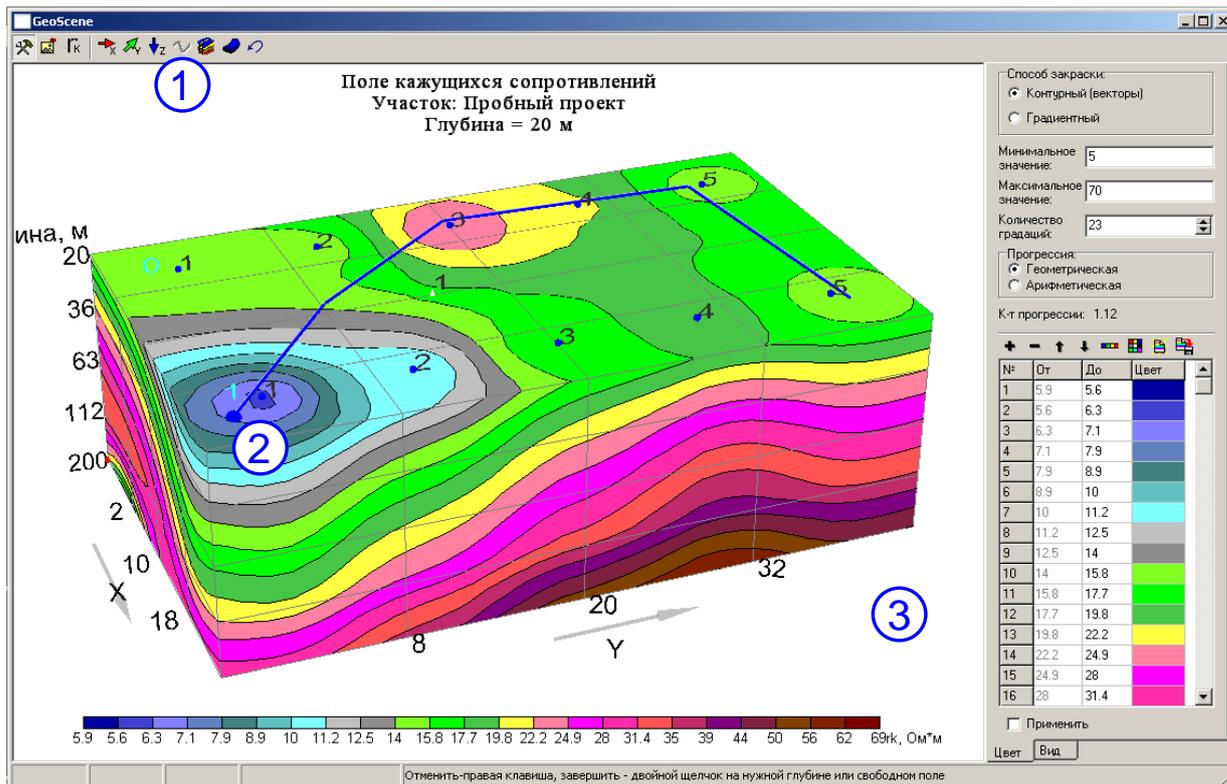


Рис. 3.28. Выполнение произвольных отсечений.

Для выполнения произвольного отсечения необходимо:

- 1) щелкнуть на кнопке «Начать произвольные отсечения» (рис. 3.28, цифра 1);
- 2) щелкая на верхней грани объемного изображения, провести линию, вдоль которой должно быть выполнено произвольное отсечение (цифра 2);
- 3) щелкните два раза на пустом поле либо на нужной глубине объемного изображения (цифра 3); в первом случае отсечение будет выполнено полностью до самого низа, во втором – до выбранной глубины.

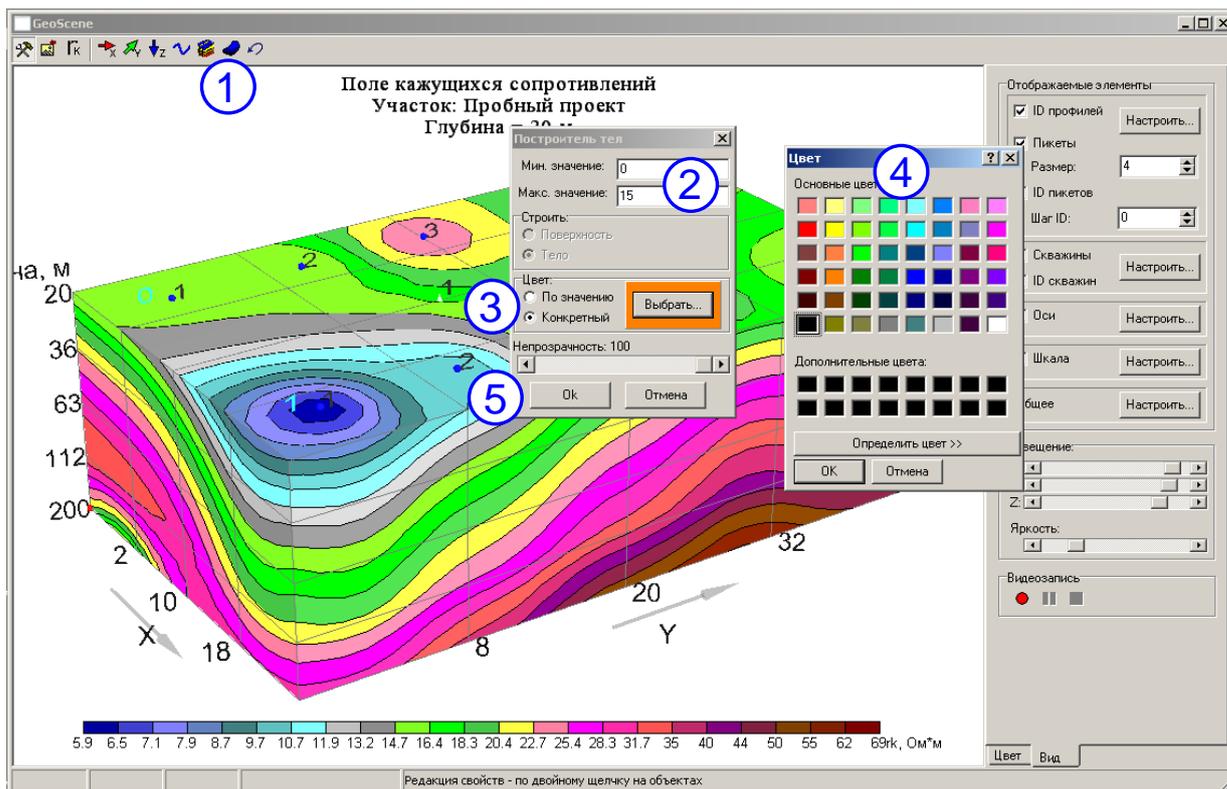


Рис. 3.29. Построение тел

Для построения объемного тела выполните следующие действия:

1) нажмите кнопку «Построить тело» на панели инструментов (рис. 3.29, цифра 1);

2) Задайте минимальное и максимальное значения для построения тела (цифра 2); для построения тела низких кажущихся сопротивлений можно задать минимальное значение, равное нулю, а максимальное – равное верхней границе низких сопротивлений для данному участку;

3) задайте способ закраски – по значению (в этом случае цвет будет выбран из палитры согласно значениям, указанным в п. 2), или конкретный (цифра 3); в последнем случае пользователь сам должен задать цвет тела (цифра 4);

4) Нажмите кнопку «Ок» (цифра 5), тело будет построено. Для того, что бы тело было видно полностью, установите прозрачность объемного изображения равной 0 (см. рис. 3.31)

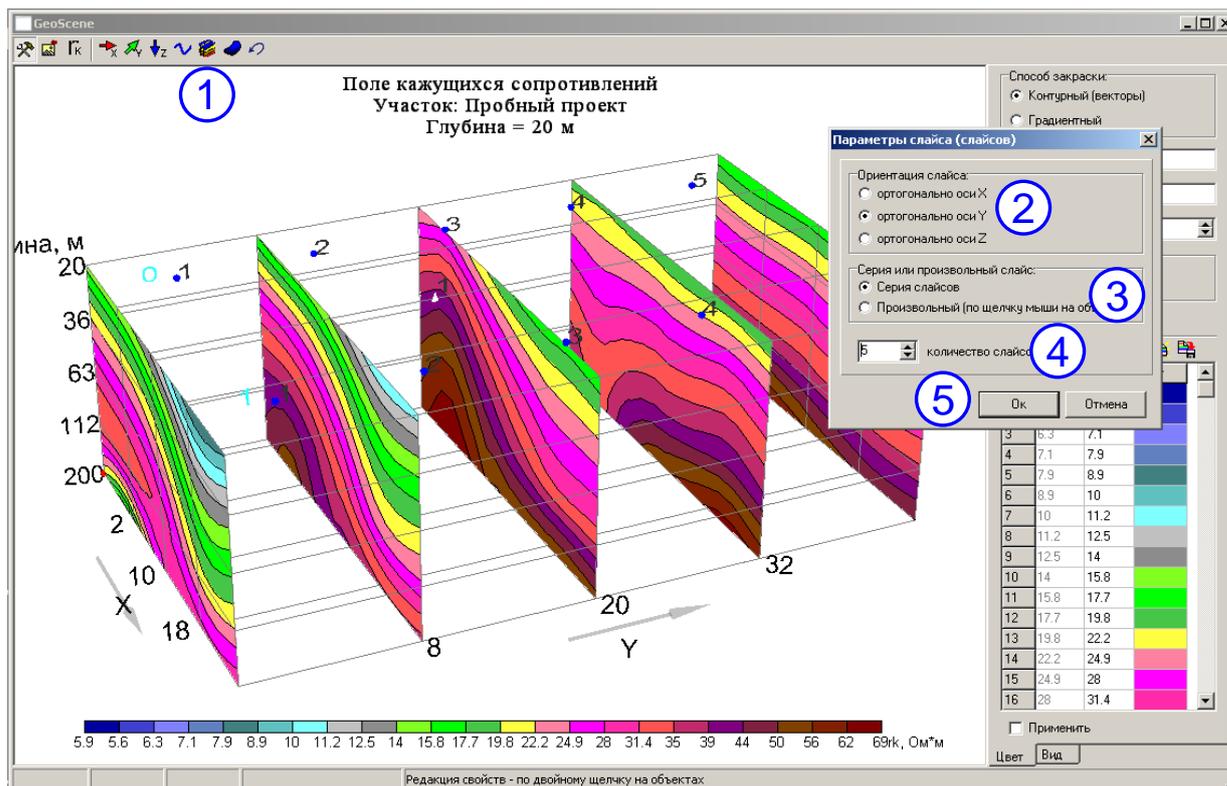


Рис. 3.30. Построение слайсов.

