

С. А. ШМУЛЕВИЧ, член-корреспондент АН СССР В. С. ТРОИЦКИЙ

О ЗАВИСИМОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ОТ ИХ ОБЪЕМНОГО ВЕСА

Как известно, диэлектрическая постоянная и угол потерь зависят от плотности вещества. Целесообразно нахождение таких характеристик этих свойств, которые бы не зависели или слабо зависели от плотности. Экспериментально (¹⁻⁴) было обнаружено, что для сильно пористых дисперсных горных пород такими инвариантами приближенно являются величины: $a = \rho^{-1}(\sqrt{\epsilon} - 1)$ и $b = \rho^{-1} \operatorname{tg} \delta$, где ρ , ϵ и $\operatorname{tg} \delta$ — объемный вес, диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь породы соответственно.

Целью настоящей работы является исследование особенностей зависимости величин a и b от объемного веса в широком интервале его изменения у дробленых силикатных пород с различным химическим составом. Чтобы ограничиться минимальным количеством пород, были выбраны, по данным предыдущих исследований (^{2, 3}), пять пород различной основности, которые в отношении диэлектрических свойств в среднем представляют соответствующие группы. В соответствии с этим проведены исследования зависимостей ϵ и $\operatorname{tg} \delta$ от ρ у пяти наиболее характерных представителей кислых, средних, основных и ультраосновных пород как в естественно плотном, так и дисперсном (порошкообразном) состоянии. В порошкообразном виде каждая порода имела три градации размера зерен: < 20, 100—200 и 200—500 м. Для получения больших значений плотностей испытуемый материал подвергался прессованию. Это позволило варьировать плотность одного и того же материала в 2,5—3 раза. Измерения проводились на частоте 9400 МГц волноводным методом (⁵) с применением специально сконструированного отрезка волновода, позволяющего получать уплотнения породы до остаточной пористости (относительный объем пустот) не более 15—20 %.

На рис. 1 приведены зависимости ϵ , a , $\operatorname{tg} \delta$ и b от ρ . Величины ϵ , $\operatorname{tg} \delta$ для порошков с различным размером зерен, но при той же плотности оказались одинаковыми, поэтому на графиках размер зерен не указывается. Сплошные участки кривых соответствуют порошкообразным породам, прерывистые являются их продолжением к экспериментальным точкам естественно плотной породы и приведены для обозначения возможного хода изменений исследуемых величин в этом интервале плотностей, трудно достижимом одним лишь уплотнением за счет давления. Экспериментально определенные зависимости $a = \varphi(\rho)$ (рис. 1б), $b = \varphi_1(\rho)$ (рис. 1г) показывают, что эти величины практически являются инвариантами объемного веса для кислых и средних пород во всем интервале изменения ρ вплоть до плотности, соответствующей естественно плотной породе. Для основных и ультраосновных мелкодробленых пород инвариантность a и b сохраняется для $\rho \leq 2 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, при больших ρ эти величины существенно возрастают. Как видно из графиков, диэлектрические характеристики a и b в зоне инвариантности от ρ зависят только от химического состава породы, причем параметр a меняется слабо, принимая значения от $0,45 \text{ г}^{-1} \cdot \text{см}^3$ для кислых пород до $0,60 \text{ г}^{-1} \cdot \text{см}^3$ для ультраосновных. Точность абсолютного значения величин a составляет около $\pm 7\%$, такова же примерно точность измерения вариации этой величины, так как в этом случае измере-

ния относительно. Значительно более сильная зависимость от химического состава обнаруживается у параметра b , который в зоне инвариантности меняется от $10^{-3} \text{ г}^{-1} \cdot \text{см}^3$ для кислых пород, до $15 \cdot 10^{-3} \text{ г}^{-1} \cdot \text{см}^3$ для ультраосновных. Этот факт используется для определения вероятного химического состава силикатной породы (^{6, 7}).

В свете полученных данных очевидно, что приведенные в справочниках и ряде работ значения ε и $\text{tg } \delta$ пород без указания объемного веса или пористости испытанных образцов не достаточны, так как в естественных

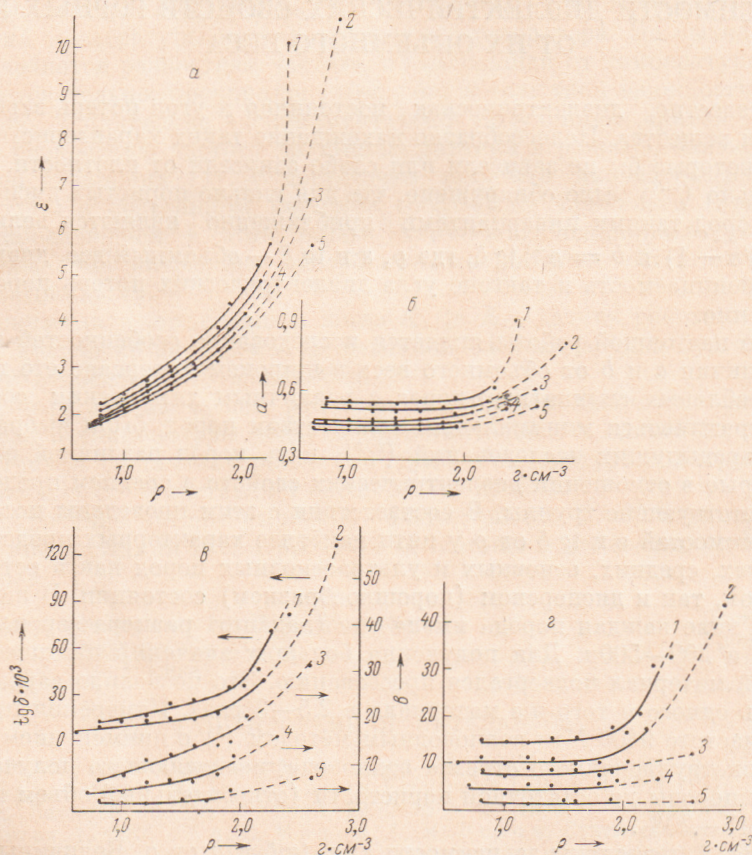


Рис. 1. Зависимость диэлектрических свойств от ρ . 1 — перидотит, 2 — базальт, 3 — андезитобазальт, 4 — липарит, 5 — гранит

условиях плотности одной и той же породы существенно различны. Более представительными для пород являются указанные величины $\rho^{-1}(\sqrt{\varepsilon} - 1)$ и $\rho^{-1} \text{tg } \delta$, которые характеризуют любую породу в интервале изменения объемного веса $0 < \rho \leq 2 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, а кислые породы — во всем наблюдаемом для них интервале плотностей.

Научно-исследовательский радиофизический институт
Горький

Поступило
5 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. С. Троицкий, Астрон. журн., 39, 73 (1962). ² В. Д. Кротиков, Изв. высш. учебн. завед., Радиофизика, 5, 6, 1057 (1962). ³ В. Д. Кротиков, В. С. Троицкий, УФН, 81, 4, 589 (1963). ⁴ J. Malcolm, Campbell et al., The Electrical Properties of Rocks and their Significance for Lunar Radar Observations, N. Y., 1969. ⁵ В. И. Аксенов, М. Я. Бородин, Радиотехника и электроника, 1, 11, 1435 (1963). ⁶ В. С. Троицкий, Л. Н. Бондарь и др., Астрон. вестн., 3, 4, 191 (1969). ⁷ V. S. Troitskii, L. N. Bondar et al., Radio Sci., 5, № 2, 247 (1970).