*Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LI, вып. 3, 1970 г.*

# ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕЛИТРЫ ОТ ЕЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ

*Е. В. Жилкина, Е. С. Кричевский*

На электрофизические свойства материалов влияют многие факторы: влажность, температура, гранулометрический и химический составы и т. д. [1, 2]. Поэтому полный дифференциал, например, объемного сопротивления селитры можно представить в виде

$$dr_V = \frac{\partial r_V}{\partial W} dW + \frac{\partial r_V}{\partial T} dT + \frac{\partial r_V}{\partial \Gamma} d\Gamma + \frac{\partial r_V}{\partial X} dX + \ldots ,$$

где $r_V$ — объемное сопротивление; $W$ — влажность; $T$ — температура; $\Gamma$ — гранулометрический состав; $X$ — химический состав.

Аналогичные уравнения можно написать для емкости и тангенса угла диэлектрических потерь.

Если химический и гранулометрический состав постоянны, то при комнатной температуре преобладающее влияние на электрофизические параметры селитры оказывает влажность. Электрофизические свойства селитры исследовались в плоском восьмикольцевом конденсаторном датчике рассеянного поля. Ранее этот датчик уже успешно применялся во влагометрических системах, разработанных в Ленинградском горном институте. Влажность селитры определялась методом высушивания отобранных проб до постоянного веса ГОСТ 8063-56.

Полное объемное сопротивление пробы измерялось на постоянном токе электронным вольтомметром типа ВК7-9, на

переменном токе — измерителем полных проводимостей типа Е10-2 в диапазоне частот от 0,5 до 15 *мгц* (рис. 1).

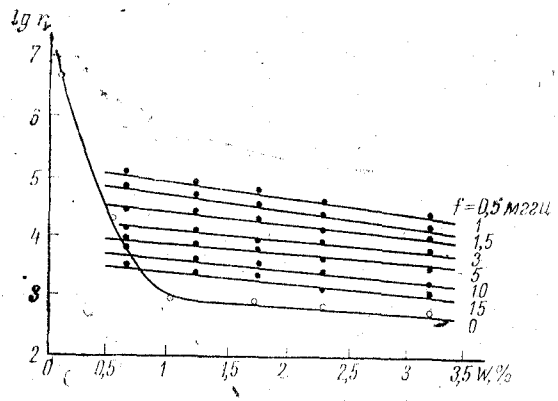



Рис. 1. Изменение объемного сопротивления при различных значениях влагосодержания.

Зависимость $r_V$ от влажности на постоянном токе нелинейна, кривая имеет два ярко выраженных участка: начальный, соответствующий малым значениям влажности (до 1%), где изменения сопротивления велики, и участок, соответствующий влажности более 1%, с ничтожно малой крутизной.

Кривые зависимости на переменном токе имеют экспоненциальный характер и описываются уравнением

$$r_V = Ae^{-B(W-W_0)},$$

где $A$ и $B$ — постоянные; $W_0$ — начальное значение влажности.

В слабых переменных полях материалы характеризуются двумя основными параметрами [1, 3]: диэлектрической проницаемостью $\varepsilon$ и диэлектрическими потерями (тангенсом угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$). Практически для определения влажности более удобно измерять емкость, которая прямо пропорциональна проницаемости.

Частотные зависимости емкости $C$ датчика с материалом снимались прибором типа Е10-2 в диапазоне от 0,5 до 15 *мгц* (рис. 2). В диапазоне частот 0,5—1,5 *мгц* зависимость нелинейна, ее можно описать степенным уравнением

$$C = aW^b,$$

где $a$ и $b$ — постоянные.

