

Научно-популярные материалы

«Использование компьютерных технологий в электроразведке»

**Токарева М.Г., доцент каф. Прикладная математика
Новосибирский государственный технический университет**

Цель курса:

Ознакомление слушателей с технологиями поиска месторождений полезных ископаемых с использованием метода вызванной поляризации.

Общие сведения о методе вызванной поляризации (ВП).

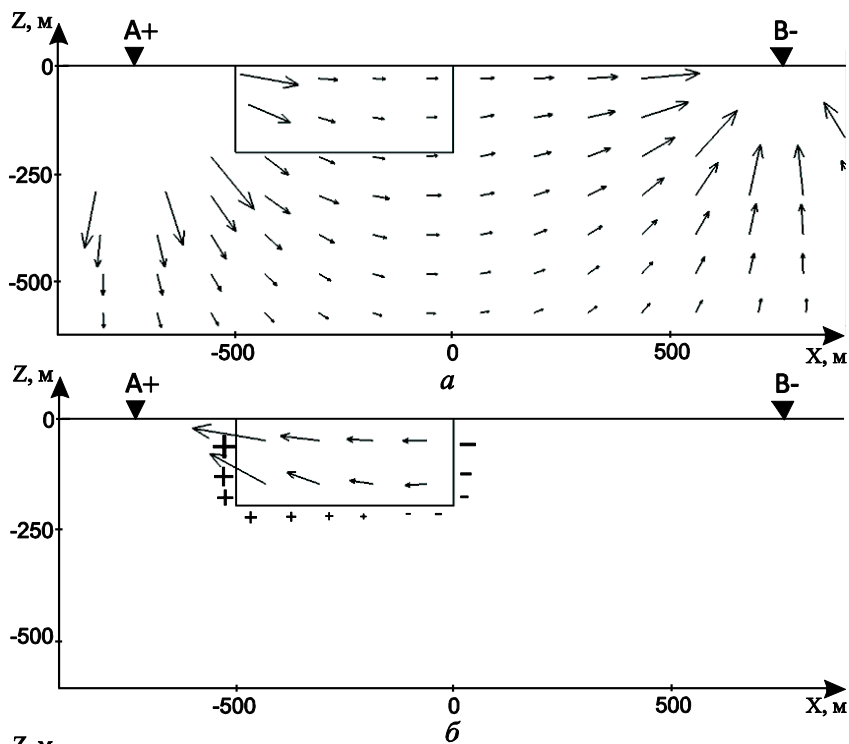
Метод ВП – это один из методов поиска месторождений полезных ископаемых, основанный на изучении вторичных электрических и, возможно, магнитных полей в земле. Вторичное электрическое поле и токи ВП порождаются электрохимическими процессами, дающими источники, которые в задачах электромагнетизма принято квалифицировать как сторонние ЭДС.

Первичное (поляризующее) электрическое поле в Земле, как правило, возбуждается при помощи так называемой электрической линии, электроды которой (их обычно обозначают А(+) и В(-)) заземляются на дневной поверхности. Измерение поля ВП выполняется с помощью приемных линий, электроды которых (их обычно обозначают М и N) также заземляются на дневной поверхности. На следующем слайде будет продемонстрировано распределение в Земле проходящего тока, источника поля ВП и поля ВП при различном положении поляризующегося объекта.

Ток в линии АВ, как правило, имеет форму «ток» - «пауза» - «ток с обратным знаком» - «пауза» и т.д. На приемных линиях измеряется значение разности потенциалов во времени, по которой определяется наличие объектов с повышенным значением поляризуемости в Земле.