Для построения слайсов (срезов) выполните следующие действия:

- 1) нажмите кнопку «Добавить набор слайсов» на панели инструментов (рис. 3.30, цифра 1);
- 2) Выберите ось, ортогонально которой будут новые слайсы (слайс) (цифра 2);
- 3) выберите режим построения – серия слайсов (будут построены автоматически с равным шагом), или произвольный слайс (цифра 3);
- 4) выберите количество слайсов (только в случае построения серии слайсов) (цифра 4);
- 5) нажмите кнопку «Ок» (цифра 5).

В случае, если выбран режим построения *серии* слайсов, то эта серия сразу будет построена. Если выбран режим построения **произвольного** слайса, то после нажатия кнопки «ОК» необходимо **щелкнуть** на объемном изображении в том месте, через которое должен пройти новый произвольный слайс. Одновременно с построением слайсов, основное объемное изображение становится полностью прозрачным. Однако прозрачность всегда можно изменить по желанию (рис. 3.31).

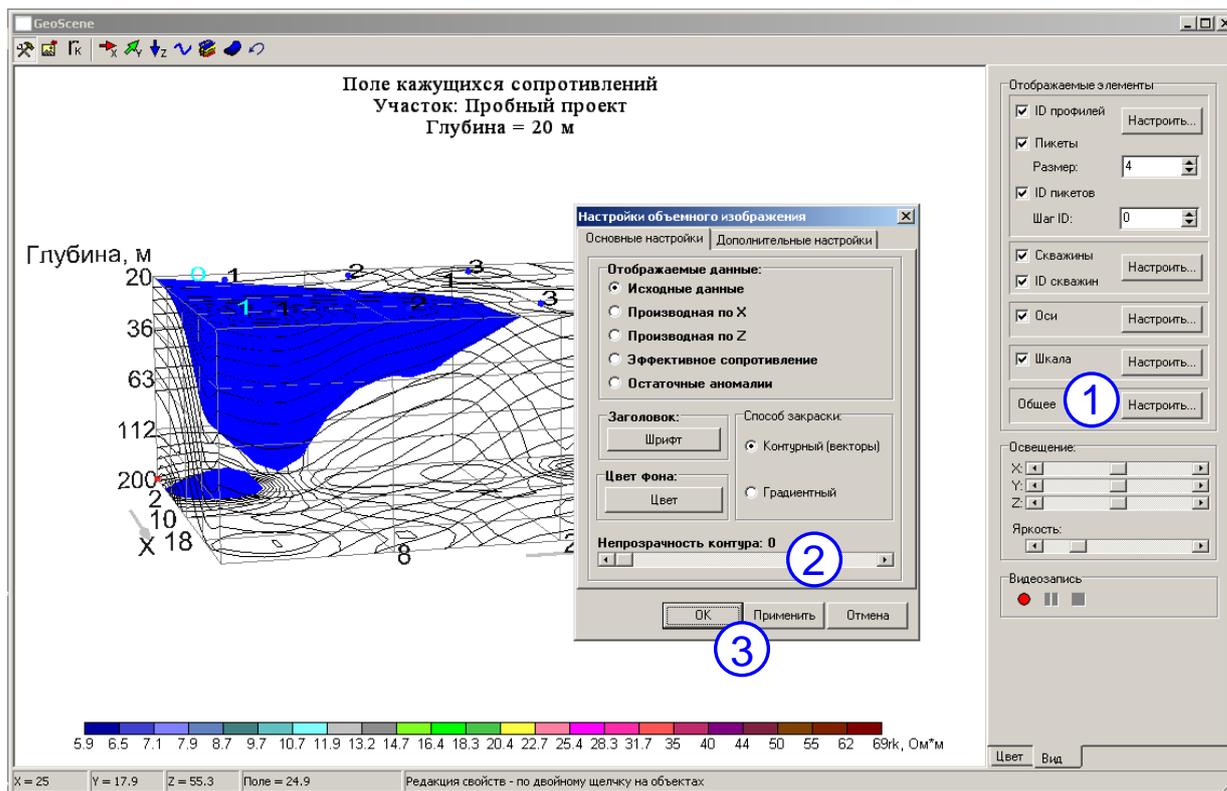


Рис. 3.31. Настройка прозрачности основного объемного изображения

Для изменения прозрачности объемного изображения выполните следующие действия:

- 1) перейдите на вкладку «Вид» справа и нажмите кнопку «Настроить» напротив надписи «Общее» (рис. 3.31, цифра 1);
- 2) в появившемся диалоге, установите движок «Непрозрачность контура» в нужное положение (цифра 2);
- 3) нажмите кнопку «Ок» или «Применить» (цифра 3).

Диалоги настроек в модуле построения объемного изображения можно вызывать двойными щелчками на соответствующих объектах. Для отмены изменений и возврата к исходному изображению необходимо нажать кнопку  на верхней панели инструментов.

4. Количественная интерпретация данных

Модули количественной интерпретации расположены в соответствии с технологическим процессом, принятым в программе ЗОНД (рис.3.32) – сначала выполняется площадная стабилизация данных, затем редакция модели среды, затем построение разрезов и карт геоэлектрических параметров



Рис. 3.32. Пункты меню количественной интерпретации, слева направо: стабилизация на основе параметрических зондирований, стабилизация при отсутствии данных по скважинам, редакция модели среды, рабочая модель, геоэлектрический разрез, карты геоэлектрических параметров.

4.1. Количественная интерпретация со стабилизацией решений на основе использования параметрических зондирований

Технологический процесс стабилизации состоит из нескольких операций: 1) выбор опорных зондирований 2) редакция опорных зондирований 3) согласованная автоматическая интерпретация совокупности всех зондирований в режиме “модель-поле” на основе использования приемов регуляризации.

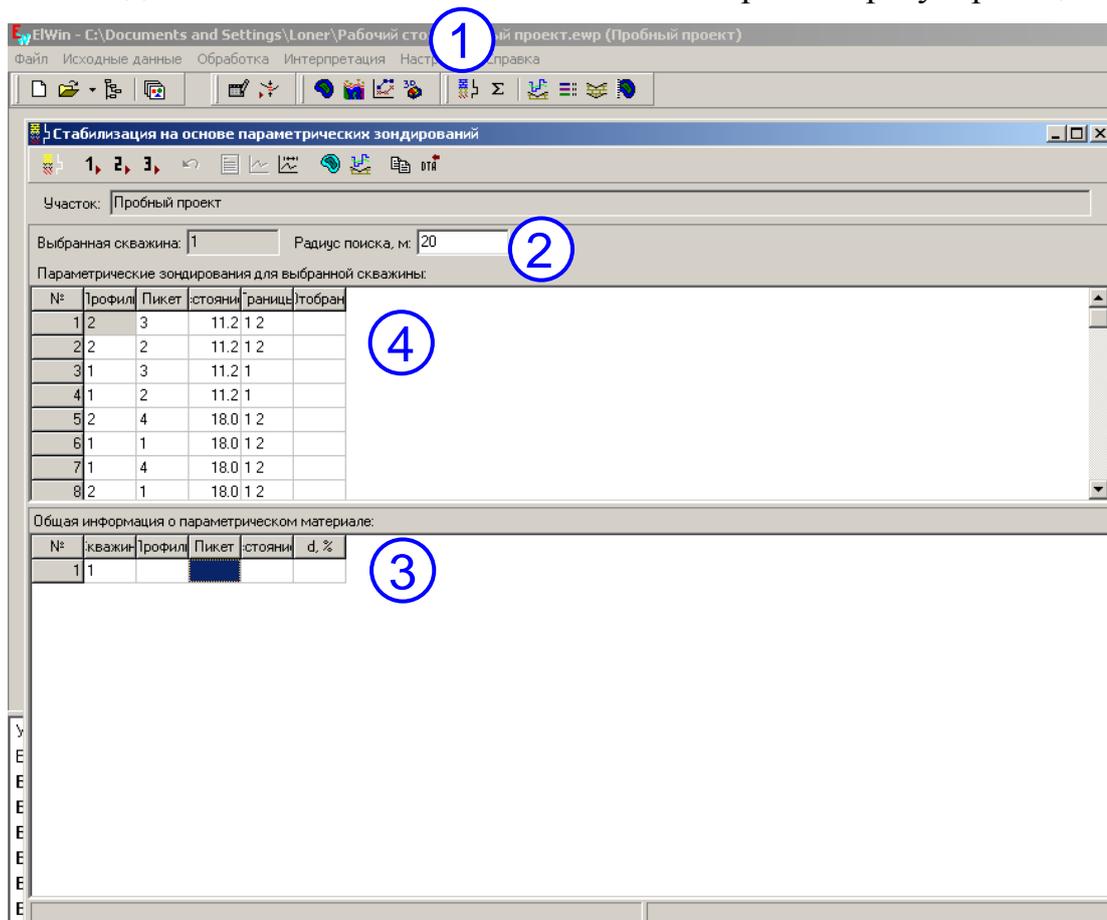


Рис. 3.33. Начало работы с модулем стабилизации на основе опорных зондирований - выбор опорных зондирований

Для того, что бы выбрать опорные зондирования, выполните следующие действия:

1) запустите модуль стабилизации на основе параметрических зондирований, нажав кнопку  на панели инструментов в главном окне программы ЗОНД (рис. 3.33, цифра 1); появится окно модуля стабилизации, в нижней части которого отображается список имеющихся в проекте скважин;

2) задайте радиус привязки скважин, равный примерно двойному-тройному шагу между точками зондирования (цифра 2);

3) двойным щелчком активизируйте скважину, на основе которой требуется создать очередное параметрическое зондирование (цифра 3); в верхнем окне появится список пикетов, находящихся в пределах заданного радиуса от выбранной скважины с указанием расстояния до скважины;

4) двойным щелчком в списке пикетов выберите зондирование для параметрического анализа (цифра 4). Для этого откроется окно диалога-редактора опорных зондирований (рис. 3.34).

