

УДК 550.370

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ ЗОЛОТОНОСНЫХ
МЕТАСОМАТИТОВ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ
НА ПРИМЕРЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ БАМ
ОЗЕРНОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Бубнов А.Б. (5 курс)

Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга

Научный руководитель: д.г.-м.н. Мороз Ю.Ф.

Рассмотрена геолого-геофизическая характеристика рудопроявления БАМ Озерновского рудного поля. На основе петрофизической модели определена методика работ по изучению золотоносных метасоматитов методом электроразведки вызванной поляризации. Большое внимание уделено методике интерпретации выявленных аномалий и определению их геологической природы. Важная роль при этом отводится комплексному анализу аномалий электропроводности с другими геолого-геофизическими данными. В результате анализа создана геофизическая модель и даны рекомендации по дальнейшему направлению электромагнитных исследований.

Ключевые слова: зоны метасоматоза, поляризуемость, сульфидная минерализация, высокоомные объекты.

Введение

Метод вызванной поляризации является одним из ведущих методов разведочной геофизики в рудной геологии. В Камчатском крае применение данного метода связано с поиском и разведкой медно никелевых руд Шануческого и Квинум-Кувалорожского типа, полиметаллических руд на Севере Камчатки и золоторудных месторождений различного генезиса. В данной работе рассмотрена эффективность применения метода при поисках золотоносных метасоматитов. При этом важное внимание уделено связи между гидротермальной сульфидной минерализацией и поляризуемостью.

Краткая геолого-геофизическая характеристика работ

Площадь работ расположена в восточных предгорьях Срединного хребта, в междуречье реклевой Озерной и перевальной, в 140 км на север от г. Ключи.

В геологическом строении района участвуют неогеновые вулканогенно-осадочные и вулканогенные образования, четвертичные и современные отложения. Выделяются три формации гидротермально измененных пород; аргиллитовая, пропилитовая, вторичных кварцитов. Они развиты в породах березовской свиты, алнейской серии и комагматичных им интрузивных образований. Гидротермально измененные породы локализованы в системах тектонических нарушений.

Пропилиты, в зависимости от глубины и температуры формирования, разделены на три типа: эпидот-хлоритовый, карбонат-хлоритовый и цеолит-хлоритовый. Вторичные кварциты - линейно-вытянутые тела протяженностью до 2-3 км, мощностью от нескольких метров и до первых десятков метров. Среди них выделяются монокварциты, алунитовые кварциты, каолинит-кварцевые породы. Первые два типа имеют ограниченное распространение на площади, а каолинит-кварцевые породы имеют подавляющее развитие и слагают большинство рудных тел.

Чтобы понять характер дифференциации пород в физических полях, обратимся к электромагнитной характеристике района. Диапазон изменения магнитной восприимчивости пород очень широк: от 0 до $6000 \cdot 10^{(-6)}$ ед. СГСМ. Наиболее магнитны породы дайкового комплекса (андезиты, андезит-базальты) и четвертичные лавы (базальты). Практически немагнитны гидротермальные кварциты. Менее уверенно характеризуются игнимбри-ты, диорит-порфириты ввиду малой их представительности. Для всех разновидностей пород характерна значительная дисперсия.

Остаточная намагниченность меняется от нуля до $7000 \cdot 10^{(-6)}$ ед. СГСМ. Сильно намагничены четвертичные базальты, за ними следуют андезито-базальты и андезиты. Последние характеризуются наиболее уверенно, имеют относительно малую дисперсию. Практически немагнитны гидротермальные кварциты и прочие гидротермально измененные породы. Андезиты занимают промежуточное значение. Диорит-порфириды, игнибриды имеют магнитные свойства на порядок ниже.

Рассмотрим электрическую характеристику пород. В большей мере изучены потенциально золотоносные тела гидротермальных кварцитов и кварцевые жилы. Они имеют удельное электрическое сопротивление на порядок выше, чем вмещающие породы, если последние не подвергались гидротермальной переработке. Гидротермально измененные (каолинизированные, аргиллизированные) породы имеют удельное сопротивление на 2 порядка ниже рудных тел.

С учетом геолого-геофизических данных [1] и опыта разведки месторождений подобного типа [2,4] построена петрофизическая модель, представленная на рис.1. За основу петрофизической модели принята модель, предложенная в [3] для золоторудных месторождений в вулканитах Тихоокеанского пояса.

