

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

Физический факультет

Кафедра общей и экспериментальной физики

**ВЛИЯНИЕ
ОБЛУЧЕНИЯ МОЩНЫМ ИОННЫМ
ПУЧКОМ НА КОМПОЗИЦИОННЫЙ
МАТЕРИАЛ САП-2**

Целью настоящей работы было исследование поверхностного слоя композиционного материала САП-2 после облучения МИП с различными режимами.

Сплавы САП состоят из алюминия и дисперсных чешуек Al_2O_3 .

САП-2 насыщен окисью алюминия порядка 9,1-13%

Параметры ускорителя «Темп»:

- максимальная энергия частиц - 200 КэВ;
- плотность тока на мишени - (50 - 150) А/см²;
- длительность импульса - 60 нс;
- частота следования импульсов - 0,25 Гц;
- сечение пучка - (20 - 100) см²;
- доза ионов 10^{13} ион/см²

Дифрактограммы снимались на дифрактометре ДРОН-3М. Для анализа и расчета фазового состава использовалась программа Powerdercell.

Микротвёрдость измерялась на твердомере ПМТ-3 методом Виккерса. Величина микротвердости определялась по формуле:

$$HV=1,8544 P/d^2$$

где HV - твердость по Виккерсу, (МПа); P- нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику; d – длина диагонали отпечатка (мкм.).

Микроструктура исследовалась на оптическом микроскопе Neophot-2 и электронном микроскопе JSM-6610LV, “JEOL” с энергодисперсионным анализатором Inca-350).