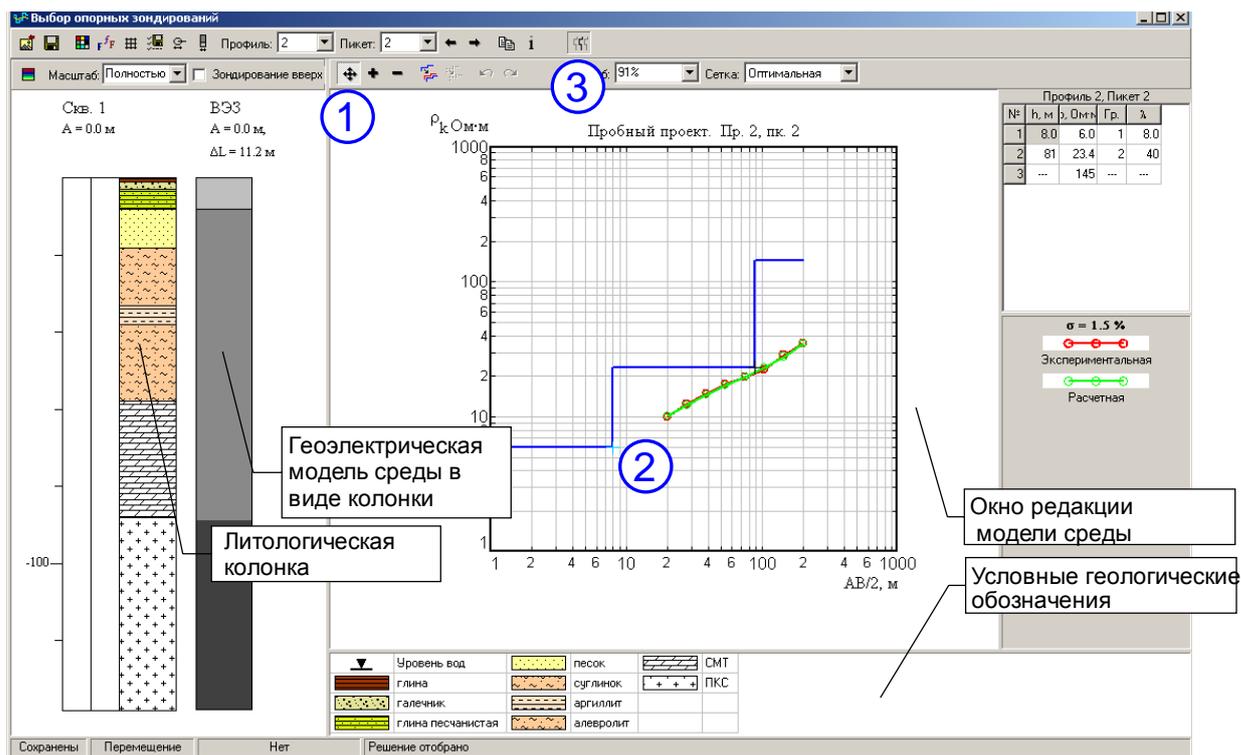


Рис. 3.34. Работа с редактором опорных зондирований

Основная задача пользователя при работе с данным редактором – подбор в рамках погрешности полевых наблюдений модели среды, наиболее согласующейся со строением и литологическим составом пород. Кривая зондирования из набора анализируемых параметрических ВЭЗ, наиболее отвечающая этим требованиям выбирается в качестве опорной для площадной

стабилизации решений. Последовательность действий с редактором опорных зондирований:

1) Перейдите в режим редакции, нажав кнопку  на панели инструментов (рис. 3.34, цифра 1);

2) ориентируясь на литологическую колонку, отредактируйте модель среды с помощью мыши таким образом, что бы границы геоэлектрической модели (справа от литологической колонки) были близки к соответствующим границам литологической колонки (цифра 2); при этом расхождение экспериментальной и расчетной кривой σ (отображается на правой панели) не должно превышать погрешности полевых наблюдений (обычно не более 3-5%); если для выбранной кривой этого добиться невозможно, выберите наилучший вариант, просмотрев все выбранные в заданном радиусе поиска зондирования;

3) если геоэлектрическая модель среды удовлетворительно совпадает с литологическим строением, задайте текущее зондирование в качестве опорного, нажав кнопку  на панели инструментов (цифра.3), после чего редактор можно закрыть.

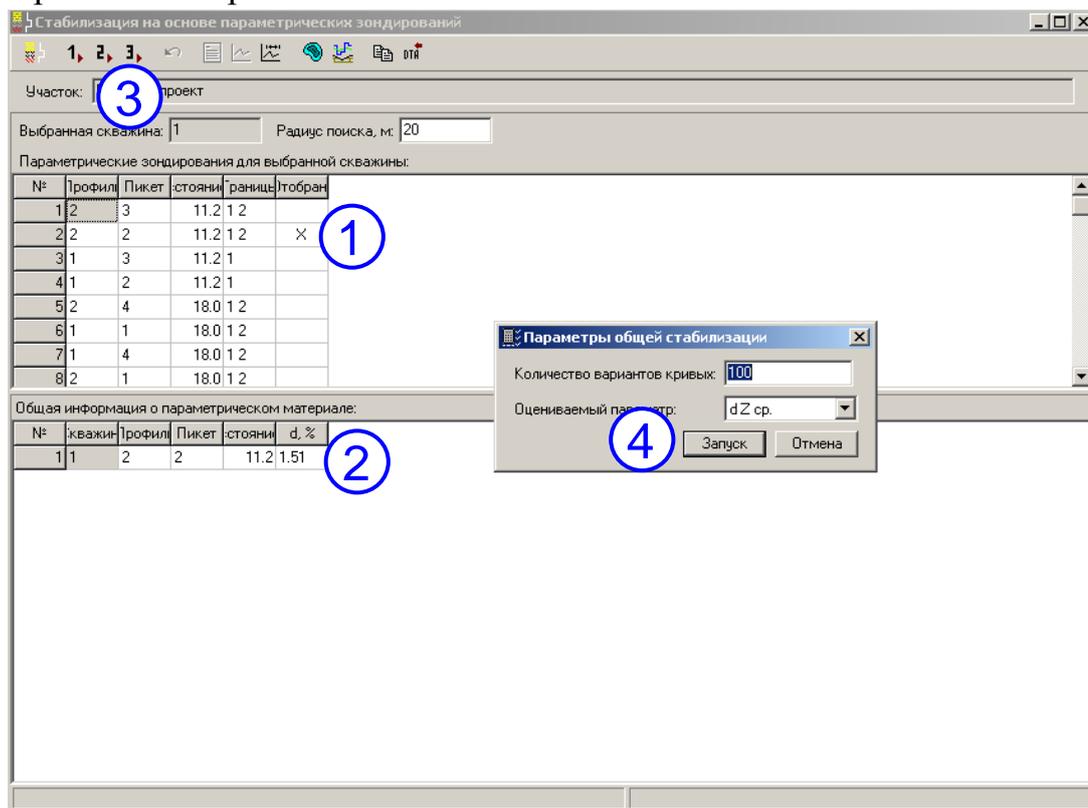


Рис. 3.35. Выполнение стабилизации решения.

После закрытия редактора напротив зондирования, выбранного в качестве опорного, в колонке «Отбран» появляется знак «X» (рис. 3.35, цифра 1), а напротив скважины отображается информация о выбранном параметрическом зондировании (номер профиля и пикета, расстояние, и расхождение между экспериментальной и теоретической кривыми) (цифра 2).

Если скважин несколько, можно выбрать опорные зондирования для каждой из них. Для этого необходимо снова выполнить операции, отраженные на рисунках 3.33 и 3.34 для соответствующих скважин. Для каждой из скважин можно выбрать только одно опорное зондирование. Выбор опорных решений осуществляется при условии одинакового числа формируемых обобщенных слоев.

После того, как для всех интересующих скважин выбраны опорные зондирования, нужно запустить процесс автоматической стабилизации, нажав одну из двух кнопок со значениями 1 либо 2 на панели инструментов (цифра 3) (1- режим экспресс-стабилизация, 2- полная стабилизация)

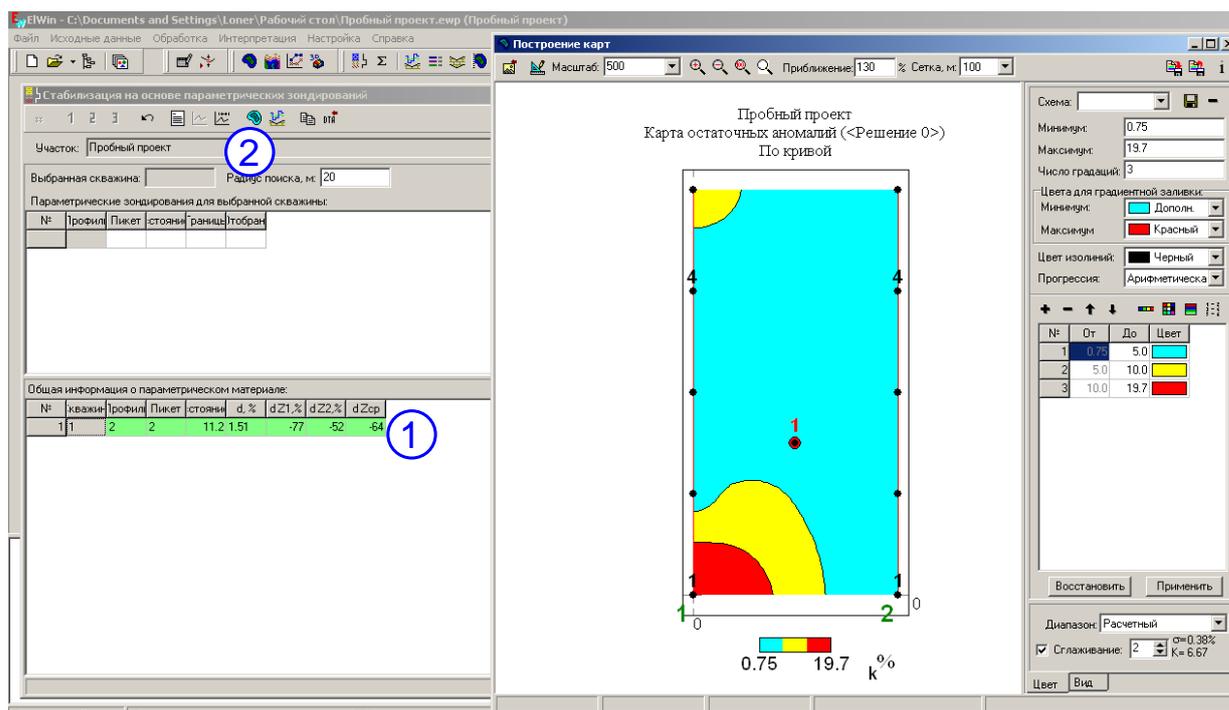


Рис. 3.36. Оценка результатов стабилизации – карта остаточных аномалий.

