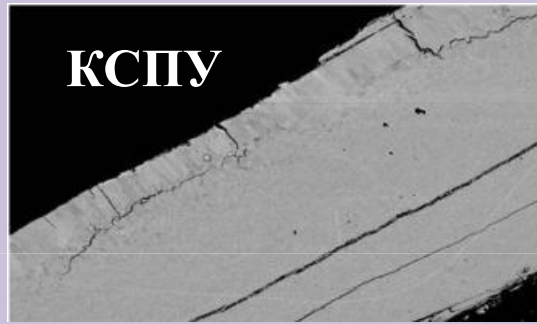
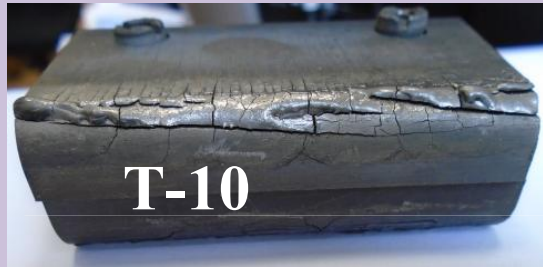
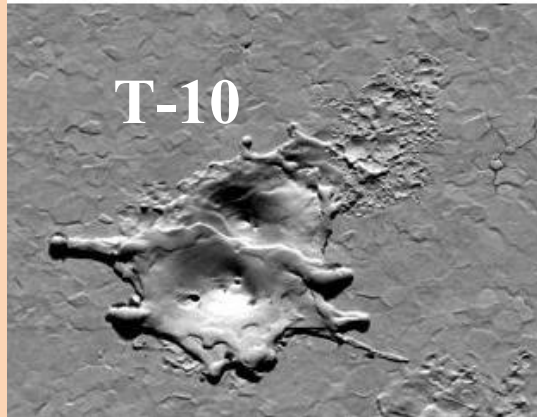
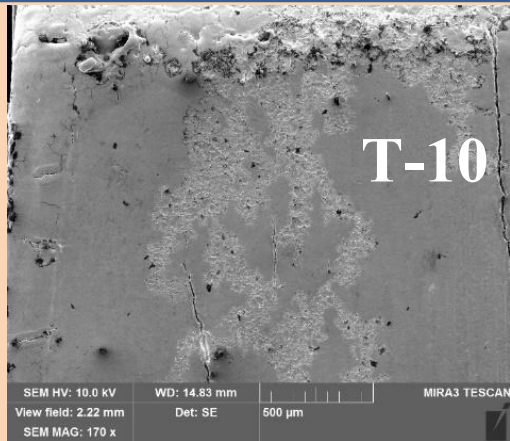


W modification under HNF plasma load in fusion devices



Плавление, трещины.
ELMs, VDE, срывы, steady state

Дивертор, ПС

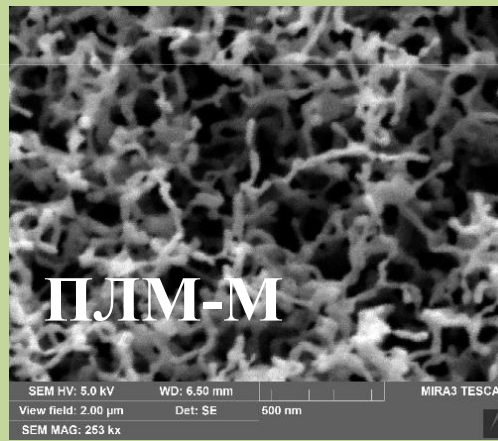


Дуговые процессы,
кратеры и трэки.

Steady state, ELMs
Дивертор, ПС

Budaev *Physics of Atomic Nuclei*, 2016, 79, 7, 1137

Будаев, ВАНТ, 2019, 42, 1, 51, Budaev et al, FED, 2020, Kajita Sci.Rep. 2018



Рост «пух»
Steady state, ELMs
Дивертор, ПС
захват трития,
термоэмиссия, дуг,
наноразмерная пыль,
купирование трещин

B.4, B.6. Fuzz growth on W-IG: LPD divertor simulators

$E_{ion} > 20 - 50 \text{ eV}$

$900 \text{ K} < T_{surf} < 2000 \text{ K}$

fluence $> \sim 10^{24} \text{ m}^{-2}$

Мартыненко, ФП 2012

NAGDIS-II, PLM etc.

