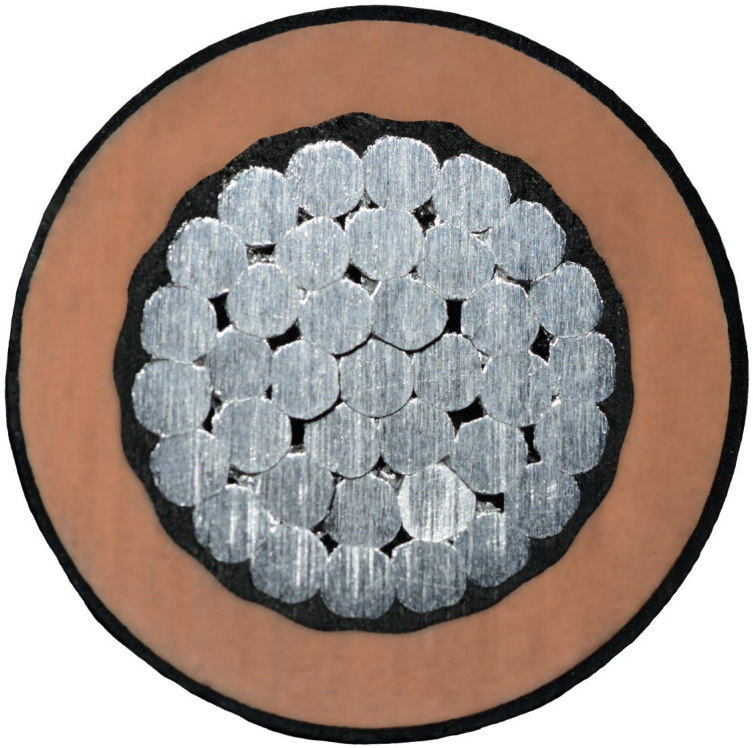
ОАО «ВНИИКП»

ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

в рамках 16-й Международной выставки Cabex 2017

21-22 марта 2017 г.
Москва, КВЦ «Сокольники»

# Сравнительный анализ электрических характеристик кабелей среднего напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена и этилен-пропиленовой резины




***Шувалов М.Ю.,*** д.т.н.,
заведующий отделением

***Каменский М.К.***, к.т.н.,
зам. заведующего отделением

***Овсиенко В.Л.***, к.т.н.,
зам. заведующего отделением
- заведующий лабораторией

ОАО «ВНИИКП»

# Сравнительные характеристики кабелей с сшитой полимерной изоляцией (СПЭ) и этиленпропиленовой изоляцией (ЭПР)

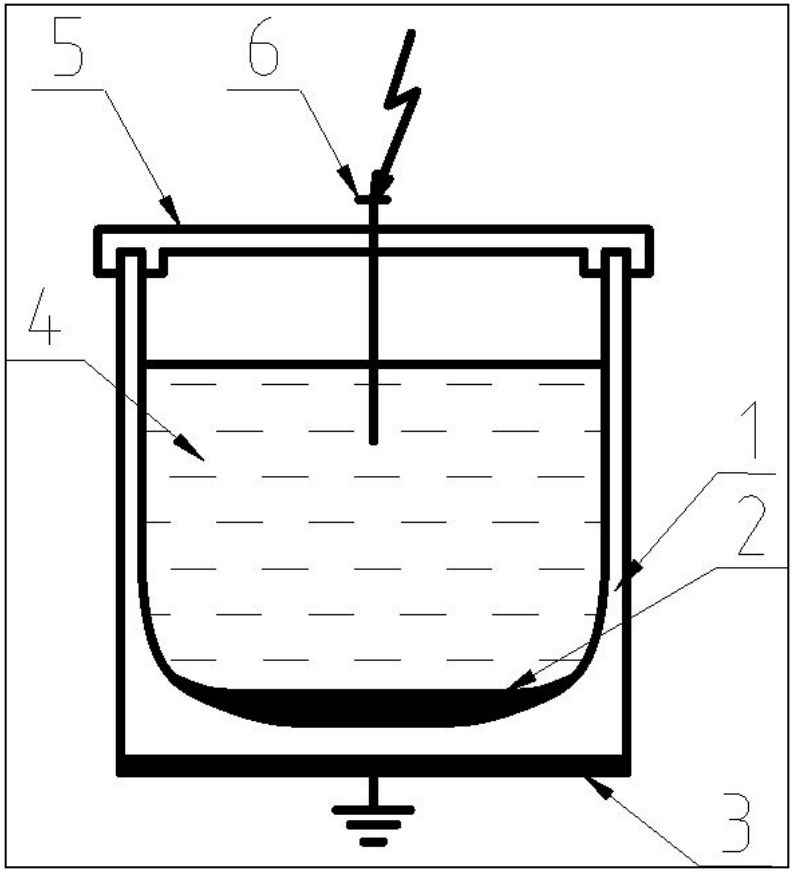
ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

| Характеристики | СПЭ | ЭПР |
|---|---|---|
| Температура жилы при работе в номинальном режиме, °С | 90 | 90 (до 105) |
| Температура жилы при перегрузке, °С | 105-110 | 105-110 (до 140) |
| Нераспространение горения | Удовлетворительное (в оболочках типа «нг») | Хорошее |
| Водный триинг (древовидные трещины в структуре изоляции при попадании воды на ее поверхность) | Средняя устойчивость | Хорошая устойчивость |
| Применение в сетях с изолированной нейтралью (триингостойкость) – стойкость к разрушению при КЗ | Плохая | Хорошая К(1,1) и К (2) |
| Применение во взрывоопасных зонах | Нет (п.7.3.102 ПУЭ) | Да |

[1] Жданов Ю. С. Применение этиленпропиленовой резины в кабельной технике / Ю. С. Жданов, О. А. Попов // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. - , 2014. - № 10. - С. 70-78.

## Чашка Роговского-

-объект для испытания электроизоляционных систем на стойкость к электрохимическому старению.




1 – «чашка» из диэлектрика, выполненная по профилю электрода Роговского;
2 – верхний электропроводящий экран;
3 – нижний электропроводящий экран;
4 – электролит;
5 – крышка из диэлектрика;
6 – высоковольтный электрод.

ОАО «ВНИИКП»

# Образцы для испытания на ускоренное старение («чашки Роговского»), рекомендованные СИГРЭ

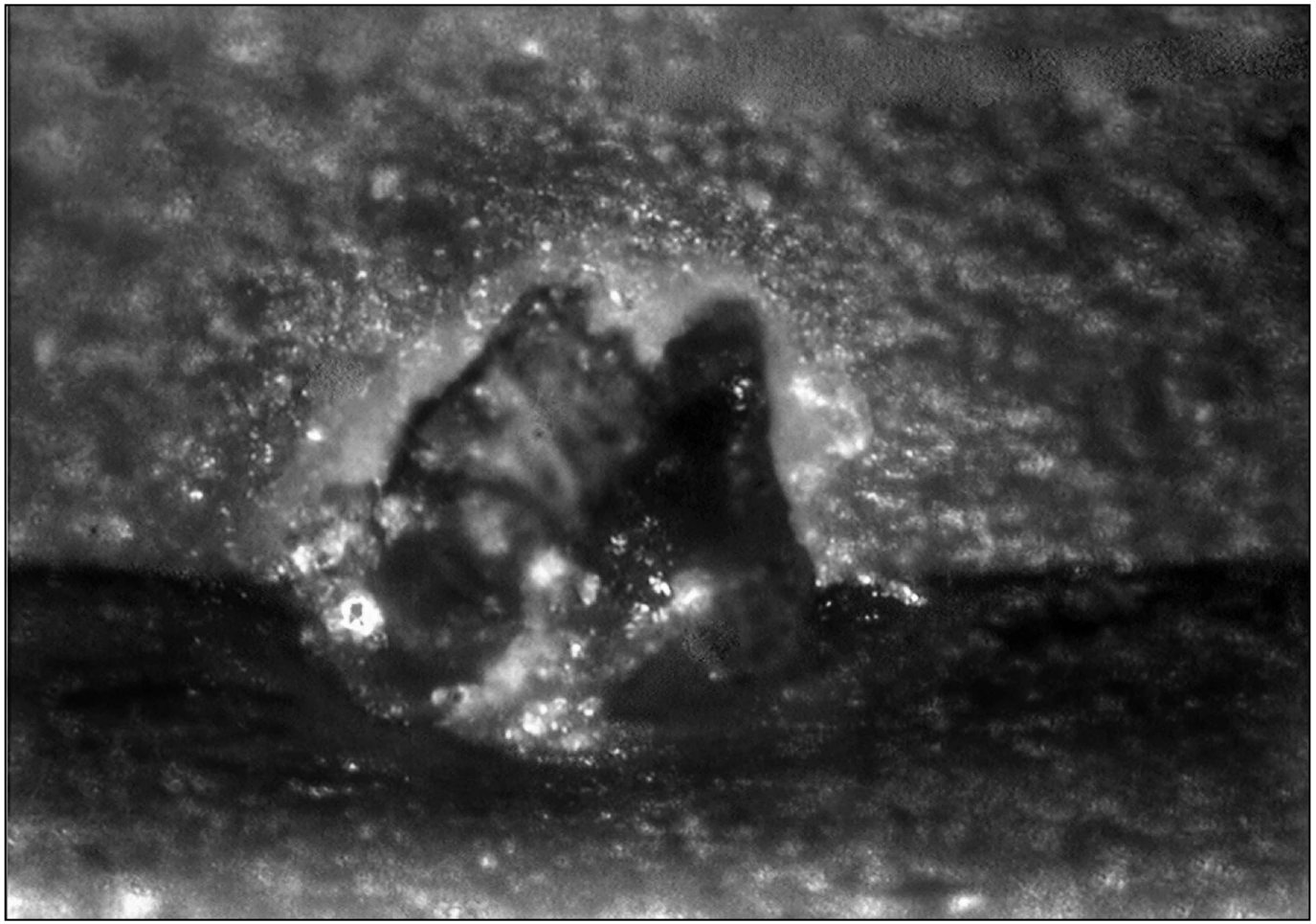
ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

ОАО «ВНИИКП»