После выполнения стабилизации напротив каждой из скважин будут отображены статистические данные по результатам стабилизации (рис. 3.36, цифра 1). Можно визуально оценить результаты стабилизации в виде карты остаточных аномалий и в виде рабочей модели. Для просмотра карты остаточных аномалий нажмите кнопку  на панели инструментов модуля стабилизации (цифра 2). Появится окно с картой остаточных аномалий, отражающей расхождение расчетного и наблюдаемого полей по величине относительной погрешности, в процентах). Карта по умолчанию отображается в трех градациях.

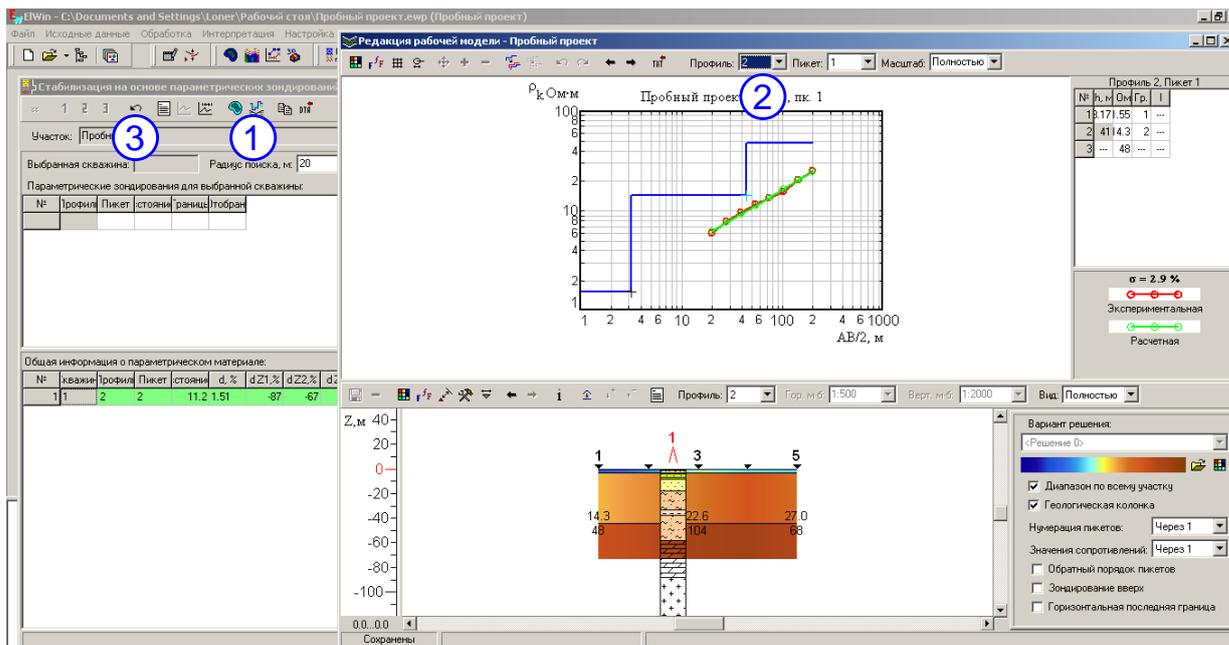


Рис. 3.37. Просмотр результатов стабилизации в виде рабочей модели.

Для просмотра рабочей модели нажмите кнопку  на панели инструментов модуля стабилизации (рис. 3.37, цифра 1). В появившемся окне возможно просматривать рабочую модель в виде кривых зондирования и в виде геоэлектрических разрезов по профилям. Нужные разрезы выбираются в верхней панели инструментов, для этого нужно выбрать интересующий вас профиль (цифра 2). Если результаты стабилизации неудовлетворительны, возможна отмена и повторная количественная интерпретация с новым вариантом задания опорных решений. Для этого нажмите кнопку  на панели инструментов модуля стабилизации (цифра 3), после чего пересмотрите опорные решения и повторите процедуру стабилизации.

Визуализируемые на рис 3.36, 3.37 данные служат только для просмотра и оценки результатов стабилизации. Редакция модели возможна после выхода из режима стабилизации и перехода в режим ”рабочая модель”.

При закрытии модуля стабилизации будет выдан запрос на сохранение изменений, если вы уверены в правильности, ответьте утвердительно, и результаты стабилизации будут сохранены в Решении 0.

4.2. Стабилизация при отсутствии данных по скважинам

Процесс стабилизации при отсутствии данных по скважинам практически полностью идентичен стабилизации на основе параметрических зондирований, за исключением того, что опорные решения выбираются на основе анализа и корректировки набора решений, отвечающих наименьшему расхождению расчетной и наблюдаемой кривых зондирования. По умолчанию величина

данной погрешности задается равной 5% и может меняться в зависимости от точности выполненной съемки.

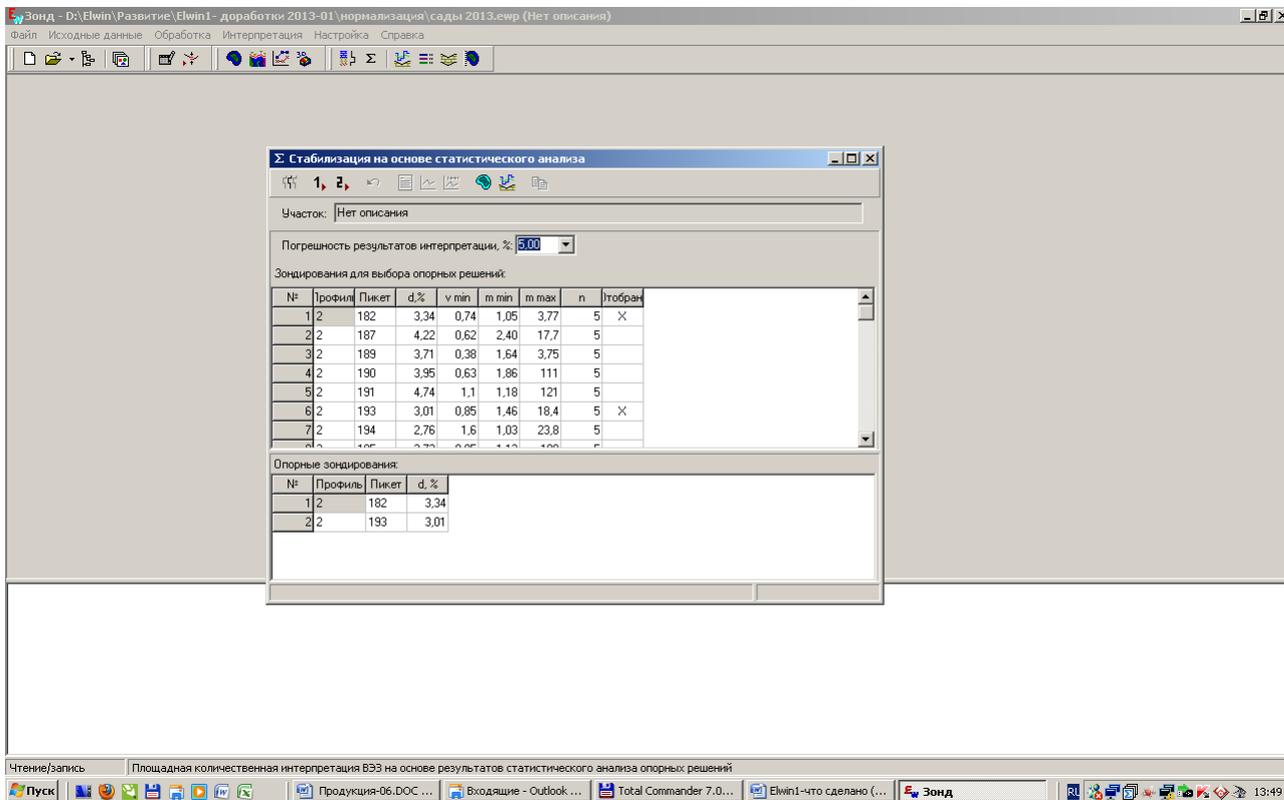


Рис. 3.38. Окно модуля стабилизации при отсутствии данных по скважинам

Для выбора опорных решений для стабилизации без использования данных по скважинам выполните следующие действия:

- 1) нажмите кнопку Σ на панели инструментов в главном окне программы ЗОНД (рис. 3.33);
- 2) в появившемся окне задайте требуемую погрешность результатов интерпретации, дважды щелкните на одно из отображенных зондирований, отвечающих заданной величине погрешности в окне «Зондирования для выбора опорных решений», после чего появится редактор опорных зондирований:

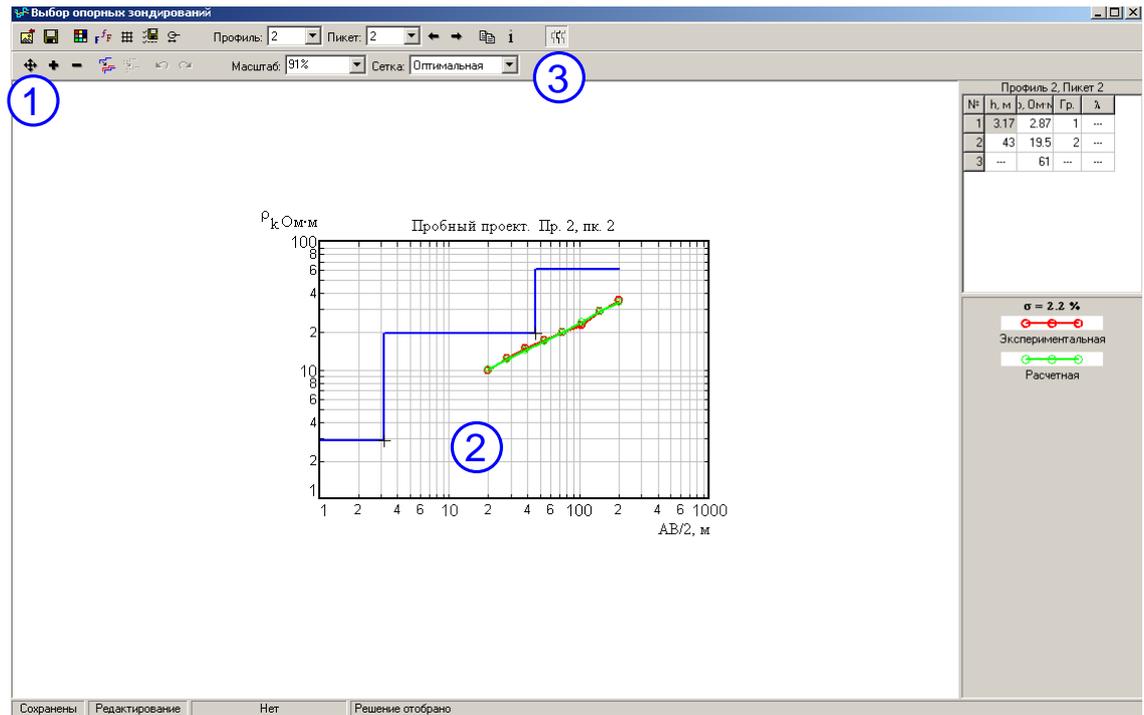


Рис. 3.39. Окно редактора опорных зондирований

Основное отличие от редактора опорных зондирований на основе параметрических зондирований – слева отсутствует панель с изображением литологической и геоэлектрической колонок. При необходимости отредактировать модель среды выполните следующие действия:

- 1) нажмите кнопку  на панели инструментов (рис. 3.39, цифра 1);
- 2) редактируйте модель с помощью мыши, перетаскивая узлы модели в нужное место на графике (цифра 2), и наблюдая за изменением погрешности на правой панели.

Если модель удовлетворительна, то выберите зондирование в качестве опорного, нажав кнопку  на панели инструментов (цифра 3). Дальнейшие действия полностью идентичны случаю стабилизации на основе параметрических зондирований (см. выше). В качестве опорных можно выбирать одно или несколько зондирований.

После выполнения стабилизации возможна редакция модели среды, а также построение разрезов и карт количественных параметров.

4.3. Контроль и редакция модели среды

Для визуального контроля полученной в результате площадной интерпретации модели среды и выполнения, при необходимости, ее редакции, используется режим "рабочая модель". Для редакции модели нажмите кнопку

на панели инструментов в главном окне программы ЗОНД (рис. 3.40, цифра 1), после чего появится окно редактора рабочей модели (цифра 2):

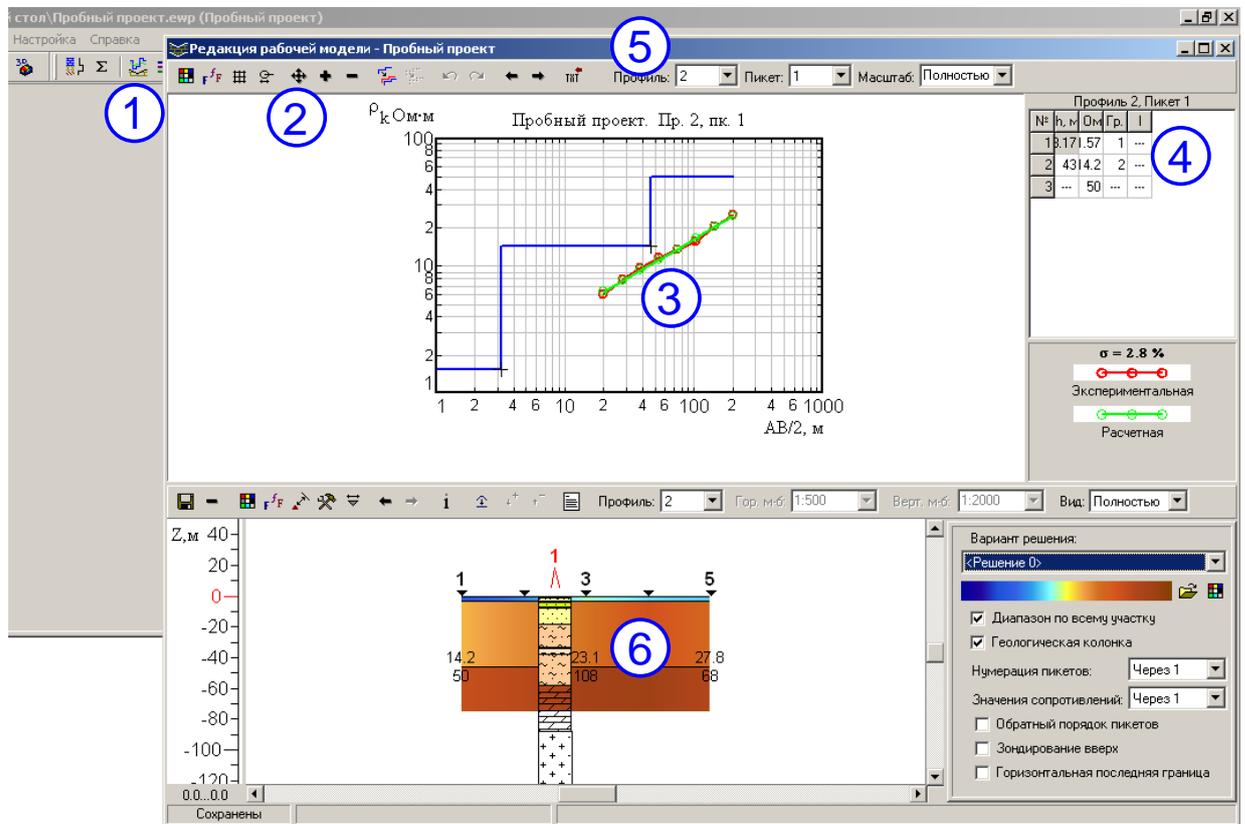


Рис. 3.40. Редакция рабочей модели среды.

Для выбора редактируемой кривой зондирования щелкните по номеру пикета на геоэлектрическом разрезе. В верхнем окне появится соответствующий график кривой зондирования с результатами его послойного анализа. Редакция кривой выполняется с помощью кнопок, отмеченных цифрой 2 с отображением изменений параметров геоэлектрического разреза в данной точке.

После завершения редакция модели среды подкорректированный вариант решения сохраняется под новым номером, предлагаемым в ходе выполнения данного процесса, либо путем нажатия кнопки  на панели инструментов (рис. 3.41, цифра 1):

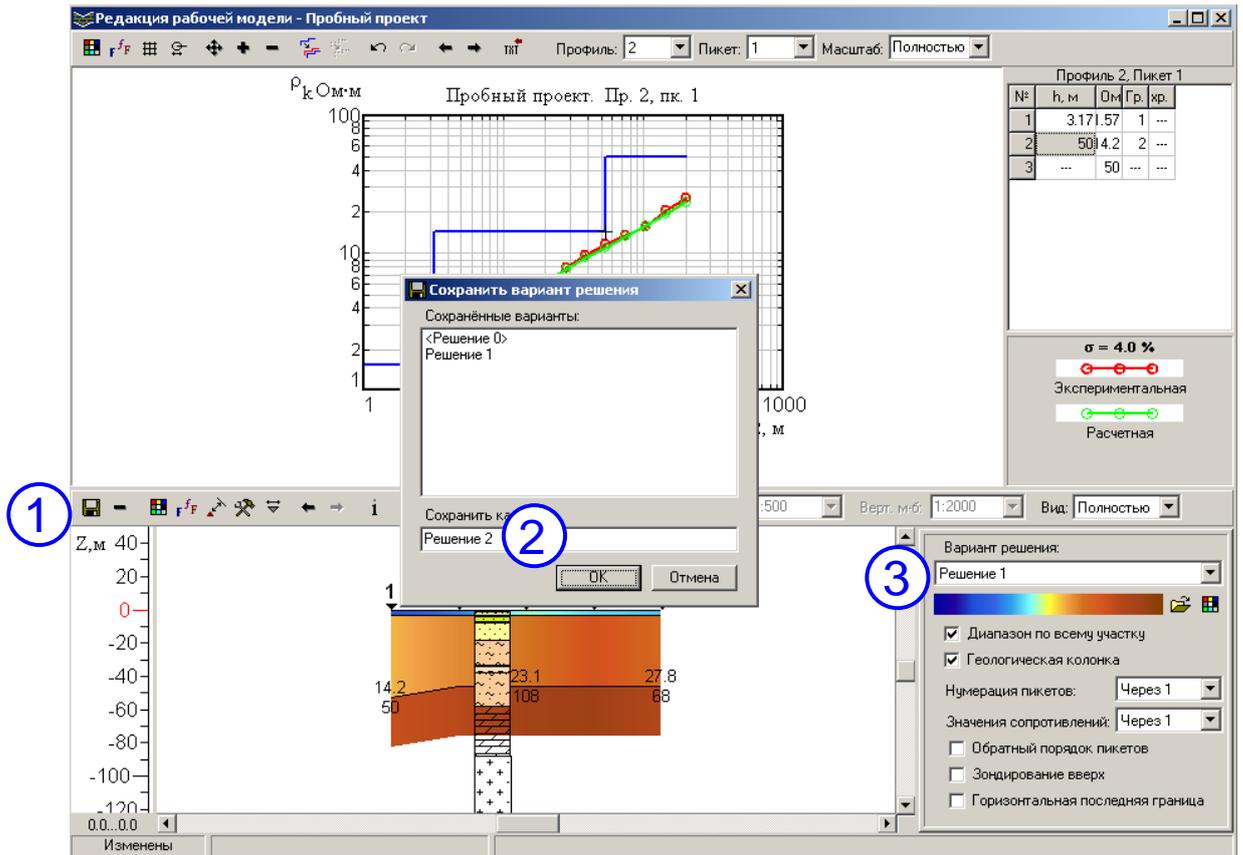


Рис. 3.41. Сохранение результатов редакции модели среды.

После завершения редакции можно перейти к наполнению геологической символикой полученных геоэлектрических разрезов и построению карт по заданным геоэлектрическим горизонтам.

4.4. Оформление геоэлектрических разрезов.