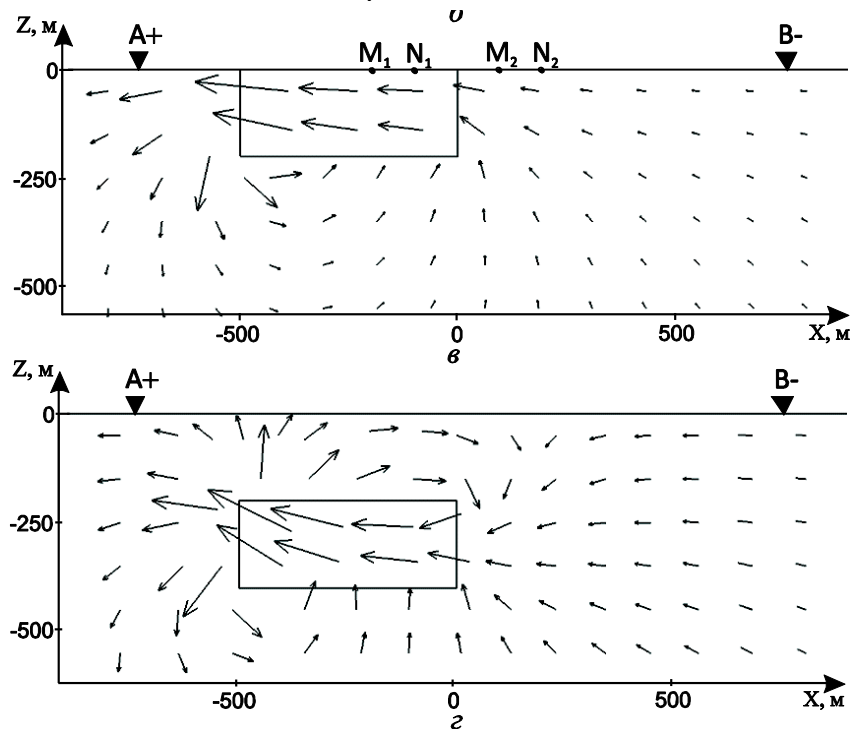
Общие сведения о методе вызванной поляризации (ВП)

Распределение поляризующего тока в Земле



Распределение источника поля ВП

Поле ВП при «выходе» поляризующегося объекта на поверхность Земли



Поле ВП для заглубленного поляризующегося объекта

Общие сведения о методе вызванной поляризации (ВП)

Области применения метода вызванной поляризации (ВП).

Наибольшими значениями поляризуемости обладают породы и руды с включениями электропроводящих минералов пирита, графита, самородных металлов (медь самородная, ртуть, серебро) и т.д. Поэтому вначале своего развития метод ВП предназначался для решения задач поиска рудных залежей.

Однако в последнее время метод ВП находит чуть ли не большее применение для решения нефтегазопроисловых задач. Под воздействием миграции углеводородов вверх (от месторождения, залегающего на глубинах 1500 м и более, к верхним слоям Земли) над углеводородными залежами образуются скопления вкрапленного пирита, который, как уже говорилось, обладает повышенными значениями поляризуемости. В результате наличие таких «ореолов» повышенной поляризуемости над залежами углеводородов становится предпосылкой для их обнаружения.

Общие сведения о методе вызванной поляризации (ВП)

Эффективность применения метода ВП (а также и других электроразведочных методов) определяется не только высокой точностью полевых измерений (что является необходимым требованием к проведению таких работ), но и программным обеспечением, которое применяется для обработки экспериментальных данных.

Современное программное обеспечение, предназначенное для обработки данных метода ВП, обеспечивает возможность численного 3D-моделирования, основанного на решении системы уравнений Максвелла в трехмерных областях. Для разработки такого программного обеспечения, квалифицируемого как наукоемкое, требуются знания не только языков программирования, но и курсов математического анализа, численных методов, а также уравнений математической физики.

