



**eНано**

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

## ОТКРЫТЫЙ ЛЕКТОРИЙ

# ИНДУСТРИЯ ФТОРОПЛАСТОВ: РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

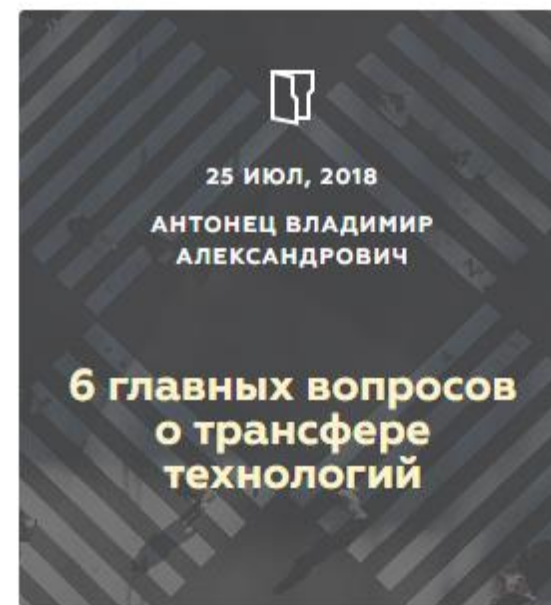
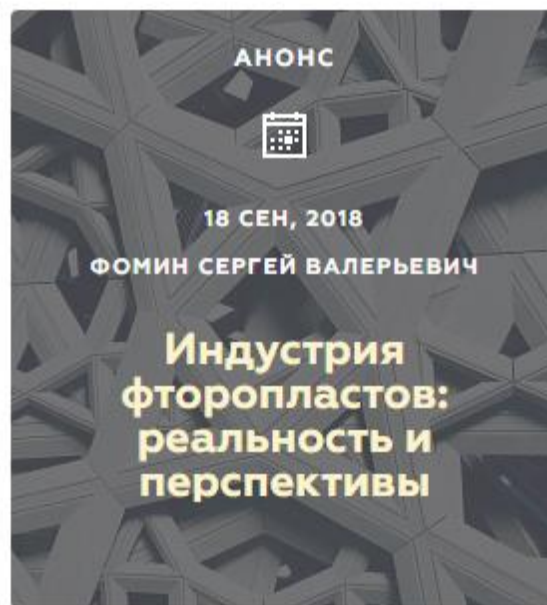
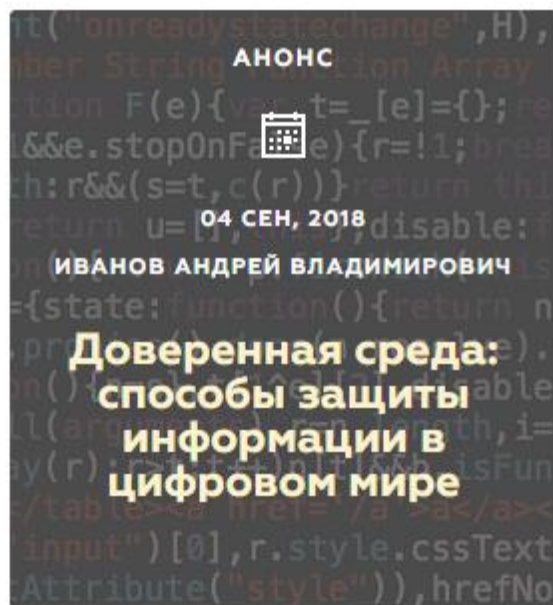
вебинар

18 сентября 2018 года

19:00 мск



«Открытый лекторий» eНано – вебинары и лекции от ведущих ученых и лидеров бизнеса об актуальных результатах научных исследований в высокотехнологичной сфере



Генеральный партнер проекта –  
Фонд инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО



## Спикер - Фомин Сергей

к.т.н., директор Института химии и экологии  
Вятского государственного университета.  
Занимается исследованиями по разработке  
новых полимерных материалов.

### Вы узнаете:

- почему фторполимеры обладают такими уникальными свойствами;
- где применяются фторполимеры и в каких отраслях ожидается рост их потребления;
- структуру мирового и российского рынка фторполимеров и перспективы их развития.