В модели характер рудоконтролирующих структур в блоках различной глубины залегания заметно различен. В глубоких горизонтах они имеют монолитное строение и кварц-серицит-пиритовый состав; в средних горизонтах – характеризуются четко зональным строением с кварцевым «ядром», сменяющимся к периферии кварц-серицитовыми и хлорит-пирит содержащими метасоматитами. В верхних и над рудных горизонтах зоны имеют перистое с тонкопрожилковым развитием минералов метасоматитов (кварца, адуляра, пирита и др.) среди соответствующих фаций пропицитов, вторичных кварцитов и аргиллизитов.

Породы, вмещающие рудную зону, характеризуются средними параметрами, меняющимися от блока к блоку, т.е. различными для различных фаций. В непосредственной близости к рудной зоне находятся породы жерловых фаций вулканитов. Они, находясь в блоках различных типов, имеют более высокие значения χ , σ , ρ , а иногда и η , чем соответствующие породы покровных фаций. Наконец, в разрезе рудной зоны по физическим параметрам отображено ее сложное строение с элементами горизонтальной и вертикальной зональностей. Так, рудная зона, залегающая на границе диоритовых порфириров и прикорневых андезитобазальтов, отчетливо выделяется мощной монолитной структурой, выполненной кварц-серицит-пиритовыми метасоматитами. Последние отличаются минимальными параметрами магнитной восприимчивости χ , высокими параметрами поляризуемости η , резко пониженными параметрами скорости спада поляризуемости S , плотности σ , высоким содержанием железа и элементов поздних гидротермальных минералов – ΣAg , суммы халькофильных элементов, Va и др., низким содержанием K .

Совершенно иную петрофизическую характеристику имеет структура в верхних горизонтах. Здесь она имеет расщепленный характер структуры с прожилковым развитием минералов поздних ассоциаций, широким развитием прожилков адуляра и пирита поздних генераций. Все это отобразилось в наиболее низком значении χ , резко дифференцированном характере разреза по параметрам η и S .

На модели наглядно видно высокое содержание K . Следует отметить, что с помощью этой модели можно решать широкий круг задач:

1. Выделять зоны околорудно – измененных пород среди измененных пород рудного поля.
2. Устанавливать характер горизонтальной зональности измененных пород по ряду существенных геофизических параметров.