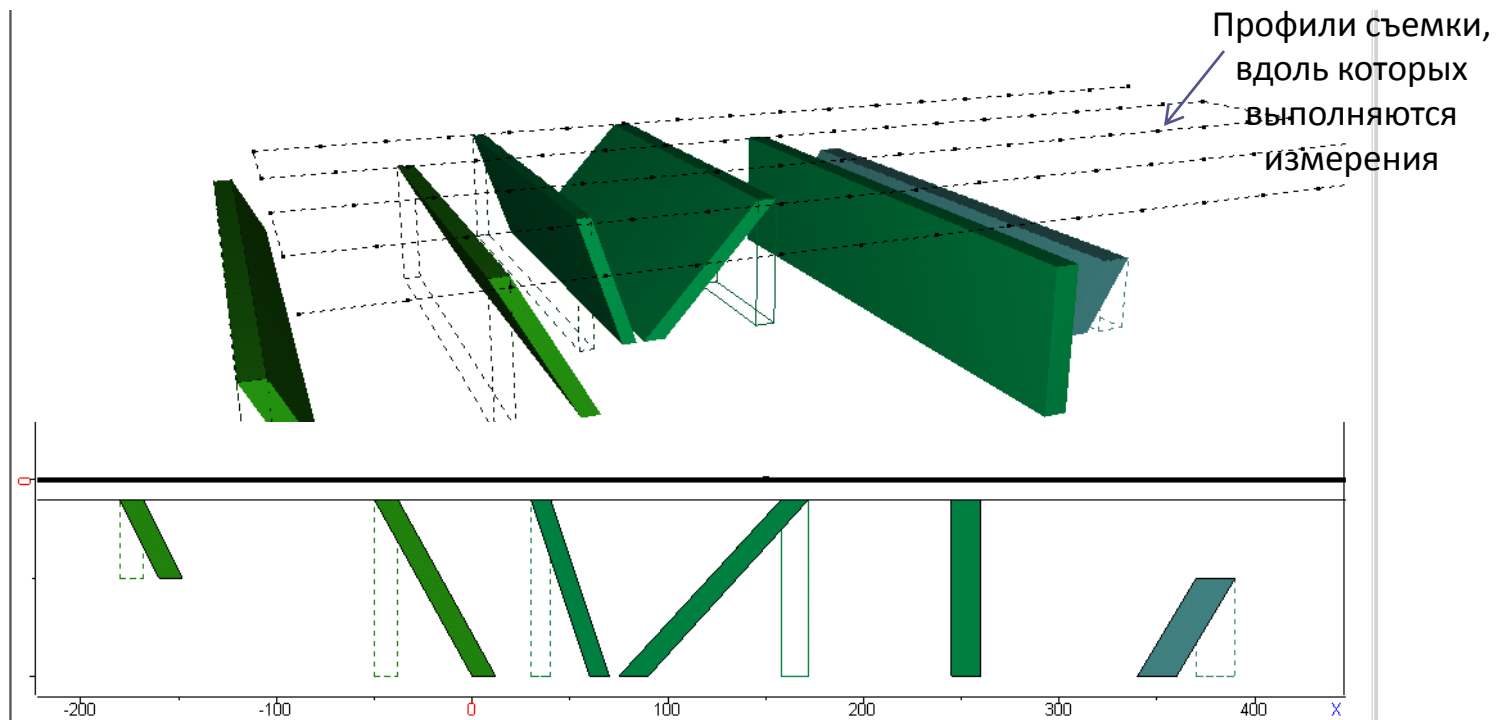
Такое программное обеспечение позволяет по снятым в поле экспериментальным данным восстановить структуру верхних слоев Земли и выделить в них поляризующиеся объекты – другими словами получить трехмерное распределение параметра поляризуемости. Этот процесс называют **инверсией** – при восстановлении параметров в объеме – **3D-инверсией**.

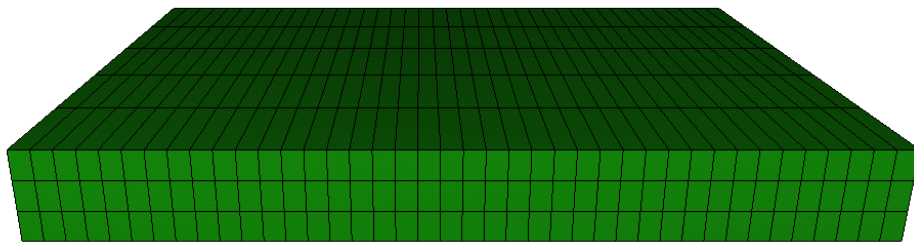
На следующих слайдах приведем несколько примеров применения такого программного обеспечения на синтетических данных (аналогах практических данных), которые рассчитываются для некоторых известных геологических моделей с помощью 3D-моделирования.