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НА ВЕБИНАРЕ

- Вопросы докладчику можно задавать по ходу вебинара во вкладке **ВОПРОСЫ**
- По техническим и другим вопросам просьба пользоваться вкладкой **ЧАТ**
- По итогам вебинара все зарегистрированные участники получат ссылку на **ВИДЕОЗАПИСЬ** и презентацию
- Информация о проекте на сайте **edunano.ru**



**eНано**

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

# **Индустрия фторопластов: реальность и перспективы**

Фомин С.В.  
Вятский государственный  
университет





**Часть 1.**

**Почему фторопласты?**



## Особенности свойств

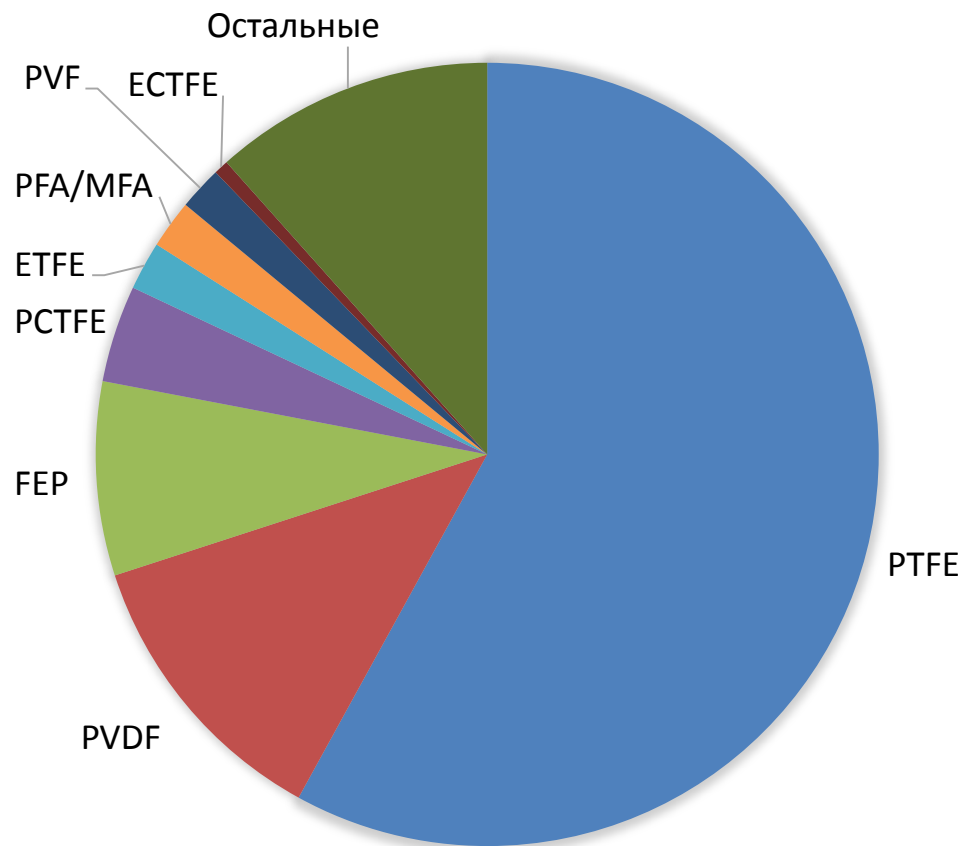
- Термостойкость
- Химическая инертность
- Биологическая инертность
- Низкий коэффициент трения
- Стойкость к агрессивным средам
- Электроизоляционные свойства

## Детали и узлы

- Уплотнители
- Трубопроводы
- Футеровка
- Изоляция
- Импланты
- Узлы трения
- Покрyтия

