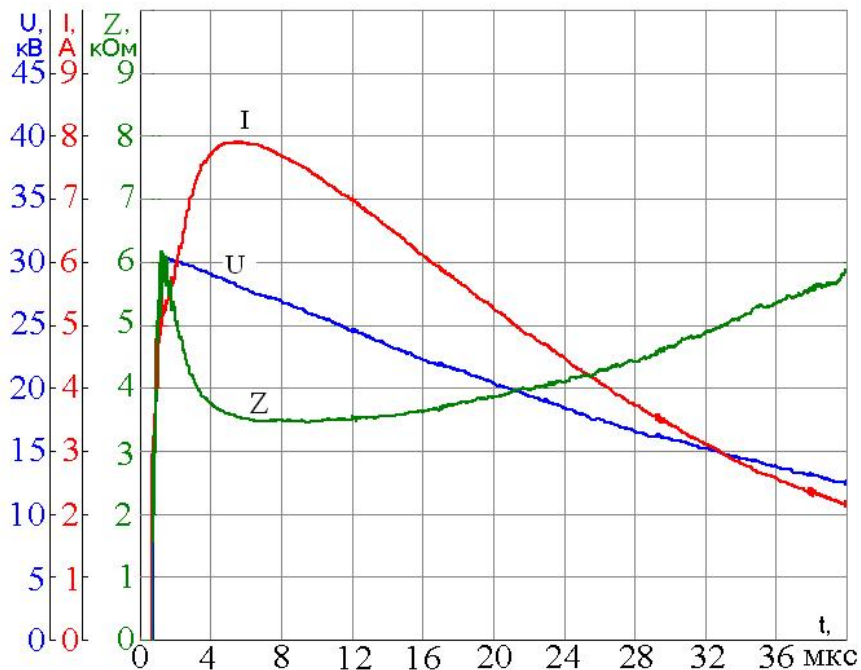


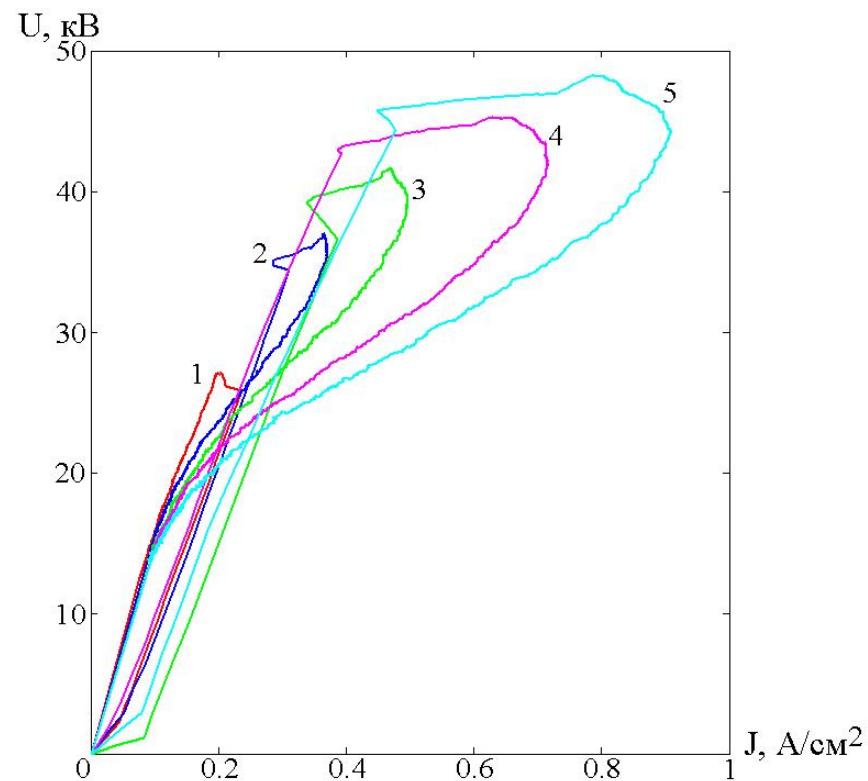
# **ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИМПУЛЬСНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ**

