

# Комплексная диэлектрическая проницаемость воды.

выполнена  
студентом группы ФРМ-602-О  
Шестаковым И. Г.  
Научный руководитель:  
Доктор физико-математических  
наук, профессор П.П. Бобров

Цель работы: Провести эксперимент и сравнить результаты с расчётами по модели.

# Модель Дебая

$$\dot{\varepsilon} = \varepsilon' - j\varepsilon'' = \varepsilon_{\infty} + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_{\infty}}{1 + j2\pi\tau f} - j \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0 f}$$

$\varepsilon_0$  - диэлектрическая проницаемость вакуума;

$f$  - частота электромагнитного излучения;

$\tau$  - время релаксации молекулы воды;

$\sigma$  - ионная проводимость;

$\varepsilon_{\infty}$  - оптическая диэлектрическая проницаемость;

$\varepsilon_s$  - статическая диэлектрическая проницаемость.

# Сравнение экспериментальных данных с расчётами по модели для дистиллированной воды

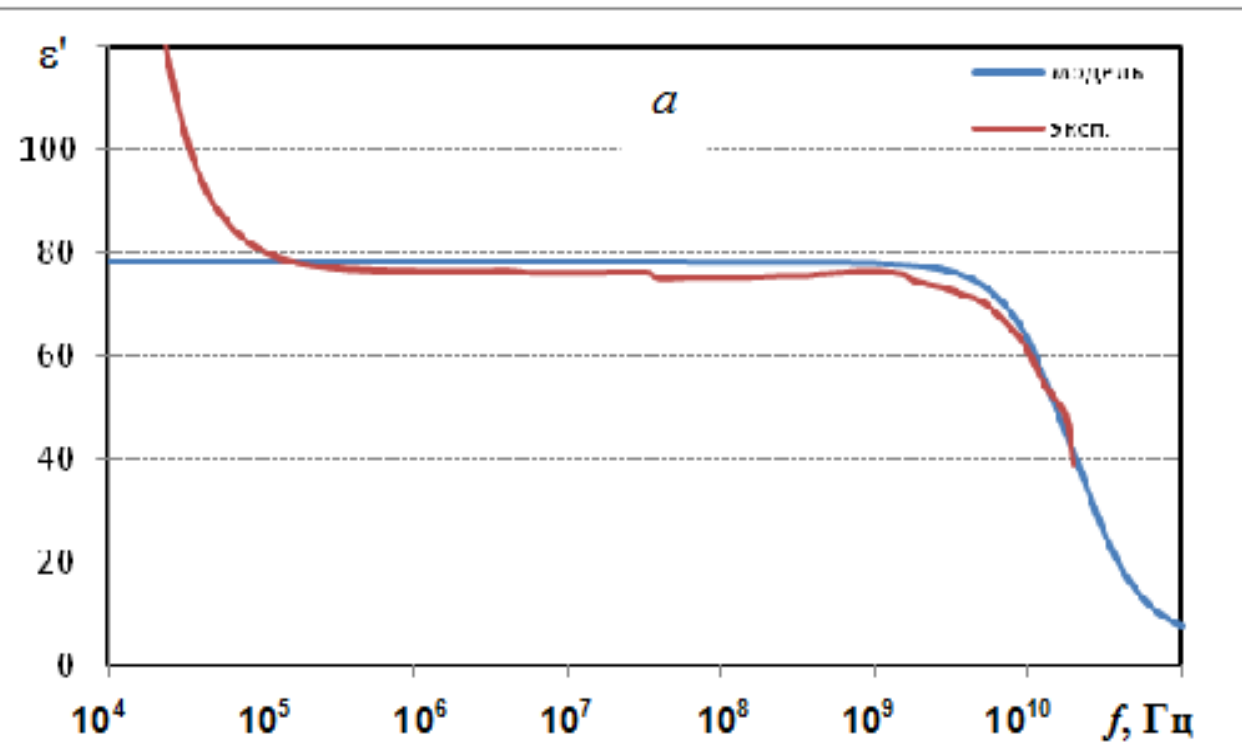


