



Моделирование диэлектрических свойств горных пород, содержащих рудные минералы

Полякова О.Н.¹, научный руководитель - Тихонов В.В.² ¹ Учебно-научный радиофизический центр Московского педагогического государственного университета

² Институт космических исследований РАН, отдел «Исследование Земли из космоса»



- 1. Введение.
- Частотные зависимости действительной и мнимой части показателя преломления минералов: халькопирит, пирит, лабрадор, в диапазоне частот 10-150ГГц.
- **3.** Модель эффективной диэлектрической проницаемости неоднородной дисперсной среды, содержащей рудные минералы (медная руда).
- 4. Экспериментальная установка и результаты измерений частотной зависимости коэффициента отражения образцов медной руды.
- Теоретический расчет коэффициента отражения медной руды с использованием модели эффективной диэлектрической проницаемости среды.
- 6. Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов.
- 7. Выводы.

Полякова О.Н.¹, Тихонов В.В.²

Частотные зависимости действительной и мнимой части показателя преломления минерала халькопирита в диапазоне частот 10-150ГГц



Частотные зависимости действительной и мнимой части показателя преломления минерала пирита в диапазоне частот 10-150ГГц





 $n' = 20.6527657 + 3.257949957 \times f - 0.338192283 \times f^{2} + 0.01166363632 \times f^{3} - 0.0001927030185 \times f^{4} + 1.669203435 \times 10^{-6} \times f^{5} - 7.318663623 \times 10^{-9} \times f^{6} + 1.282583674 \times 10^{-11} \times f^{7},$

 $n'' = 1.755557223 - 0.06216024999 \times f + 0.0008934579955 \times f^{2} - 5.665040036 \times 10^{-6} + 1.325021005 \times 10^{-8} \times f^{4}.$

Полякова О.Н.¹, Тихонов В.В.², Боярский Д.А.², Гольцман Г.Н.¹, Дзарданов А.Л.¹

Частотные зависимости действительной и мнимой части показателя преломления минерала лабрадора в диапазоне частот 10-150ГГц



Полякова О.Н.¹, Тихонов В.В.², Боярский Д.А.², Гольцман Г.Н.¹, Дзарданов А.Л.¹

Модель эффективной диэлектрической проницаемости неоднородной дисперсной среды, содержащей рудные минералы (медная руда).

Эффективная диэлектрическая проницаемость: $\mathcal{E}_{eff} = \mathcal{E}'_{eff} + i\mathcal{E}''_{eff}$ Рефракционная модель: $\sqrt{\mathcal{E}_{eff}} = \sum_{j=1}^{n} V_j \sqrt{\mathcal{E}_j}$, где V_j , \mathcal{E}_j

-объемное содержание и комплексная диэлектрическая проницаемость компонент горной породы (воздуха, минералов, воды).



Объемное содержание минералов в образцах:

№1 халькопирит-0,2; магнетит – 0.1; воздух -0,01; фон (пирит) -0,69.
№2 пирит – 0,15; халькопирит - 0,01; воздух – 0,01; фон (лабрадор) – 0,83.

Образцы медно-никелевой руды с месторождений «Северное» и «Котсель Ваара» Мурманской области.

Экспериментальная установка для измерения КСВН и ослабления



Панорамный измеритель коэффициента стоячей волны (КСВН) и ослабления, типа: Р2- 67 (диапазон частот 12-17 ГГц), Р2-66 (диапазон частот 17-26 ГГц), Р2-65 (диапазон частот 25-38 ГГц). Рабочий диапазон частот 10-40 ГГц. Уровень отраженного сигнала измеряется с точностью до 0,1 КСВН

Размещение исследуемого образца в держателе





=КСВН

$$R = \left(\frac{\rho - 1}{\rho + 1}\right)^2$$

Результаты измерений частотной зависимости отражательной способности образцов медной руды в диапазоне частот 10-40ГГц.



Полякова О.Н.¹, Тихонов В.В.², Боярский Д.А.², Гольцман Г.Н.¹, Дзарданов А.Л.¹

Постановка задачи.

Расчет частотной зависимости отражательной способности с использованием модели эффективной диэлектрической проницаемости



Сопоставление теоретических и экспериментальных данных



Полякова О.Н.¹, Тихонов В.В.², Боярский Д.А.², Гольцман Г.Н.¹, Дзарданов А.Л.¹

Выводы:

1.Измерены частотные зависимости отражательной способности «богатых» и «бедных» образцов медной руды.
 2.Разработан алгоритм вычисления

частотной зависимости отражательной способности медной руды с использованием модели эффективной диэлектрической проницаемости.

3. Хорошее совпадение теории и практики.

Микроволновый метод сепарации металлических руд



Значения n'и n" определялись путем минимизации целевой функции (3) по методу Розенброка

$$F(n',n'') = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^{M} \frac{(P_T(n',n'',f_k) - P_{\mathcal{Y}}(f_k))^2}{P_{\mathcal{Y}}^2(f_k)}$$
(3)

Алгоритм вычислений определения n' и n":

 Задавались ограничения на n' n" -1<n'≤20, n">0.
 На каждом участке ∆f=1ГГц, задавалось значение n' с шагом 0.01 от 1 до 20.

При этих значениях минимизировалась целевая функция (3) и определялось значение n".

3.С помощью полученных минимизированных значений n' и n", на каждом частотном участке, из выражения (1) определялся теоретический коэффициент пропускания, который сравнивался с экспериментальными значениями *T*, на этом же частотном участке. Наилучшее совпадение теоретического и экспериментального давало конечные значения n' n"