Для запуска модуля оформления геоэлектрических разрезов нажмите кнопку  на панели инструментов в главном окне программы ЗОНД. Появится окно соответствующего модуля, в котором возможно нанесение геологической символики, и подготовка изображений для отчета (рис. 3.42):

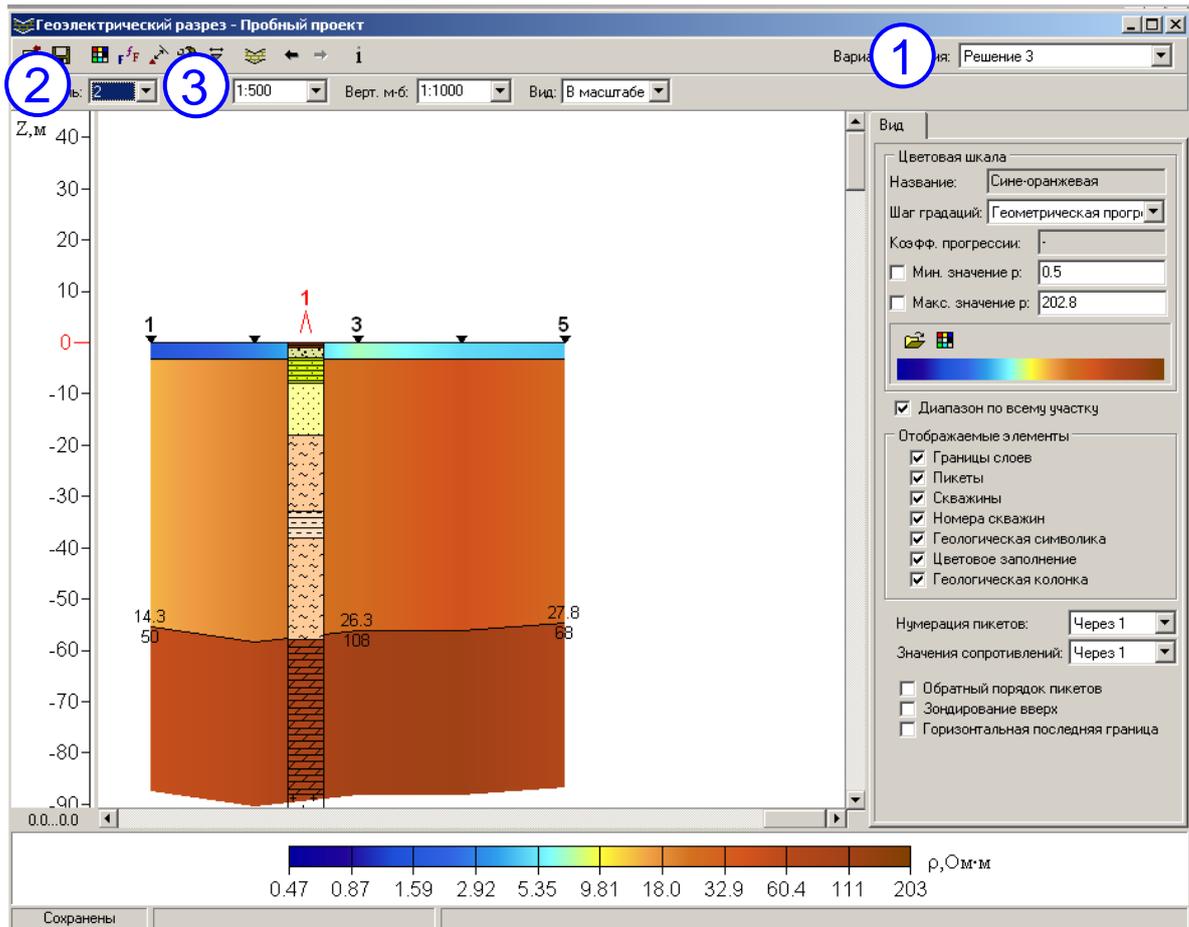


Рис. 3.42. Модуль построение геоэлектрических разрезов.

После запуска модуля выполните следующие действия:

- 1) убедитесь, что работаете с нужным решением (рис. 3.42, цифра 1).
- 2) выберите нужный профиль (цифра 2);
- 3) установите нужный масштаб (цифра 3).

Модуль построения геоэлектрических разрезов позволяет выполнять следующие действия:

- 1) настраивать шрифты надписей (кнопка  на верхней панели инструментов);
- 2) настраивать цветовую палитру (на панели справа);
- 3) настраивать цвет различных элементов изображения (кнопка  на верхней панели инструментов);
- 4) настраивать радиус привязки скважин (кнопка  на верхней панели инструментов; чем больше радиус, тем больше скважин из числа имеющихся в проекте будет показано на разрезе).
- 5) включать-выключать отображение различных элементов (на панели справа);
- 6) выполнять заливку слоев или произвольных областей геологической символикой.

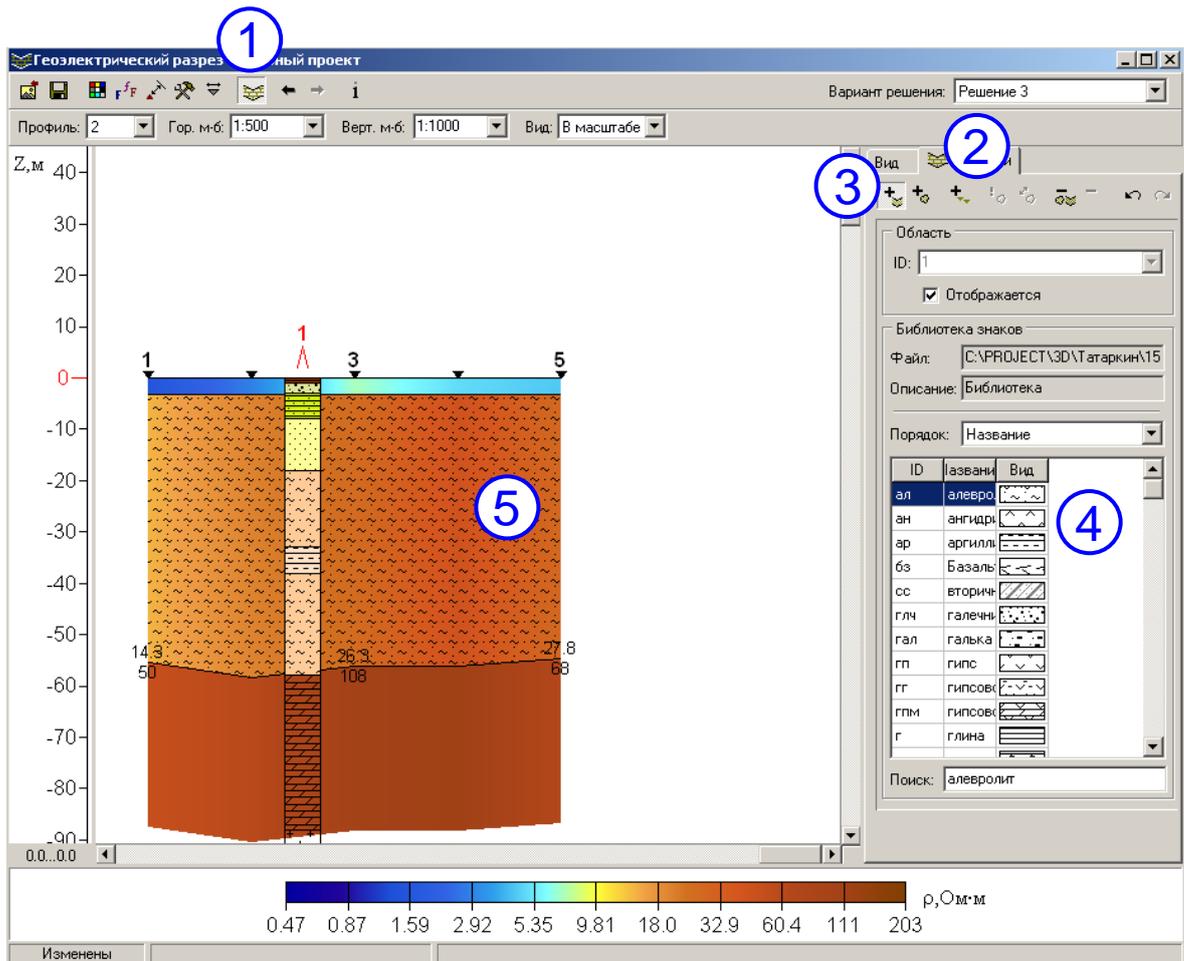


Рис. 3.43. Послойная заливка геоэлектрических разрезов геологическими символами

Для того, что бы начать работу с геологической заливкой, в модуле построения геоэлектрических разрезов нажмите кнопку  на верхней панели инструментов (рис. 3.43, цифра 1), после чего на панели справа станет доступной вкладка «Области» (цифра 2).

Для того, что бы залить целый слой на геоэлектрическом разрезе, выполните следующие действия:

- 1) на вкладке «Области» нажмите кнопку  (цифра 3);
- 2) выберите щелчком мыши в библиотеке знаков нужную горную породу (цифра 4);
- 3) щелкните мышью на нужном слое – слой будет залит выбранной геологической символикой, как это показано на рисунке (цифра 5).

Для создания произвольной области, залитой геологической символикой, выполните следующие действия:

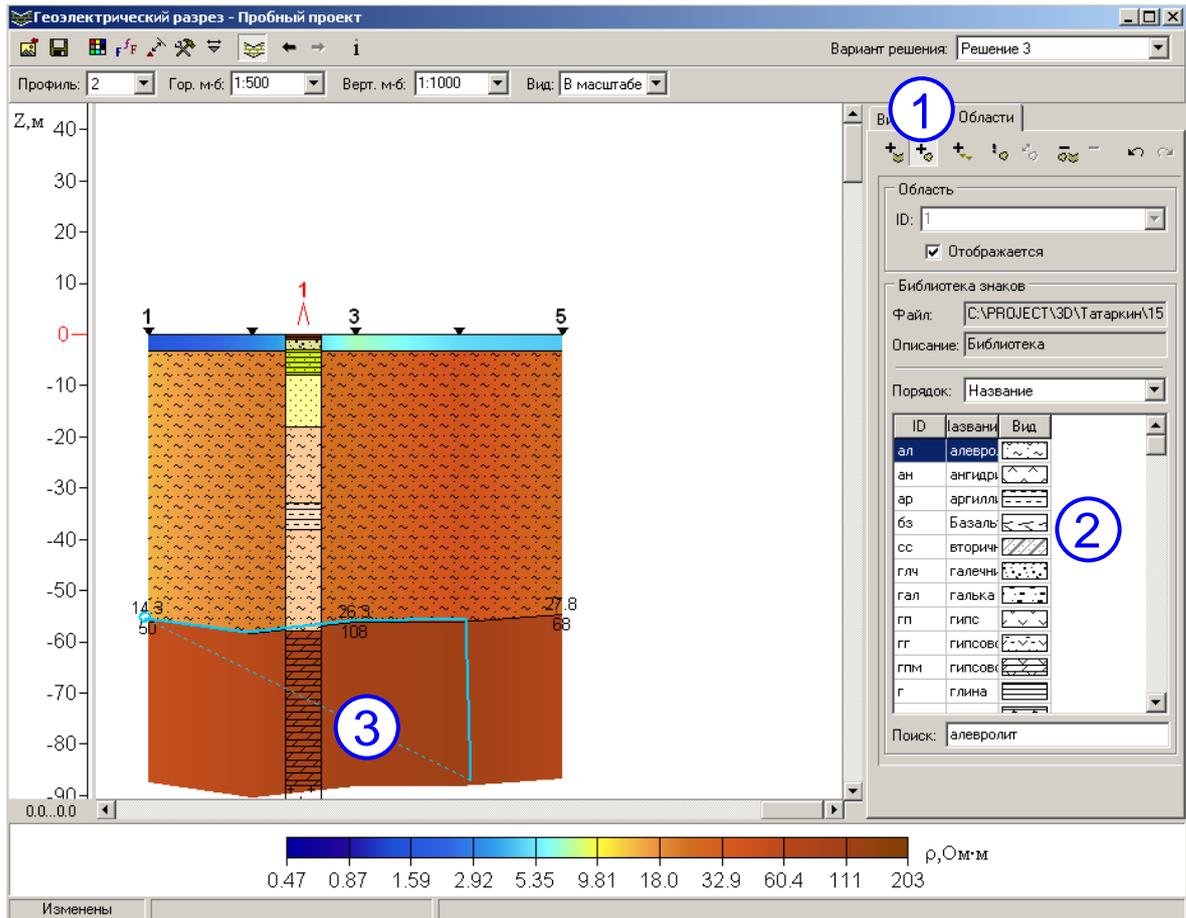


Рис. 3.44. Создание произвольных областей, залитых геологической символикой

- 1) нажмите кнопку  на правой панели инструментов (рис. 3.44, цифра 1);
- 2) выберите нужную породу в библиотеке знаков щелчком мыши (цифра 2);
- 3) щелкая мышью, создайте нужную область, для завершения нажмите правую кнопку мыши (цифра 3) .

В результате будет создана новая произвольная область, залитая выбранными геологическими символами.

В дальнейшем можно выполнять редакцию произвольных областей и удаление любых областей. Для этого выполните следующие действия:

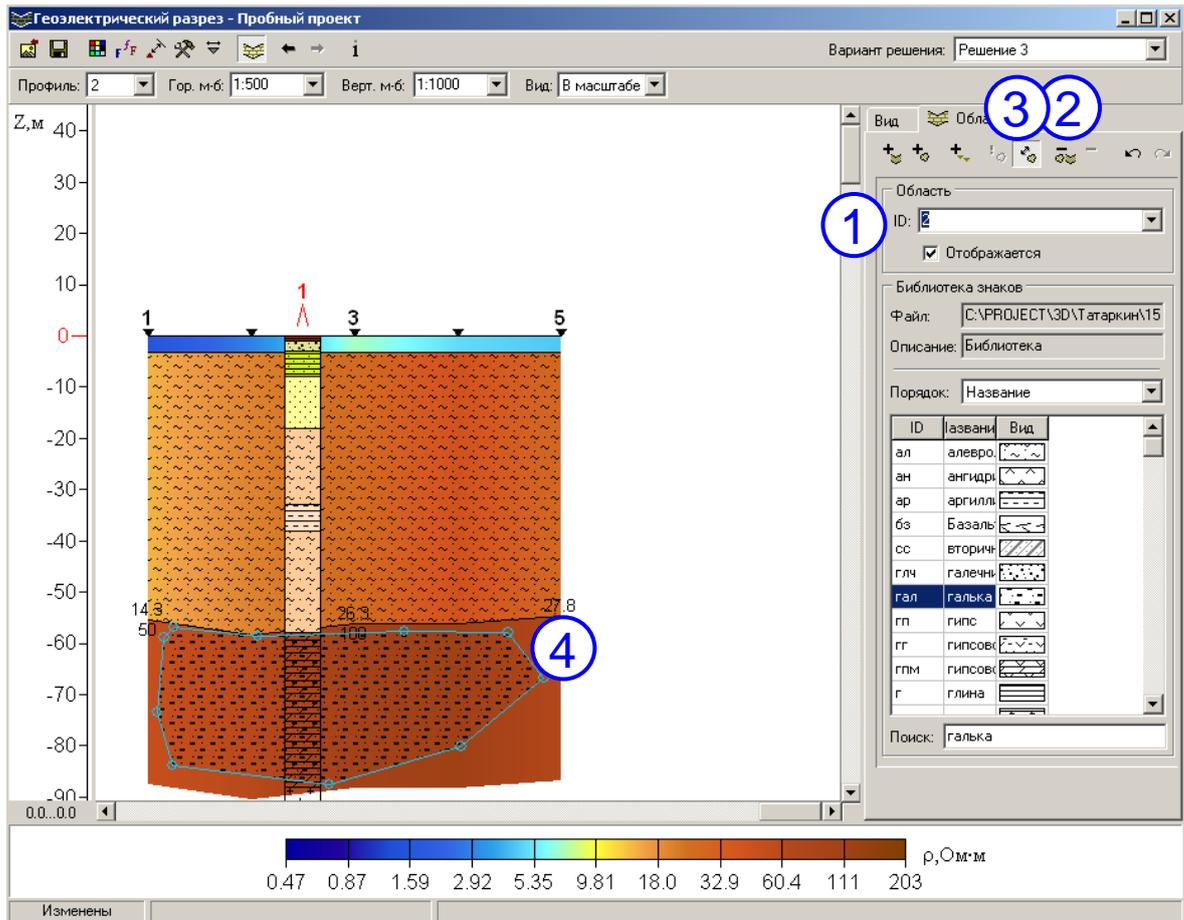


Рис. 3.45. Операции с существующими областями

1) в списке существующих областей выберите область, с которой вы хотите работать (рис. 3.45, цифра 1), выделенная область будет обведена толстой голубой линией; так же выбор активной области возможен щелчком мыши на ней;

2) для удаления области нажмите кнопку  на панели инструментов справа (цифра 2), после чего подтвердите запрос на удаление , и область будет удалена;

3) для изменения произвольной области выберите нужную область (см. п. 1), затем нажмите кнопку  на панели инструментов справа (цифра 3), после чего выделенная область перейдет в режим редактирования – будет обведена тонкой голубой линией с кружками в узлах;

4) нажав на кружке и потянув его мышью, перемещайте узел в нужное место; по окончании редактирования области снова нажмите кнопку  на панели инструментов для выхода из режима редактирования.

Внимание!!! Любые действия с областями возможны, только когда видна панель «Области».

После того, как геоэлектрическая модель по выбранному профилю готова, можно сохранить ее изображение в графическом файле, для этого необходимо нажать кнопку  на верхней панели инструментов.

4.5. Построение карт геоэлектрических параметров

Для запуска модуля построения карт геоэлектрических параметров нажмите кнопку  на панели инструментов в главном окне программы ЗОНД. Интерфейс модуля (рис. 3.46) практически аналогичен интерфейсу модуля построения карт эффективных параметров (рис. 3.23). Основное отличие состоит в том, что карты эффективных параметров строятся для определенных разностей, а карты геоэлектрических параметров, в зависимости от вида карты - для глубин и интервалов глубин, абсолютных отметок и интервалов абсолютных отметок, слоев, границ.

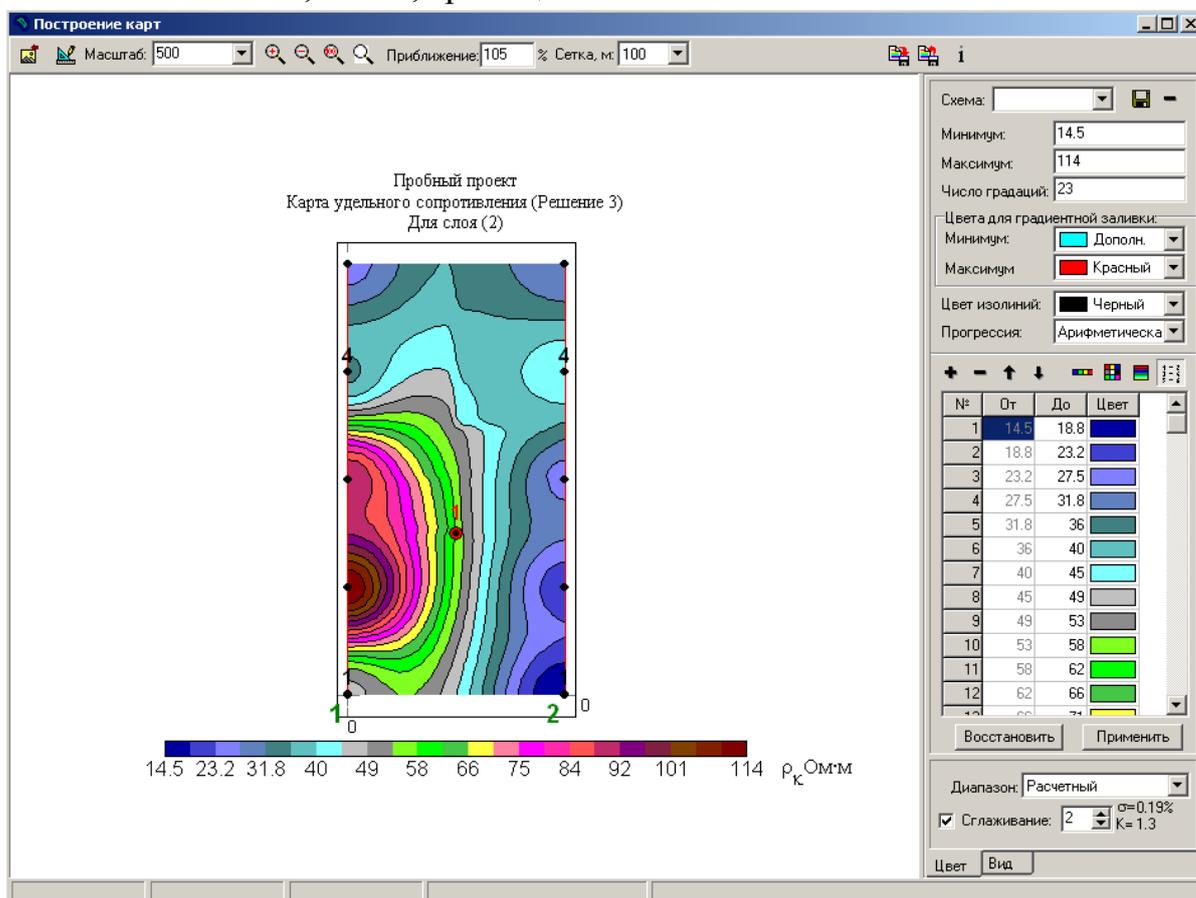


Рис. 3.46. Интерфейс модуля построения карт геоэлектрических параметров.