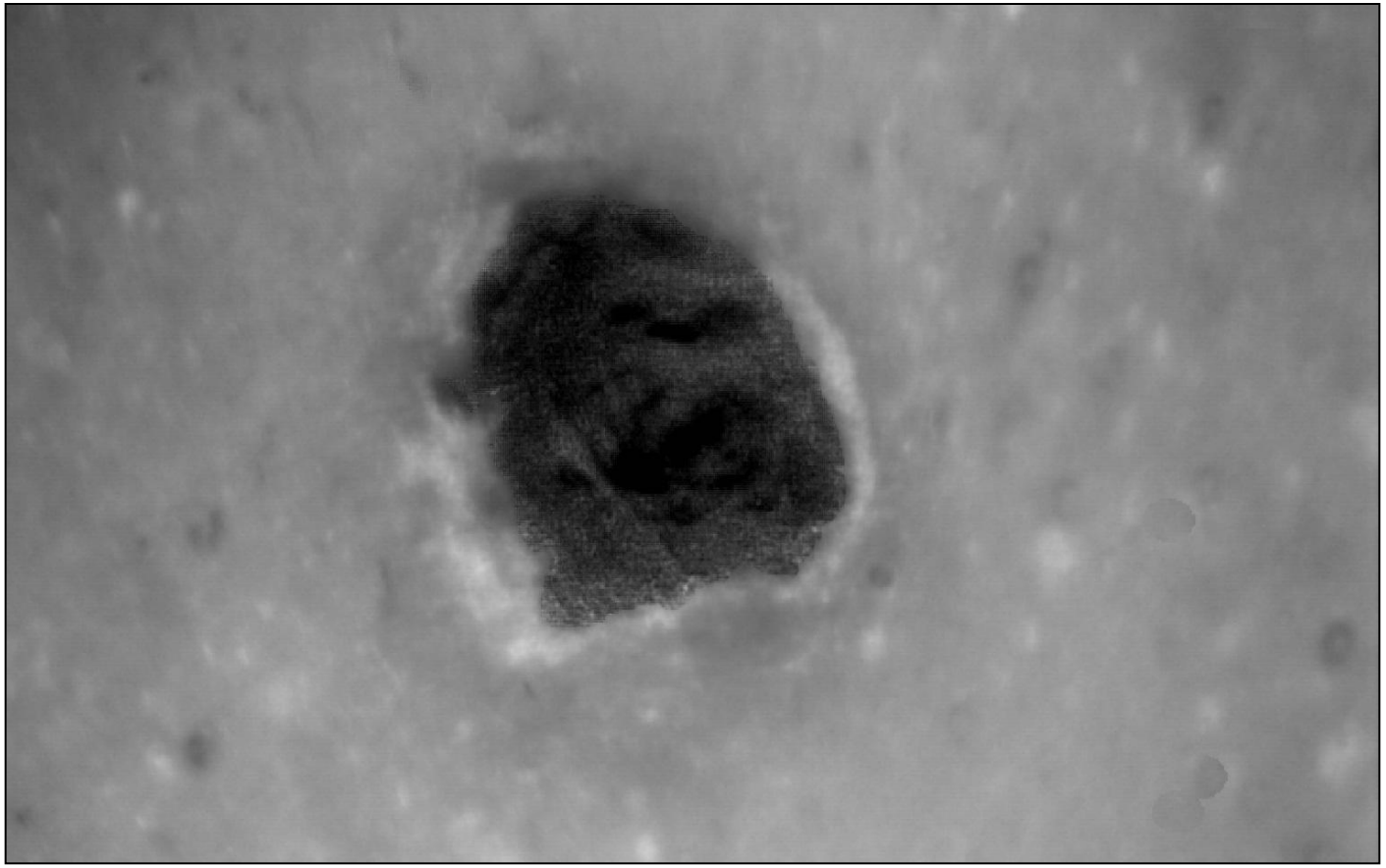
# Сравнение электрической прочности кабелей среднего напряжения и испытательных объектов, изолированных триингостойким сшитым полиэтиленом (СПЭ) и этилен-пропиленовой резиной (ЭПР)

ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

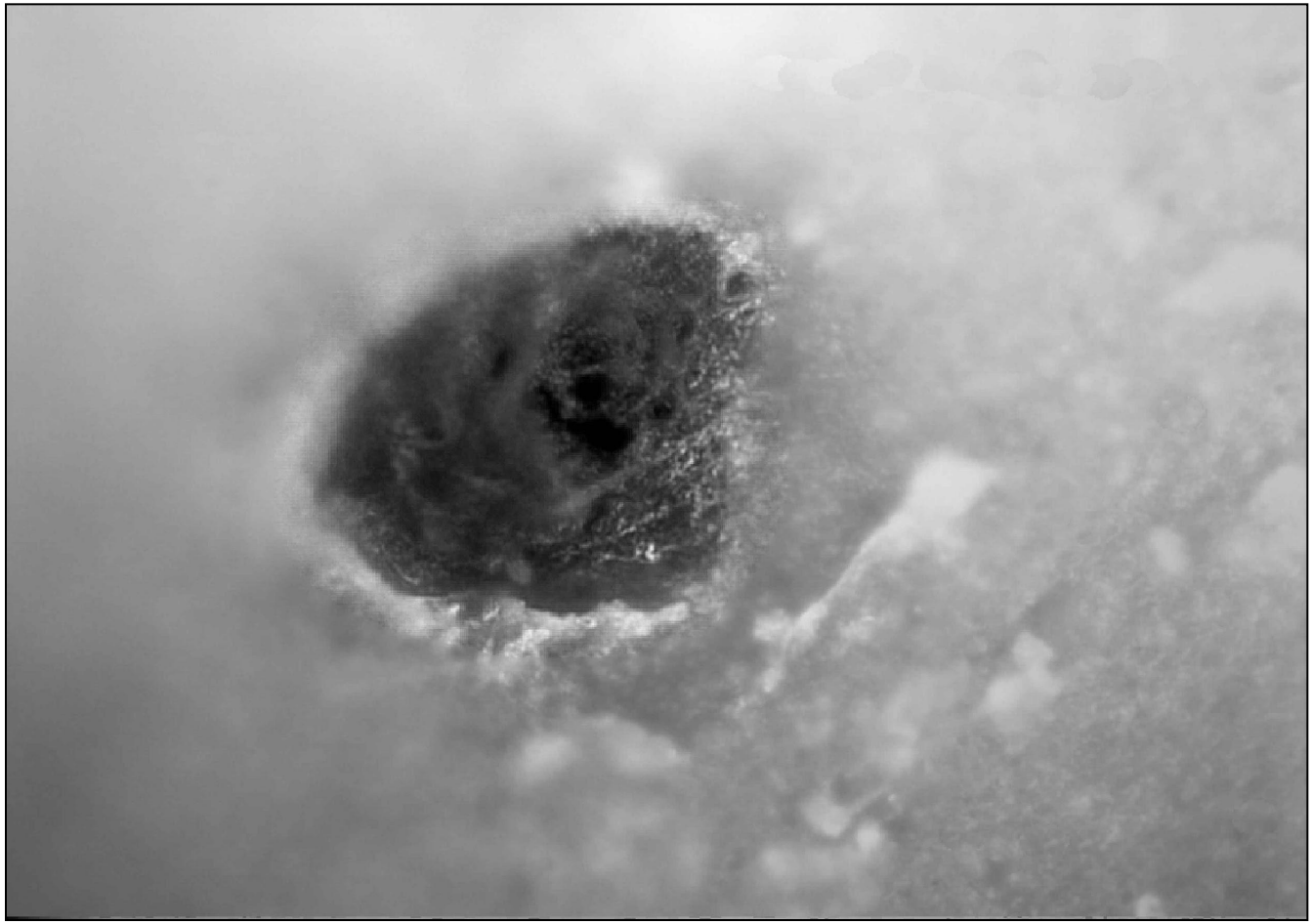
| Объект/показатель | СПЭ | ЭПР |
|---|---|---|
| Электрическая прочность «чашек Роговского» в исходном состоянии (Eпр, кВ/мм, параметр масштаба распределения Вейбулла) | >100 | 75-80 |
| Требования ГОСТ 55025-2012 к электрической прочности кабелей в исходном состоянии (n·Uo) | Не менее 25·Uo | - |
| Фактическое значение пробивного напряжения кабелей на номинальное напряжение 10кВ (Uпр, кВ) | ≥180 | 120÷132 |
| Фактическое значение электрической прочности кабелей на номинальное напряжение 10кВ (Eпр, кВ/мм) | ≥65÷70 | 39÷43 |



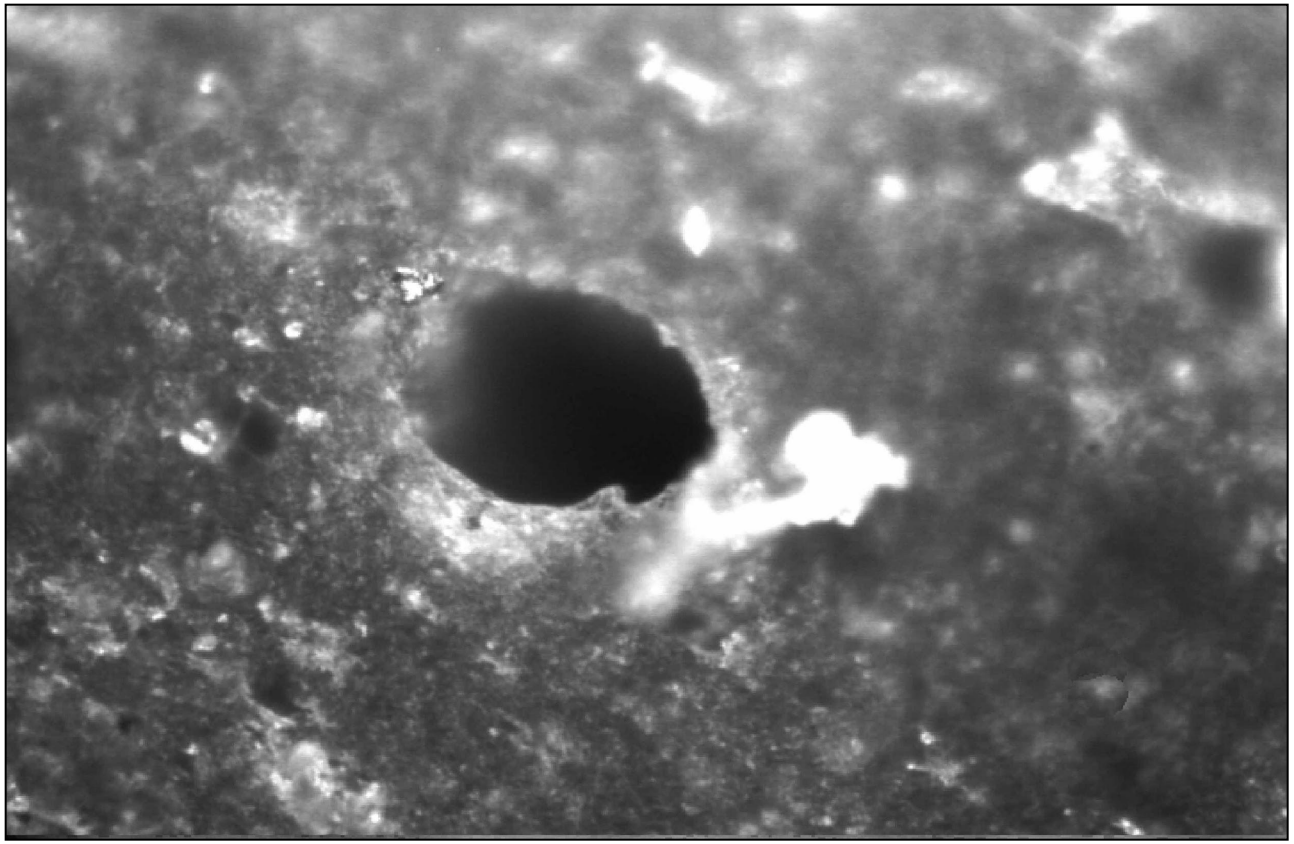
Выступ электропроводящего экрана в изоляцию