А.Н. Данилин  
В.В. Ивонин

## Импульсные характеристики сосредоточенных электродов

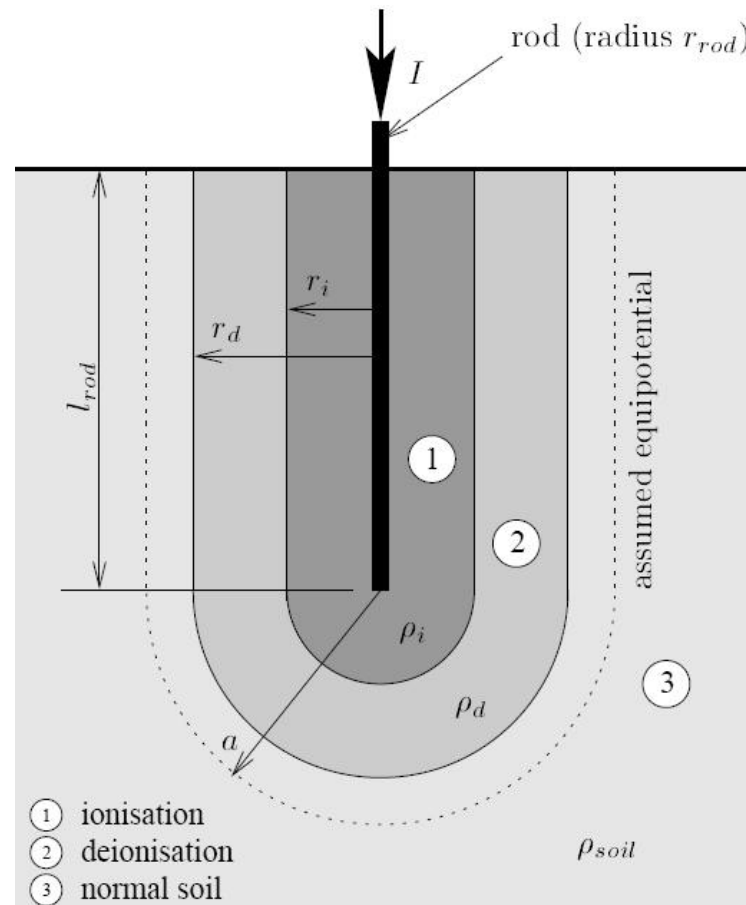
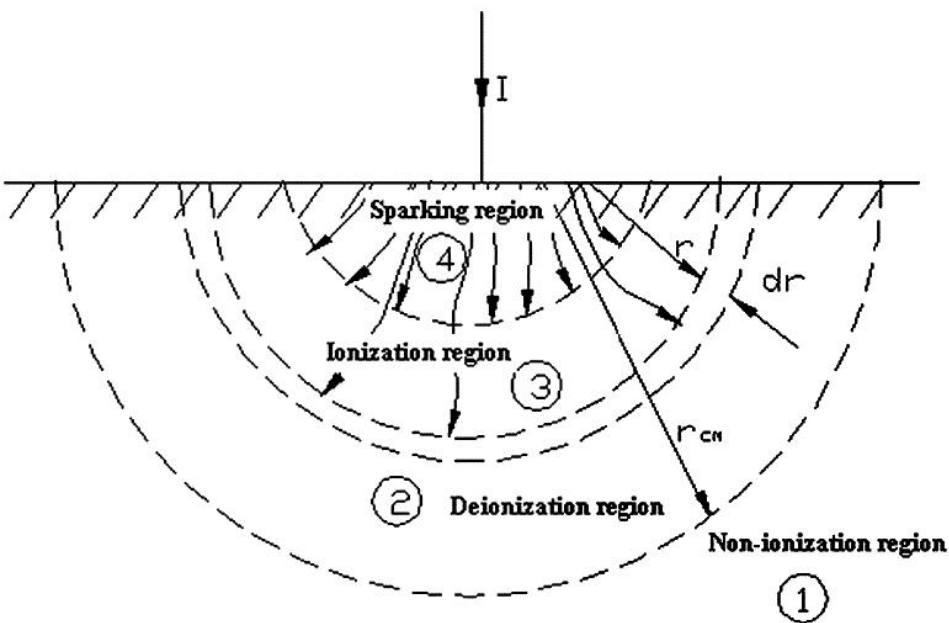


Осциллограммы напряжения  $U$ , тока  $I$  и расчетного динамического сопротивления  $Z=U/I$ .



Вольт-амперные характеристики увлажненного кварцевого песка при разных амплитудах импульса напряжения. 1 – 28 кВ, 2 – 37 кВ, 3 – 42 кВ, 4 – 45 кВ, 5 – 48 кВ.