Рис. 1а. Действительная часть КДП

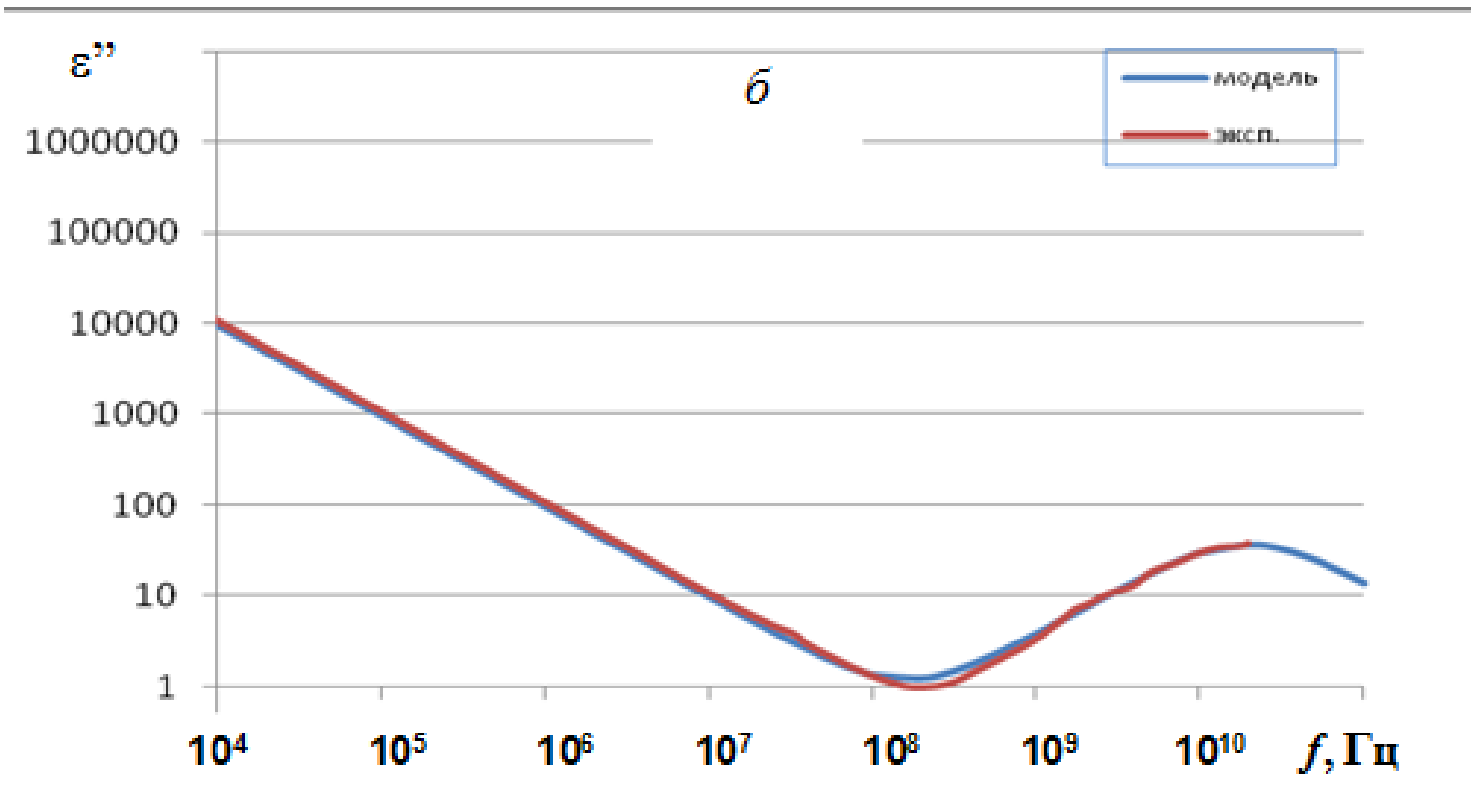


Рис.16. мнимая часть КДП

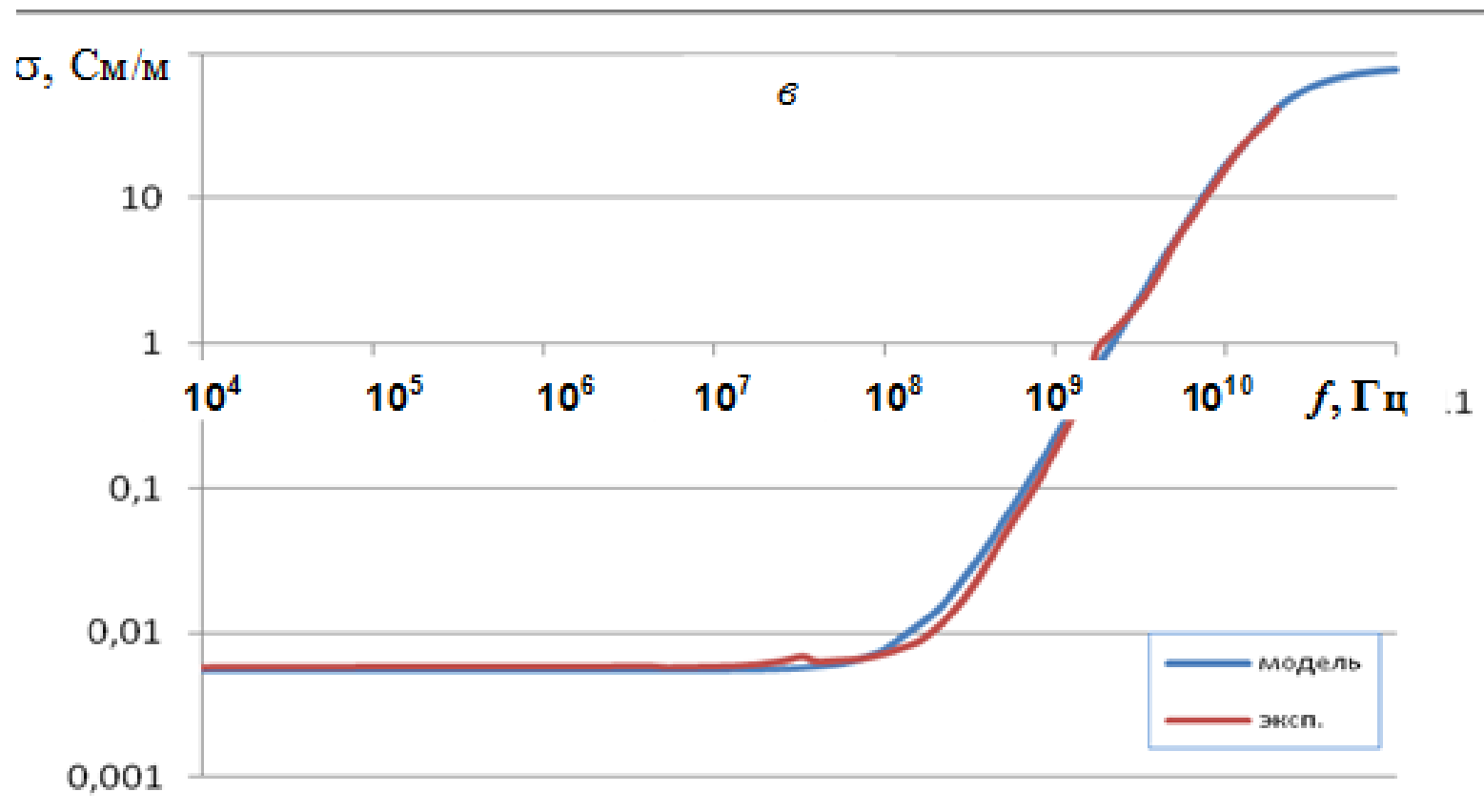


Рис.1в. удельная проводимость

# Сравнение экспериментальных данных с расчётами по модели для воды солёностью 4 г/л

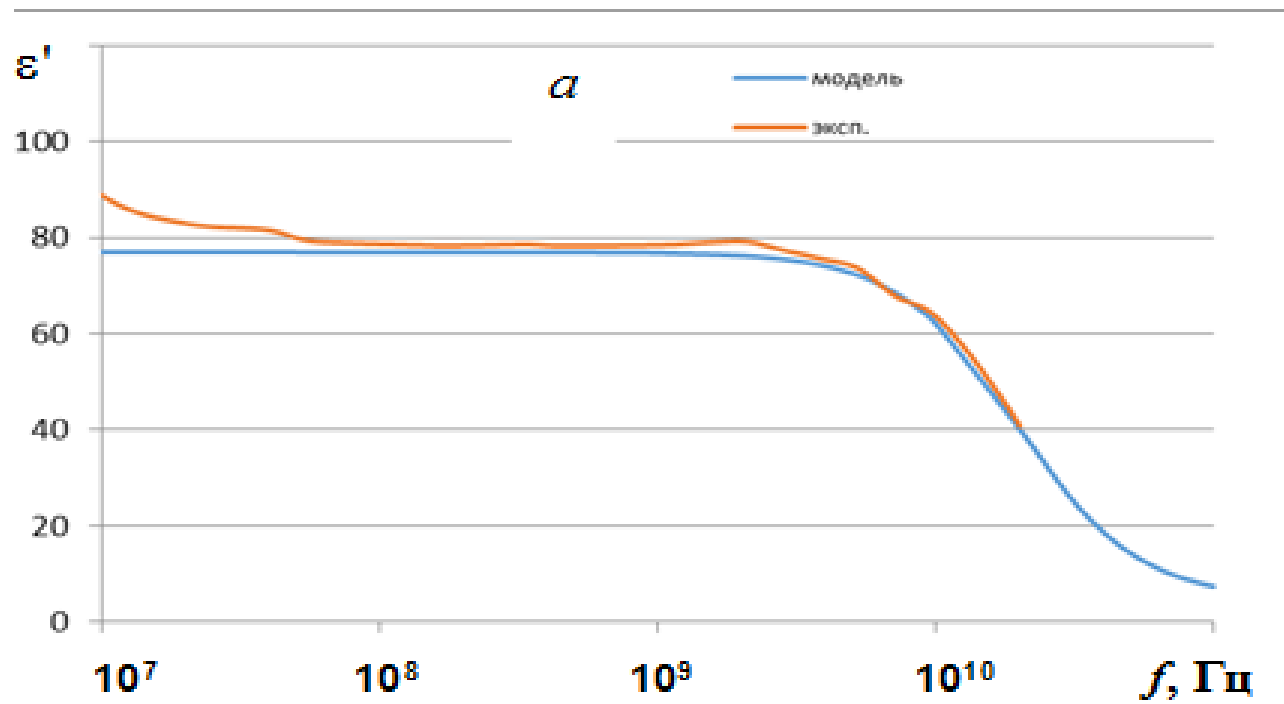


Рис. 2а. действительная часть КДП

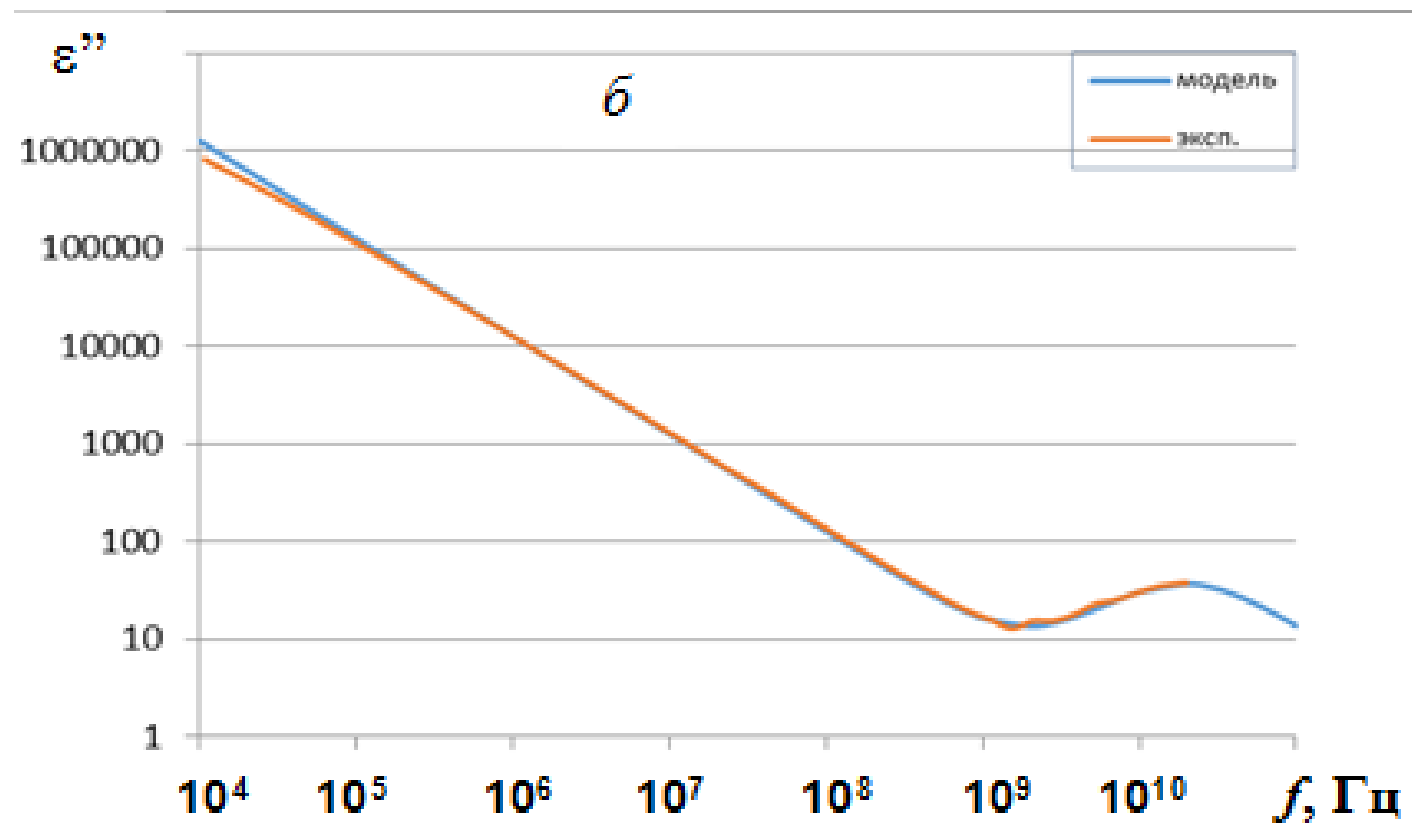


Рис.2б. мнимая часть КДП



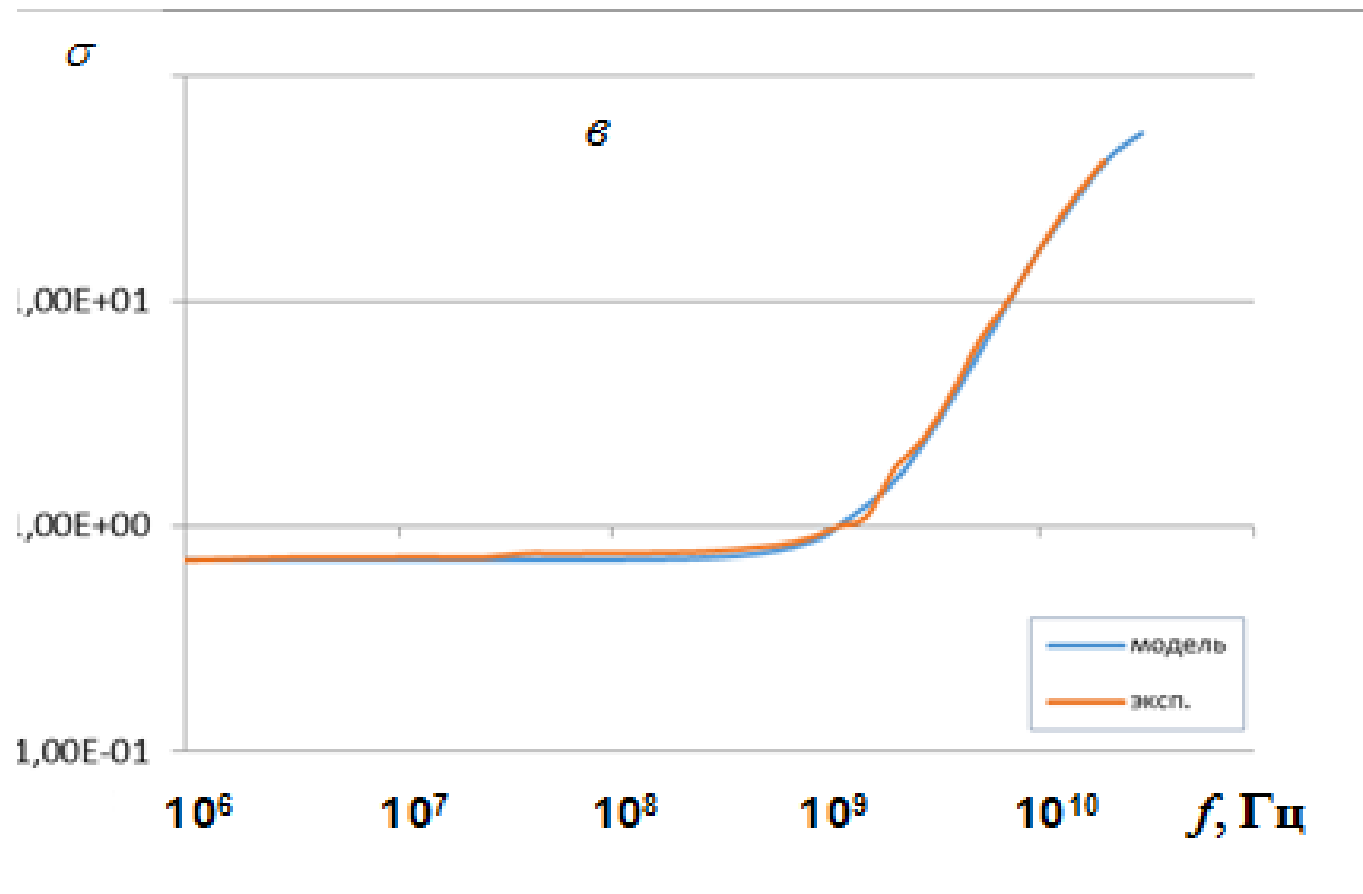