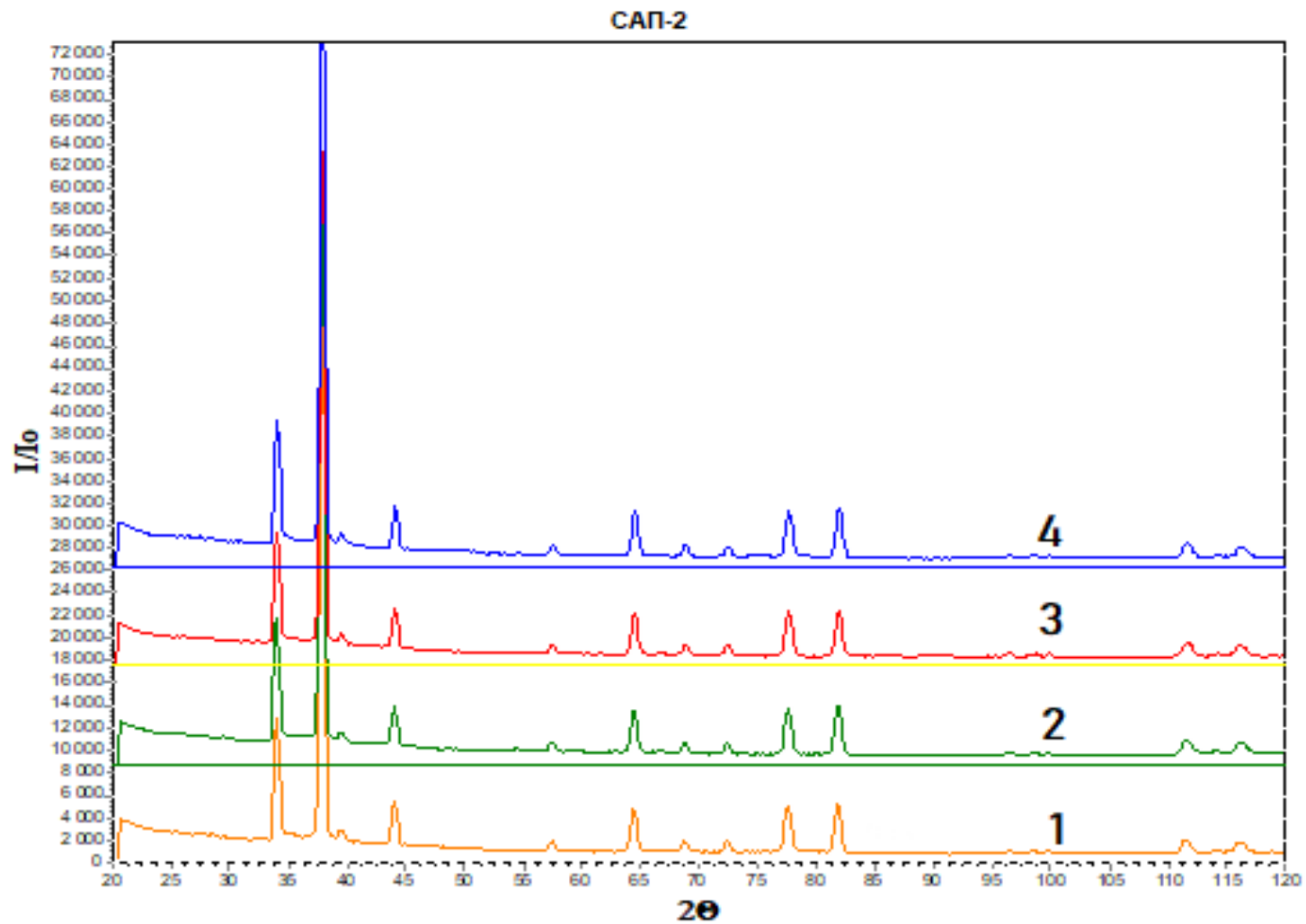


Рис. 1. Дифрактограммы образцов САП-2 до (1) и после облучения МИП с плотностью тока: 2-50, 3-100 и 4-150 А/см².