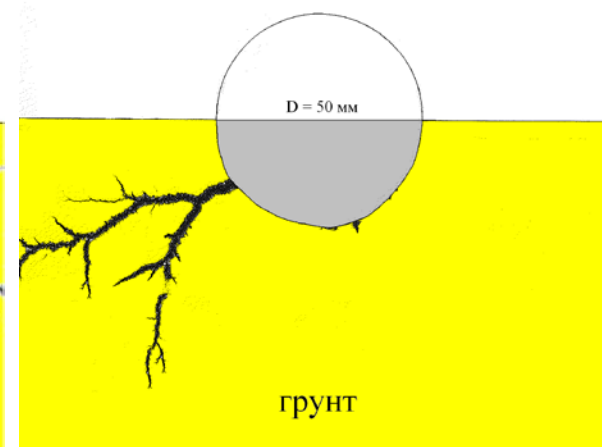
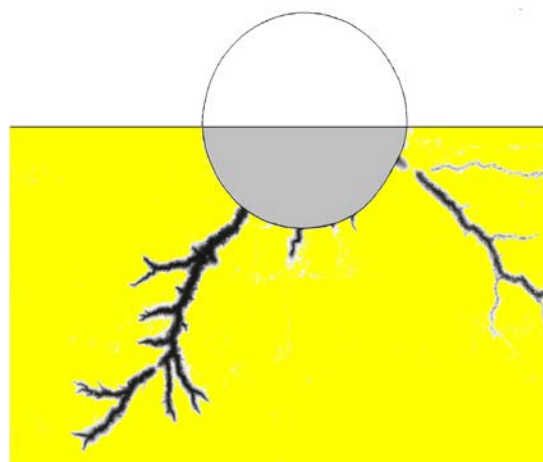
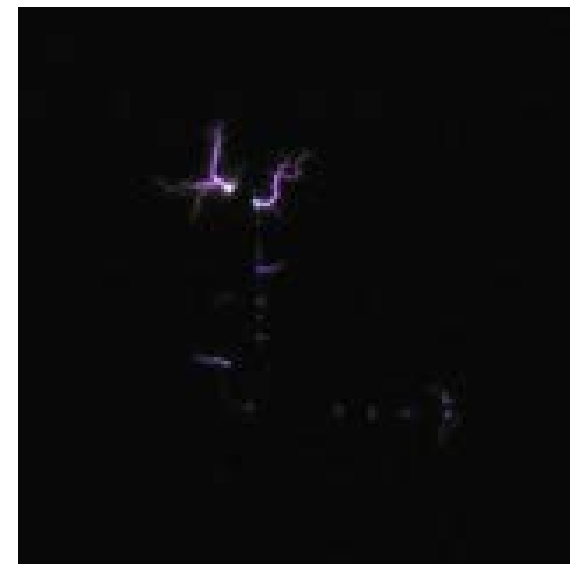
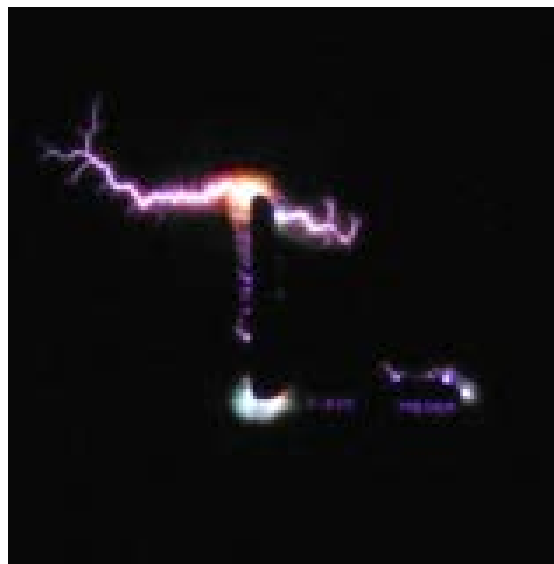
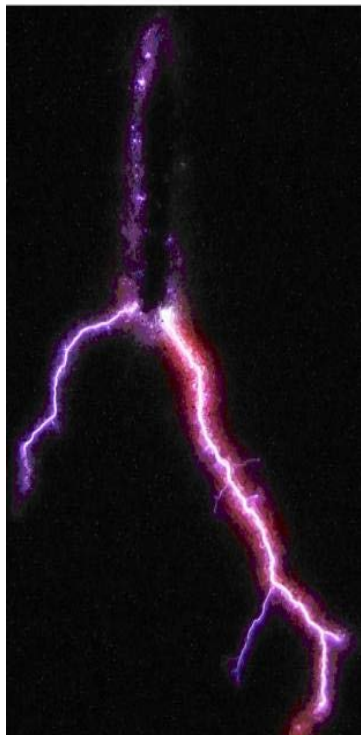
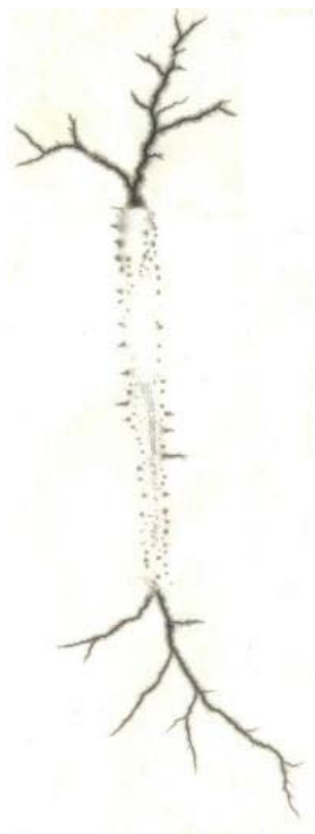
# Динамические модели нелинейных процессов в грунтах