Программное обеспечение для метода вызванной поляризации (ВП)

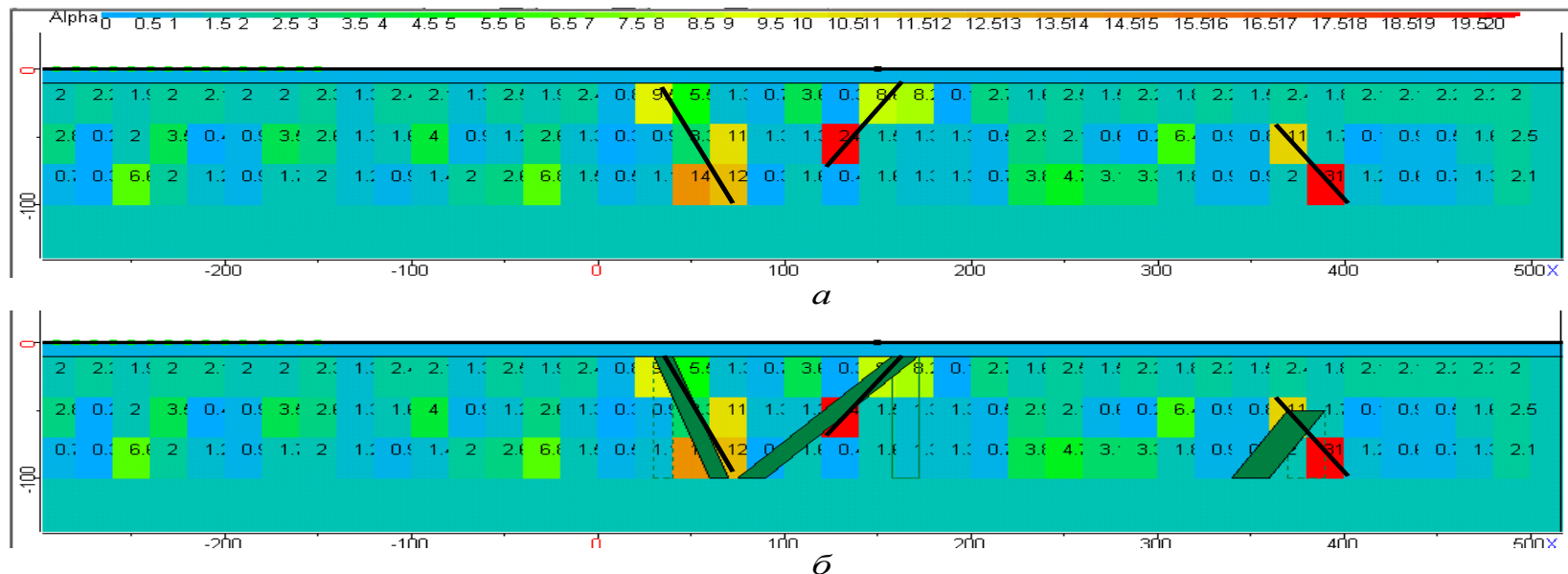
Принцип восстановления трехмерной среды заключается в следующем. Изучаемый объем Земли, над которым на дневной поверхности выполнялись измерения по методу ВП, разбивается на ячейки и в них с помощью программного обеспечения, реализующего 3D-инверсии, выполняется подбор параметров поляризуемости. По полученному распределению параметров судят о наличии или отсутствии поисковых объектов.

Объемное изображение и разрез истинной геологической модели, содержащей наклонные поисковые объекты с повышенным значением поляризуемости (эти объекты имитируют угольные или рудные месторождения). Геологическая задача состоит в том, чтобы определить верхнюю кромку этих объектов и угол наклона.





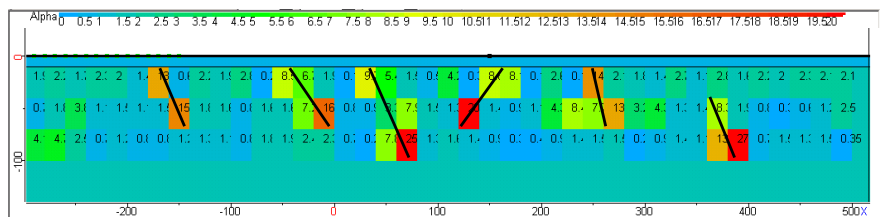
Вид сетки, натянутой на изучаемый объем Земли, в котором будут восстанавливаться значения поляризуемости.