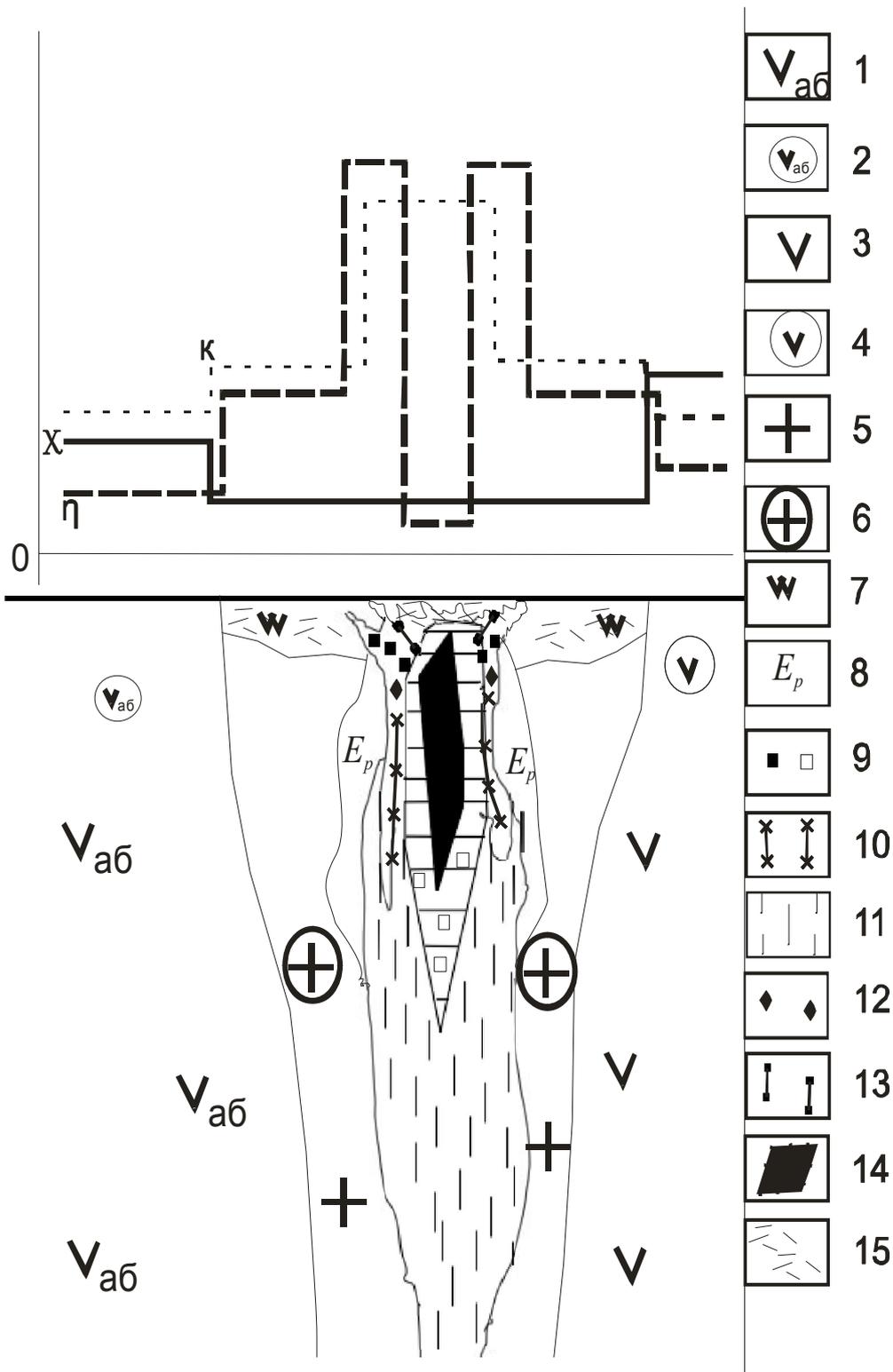


Рис1. Петрофизическая и реконструированная геологическая модель золото-рудной зоны в рудном поле.

X , η , K – относительные величины соответственно магнитной восприимчивости, поляризуемости, содержания калия. 1 – андезитобазальты; 2 – туфы андезитобазальтов; 3 – базальты; 4 – туфы базальтов; 5 – диориты; 6 – диоритовые порфири-ты; 7 – вторичные кварциты; минералы метасоматитов; 8 – эпидот; 9 – пирит; 10 – хлорит; зоны: 11 – хлоритовая, 12 – хлоритовая с карбонатной фацией, 13 – пирит-адуляровая, 14 – кварцевая, 15 – тонкопрожилковой гидротермальной мине-рализации.

Методика наблюдений

Работы методом ВП выполнялись с помощью аппаратуры, разработанной компанией ЗАО «Теллур-СПб»: измеритель вызванной поляризации TLR-IP-003, генератор TLT – 1000, генератор TLT – 30.

Измерения ВП выполнены с помощью установок СГ-ВП и ТЗ-ВП. При работах с установкой СГ-ВП длина питающей линии АВ составляла 2000-2500 м, что позволило обеспечить глубину исследования до 300м. Ток в питающей линии АВ составлял 1000-1250 мА. С установкой ТЗ ВП длина питающей линии АВ (линии бесконечность) составляла не менее 10 АО – до центра приемной линии.

Разнос приемной линии MN определяется размером искомых объектов по направлению измерительной линии. Оптимальным считается разнос MN примерно равной половине горизонтальной мощности искомых объектов, т.к. в этом случае, хотя бы в одной точке, кажущаяся поляризуемость достигнет значений истиной поляризуемости объекта. Измерения параметров ВП проводились с установкой СГ-ВП при длине линии MN = 20 м и шагом - 20 м со сгущением шага до 10 м в аномальных зонах. Аналогичные разносы применялись на ТЗ ВП. Количество физических точек измерений = 2739, а вместе с контрольными наблюдениями 3014. Контроль наблюдений был выполнен в объеме 10% от общего объема измерений. Погрешность измерений составила:

по η_k – 5,1 % (по инструкции 10%);

по ρ_k – 3,9 %. (по инструкции 5%).

Качественная интерпретация данных

Качественная интерпретация проводилась с помощью программного обеспечения **Surfer**, **CorelDRAW**. Результаты интерпретации представлены на рис.2, 3. Характерной особенностью распределения электрических

полей на территории участка является наличие линейных аномалий кажущегося сопротивления и дифференциальной поляризуемости северо-западного простирания. Отметим, что в плане аномалии кажущегося сопротивления, как правило, не совпадают с аномалиями поляризуемости, последние локализуются в зоне контакта с аномалиями высокого сопротивления. В целом вмещающие породы в пределах участка имеют пониженные значения электрического сопротивления в диапазоне от 50 до 150 – 200 Ом·м. Высокоомные зоны, образующие линейные аномалии, характеризуются сопротивлением от 300 до 2000 Ом·м; они могут быть связаны с зонами окварцевания.