По умолчанию после запуска модуля строится карта того вида и уровня, которые были выбраны в предыдущем сеансе работы. Выбор вида карты выполняется в диалоге «Вид карты» (рис. 3.47):

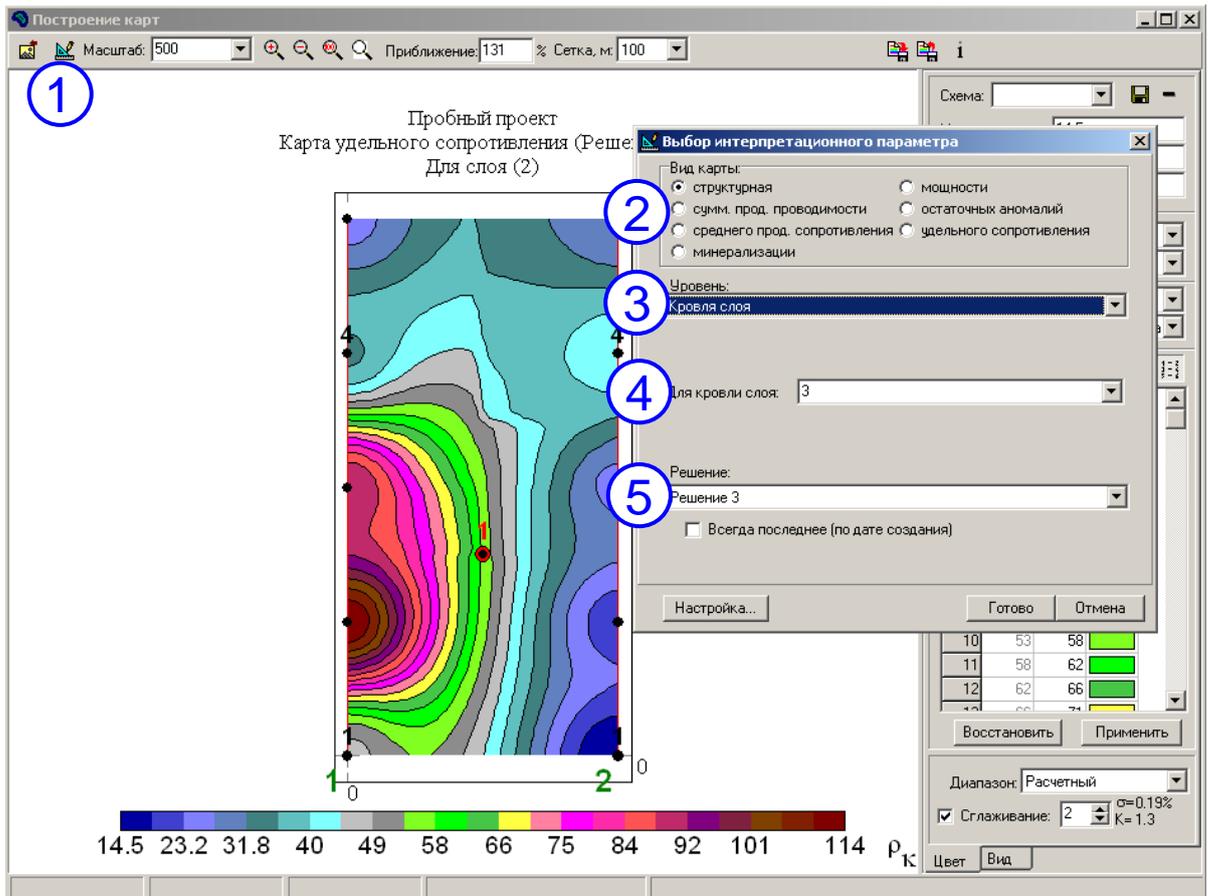


Рис. 3.47. Выбор интерпретационного параметра (вида карты).

Для выбора интерпретационного параметра (вида карты), выполните следующие действия:

- 1) нажмите кнопку  на панели инструментов (рис. 3.47, цифра 1);
в появившемся диалоге выберите:
- 2) вид карты (цифра 2);
- 3) установите уровень построения карты (цифра 3);
- 4) укажите номер слоя/глубину/абсолютную отметку (цифра 4);
- 5) укажите решение, для которого будет построена карта (цифра 5).

Доступны следующие виды карт:

- 1) *Структурная*, строится для кровли слоя;
- 2) *Суммарной продольной проводимости*, строится до абсолютной отметки, между абсолютными отметками, до кровли слоя, для пачки слоев, до глубины, между глубинами.
- 3) *Среднего продольного сопротивления*, строится до абсолютной отметки, между абсолютными отметками, до кровли слоя, для пачки слоев, до глубины, между глубинами.

- 4) *Минерализации*, строится до абсолютной отметки, между абсолютными отметками, до кровли слоя, для пачки слоев, до глубины (необходимо задать коэффициент минерализации).
- 5) *Мощности*, строится до абсолютной отметки, для пачки слоев, для слоя.
- 6) *Остаточных аномалий*, строится по разному и по кривой.
- 7) *Удельного сопротивления*, строится для слоя, для глубины, для абсолютной отметки.

Когда карта готова, ее изображение можно сохранить в графический файл, нажав кнопку  на верхней панели инструментов модуля (рис. 3.46).

Краткая информация о создании программы ЗОНД

Первые научные разработки по созданию системы программ ЗОНД, выполненные В.П.Колесниковым, относятся к 1974 -1978 гг. [статьи 1-8]. Исследования были направлены на разработку различных способов и подходов к автоматизации решения обратной задачи электрического зондирования, создание приемов обработки и анализа первичного материала. Работы проводились на кафедре геофизики ПГУ в тесном сотрудничестве с ВЦ ПГУ и производственными организациями ((ТГО "Уралгеология" и др.).

Первая рабочая версия программы была создана в 1977 г и послужила стартовым вариантом для дальнейшего ее совершенствования и развития. Она использовалась в качестве основного рабочего инструмента при решении различного рода задач (в рамках работ с ПГУ, ГИ УрО РАН, предприятиями ОАО «Уралкалий», ОАО «Сильвинит», ОАО «Лукойл» и др.[отчеты 1-21]), в ходе которого шел поиск путей и способов повышения производительности процесса интерпретации, достоверности и геологической содержательности получаемых материалов, создание приемов визуализации в наглядной форме отображающих строение и физические свойства исследуемых объектов. За это время накоплен огромный опыт в области компьютерной интерпретации и практического ее применения: выполнено более 70 производственных работ, обработаны тысячи зондирований. Модернизация системы ЗОНД приходила с учетом прогресса развития компьютерных средств. Активное участие в программной реализации научных разработок по совершенствованию данного программного комплекса в разные годы принимали: Кутин В.А., Мокронос С.В., Пригара А.М.

Краткая информация о создании программы ЗОНД

Первые научные разработки по созданию системы программ ЗОНД, выполненные В.П.Колесниковым, относятся к 1974 -1978 гг. [статьи 1-8].

Исследования были направлены на разработку различных способов и подходов к автоматизации решения обратной задачи электрического зондирования, создание приемов обработки и анализа первичного материала. Работы проводились на кафедре геофизики ПГУ в тесном сотрудничестве с ВЦ ПГУ и производственными организациями ((ТГО "Уралгеология" и др.).

Первая рабочая версия программы была создана в 1977 г и послужила стартовым вариантом для дальнейшего ее совершенствования и развития. Она использовалась в качестве основного рабочего инструмента при решении различного рода задач (в рамках работ с ПГУ, ГИ УрО РАН, предприятиями ОАО «Уралкалий», ОАО «Сильвинит», ОАО «Лукойл» и др.[отчеты 1-21]), в ходе которого шел поиск путей и способов повышения производительности процесса интерпретации, достоверности и геологической содержательности получаемых материалов, создание приемов визуализации в наглядной форме отображающих строение и физические свойства исследуемых объектов. За это время накоплен огромный опыт в области компьютерной интерпретации и практического ее применения: выполнено более 70 производственных работ, обработаны тысячи зондирований. Модернизация системы ЗОНД приходила с учетом прогресса развития компьютерных средств. Активное участие в программной реализации научных разработок по совершенствованию данного программного комплекса в разные годы принимали: Кутин В.А., Мокронос С.В., Пригара А.М.

Технология интерпретации существующей в настоящее время версии системы ЗОНД охватывает необходимый набор элементов, обеспечивающий решение широкого круга задач и, в то же время, достаточно проста и удобна в применении. Особое внимание уделено созданию приемов, нацеленных на максимально полное извлечение полезной информации с оценкой ее достоверности. Учитывая неоднозначность решения обратных задач геофизики, с помощью специально созданных приемов регуляризации, статистического моделирования и формализации накопленного опыта работы интерпретатора программа ЗОНД позволяет из множества вариантов возможного расчленения разреза в каждой точке зондирования в автоматическом режиме “модель-поле” выбрать наиболее оптимальный вариант строения изучаемой модели среды. Данный процесс выполняется достаточно оперативно. Время автоматической интерпретации результатов площадной съемки, к примеру, включающей 500 зондирований, составляет не более 10 мин. В случае нештатных ситуаций (высокий уровень помех, чрезвычайно резкая латеральная изменчивость свойств среды, влияние техногенных объектов и т.п.) может быть использован вариант просмотра и корректировки отдельных фрагментов получаемой геоэлектрической модели в режиме интерактивной интерпретации.

Система ЗОНД по своим функциональным возможностям может быть использована для качественной интерпретации и визуализации результатов наблюдений, получаемых как методами сопротивлений, так и другими

методами электрометрии (МТЗ, ЧЗ, ТЭМП и др.), в виде разрезов, карты и объемных отображений поля кажущихся сопротивлений.