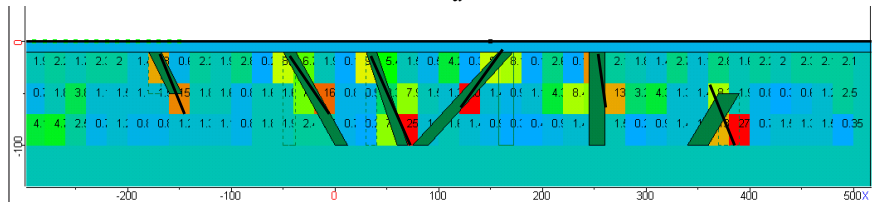
Сопоставление результатов 3D-инверсии с расположением объектов истинной модели в сечении 1

Цвета и числа в клеточках показаны значения параметра поляризуемости, восстановленные по экспериментальным данным в результате применения программного обеспечения обработки данных

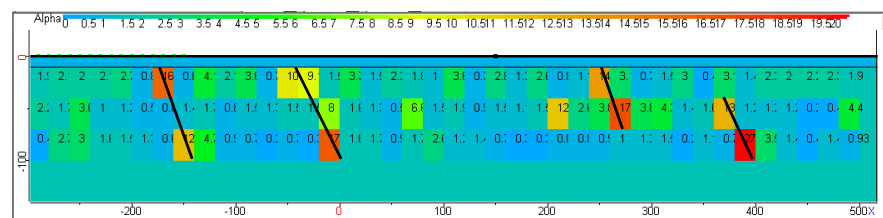
Черными линиями обозначены наклонные объекты (их центры) так, как их бы выделил интерпретатор по полученным данным. Зеленым цветом обозначены объекты истинной модели. Видно, что по полученным данным точка бурения скважины, которая должна пересечь поисковый объект, будет определена верно (за исключением быть может последнего, самого глубокого объекта). На следующем слайде аналогичным образом будут изображены полученные результаты вдоль других профилей съемки.



