

# Применение метода ВП в многочастной области при поисках золота на Енисейском кряже

Мельников В.Н.<sup>1</sup>, Миллер А.А.<sup>1</sup>, Макеев С.М.<sup>2</sup>, Ануфриев А.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский горный университет, <sup>2</sup>НПП «Прогнозгеофизика», Красноярск,  
[dfcz1994@yandex.ru](mailto:dfcz1994@yandex.ru)

В работе представлен пример использования метода вызванной поляризации в многочастной области для поиска золота на Енисейском кряже, а также некоторые технические характеристики спроектированной для этой цели аппаратуры.

## RESULTS OF SPECTRAL INDUCED POLARIZATION OF GOLD PROSPECTING (YENISEI RIDGE, RUSSIA)

The paper presents an example of using the spectral induced polarization method for search of gold in the Yenisei ridge, as well as some technical characteristics equipment, which was developed at the Saint-Petersburg Mining University.

### Введение

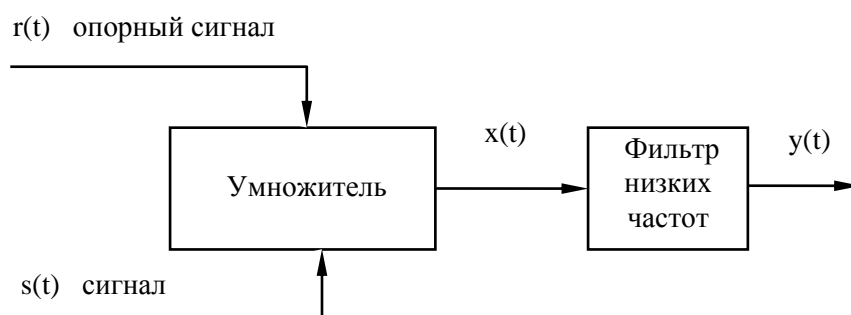
На сегодняшний день метод вызванной поляризации зарекомендовал себя, как надежный инструмент при поиске золота и полиметаллов, позволяющий определять вкрапленность электропроводящих минералов (сульфидов, оксидов, самородных элементов и др.).

Однако в сложных геологических условиях, связанных с малосульфидной минерализацией, а так же сильной графитизацией вмещающих пород, метод ВП малоэффективен, так как более слабый полезный отклик теряется в зашумленной среде. Одним из подходов к решению этой проблемы является регистрация фазы и модуля на разных частотах.

**Цель работы:** исследование метода вызванной поляризации в многочастотной области, чтобы повысить его информативность.

Для изучения данного вопроса в Горном университете была разработана и собрана аппаратура, позволяющая получать реальную(Re) и мнимую(Im) компоненты комплексного сопротивления среды в большом диапазоне частот от 10 до 0.0003 Гц. Эти параметры наиболее информативны на низких частотах. На этих частотах емкостные свойства в первую очередь контролируют механизмы электрохимической поляризации, а электропроводящие – электролитическую проводимость флюида в порах(Ghorbani A., 2007).

В основе регистратора лежит метод синхронного детектирования сигналов (рис.1).



**Рис.1. Схема синхронного детектора, где  $x(t)$  - сигнал на выходе синхронного детектора,  $y(t)$  - выходной сигнал.**

Синхронный детектор действует как полосовой фильтр, настроенный на частоту опорного сигнала и имеющий полосу пропускания, равную частоте среза фильтра низких частот. Он обладает несколькими важными свойствами. Во-первых, высокая чувствительность к фазе и амплитуде измеряемого сигнала, во-вторых, высокая частотная избирательность(Гоноровский И.С., 1986).

### Полевые испытания аппаратуры

Летом 2016 года в сотрудничестве с красноярской компанией «Прогнозгеофизика» аппаратура была испытана в полевых условиях на Енисейском кряже. Профиль задавался по канаве длиной 305 метров (рис.2), вырытой с целью заверки геофизических(магниторазведка и электроразведка(СГ-ВП)) и геохимических(РФА) аномалий, полученных на одном из участков поисковых работ на золото в 2015 году. Перепад высот между точкой отсчета метража канавы и 305 метром около 70 метров.

Горная выработка вскрывает углеродистые сланцы и сланцы хлорит-серецит-кварцевого состава. Углеродистые сланцы в различной степени метасоматически измененные, с прожилками и жилами кварца мощностью до 40 см. Пробирный анализ выявил три пробы с содержанием золота более 1 г/т(73 м, 103 м и 246 м). Так же стоит отметить зону сульфидизации на 70-85 метре.