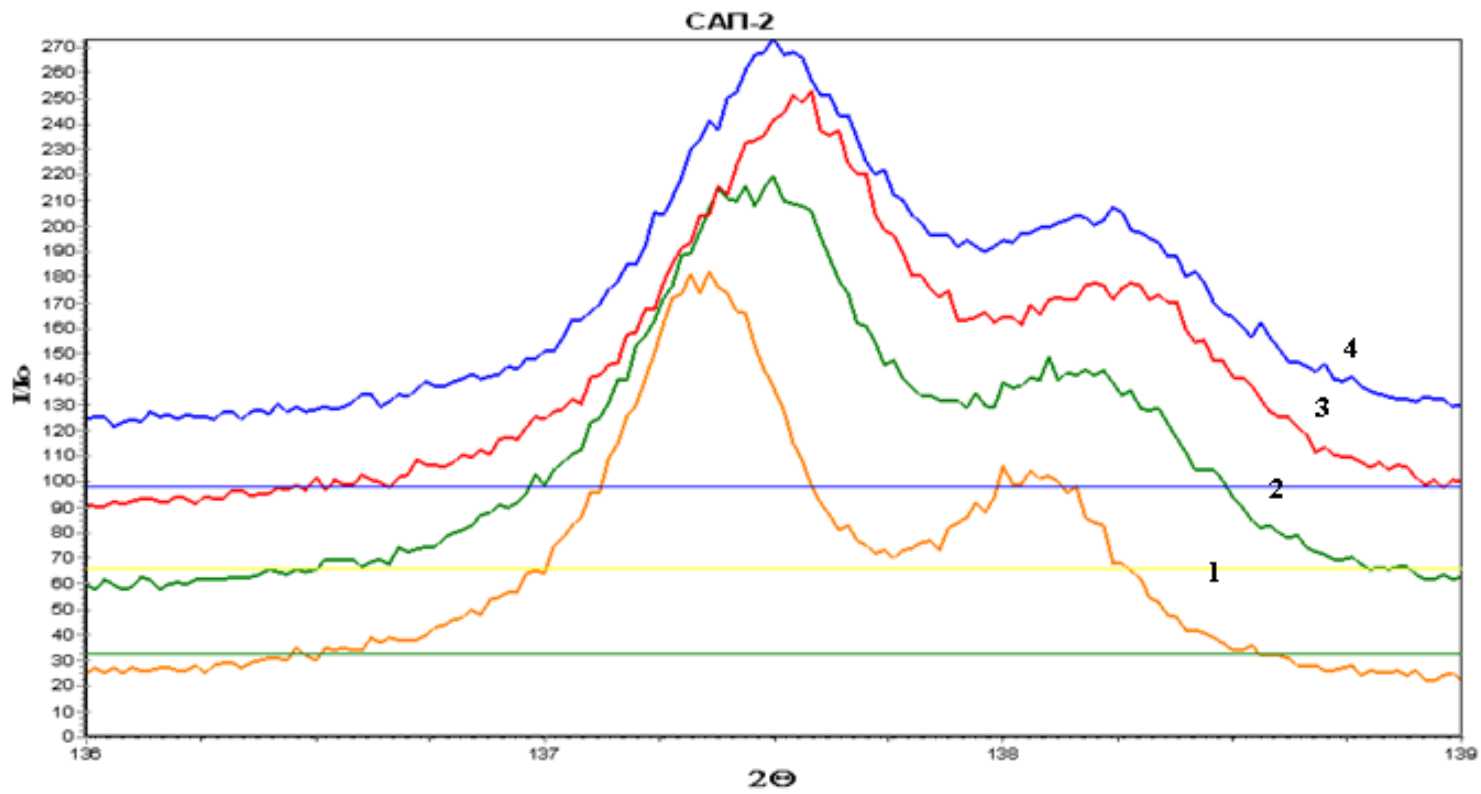


Рис.2. Участок дифрактограмм САП-2 до (1) и после облучения МИП с плотностью тока 2-50, 3-100 и 4-150 А/см² тремя импульсами

Таблица 1

Плотность тока МИП, А/см²	Напряжения I-рода, ГПа	Микроискажения $\Delta d/d$	Размеры ОКР, Å	$\rho \cdot 10^{12},$ см⁻²
Необлученны й	-0,24	0,106	39	20
50	-	0,071	58	9
100	+0,24	0,051	80	5
150	+0,24	0,047	87	4