По характеру распределения дифференциальной поляризуемости территория участка разделяется на две половины: северо-западную с фоновыми значениями поляризуемости порядка 2.5 – 2.7 % и юго-восточную с фоновыми значениями 1.4 – 2 %. Скорее всего, в поле поляризуемости отражается дифференциация свойств вмещающих пород, возможно контакт двух блоков пород с границей, протягивающейся в меридиональном направлении (Ю-ЮВ). Линейные аномалии дифференциальной поляризуемости отмеченные на участке работ в среднем имеют амплитуду порядка 4 – 5 % и совпадают в плане с зонами низкого сопротивления (меньше 200 Ом·м). По видимому, эти линейные аномалии отражают положение зон с повышенным содержанием сульфидов.

Таким образом, по результатам электроразведки на территории участка выделяются:

- два блока вмещающих пород, различающихся по значениям фоновой поляризуемости,
- линейные зоны высокого сопротивления с поляризуемостью порядка 2.5 % ,
- линейные зоны поляризуемости (4 – 5 %) низкого сопротивления.

Сравнение результатов геофизической съемки с геологическими данными [5], показывает, что золотосодержащие метасоматиты, в основном, характеризуются линейными зонами повышенного электрического сопротивления. Поэтому, на следующем этапе обработки на площади участка выделены контуры зон линейных аномалий повышенного сопротивления. Однако в ряде случаев, отмечаются различия.