Инородное включение



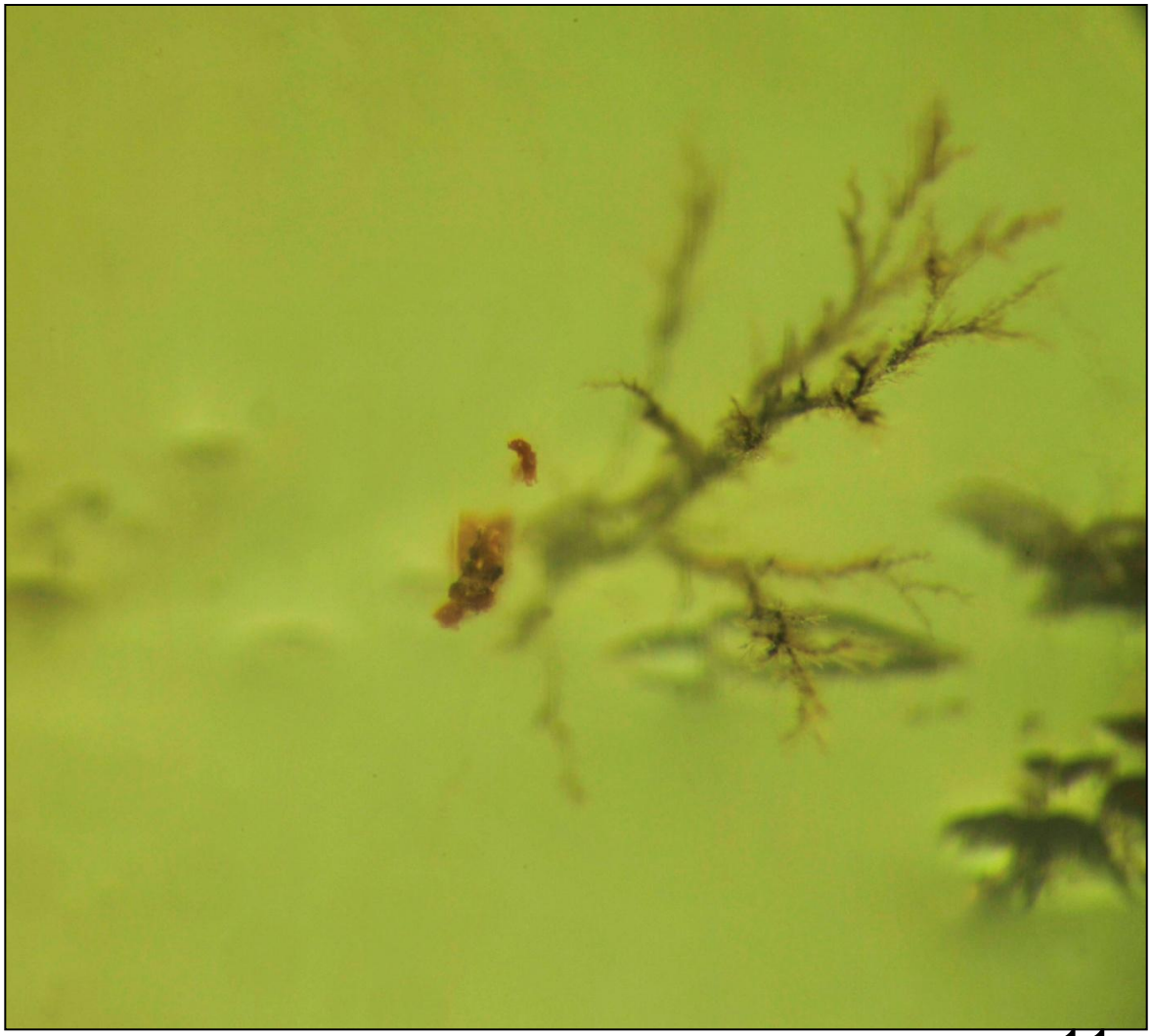
Инородное включение

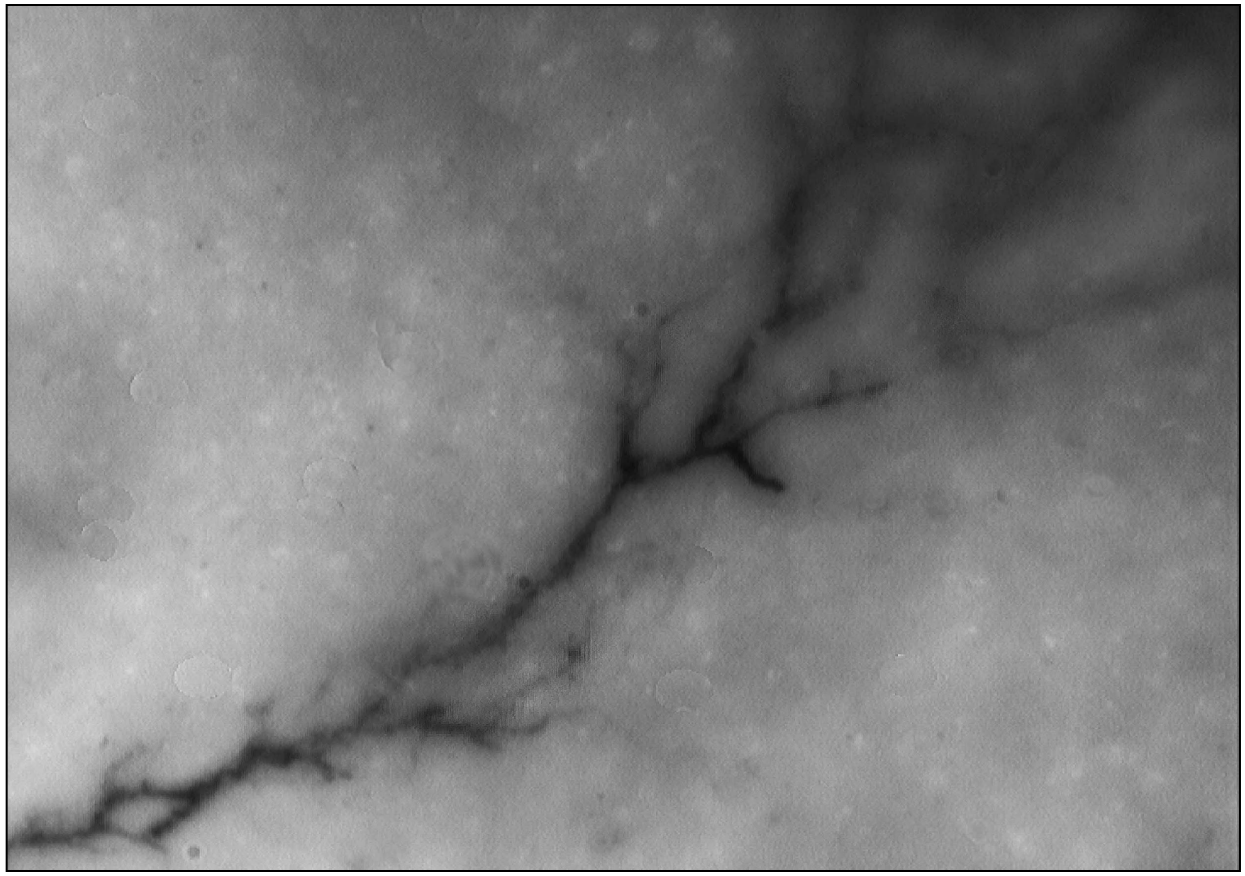


Полость в ЭПР

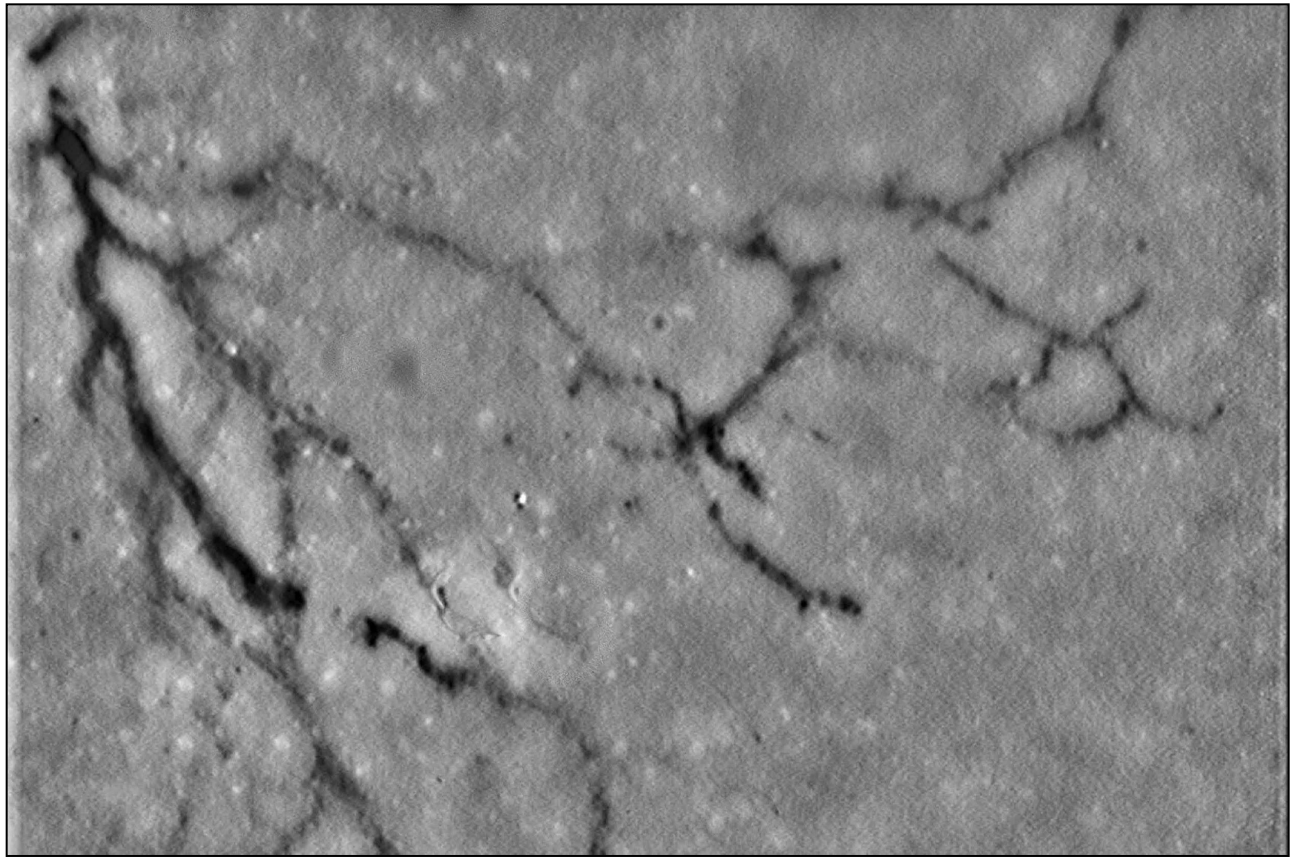
Электрический триинг, зародившийся на инородном включении в изоляции кабеля из сшитого полиэтилена

Электрический триинг, зародившийся на включении термически модифицированного полиэтилена