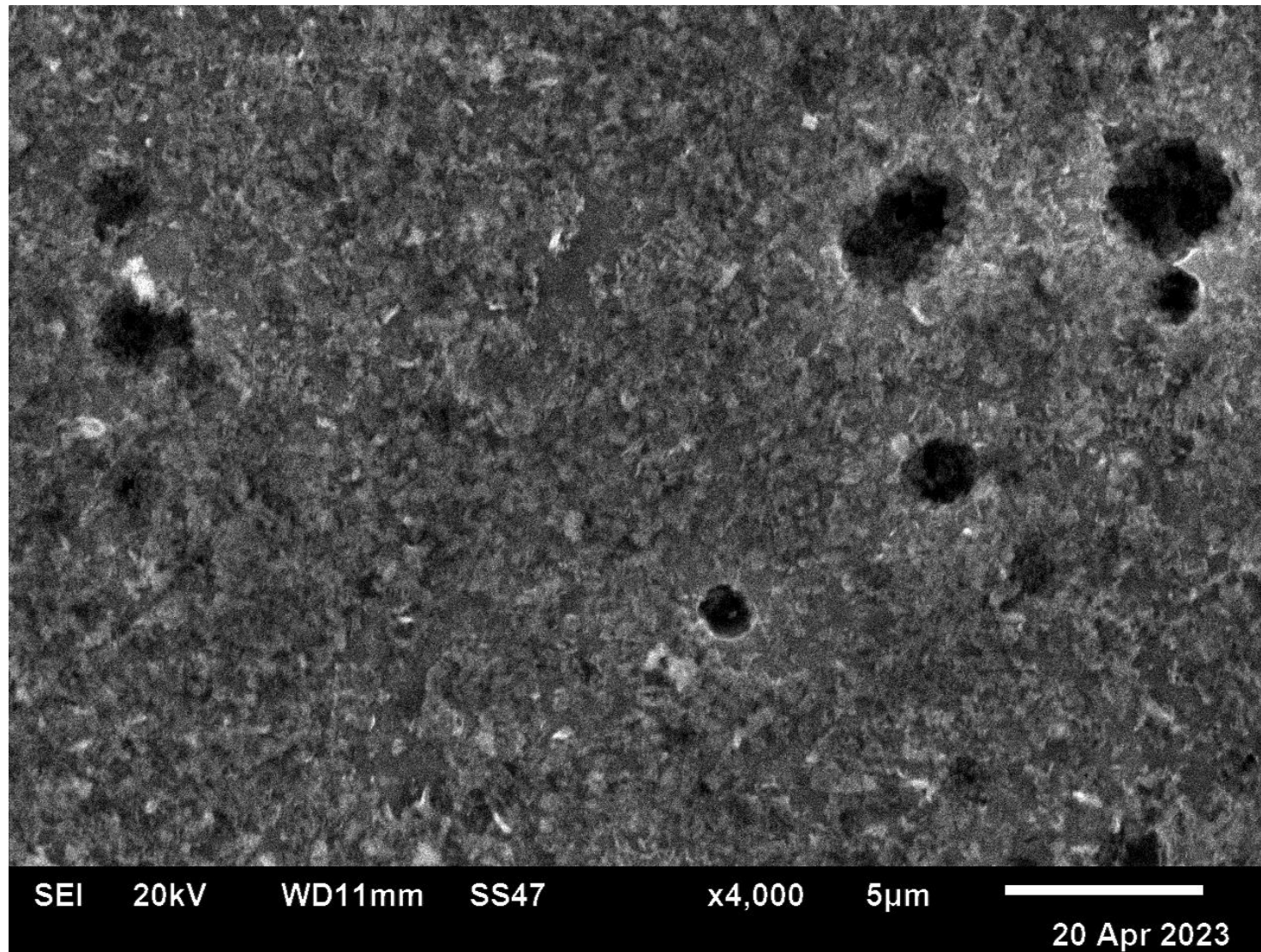
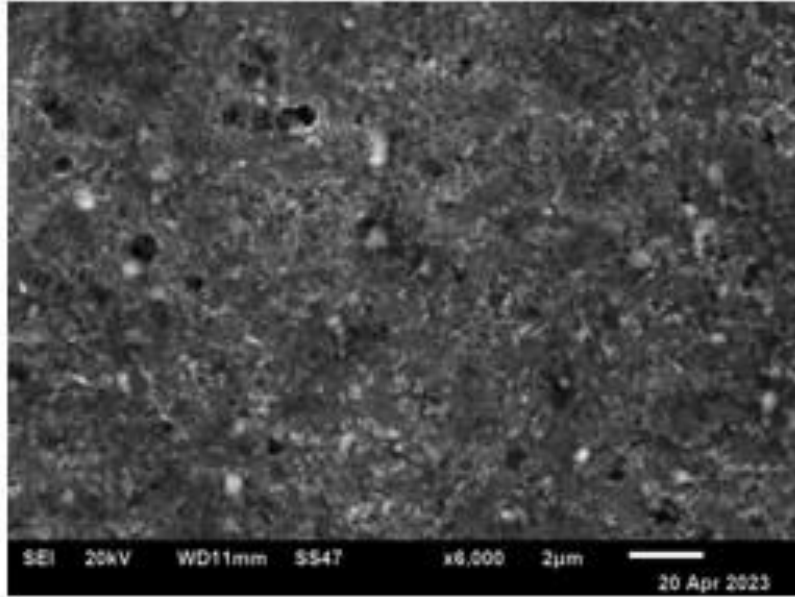
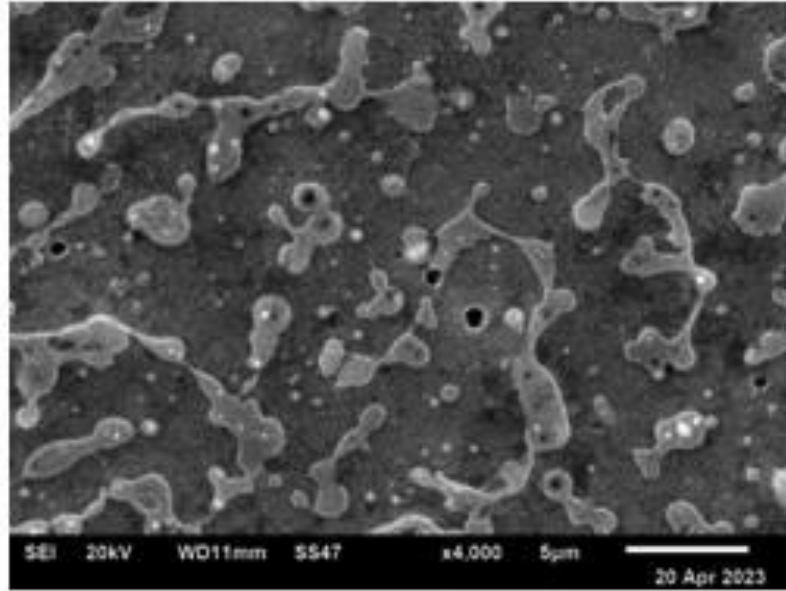