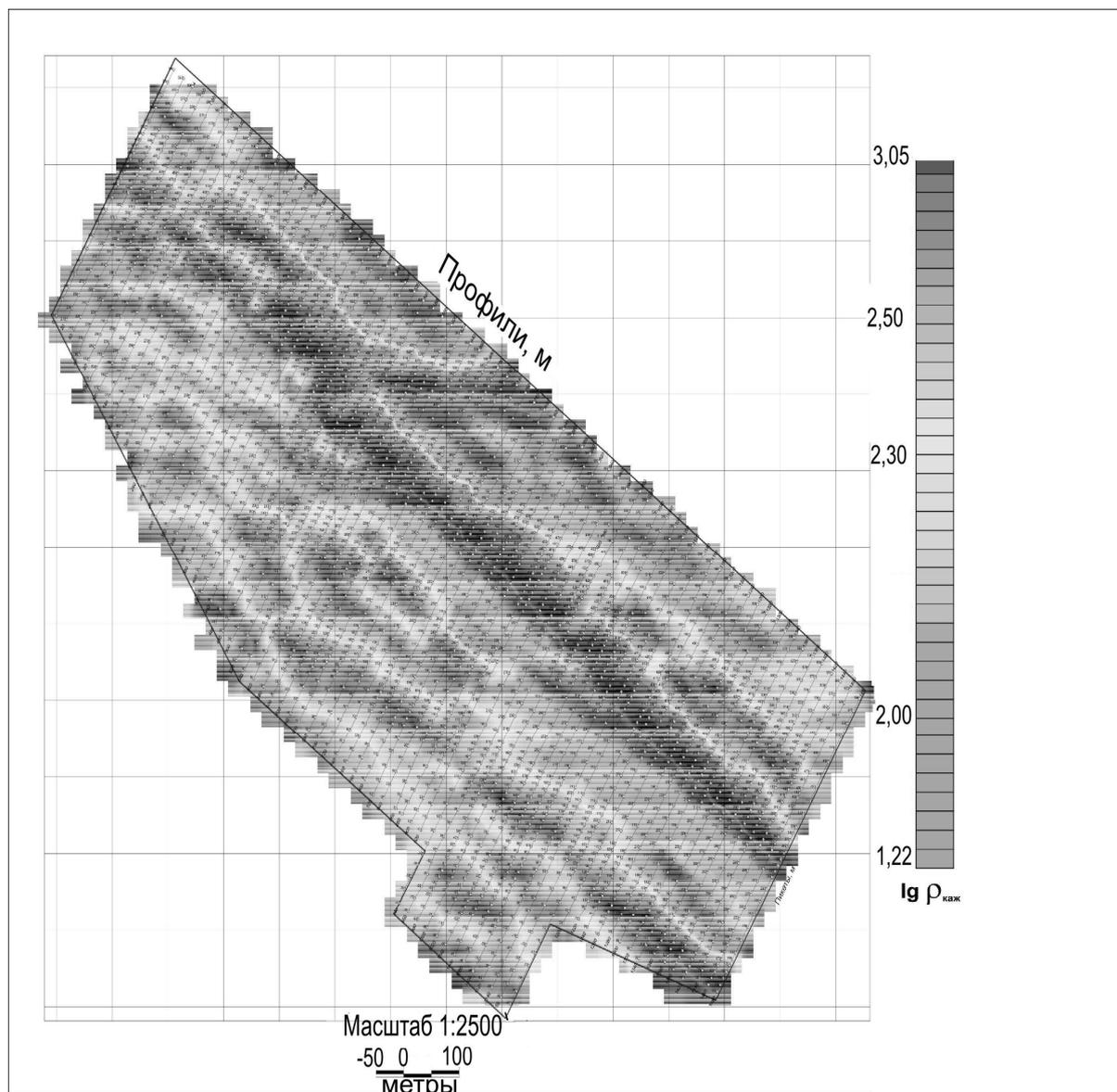


Рис. 2. Карта изолиний кажущегося сопротивления.

По значениям поляризуемости выделенные зоны разделены на две группы слабо поляризующиеся (на уровне фоновых значений) и поляризующиеся (2.5 – 3.5 %), что указывает на неравномерность распределения сульфидов и процессов окварцевания в выделенных линейных зонах.

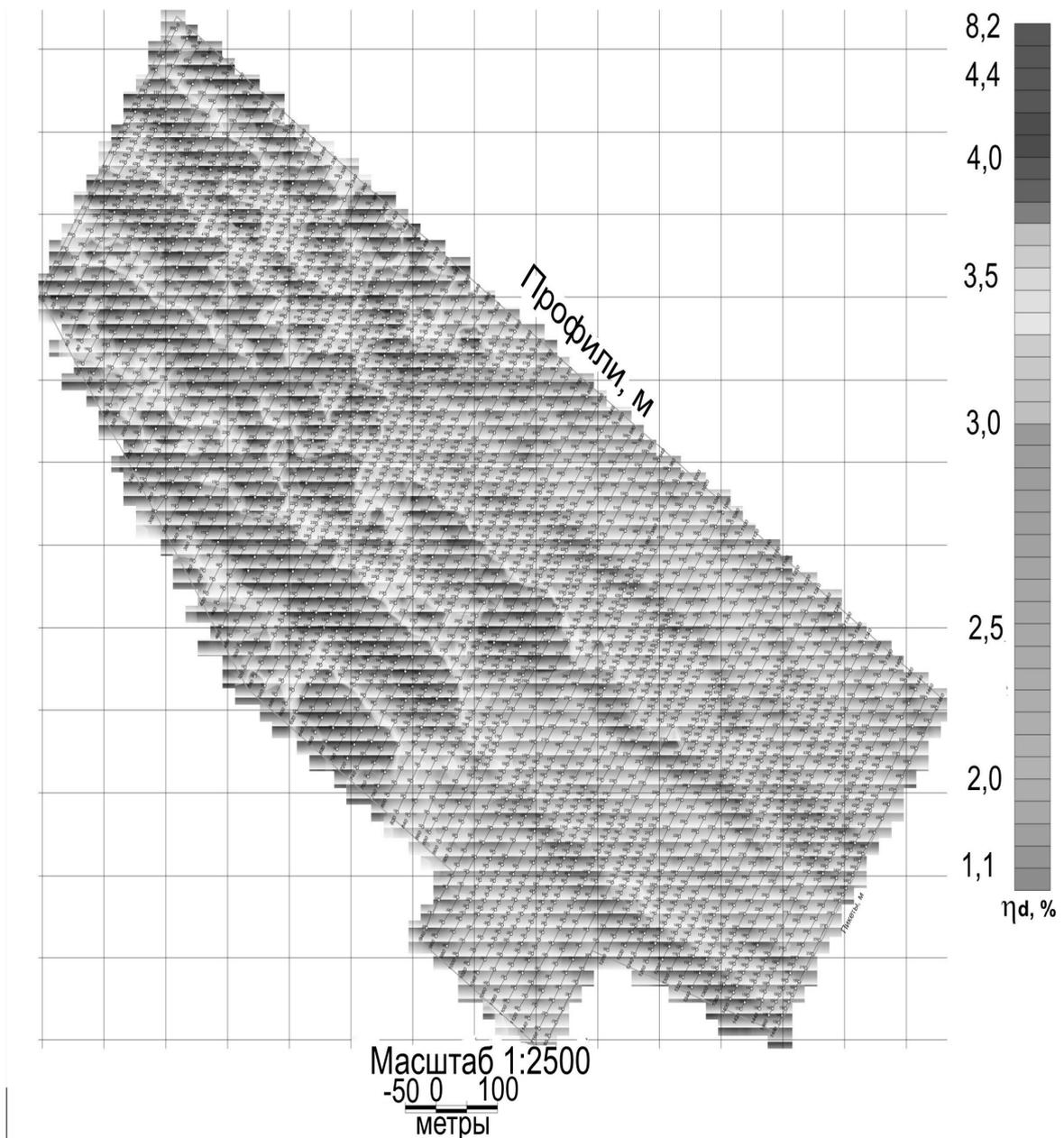


Рис. 3. Карта изолиний дифференциальной поляризуемости.