Электрический триинг в ЭПР

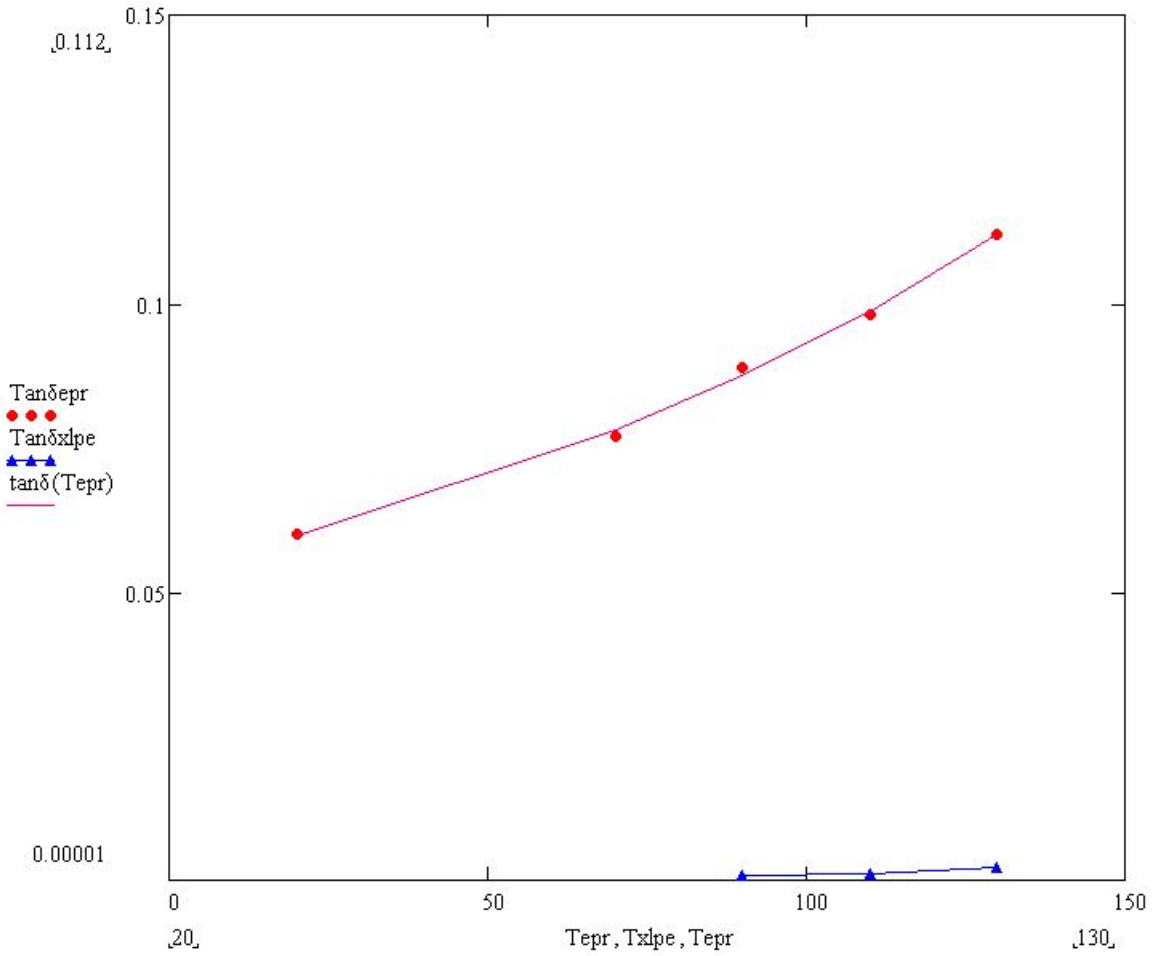


Электрический триинг в ЭПР

ОАО «ВНИИКП»

ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

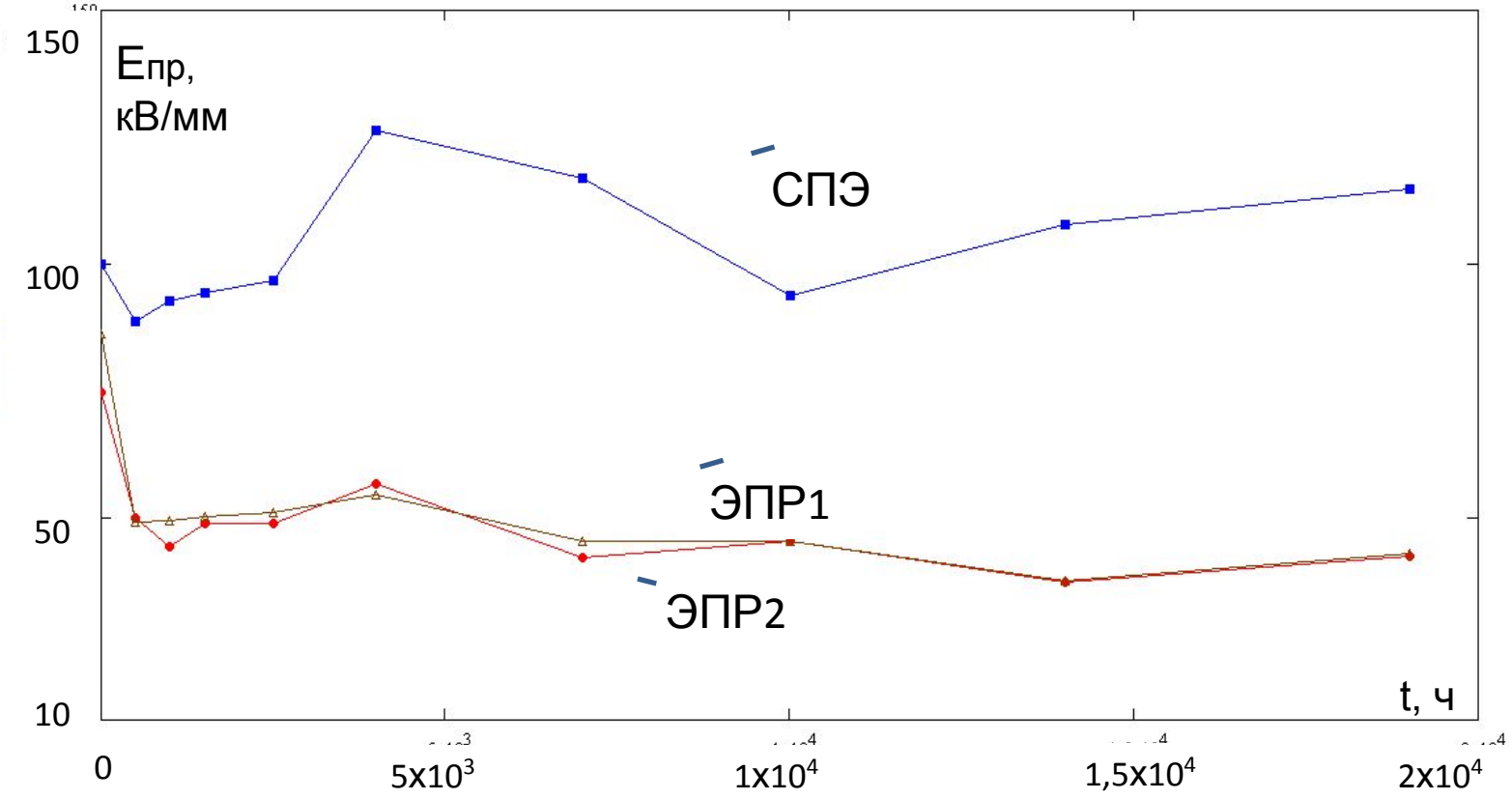
**Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от температуры для образцов кабелей, изолированных СПЭ И ЭПР**



ОАО «ВНИИКП»

ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

**Зависимость электрической прочности (Епр, кВ/мм) чашек Роговского от длительности электрохимического старения (t, ч) триингостойкого сшитого полиэтилена и двух типов ЭПР**

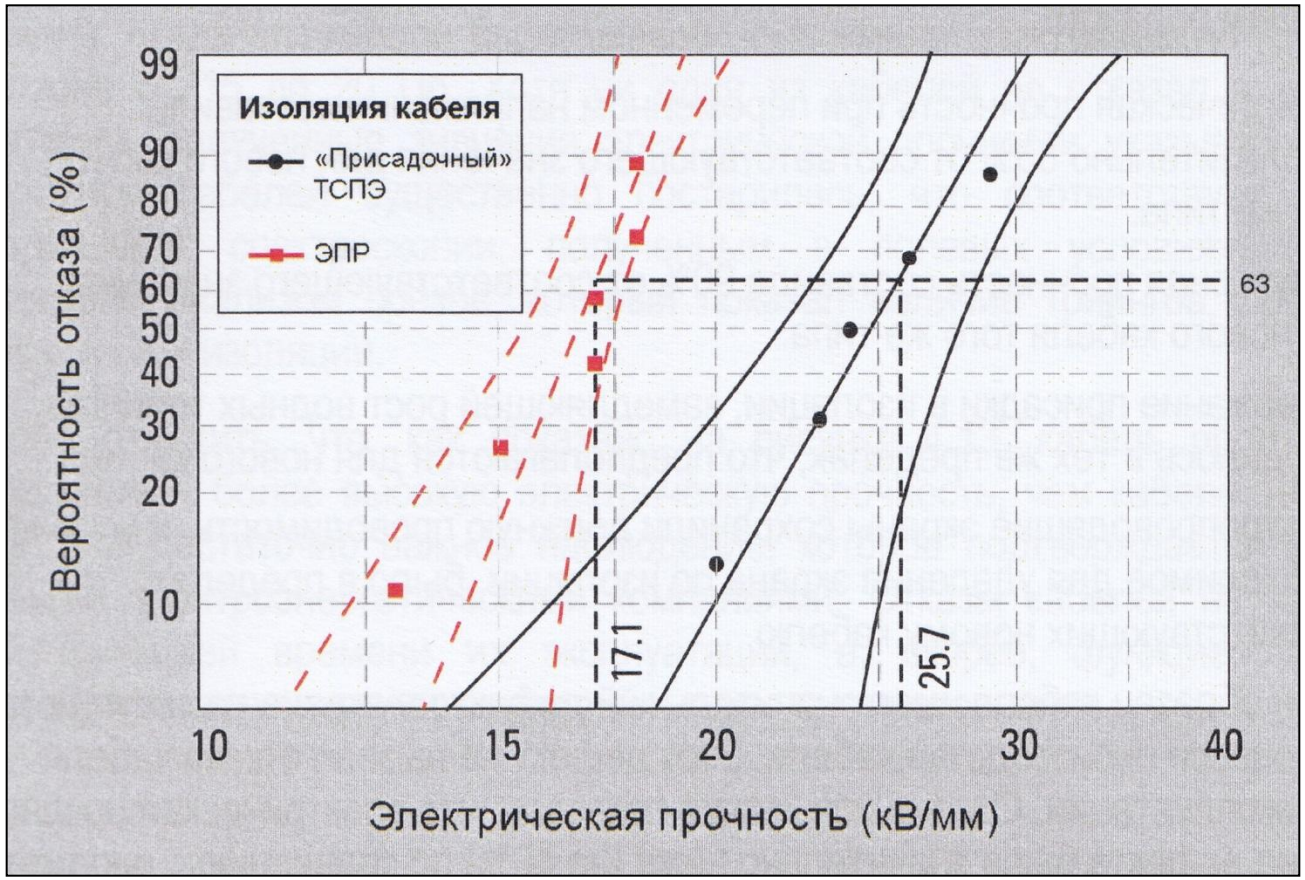


ОАО «ВНИИКП»