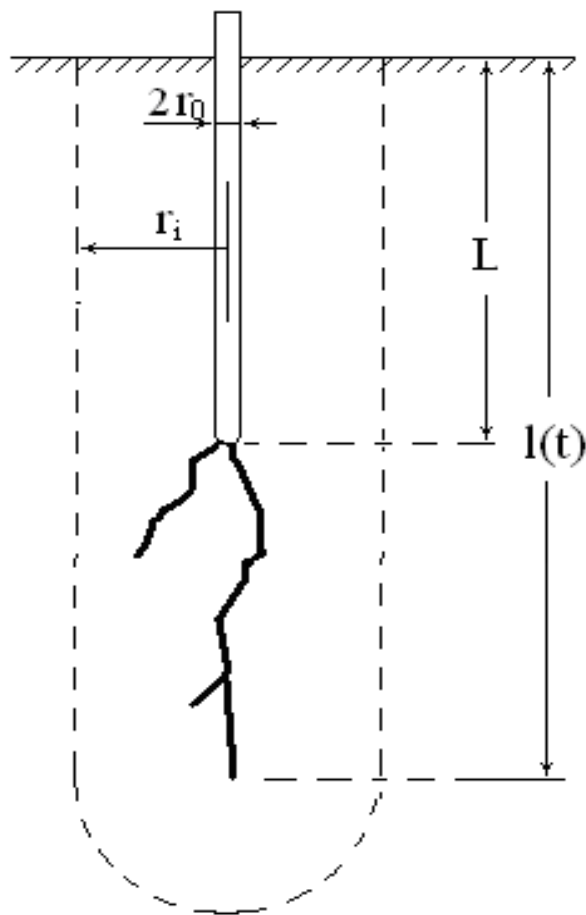
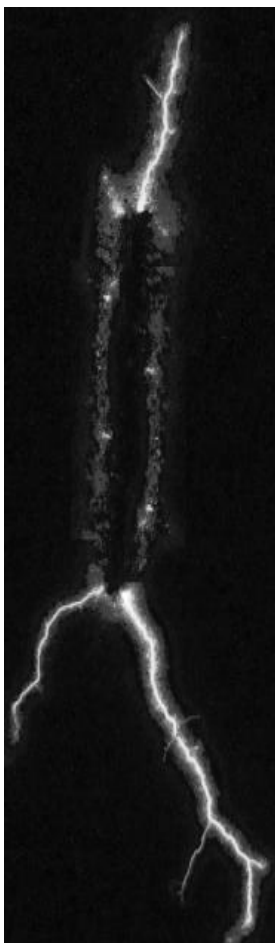
Допущения:

1.  $E > E_{кр}$
2. Наличие нескольких зон.
3. Искровые каналы образуют сплошную искровую зону.
4. Искровая зона развивается симметрично вокруг всего электрода.

# Фотографии искровых каналов в грунтах



# Разработанная математическая модель нелинейных процессов в грунтах



Допущения:

1.  $E > E_{кр}$
2. Искровые каналы образуются в месте наибольшего значения  $E$ .
3. Удельное сопротивление плазмы равно нулю.