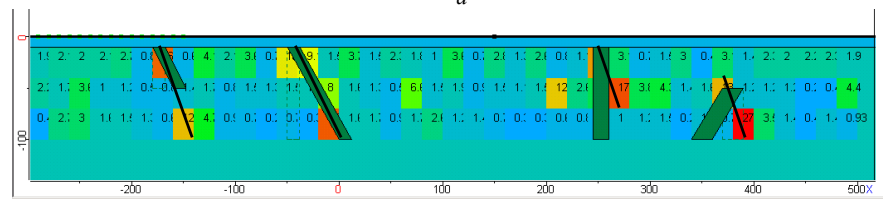
a



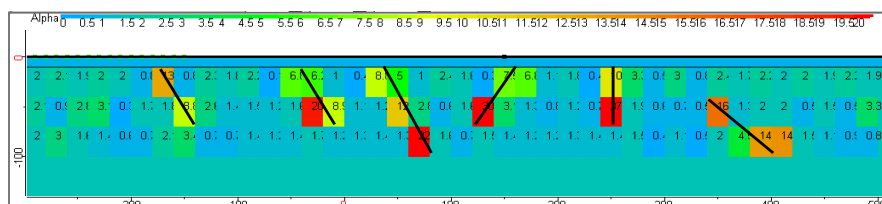
б



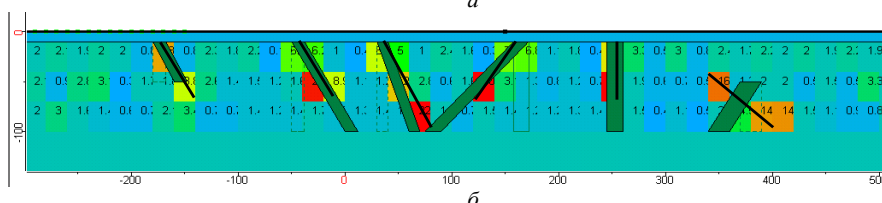
a



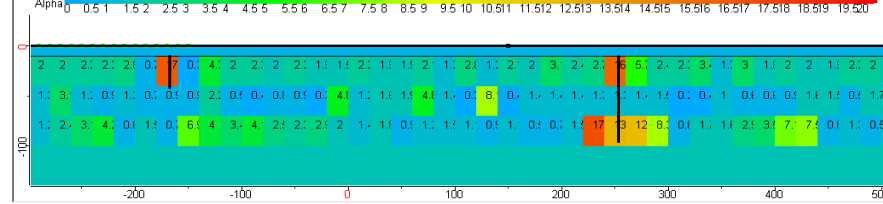
б



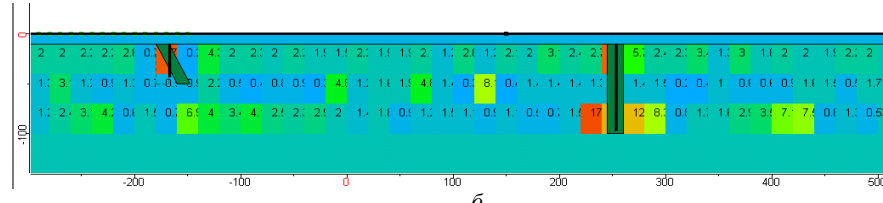
a



б



a



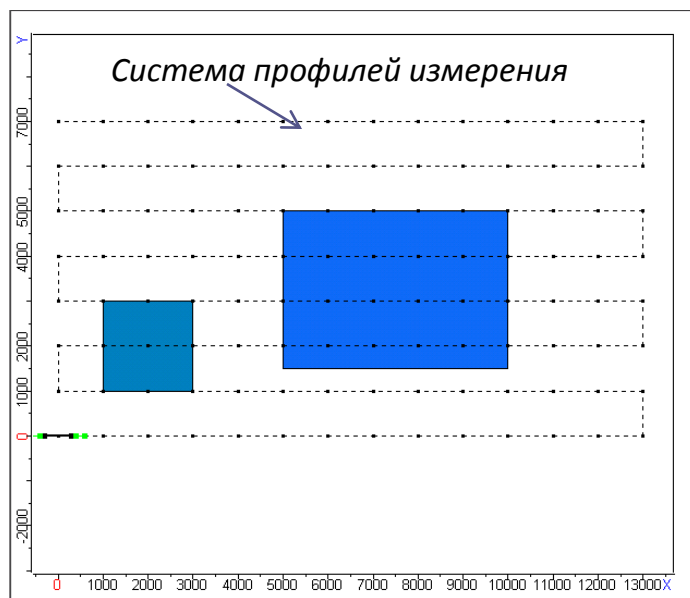
б

Сопоставление результатов 3D-инверсии с расположением объектов истинной модели вдоль профилей 2, 3, 4 и 5. Цветами и числами в клеточках показаны значения параметра поляризуемости, восстановленные по экспериментальным данным в результате применения программного обеспечения обработки данных.

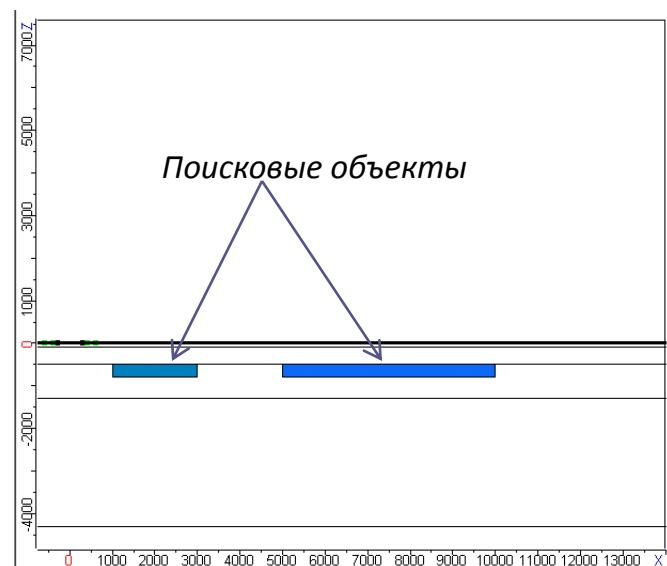
Черными линиями обозначены наклонные объекты (их центры) так, как их бы выделил интерпретатор по полученным данным. Зеленым цветом обозначены объекты истинной модели. Видно, что по полученным данным точка бурения скважины, которая должна пересечь поисковый объект, будет определена верно (за исключением быть может последнего, самого глубокого объекта).