Следует отметить, что использование алгоритмов распознавания образов по данным электроразведки показало перспективность их применения на золоторудных объектах подобного типа в районе участка БАМ. Далее для получения более подробной информации о локализации рудных тел в пространстве, применено 2D моделирование.

Количественная интерпретация данных

Количественная интерпретация проводилась с помощью программ **Pr-2d** и **2D-Free**, разработанных ЗАО «Теллур-СПб». Расчетный алгоритм программ основан на методе объемных интегральных уравнений в двумерном варианте. Как показал опыт, двумерный подход, в частности, применим для расчета моделей протяженных рудных тел, приближенных к реальности. Суть метода состоит в замене реальной неоднородной среды набором проводящих поляризующихся ячеек квадратной формы (имитирующих локальные рудные и нерудные объекты) в вертикально или горизонтально-слоистой среде с горизонтальной, плоской границей земля-воздух. Решение обратной задачи осуществляется посредством метода интерактивного (человек-ЭВМ) подбора приемлемых моделей изучаемой среды с учетом геологического строения участка и петрофизических свойств горных пород в регионе.

Результаты интерпретации представлены на рис.4,5. На геоэлектрических разрезах все объекты имеют субвертикальное падение (рис.4, 5). Видимые углы падения составляют 70 – 80 градусов в юго-западном направлении. Можно выделить объекты 4 основных типов, а именно:

- высокого сопротивления (5000 – 6000 Ом·м) с поляризуемостью порядка 4 % (на разрезах показаны белым цветом); эти объекты отмечаются в основной зоне метасоматитов северо-западного простирания;

- высокого сопротивления (6000 – 7000 Ом·м) с поляризуемостью 5 – 6 %; на разрезах объекты этого типа, как правило, локализуются внутри основной зоны метасоматитов (показаны черным цветом);

- объекты третьего типа показаны на разрезах близким к черному цветом; удельное сопротивление этих объектов порядка 300 – 500 Ом·м; поляризуемость высокая, до 7 – 8 %; обычно эти объекты локализуются в

зонах контакта с объектами высокого сопротивления (белого цвета) и отмечаются на графиках аномальными значениями поляризуемости;