Стадия нарастания:

$$0 \leq t \leq \tau_m$$

$$R(t) = \int_{r_0}^{r_i} \frac{\rho_0 e^{-t/\tau_1} dr}{2\pi \cdot r^2 + 2\pi \cdot r \cdot l(t)} + \int_{r_i}^{\infty} \frac{\rho_0 dr}{2\pi \cdot r^2 + 2\pi \cdot r \cdot l(t)}$$

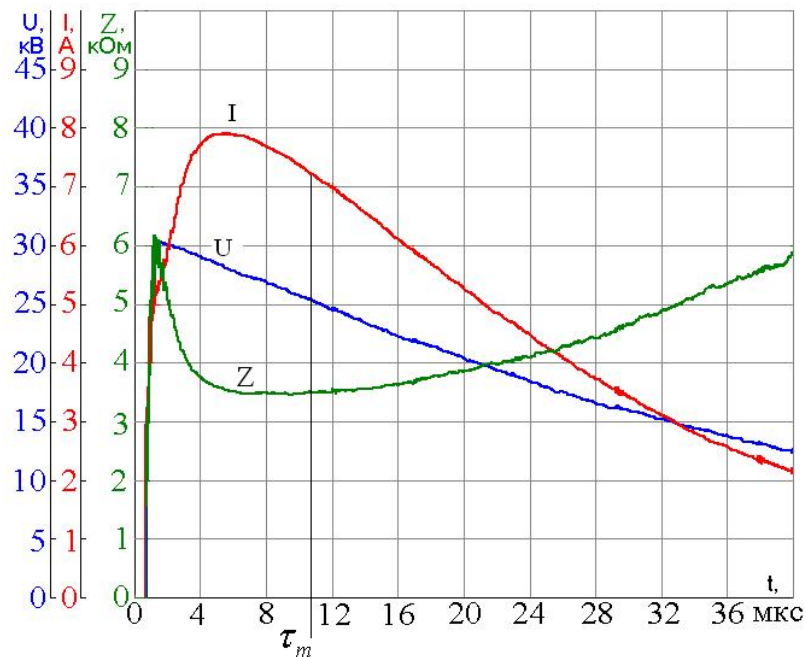
$$l(t) = L + nM (1 - e^{-\alpha \cdot t / \tau_m})$$

Стадия затухания:

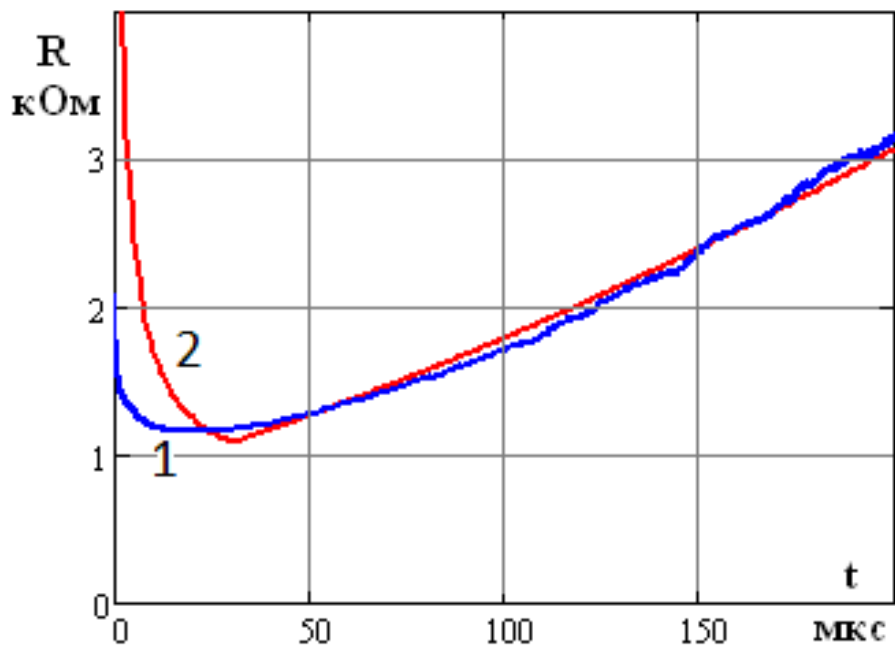
$$t > \tau_m$$

$$R(t) = \int_{r_0}^{r_i} \frac{\rho_0 (1 - e^{-t/\tau_2}) dr}{2\pi \cdot r^2 + 2\pi \cdot r \cdot l(t)} + \int_{r_i}^{\infty} \frac{\rho_0 dr}{2\pi \cdot r^2 + 2\pi \cdot r \cdot l(t)}$$

$$l(t) = L + nM \cdot e^{-\beta \cdot t / \tau_m}$$



## Результаты расчетов



Расхождения результатов расчетов  
импульсного сопротивления  
с экспериментальными данными  
составляет 5 %.

Кривые динамического сопротивления  
сосредоточенного электрода:

- 1 – экспериментальные данные,
- 2 – результаты моделирования