# Сравнение требований к остаточной электрической прочности кабелей среднего напряжения, изолированных триингостойким сшитым полиэтиленом (СПЭ) и этилен-пропиленовой резиной (ЭПР)

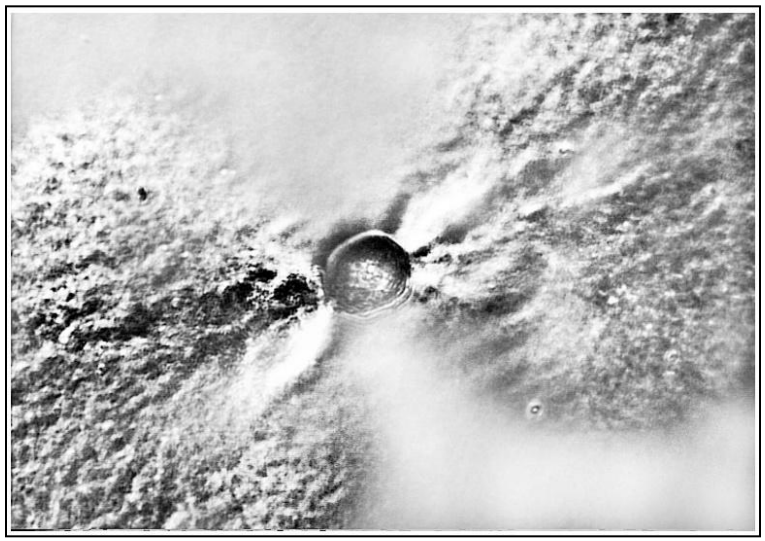
ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

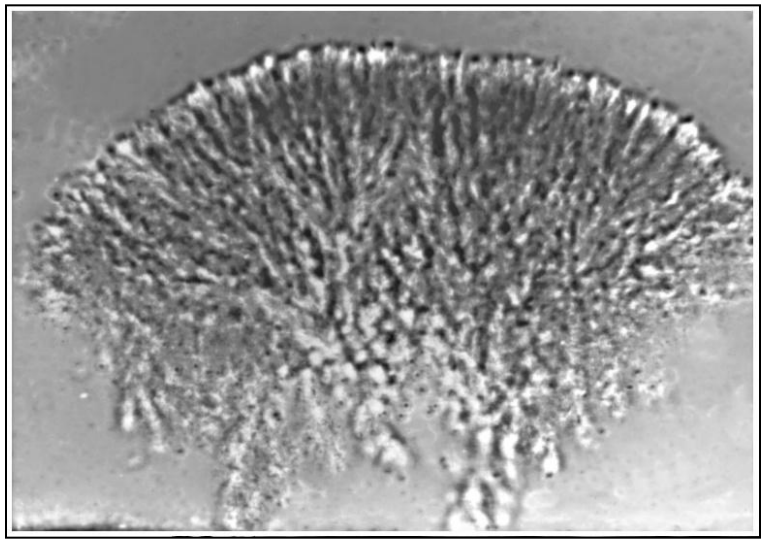
| Объект/показатель | СПЭ | ЭПР |
|---|---|---|
| Требования HD620 S2-2010 CENELEC к остаточной электрической прочности кабелей после 2-х лет испытаний на ускоренное электрохимическое старение (Епр, кВ/мм) | Все 6 образцов ≥23 кВ/мм, из них 4 образца ≥29 кВ/мм, из них 2 образца ≥35 кВ/мм | Все 6 образцов ≥14 кВ/мм, из них 4 образца ≥18 кВ/мм, из них 2 образца ≥22 кВ/мм |




Распределение Вейбулла для электрической прочности при переменном напряжении, полученное для кабеля с изоляцией на основе триингостойкого сшитого полиэтилена (ТСПЭ) после 17 лет эксплуатации и с изоляцией на основе ЭПР. Вертикальными пунктирными линиями показаны соответствующие значения параметра масштаба для распределения Вейбулла

T.J.Person et al. Evaluation Tr-XLPE and EPR insulated 35 kV cables after 17 years of field sevice. JICABLE 2003





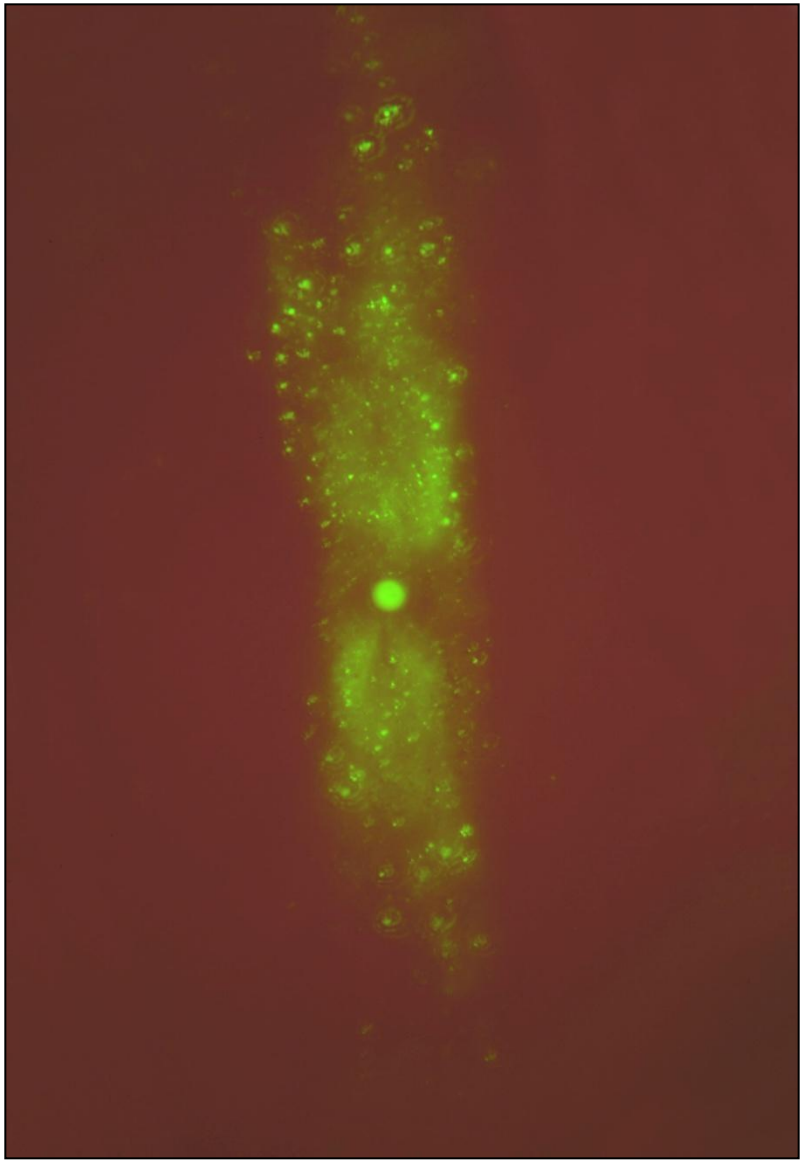
Изображения «интактных» водных триингов в сшитом полиэтилене:

1 - триинг типа «бант» длиной 800 мкм;

2 - триинг типа «веер» длиной 200 мкм.

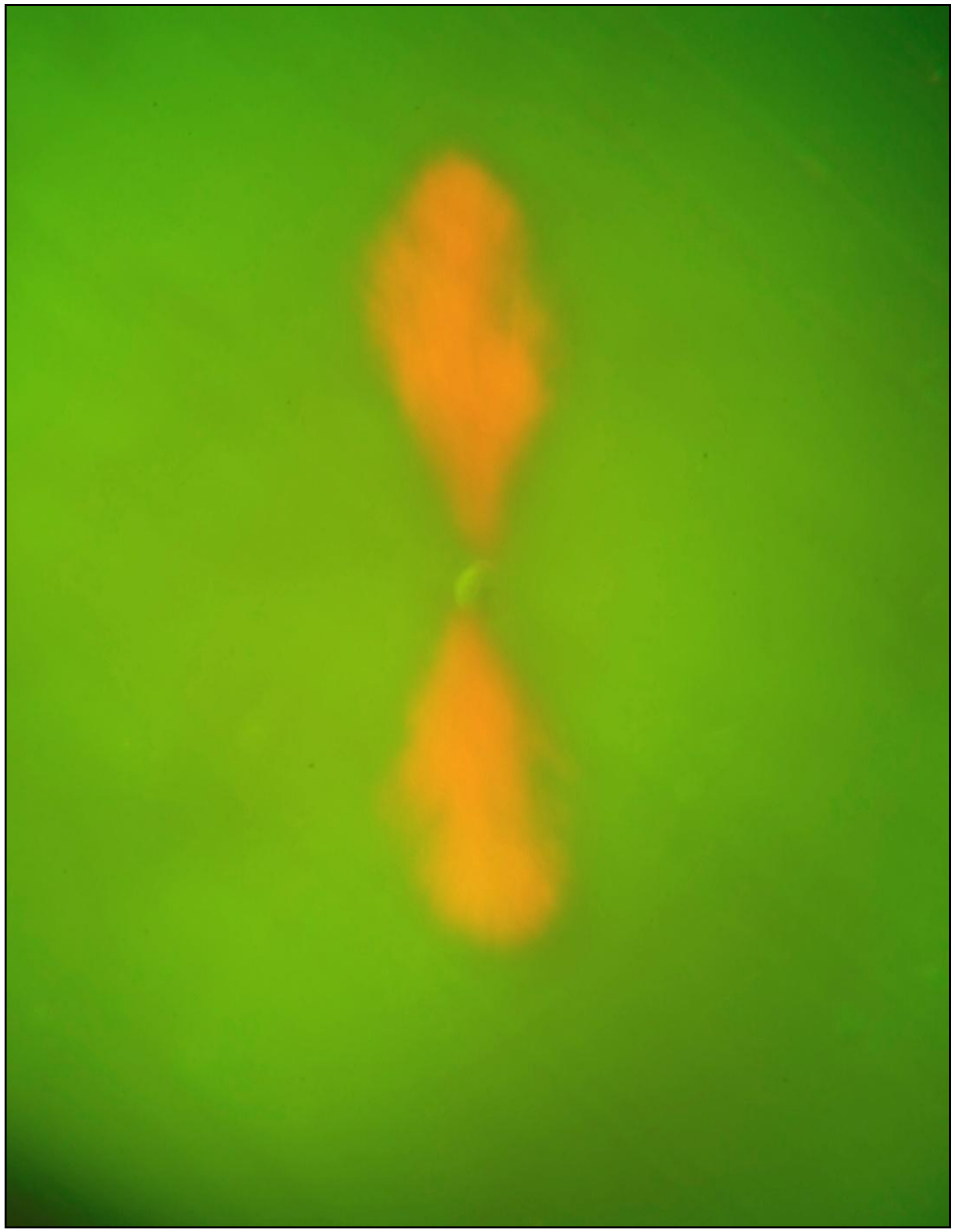
# Электрический триинг, растущий с водного (образец кабеля после эксплуатации более 20 лет)