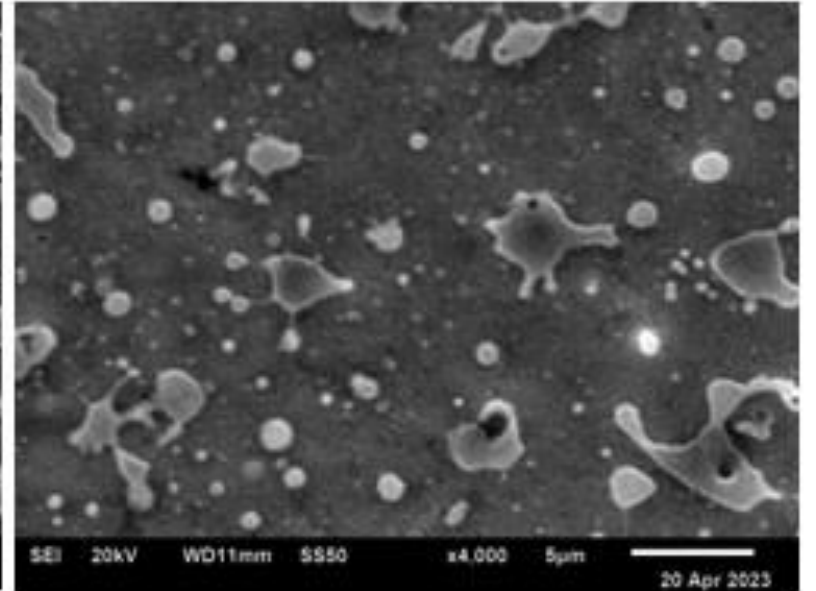
Рис.3. Морфология поверхности САП-2 до облучения



а



б



в

Рис.4. Морфология поверхности САП-2 после облучения МИП с плотностью тока: а-50, б-100, в-150 А/см².

Таблица 2

Плотность тока МИП, А/см²	R_{O/Al}, %
необлученный	0,19
50	0,21
100	0,29
150	0,27

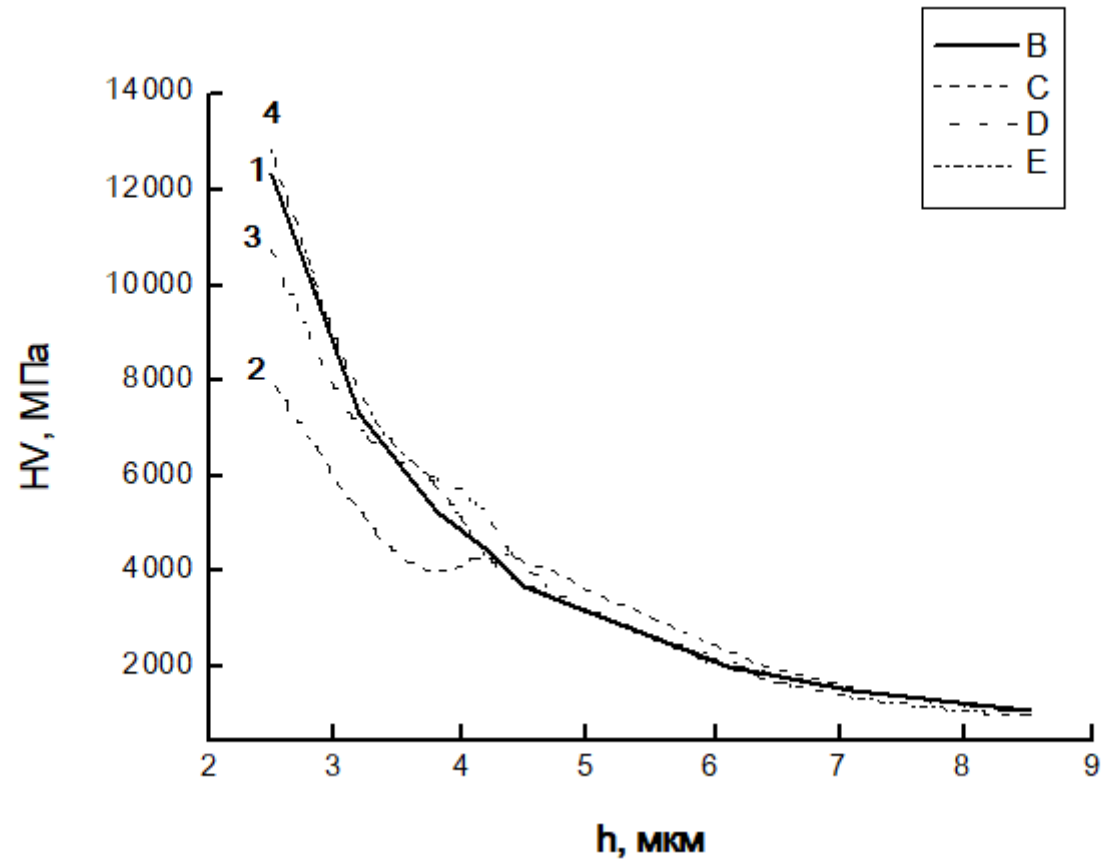


Рис.5. График микротвердости САП-2.