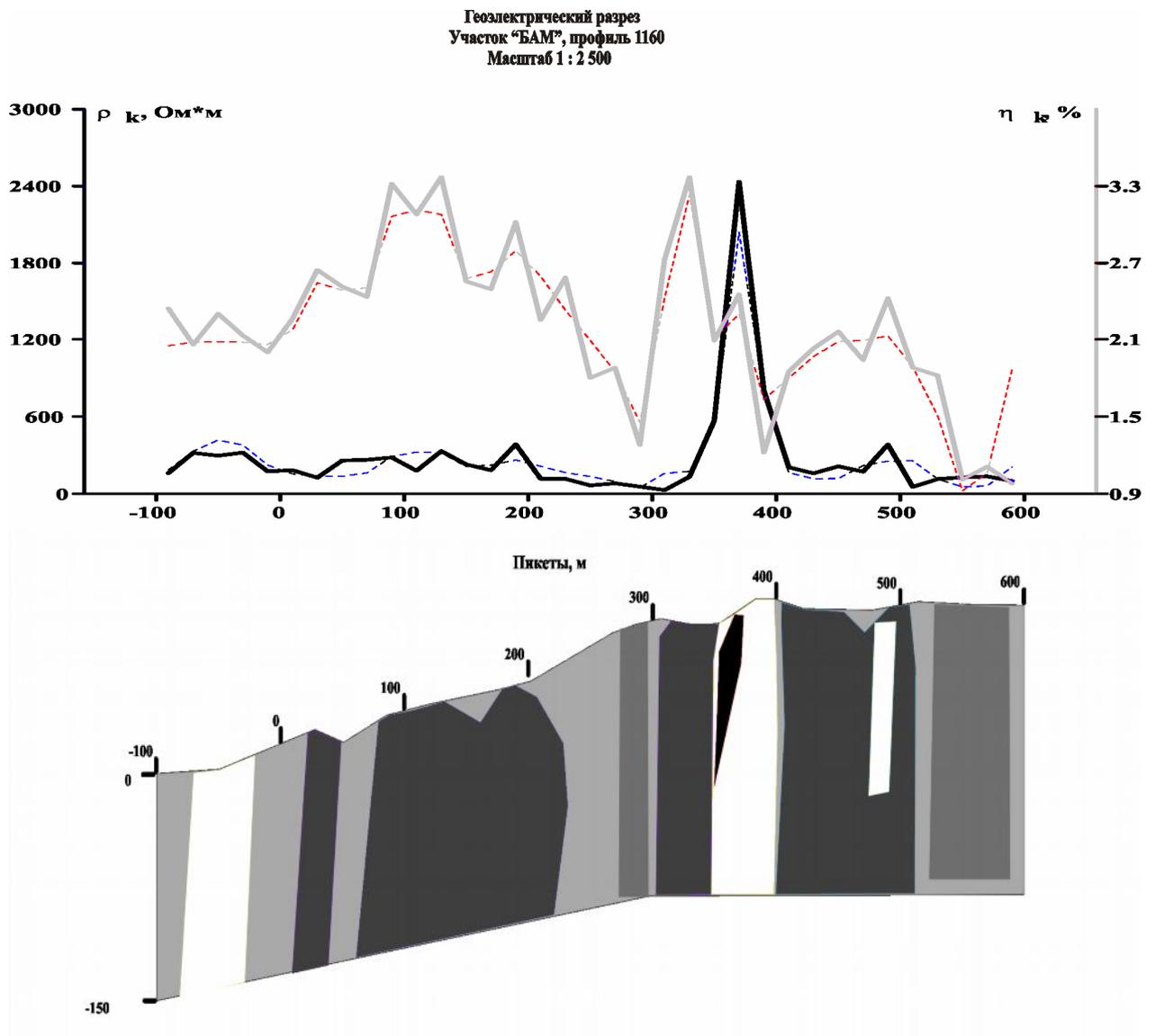


Рис.4. Геoeлектрический разрез по профилю 1160.

- четвертый тип объектов представлен породами низкого сопротивления порядка 100 Ом·м с поляризуемостью до 4 %; эти объекты видимо представляют сильно переработанные в процессе метасоматоза породы (показаны на разрезах темно-серым цветом).

На геoeлектрических разрезах (рис.4,5) видно, что верхние кромки тел располагаются на глубине 5-10 м. Видимая мощность тел 10-30 м.