Универсальность механизма:

Kajita Sci.Rep. 2018

в реакторе после 10 минут

При разрушении -
наноразмерная пыль.

ЭЛМы могут оплавливать.

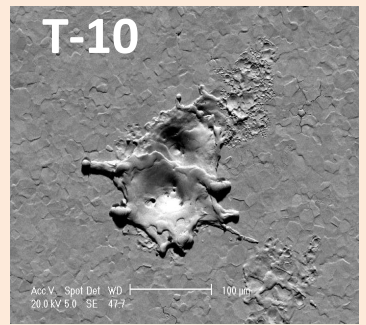
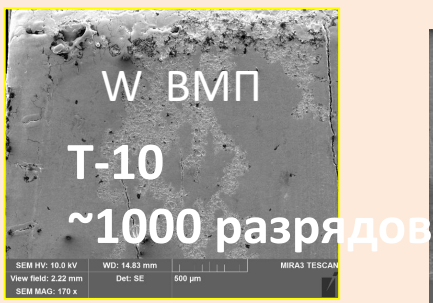


ИТЭР, SOLPS : «пух» (fuzz) может формироваться в узком слое в диверторе ($\sim 1.6-3.6 \text{ m}^2$) у сепаратрисы G. De Temmerman et al, PPCF, 2018

W на первой стенке - ожидается сравнимая площадь: требуются оценки и испытания
Дополнительно исследования в LPD необходимы для оценки (B.4) захвата трития,
(B.6) скорости эрозии пуха и влияние на трещинообразование

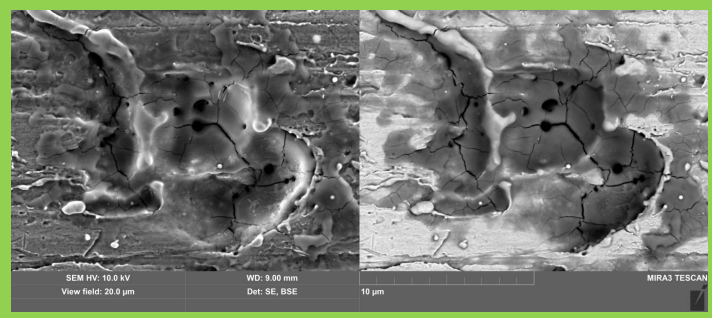
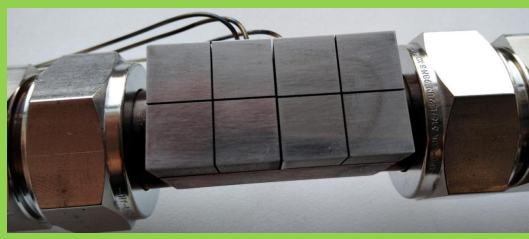
В.6.Arcs. Дуги - перегрев, оплавление и разрушение материалов пороговый эффект выше ~2000°C, в т.ч., при ЭЛМах