План и разрез истинной геологической модели, содержащей объекты с повышенным значением поляризуемости (эти объекты имитируют ореолы над месторождениями углеводородов). Геологическая задача состоит в том, чтобы определить наличие и положение в плане этих поляризующихся объектов.

Эта геоэлектрическая модель была построена на базе результатов полевых работ методом ВП, выполненных на Герасимовском и Западно-Останинском месторождениях Томской области. Объекты, имитирующие ореолы повышенной поляризуемости над залежью, были заданы на глубине 500-800 м с размерами в плане 2х2 км² и 5х3.5 км². Значение начальной поляризации в объектах было задано равным 10%. При этом фоновое значение начальной поляризации (значение поляризации в окружающей среде) было задано равным 1%.

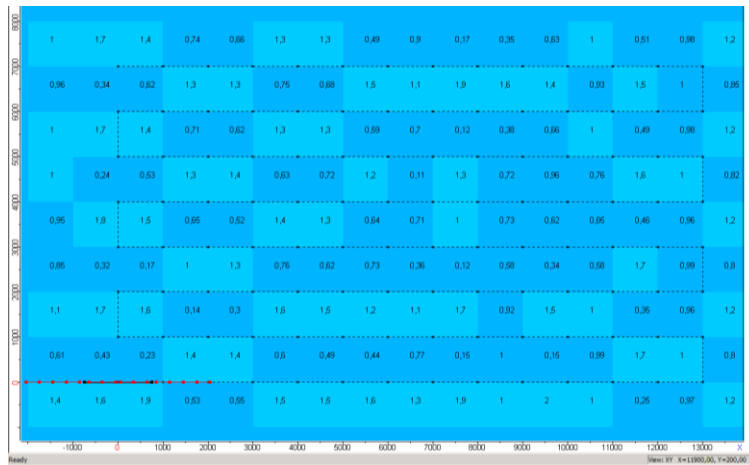


a

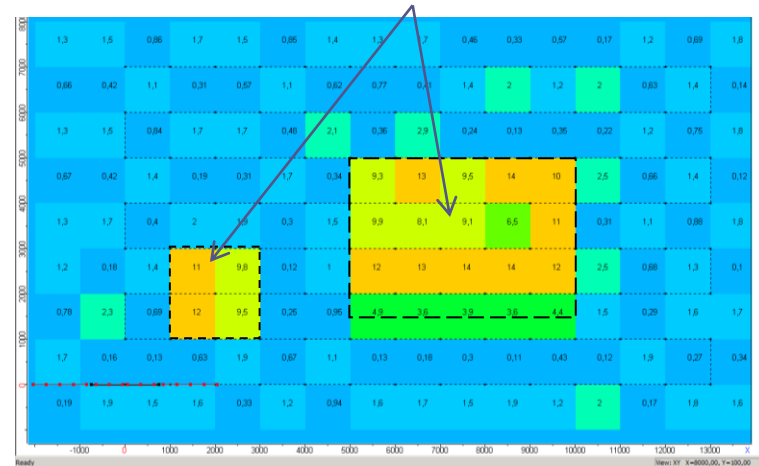


б

Геоэлектрическая модель : *a* – план; *б* – разрез



а



б

Распределение начальной поляризации, полученное в результате 3D-инверсии в интервале глубин 200-500 м (а) и 500-800 м (б). Пунктиром обозначены контуры реальных объектов.

Из приведенных результатов видно, что области с повышенным значением параметра поляризации восстановились верно (контуры истинных объектов довольно хорошо совпадают с полученными в результате инверсии) не только в плане, но и по глубине (в первом слое, рис.а их найдено не было).

В настоящее время интерес вызывает еще и так называемая индукционная вызванная поляризация, которая может наблюдаться при возбуждении электромагнитного поля не заземленной электрической линией, а незаземленной рамкой с током. Однако в этом случае процессы ВП более слабые и требуется разработка специальных технологий измерений, позволяющих разделить индукционные процессы в Земле и процессы вызванной поляризации. Разработка таких технологий также должна выполняться с использованием программного обеспечения, основанного на высокоточном 3D-моделировании.