Рис.2в. Удельная проводимость

# Сравнение экспериментальных данных с расчётами по модели для воды солёностью 17 г/л

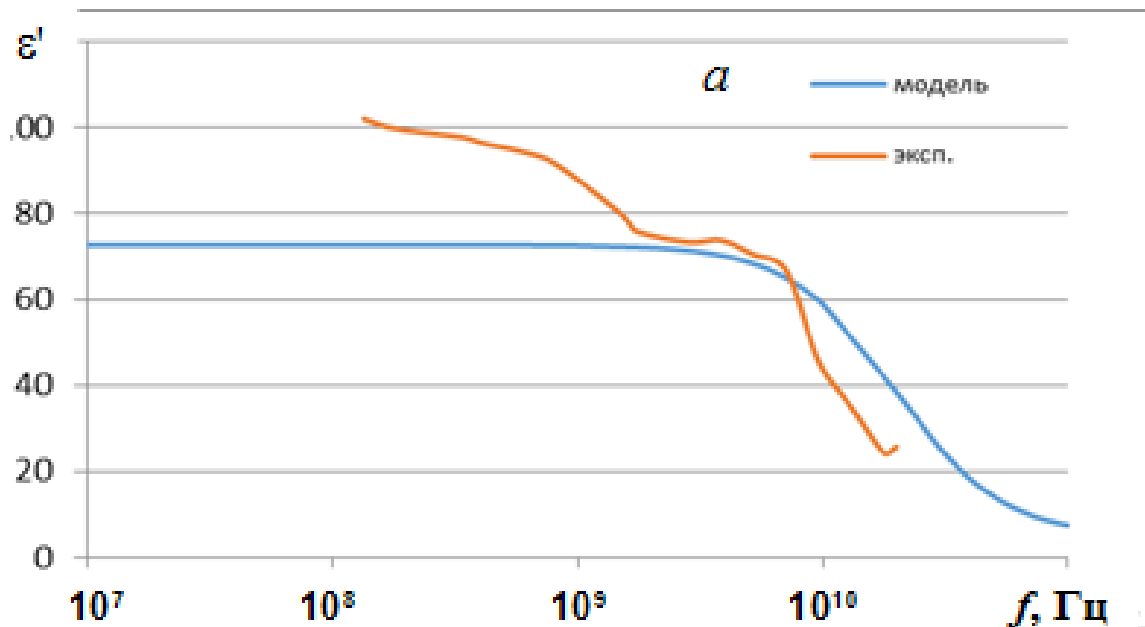


Рис. За. действительная часть КДП

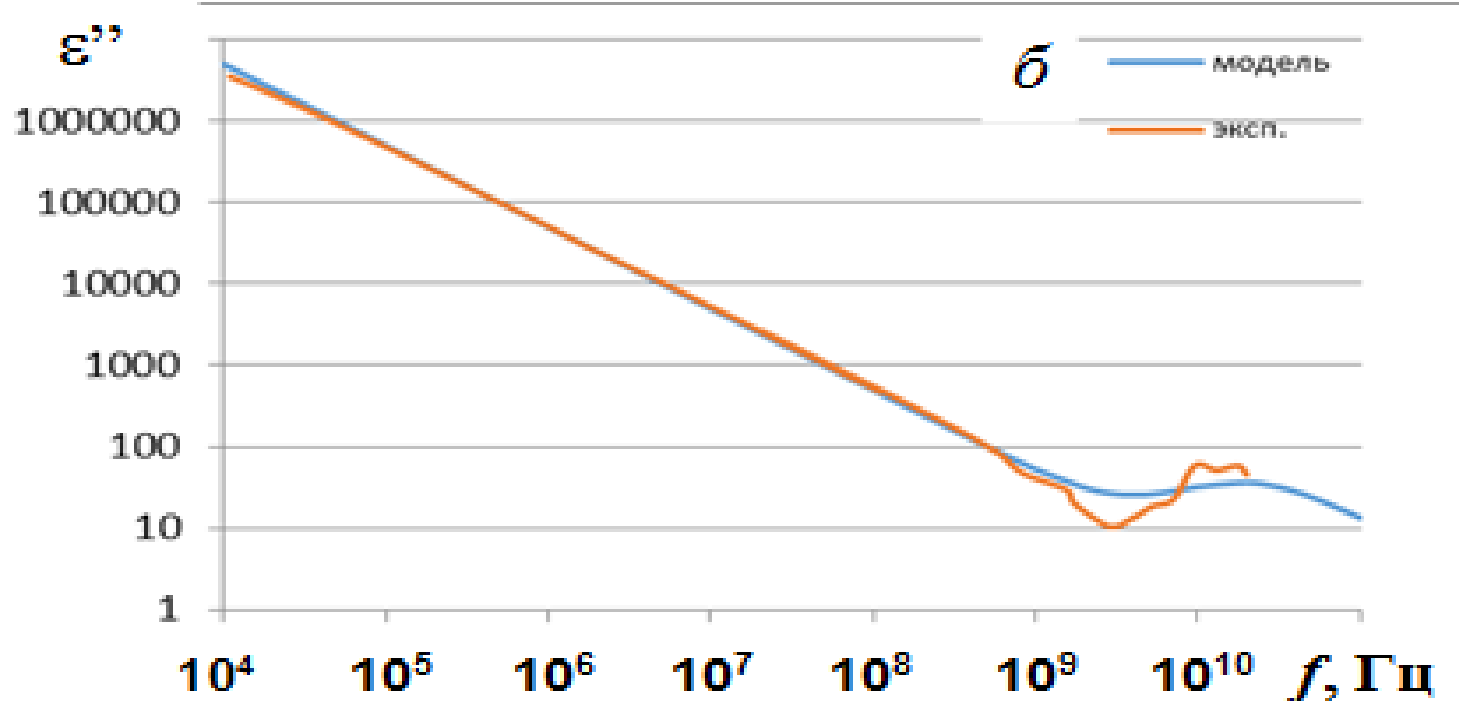


Рис.36. мнимая часть КДП

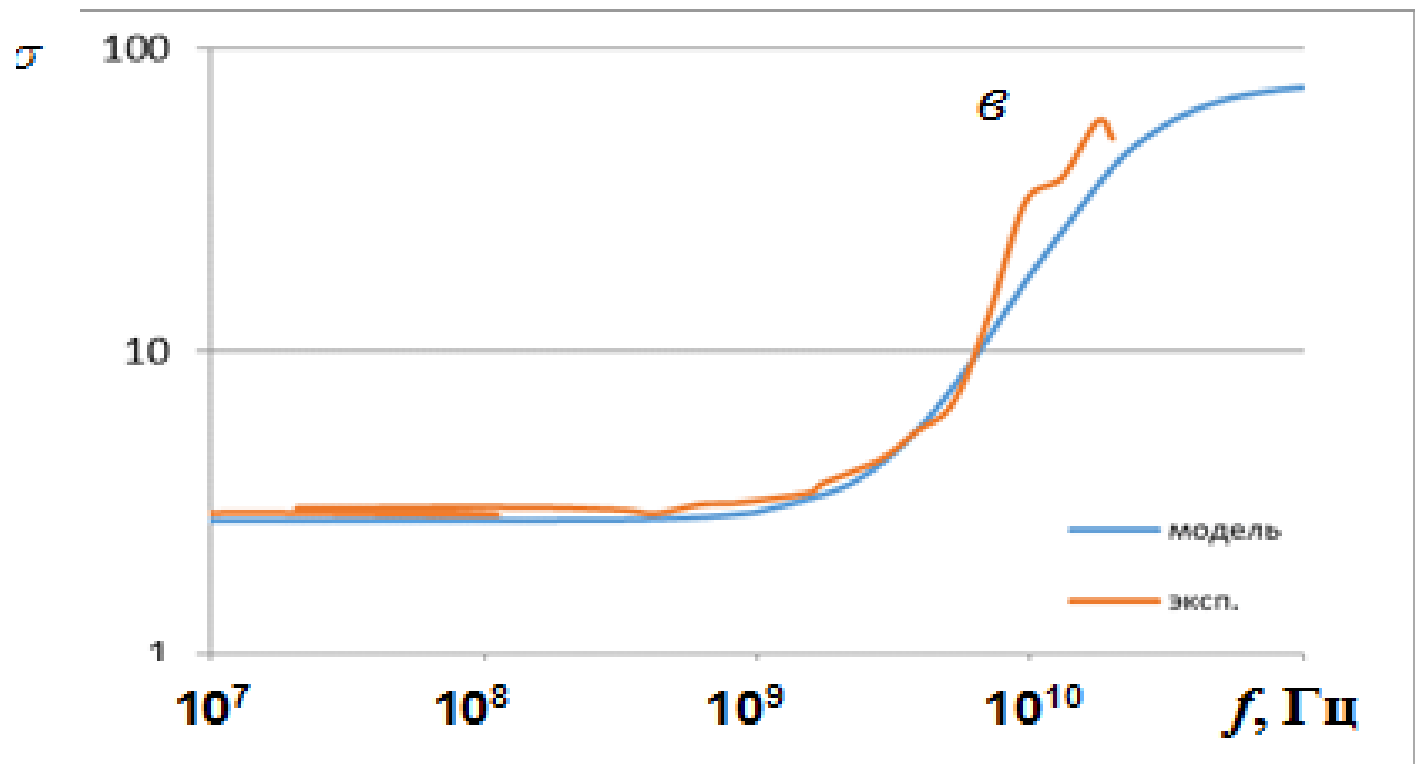


Рис.3в. Удельная проводимость

# Заключение

Проведенные нами экспериментальные измерения комплексной диэлектрической проницаемости воды (КДП) с