дуговые кратеры на краях трещин и перегреве - взрывная электронная эмиссия

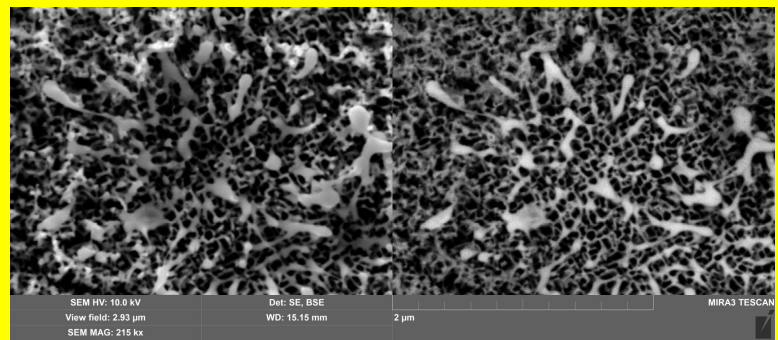


Будаев и др., ВАНТ, 2019, 42, 1,

Дуги при испытаниях охлаждаемых ИТЭР W модулей из НИИЭФА, ПЛМ-М



ПЛМ-М
Дуги на W пухе оплавляют, ----->
но не разрушают полностью волокна

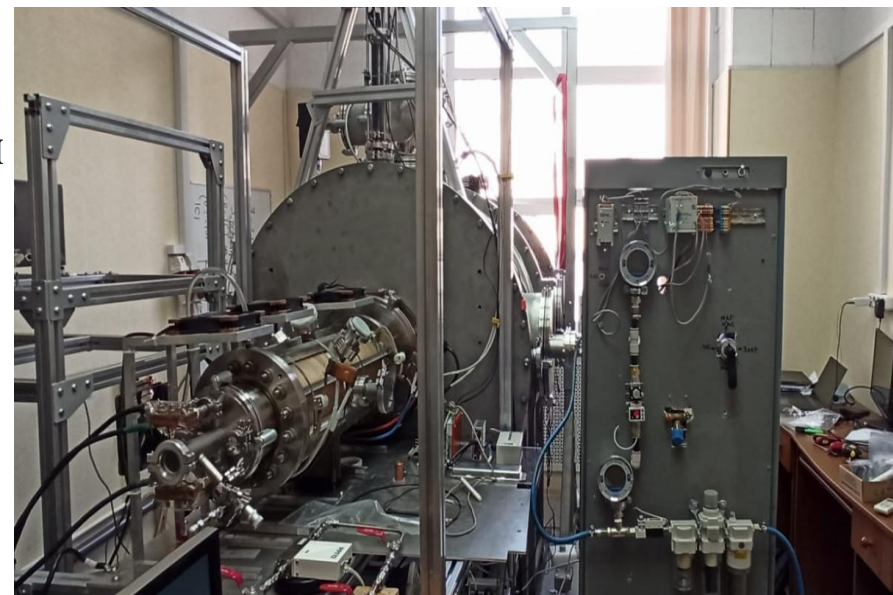


Дополнительно исследования необходимы для оценки (В.6) скорости эрозии поверхности W ПС, в том числе пуха, технологии интенсивного охлаждения для ограничения перегрева - оптимизация толщины W облицовки.

B.8, B.9. Plasma tests of W modules are needed in divertor-simulators

Плазменная установка ПЛМ-М в НИУ "МЭИ"

- $n_e = 10^{18} - 10^{20} \text{ м}^{-3}$,
- $T_e = 5 - 10 \text{ эВ}$, с фракцией до 100 эВ,
- $B = 0,025 \text{ Тл}$ на оси, в каспах до 0,2 Тл
- Нагрузка на материал до 10 МВт/м^{-2}
- Ионный поток $\sim 10^{23} - 10^{25} \text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$
- Стационарный разряд до 500 мин
- **Аналог NAGDIS-II**



Необходимы испытание W покрытий бором и его соединений стационарными плазменными нагрузками и комбинированными e-пучковыми и плазменными:

-стационарная плазма 0,1 - 10 МВт/м², ПЛМ-М

-импульсная плазма 0,5 МДж/м², 1-2 мс, КСПУ-Т

- e-пучок термоциклические испытания 1- 320 МВт/м² ----->

-использовать охлаждающие системы

0.5-2.5 МПа, 1 кг/с, 15 - 60° С, газо-жидкостный генератор

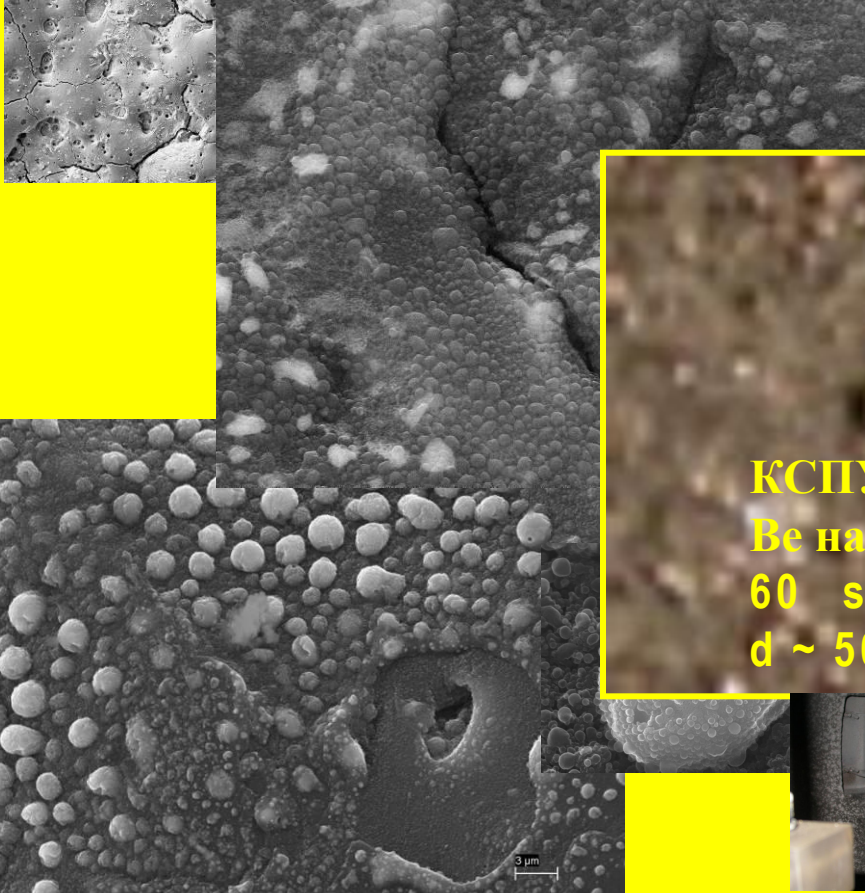
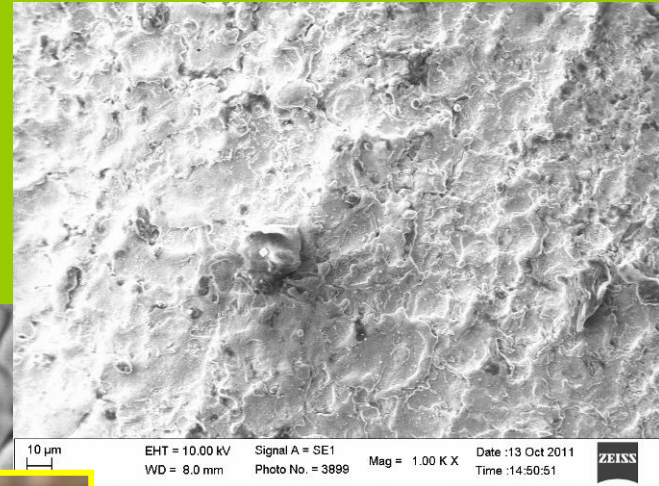


В.2. W vs. Be. Перепыление Be потенциально создает преимущество при прочих равных условиях (в т.ч. негативных): создается защитный слой

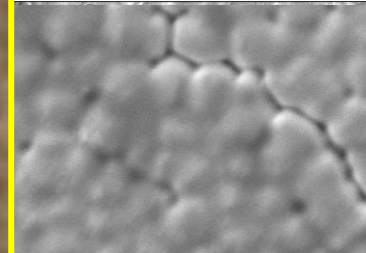
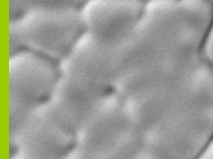


Be

W



КСПУ-Be
Be на W
60 shots, 3.5 MJ/m²
d ~ 50 μ m



SE1
= 3879
Mag = 25.00 K X
Date :13 Oct 2011
ZEISS