Водный триинг типа «бант», выросший из крупного дефекта в СПЭ-изоляции

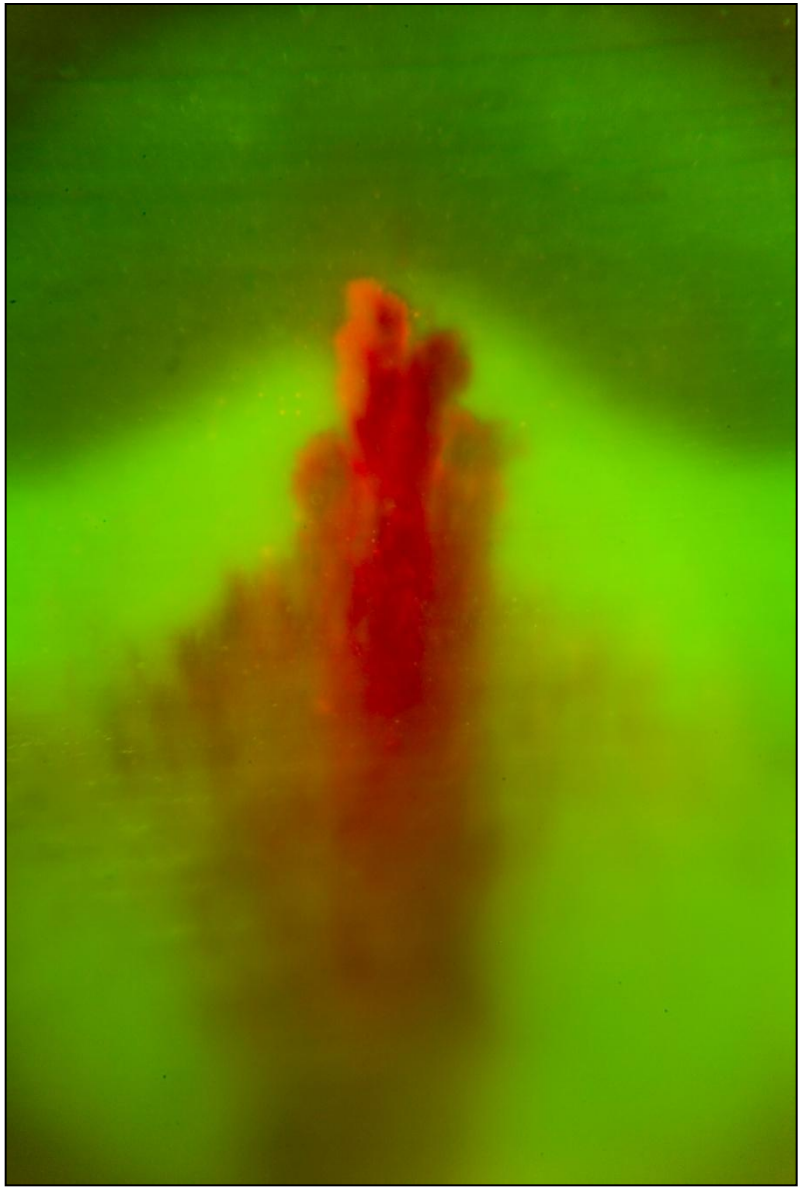


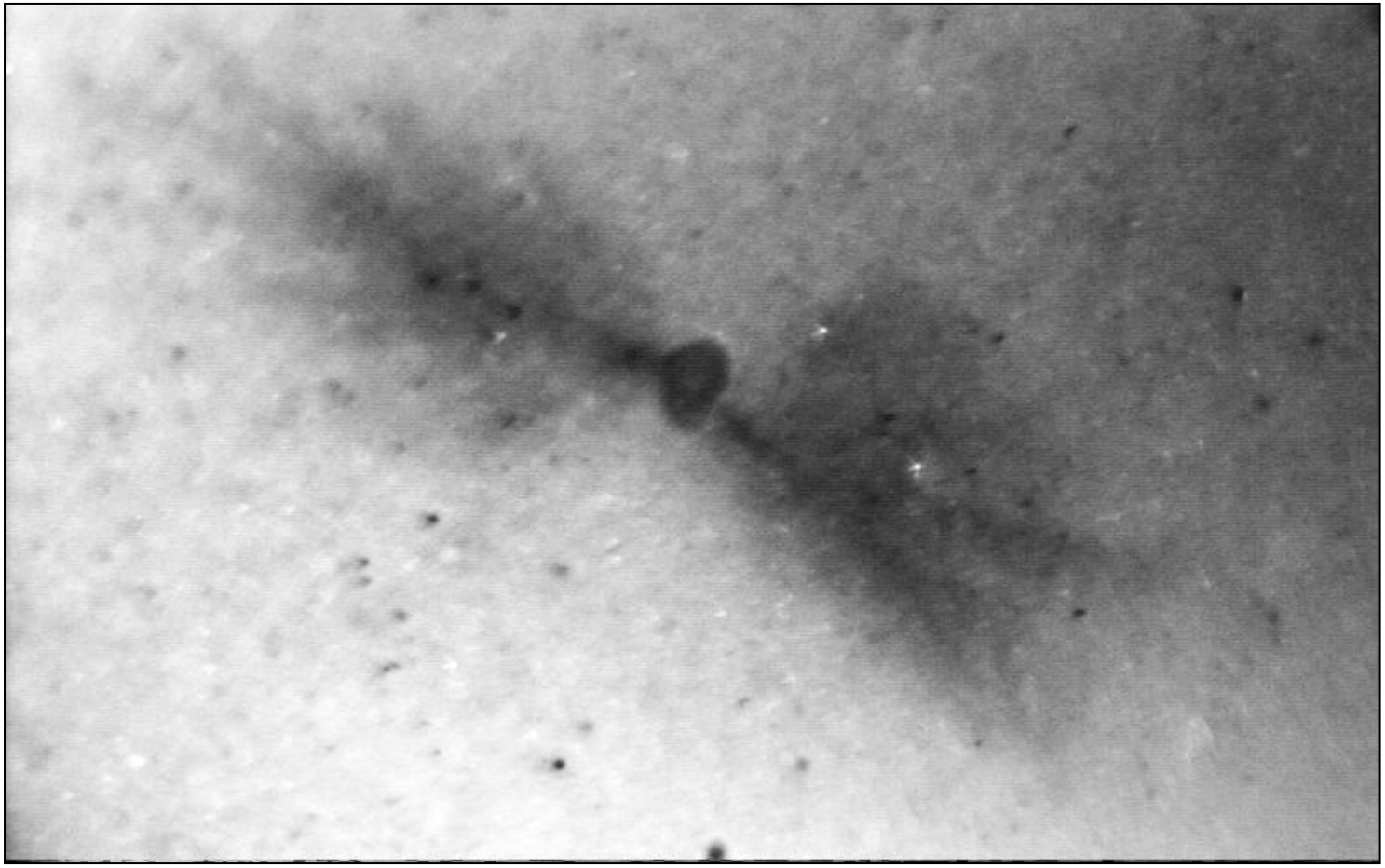
Изображение водного триинга типа «бант» в СПЭ в свете люминесценции

Триинг среднего возраста. Люминесценция в оранжевом цветовом диапазоне. Окружающий материал люминесцирует зеленым

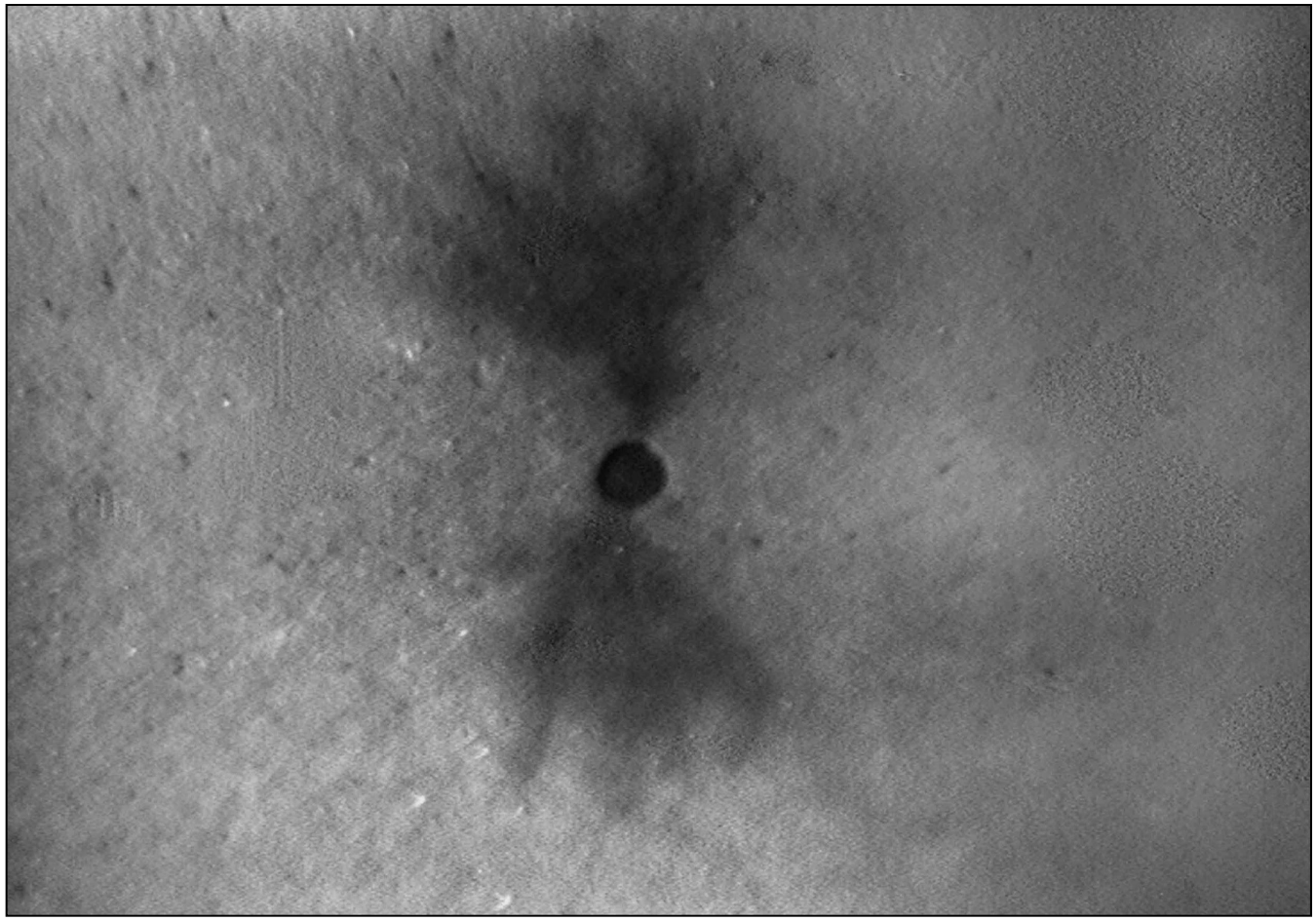


Зрелый триинг. Смещение видимой люминесценции крупного триинга в красную область спектра при тех же условиях возбуждения. Видна непрерывная зона деструкции около внешнего электропроводящего экрана, флюоресцирующая ярко-зеленым