Заключение

Таким образом, исследования воздействия мощного ионного пучка на композиционный сплав САП-2 показали неизменность фазового состава, возникновение сжимающих остаточных напряжений, рост размеров ОКР и уменьшение плотности дислокаций практически в пять раз при возрастании плотности ионного тока. Такие изменения связаны с интенсивным процессом плавления фазы алюминия при повышении плотности тока пучка. Обнаружены значительные изменения содержания кислорода в зоне теплового влияния, что связано как с испарением алюминия, так и с коагуляцией частиц Al_2O_3 .

Литература

1. Hao S.Z., Qin Y., Mei X.X., Gao B., Zuo J.X., Guan Q.F., Dong C., Zhang Q.Y. “Fundamentals and applications of material modification by intense pulsed beams”, *Surface & Coatings Technology*, 2007, vol. 201 pp. 8588-8595.
2. Гропянов А.В., Ситов Н.Н., Жукова М.Н. Порошковые материалы: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2017. -74 с.
3. Пушкарев А.И., Исакова Ю.И. Диагностика мощных ионных пучков. 2016г. 67с
4. Фридляндер И.Н., Степанова М.Г., Матвеев Б.И. Порошковые алюминиевые сплавы. 1982г. 5с
5. Пушкарев А.И., Исакова Ю.И. Диагностика мощных ионных пучков. 2016г.
6. Civale L. Vortex pinning and creep in high-temperature superconductors with columnar defects // *Supercond. Sci. Technol.* 1997. Т. 10, № 7
7. Анисимов С.И., Имас П.А., Романов Г.С., и др. Действие излучения большой мощности на металлы. 1970г. 145с
8. А.Я. Лейви, К.А. Талала, В.С. Красников, А.П. Яловец. Модификация свойств конструкционных материалов интенсивными потоками заряженных частиц и плазмы. Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2016. Т. 16, № 1. С. 28–55
9. Т.В. Панова, В.С. Ковивчак, Т.В. Хрянина. Модификация свойств поверхностных слоев алюминиевых сплавов под действием мощных ионных пучков. Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского. // Поверхность рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования. 2013г. С. 85.
10. В.С. Ковивчак, Т.В. Панова, Т.Н. Черноок. Поверхностное разрушение алюминиевого сплава при воздействии мощного ионного пучка наносекундной длительности. // 12-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 19-22 сентября 2017 г., Минск, Беларусь. С. 146-147.
11. Т.В. Панова, В.С. Ковивчак, К.А. Михайлов. Влияние перераспределения легирующих элементов в алюминиевых сплавах на их фазовые характеристики при облучении мощным ионным пучком. // 13-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 30 сентября - 3 октября 2019 г., Минск, Беларусь. С. 296-298.
12. Авторы - А.М. Бадамшин, В. С. Ковивчак, А.А. Крутько, О. Ю. Бургонова. Модификация металлорежущих пластин из безвольфрамового твердого сплава кнт16 мощным ионным пучком // Ползуновский вестник. 2023. No 1. С. 237–244.
13. М.В. Жидков, А.Е. Лигачев, Ю.Р. Колобов, Г.В. Потемкин, Г.Е. Ремнев. Влияние мощных ионных пучков на топографию поверхности и структуру приповерхностного слоя субмикроструктурных титановых сплавов. Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»). // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия v 4 v 2018г. С. 82 - 89.
14. М. В. Карабовский, А. К. Кулешов. Влияние плотности энергии воздействия мощными ионными пучками и компрессионными плазменными потоками на структурно-фазовые изменения в WC-Ti-Co твёрдом сплаве. // 2018г. БГУ С. 198 – 201.
15. В.С. Ковивчак, К. А. Михайлов, Т.В. Панова, Г.И. Геринг, Р.Б. Бурлаков. Воздействие мощного ионного пучка на композиционный материал на основе алюминия. // Поверхность рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования, 2022г. С. 108.
16. Кузнецова Е.В., Косинова О.А., Коваленко И.А., Цыганов И.А. Уч. Пособие. Рентгенография металлов и сплавов. Из-во ЛГТУ. 2019г. 110с
17. J.M. Poate, G. Foti, D.C. Jacobson, Surface modification and alloying by laser, ion, and electron beams. 1987г. 53с
18. Диденко А.Н., Лигачев А.В., Куракин И.В. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхности металлов и сплавов. 1987г. 185с.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!