разной степенью засоления в широком частотном диапазоне показали, что при увеличении солёности возрастает частота, на которой действительная часть КДП определяется с удовлетворительной точностью. На низких частотах вследствие слабого влияния реактивной части импеданса измерительной ячейки (по сравнению в активной частью) получаются существенно завышенные значения действительной части КДП.

# Список литературы

- 1. A. I. Al-Shammaa, A. Shaw, and S. Saman, "Propagation of electromagnetic waves at mHz frequencies through seawater," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 52, no. 11, pp. 2843–2849, Nov. 2004.
- 2. Е.А. Шарков Радиотепловое дистанционное зондирование Земли: физические основы // ИКИ РАН, 2014.- 544 с.
- 3. Somaraju R., Trumpf J. Frequency, temperature and salinity variation of the permittivity of Seawater// *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. 2006. Vol. 54. № 11. P. 3441 – 3448.
- 4. Stogryn A. Equations for calculating the dielectric constant of saline water // *IEEE Trans. Microwave Theory Techn.* 1971. Vol. 19. P. 733–736.
- 5. Klein L. A., Swift C. T. An improved model for the dielectric constant of sea water at microwave frequencies // *IEEE J. Oceanic Eng.* 1977. Vol. OE-2. P. 104–111.
- 6. Rusiniak L. Electric properties of water. New Experimental Data in the 5 Hz – 13 MHz Frequency Range // *Acta Geophysica Polonica*. 2004. Vol. 52. №. 1. P. 63–76.
- 7. Behzadi G., Fekri L. Electrical Parameter and Permittivity Measurement of Water Samples Using the Capacitive Sensor // *International Journal of Water Resources and Arid Environments*. 2012. Vol. 2. № 1. P. 36-45.
- 8. J. Baker-Jarvis, M. D. Janezic, J. S. Grosvenor, R. G. Geyer, *Transmission/Reflection and Short-Circuit Methods for Measuring Permittivity and Permeability*, NIST Technical Note 1355-R, December 1993

*Спасибо за внимание*