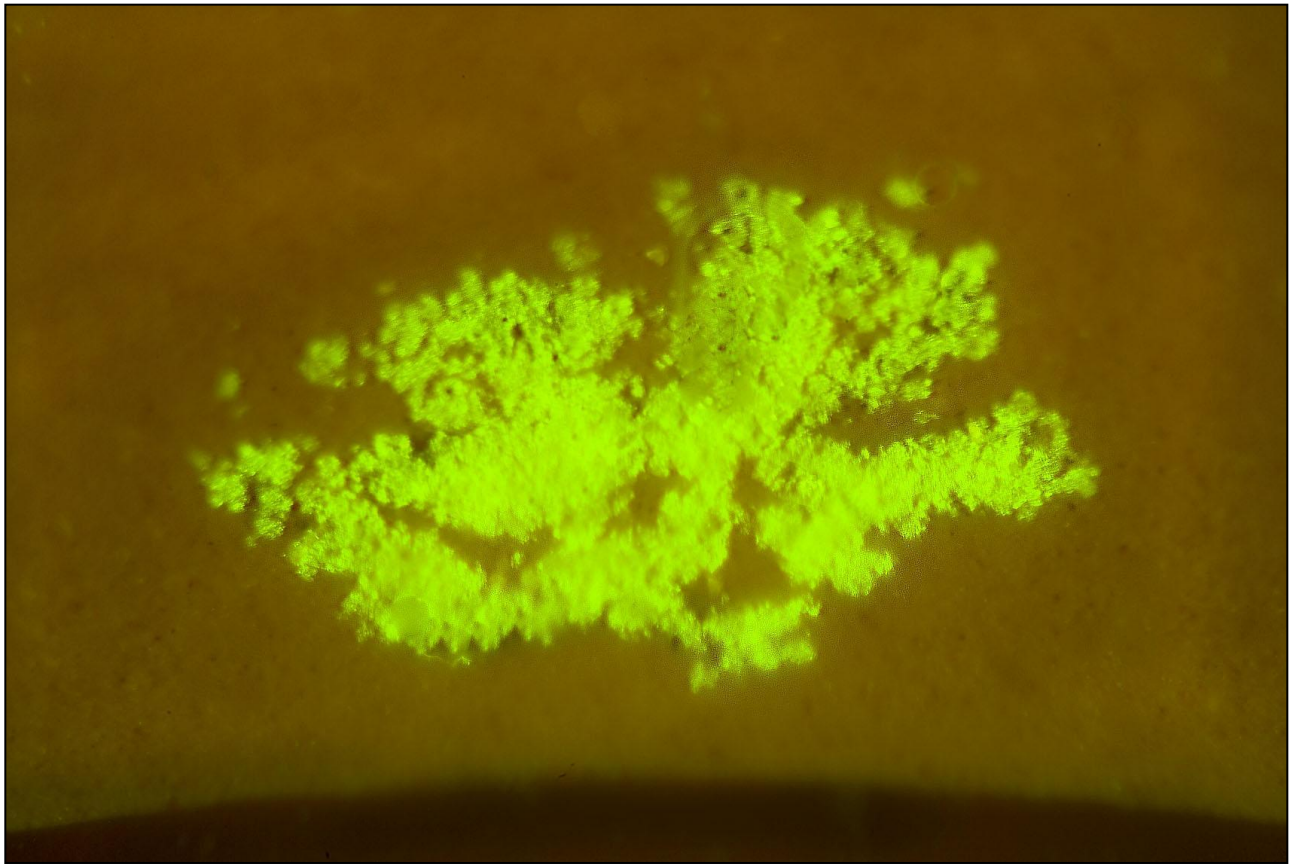




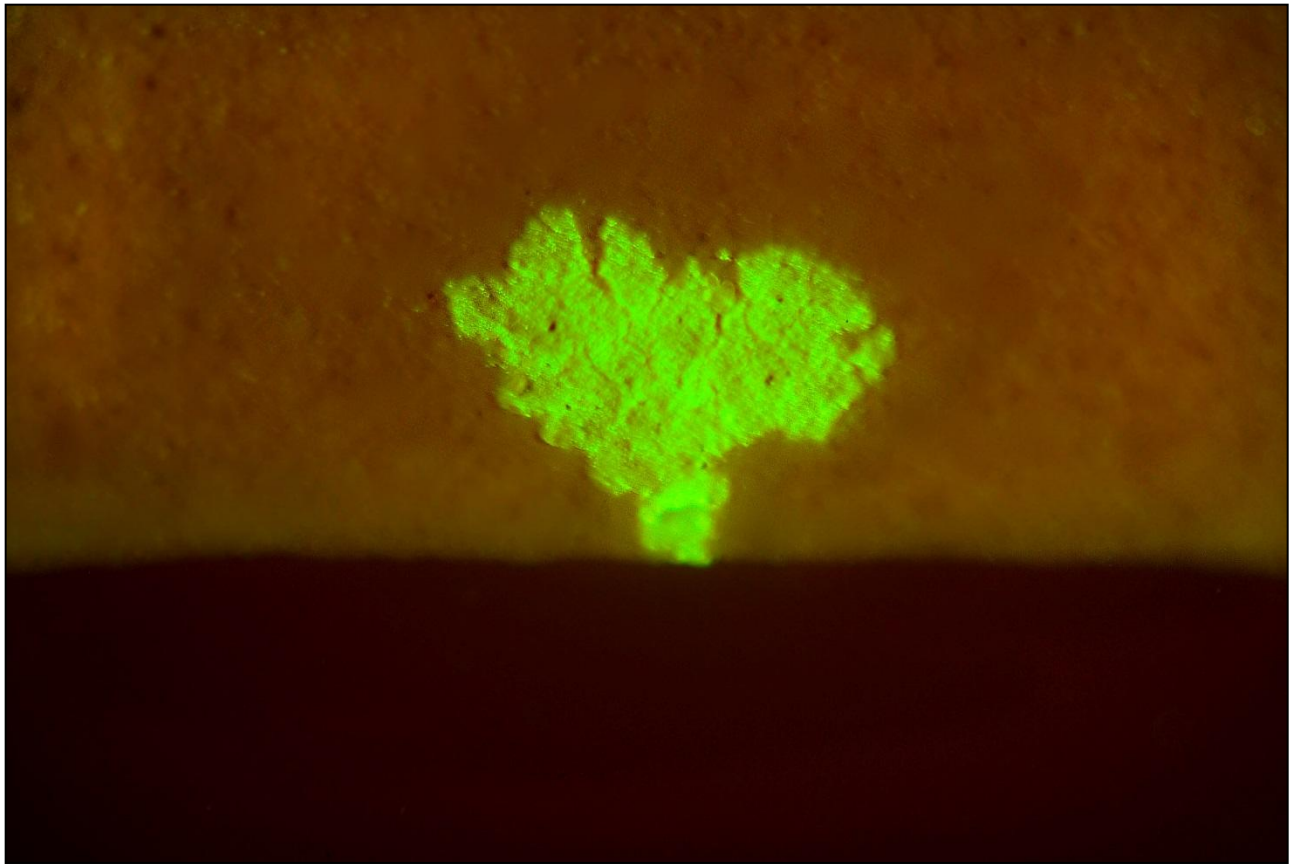
ВТ в ЭПР, сфотографированный в свете первичной люминесценции



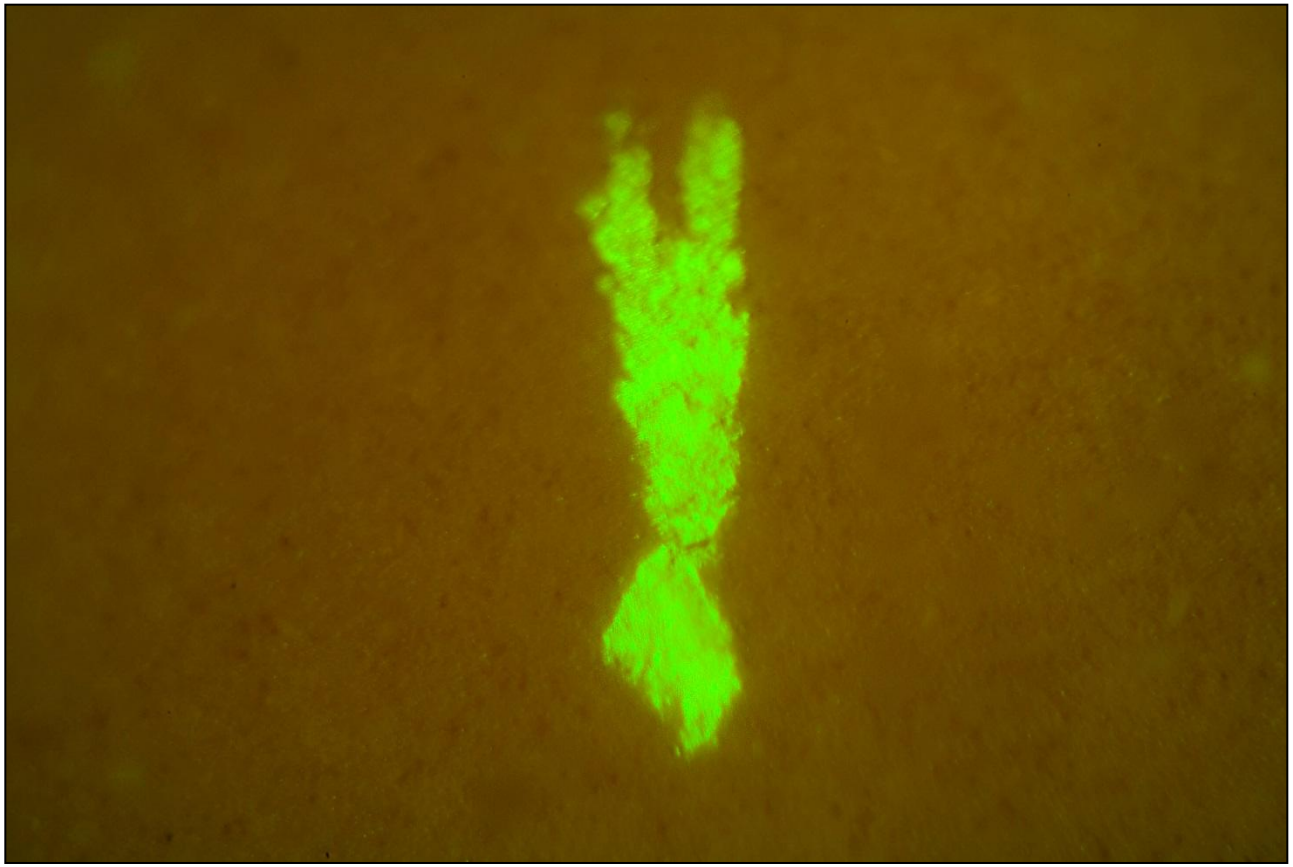
ВТ в ЭПР, сфотографированный в свете первичной флуоресценции