**Рис.2 Геолого-поисковый план участка (по Марьясову Р.)**

**Методика и результаты исследований**

Измерения велись симметричной установкой (А10М10N10В) с шагом по профилю 10 метров, генератор – АСТРА100, приемные неполяризующиеся электроды – ЭМС 0,4. Подавался ток от 5 до 10 мА. Для рациональной экономии времени был выбран диапазон частот от 10 Гц до 0.0095 Гц (11 частот). Номер пикета подразумевает под собой, что один приемный электрод находится на таком же расстоянии от нулевой точки отсчета метража канавы, а второй в 10 метрах от первого на увеличение.

В итоге были получены спектры фазы и сопротивления для каждого пикета, а так же графики этих же величин по профилю (Рис.3). Мы рассматриваем сопротивление, посчитанное отдельно из реальной компоненты. В некоторых случаях наблюдается зашумленность на частотах выше 1 Гц, на рисунке 3 представлены величины на частотах ниже. Фаза зарегистрирована не над всем профилем в связи с неполадками в аппаратуре. Но, даже, несмотря на это, было обнаружено две аномалии (на 240 и 270 м). На графиках сопротивления стоит отметить точки, где расхождение кривых на разных частотах явно выделяется (Пикеты: 10, 40, 50, 70, 170, 180, 200, 210, 240, 270). Это признак наличия флюидов в порах, а так же косвенные предпосылки сульфидизации. Пикеты 200 и 210 не дают аномалий по фазе, следовательно, их можно вычеркнуть из перспективных.

Спектры сопротивлений условно были разделены на 4 группы (Рис.4). В первую группу(а) отнесены графики практически не отклоняющиеся от горизонтальной линии. Это свидетельствует об отсутствии вклада в проводимость процессов на границе электрохимических процессов. Почти все сланцы хлорит-серецит-кварцевого состава отразились так, за исключение 270 и 280 пикета. Во вторую(б) и третью(в) группу вошли кривые либо монотонно убывающие, либо возрастающие, причем подавляющее большинство спектров относятся ко второй. Они свидетельствуют, о каком-то изменении среды, будь то наличие кварцевых прожилков или беризитов. В четвертую (г) – графики, имеющие ярко выраженный перегиб на критической частоте. Такая форма наиболее перспективна на обнаружение сульфидов. Кривые такого типа получены на 50, 70, 200, 240 и 270 пикете. Поэтому можно предположить, что сульфидная зона, выделенная геологами, несколько шире и располагается в интервале 50-80 метров. На 50 и 70 пикете по пробирному анализу было обнаружено золото (0.32 и 7,1 г/т). На 200 пикете нет аномального сдвига фазы, поэтому наличие сульфидов маловероятно. На 240 есть аномальный сдвиг фазы, а так же пробирный анализ выявил содержание золота 2.61 г/т. На 270 нет никаких геохимических и геологических предпосылок на сульфидную минерализацию, поэтому он интересен, но маловероятен для дальнейшей разведки. Стоит отметить, что критическая частота(здесь: частота максимума зависимости реальной части сопротивления от частоты) для 70 и 240 пикета – 2,44Гц.

Разделить фазовые спектры на группы так же, как с сопротивлением, не удалось в связи с малым количеством данных из-за отказа аппаратуры.

Предпосылок на появление 12.9 г/т золота на 103 метре не было. Поэтому можно предположить, что золото было перенесено из сульфидной зоны выше по склону.