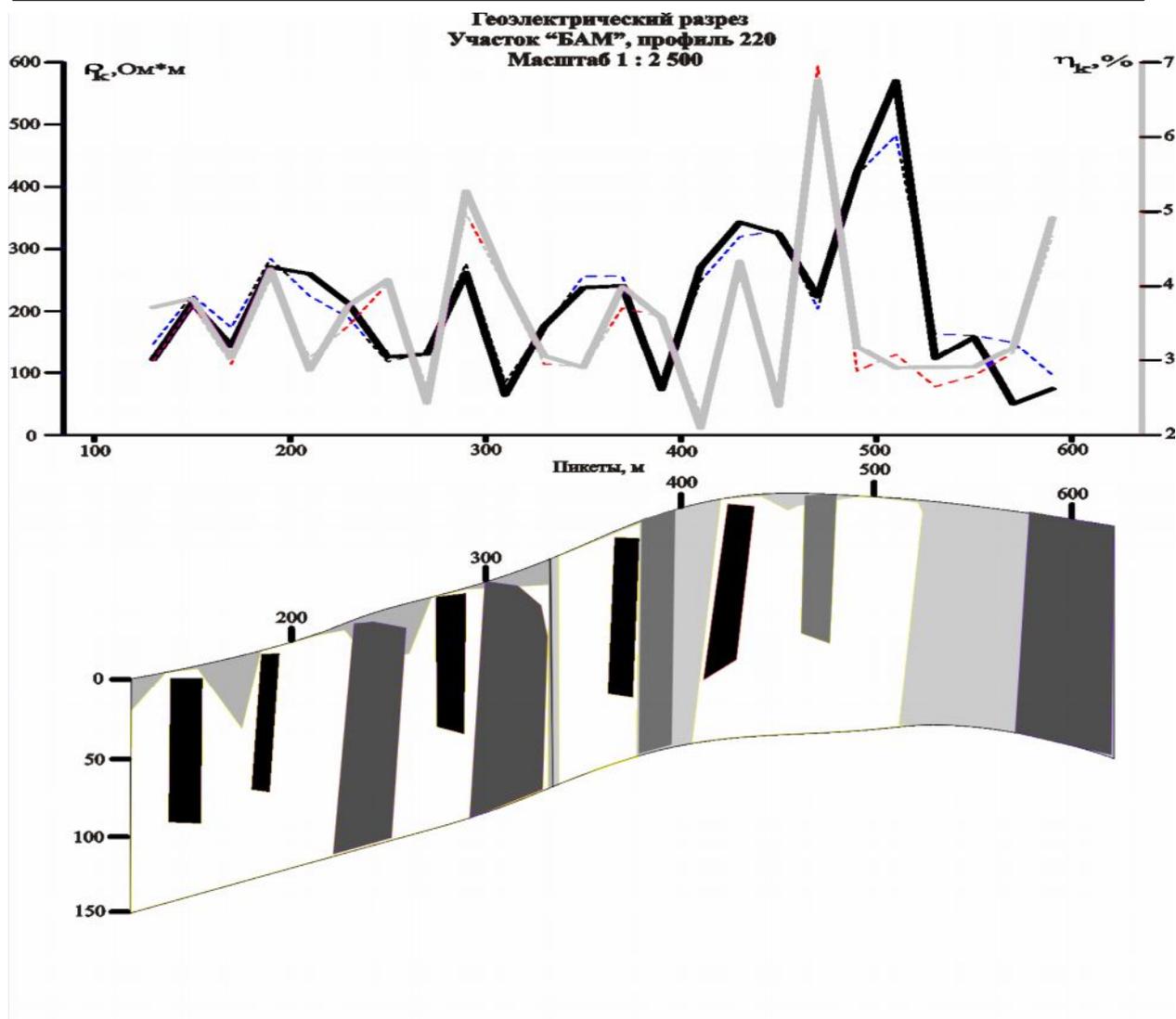


Рис.5 Геоэлектрический разрез по профилю 220.

Выводы

В результате выполненных исследований выявлены следующие особенности в поведении электромагнитных параметров на участке рудопроявления БАМ:

1. Аномалии повышенных значений кажущегося электрического сопротивления отражают наличие тел золотосодержащих метасоматитов.
2. К флангам аномалий повышенного электрического сопротивления, как правило, приурочены объекты повышенной поляризуемости, связанные с зоной повышенной сульфидной минерализации.

3. По данным электропроводности и поляризуемости пород на исследуемой территории выделены два блока вмещающих пород, имеющих различный тип минерализации.

4. Результаты 2D моделирования, показали, что внутри зоны метасоматитов, выделяются высокоомные объекты повышенной поляризуемости, совпадающие в плане с известными рудными телами. Поэтому на стадии поисков золотоносных метасоматитов рекомендовано использовать результаты моделирования для выделения перспективных рудных объектов.

Автор выражает признательность сотрудникам геофизической фирмы ЗАО «Теллур-Геофизика» Кузовенкову А.Д. и Николаенко М.Ю. за предоставление данных и помощь в интерпретации, а так же сотрудникам ОАО «Сигма» за помощь в работе с фондовыми материалами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.П. Декин «Отчет о результатах общих поисков геолого-геофизическими методами в пределах Озерновского рудного поля 1983-1985г.», г. Елизово, 1985г. С. 17 – 22.
2. Н.Б. Дортман «Петрофизика» справочник, книга первая «Горные породы и полезные ископаемые», Москва, «Недра», 1992г. С. 367 – 369.
3. Н.Б. Дортман «Петрофизика» справочник, книга третья «Земная кора и мантия», Москва, «Недра», 1992г. С. 121 – 127.
4. В.Е. Никитский, В.В. Бродовой «Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач», второе издание, Москва, «Недра», 1987г. стр. 319
5. Отчет о результатах геологоразведочных работ, проведенных ОАО «СИГМА» на Озерновском рудном поле в 2006-2008 гг.

METHODS AND RESULTS OF EXPLORATION GOLDBEARING
METASOMATITES INDUCED POLARIZATION METHOD
ON AN EXAMPLE ORE BAM OZERNOVSKIY ORE FIELD

Bubnov A.B.

Kamchatka Vitus Bering State University

The geological and geophysical characteristics of the ore BAM Ozernovskiy ore field was consider. Based on petrophysical models determine how studies of gold-bearing metasomatic by electrical induced polarization. Much attention is paid to the method of interpretation of the anomaly detection and determination of their geological nature. An important role is given to the comprehensive analysis of anomalies of electrical conductivity with other geological and geophysical data. The analysis established geophysical model and recommendations for future direction of the electromagnetic research.

Keywords: zone of metasomatism, polarizability, sulphide mineralization, high-impedance objects.