При значениях частот свыше 3 *мгц* кривые близки к линейным и описываются уравнением прямой

$$C=A+B(W-W_0).$$

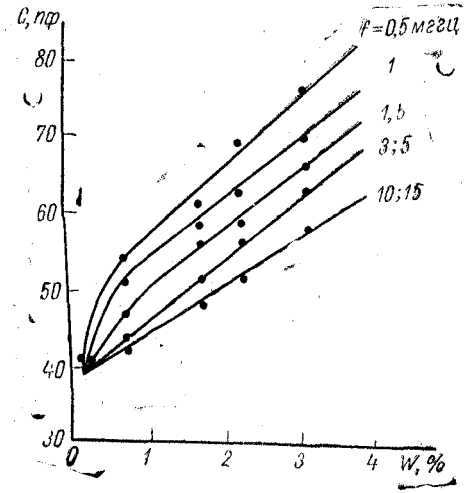



Рис. 2. Зависимость емкости от влагосодержания

Значения тангенса угла диэлектрических потерь селитры вычислены по соотношению [3]

$$\operatorname{tg}\delta=\frac{1}{\omega r(C-C_д)},$$

где $r$ — активное сопротивление пробы; $C_д$ — емкость пустого датчика; $\omega$ — угловая частота.

Как показывают расчеты (рис. 3), зависимость $\operatorname{tg}\delta$ от $W$ линейна при частоте 0,5 *мгц*.

Зависимости объемного сопротивления от температуры при постоянном токе, а также емкости от температуры при переменном снимались плоским конденсаторным датчиком, состоящим из двух латунных электродов, из которых один съемный. Датчик с селитрой вводился в сушильный шкаф. Температура измерялась хромель-копелевой термопарой; объемное

сопротивление — вольтомметром типа ВК7-9; емкость — измерителем емкости типа ГИЕ-1. В результате эксперимента получены следующие зависимости указанных параметров от температуры:

| $T$, °С | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $r_V 10^6$, *ом* | 0,76 | 0,68 | 0,644 | 0,391 | 0,22 | 0,20 |
| $C$, *пф* | 45,1 | 45,7 | 46,35 | 48,6 | 53,8 | 59,1 |

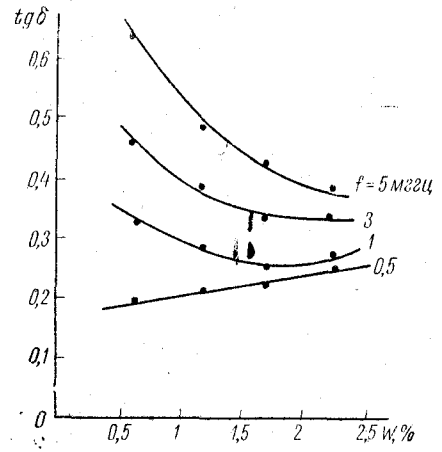



Рис. 3. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от влагосодержания

В пределах от 0 до 100° С объемное сопротивление уменьшается почти в три раза. Величина температурного коэффициента $\alpha_r$ непостоянна. Однако в интервале от 0 до 40° С оно изменяется незначительно $\left(\alpha_r = \frac{\Delta r}{r_V \Delta T} = 0{,}0033\right)$. Емкость образца с повышением температуры увеличивается. При $0 < T < 40$ изменение емкости незначительно $\left(\alpha_c = \frac{\Delta C}{C \Delta T} = 0{,}0014\right)$.

## Выводы

1. Зависимости объемного сопротивления пробы селитры от влажности на постоянном и переменном токе нелинейны. Поэтому использовать их для построения влагометрической системы нецелесообразно.

2. При значениях частоты свыше 3 *мгц* зависимость емкости от влажности линейна.

3. На результаты измерения влажности температура до 40° С влияет незначительно. При температуре свыше 40° С в результате измерений нужно вводить поправки.

4. Для построения влагометрической системы для селитры целесообразно использовать зависимости емкости от влажности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Деккер А. Физика электротехнических материалов. Госэнергоиздат, 1962.

2. Кричевский Е. С. Влагомер для апатитового концентрата. «Обогащение руд», № 5, 1965.

3. Хиппель А. Диэлектрики и волны. Изд-во иностр. литер., 1954.