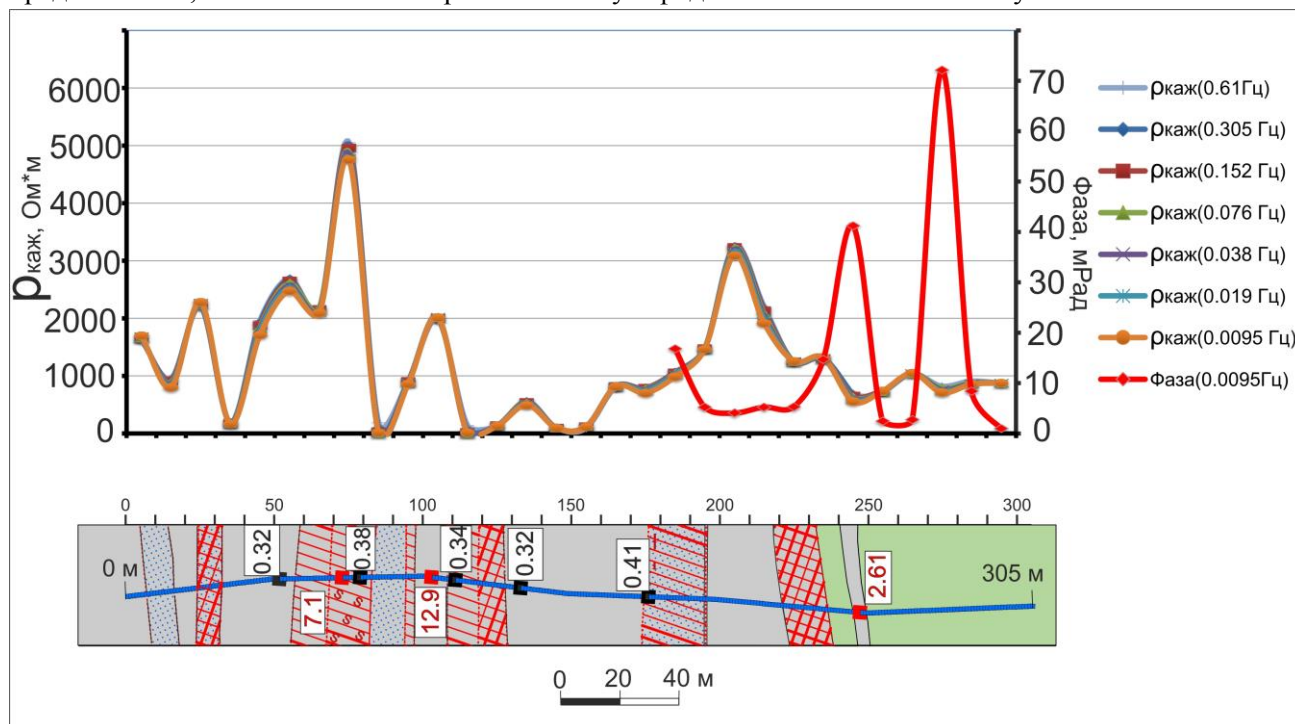


Рис.3 Графики сопротивления (при 0.610Гц-0.0095Гц) и фазы (при 0.0095Гц)

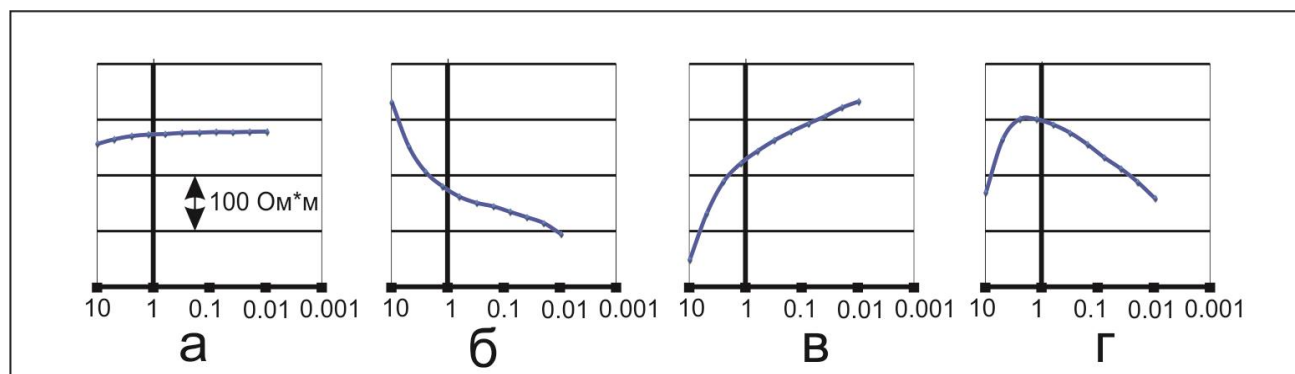


Рис. 4 Спектры сопротивления. По оси X частота в Гц,

**по оси Y цена основных делений 100 Ом\*м.**

### **Выводы**

Разработанная аппаратура показала себя хорошо, но техническая ее реализация требует дальнейшей доработки. Первые испытания в условиях Енисейского кряжа позволили выделить сульфидную зону в углеродистых сланцах. Некоторые аномалии сопровождало золото свыше 1 г/т.

Работая со спектрами, мы получаем дополнительную информацию, по которой можно судить о наличии сульфидов. В комплексе с геохимией данный метод более эффективен, чем регистрация спада напряжения после выключения тока на одном интервале времени (СГ-ВП). Основные недостатки вызванной поляризации в многочастной области – это трудоемкая обработка и небольшая производительность погонных метров в день.

### **Список литературы**

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Радио и связь, 1986. - 512 с.
2. Ghorbani A., 2007, Contribution au developpement de la resistivite complexe et a ses applications en environnement, PhD, Universite Pierre et Marie Curie (Paris-6), 231.