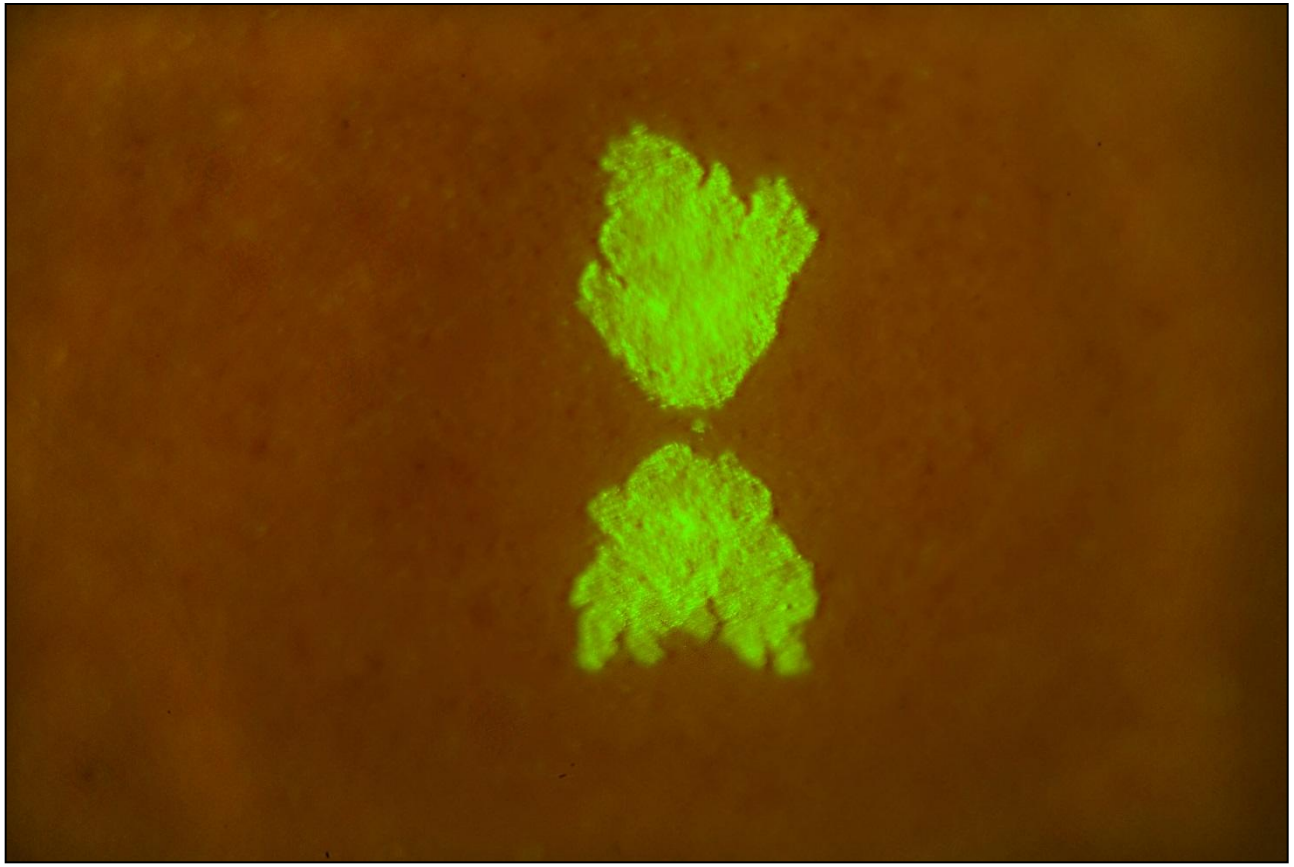
ВТ типа “веер” в ЭПР. Флуоресценция, двойное окрашивание



ВТ типа “веер” в ЭПР. Флуоресценция, двойное окрашивание



ВТ типа “бант” в ЭПР. Флуоресценция, двойное окрашивание



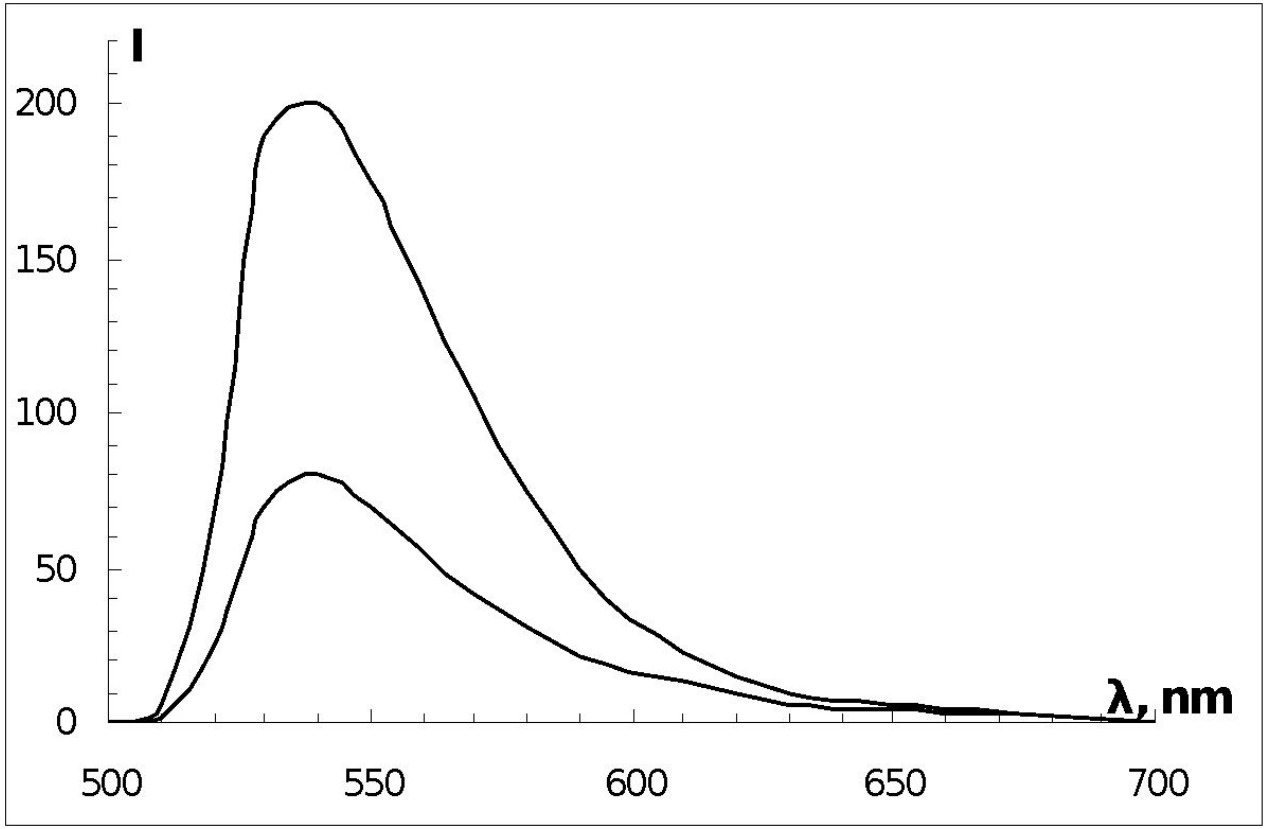
ВТ типа “бант” в ЭПР. Флуоресценция, двойное окрашивание

# Сравнительные данные по электрической прочности двух ЭПР

| Электрическая прочность (параметр масштаба распределения Вейбулла), кВ/мм | Материал | |
|---|---|---|
| | 1 (промышленный) | 2 (экспериментальный) |
| В исходном состоянии | 78,04 | 78,60 |
| После 1000 ч влажного старения при 8 кВ/мм | 47,45 | 80,22 |

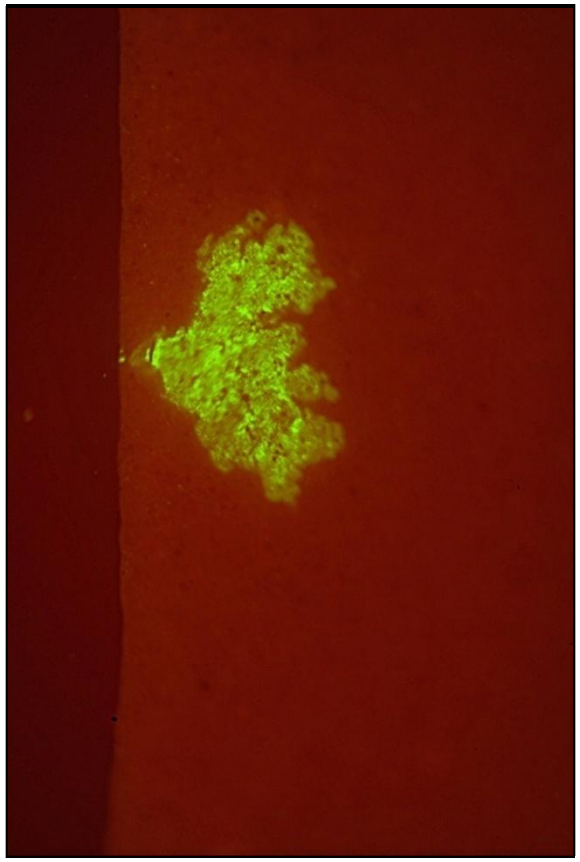
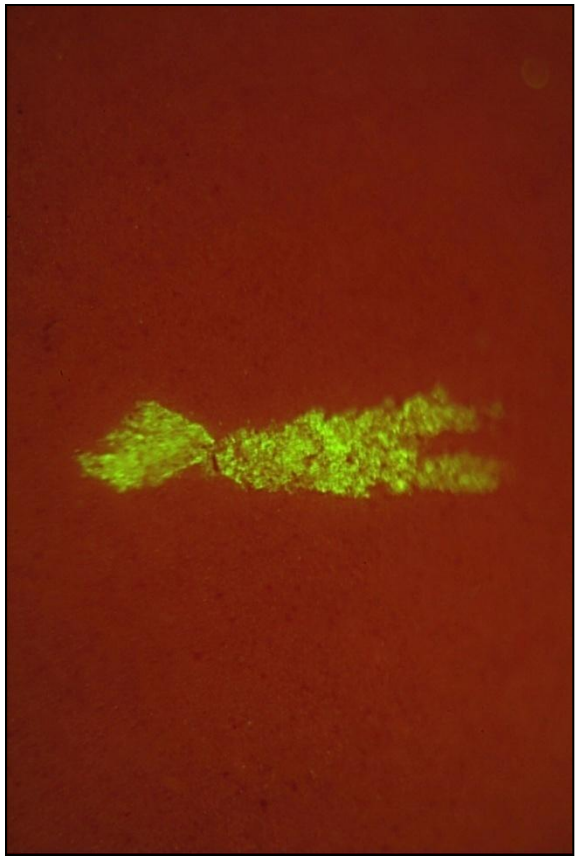
# Средние размеры водных триингов в сравниваемых ЭПР

| Тип триинга | Материал | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| “Веер” | 62,5 мкм | 63 мкм |
| “Бант” | 61 мкм | 64 мкм |




Спектр вторичной флуоресценции ВТ в ЭПР. Двойное окрашивание

ОАО «ВНИИКП»

ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

# Спасибо за Внимание!