## Отрасли

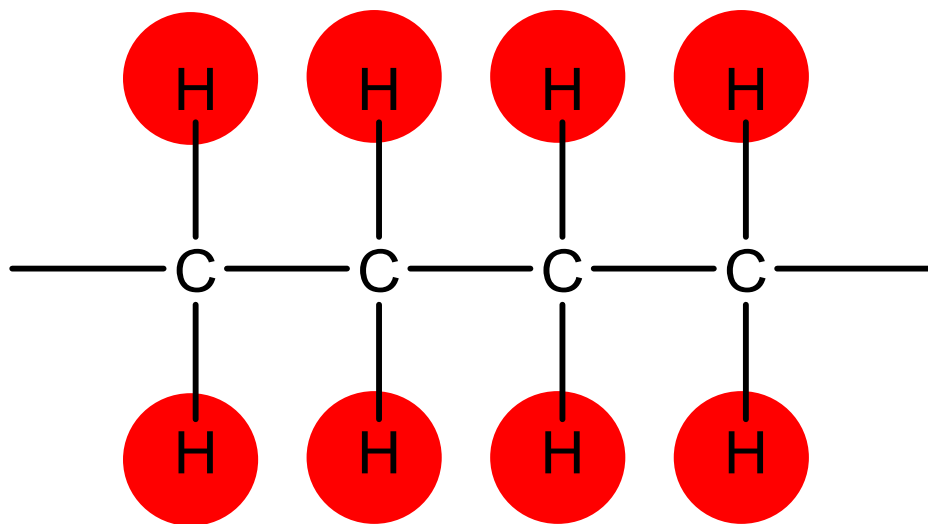
- Атомная и химическая промышленности
- Авиационная и космическая техника
- Электроника и электротехника
- Автомобилестроение
- Машиностроение
- Строительство
- Энергетика
- Медицина



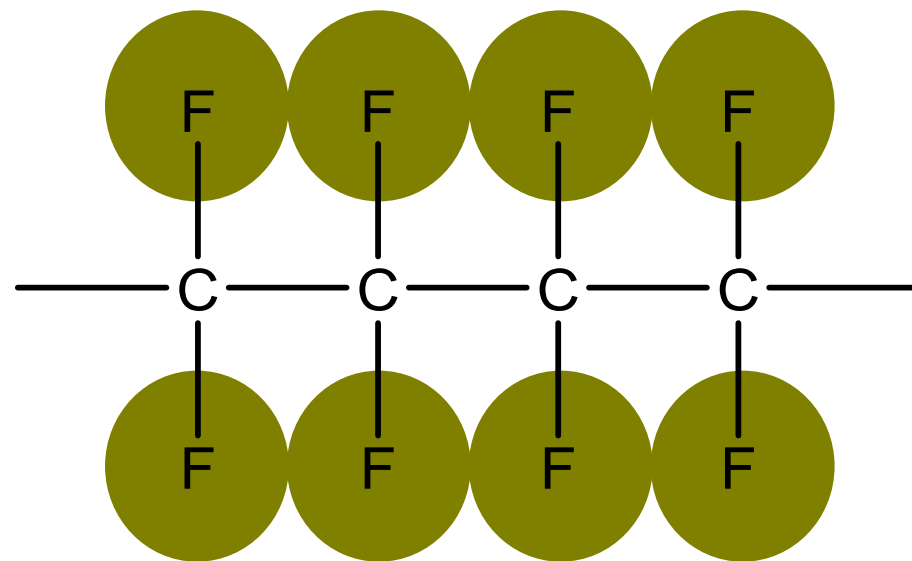
Химическое название	Общепринятое сокращение	Отечественные марки	Зарубежные марки
Политетрафторэтилен	PTFE	Ф-4 Ф-4Д Ф-4А Ф4-М Ф-4ТГ	Teflon™ PTFE Dyneon™ PTFE Fluon® PTFE Polyflon™ PTFE Algoflon® PTFE
Поливинилиденфторид	PVDF	Ф-2М	Kynar® Dyneon™ PVDF Hylar® PVDF Solef® PVDF KF Polymer
Сополимер тетрафторэтилена и гексафторпропилена	FEP	Ф-4МБ	Teflon™ FEP Dyneon™ FEP Neoflon™ FEP
Трифторхлорэтилен	PCTFE	-	Neoflon™ PCTFE Polymist® PCTFE



# Строение политетрафторэтилена (PTFE)



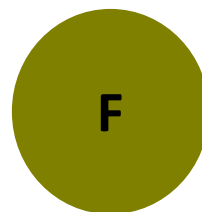
Полиэтилен (PE)



Политетрафторэтилен (PTFE)



0,037 нм



0,064 нм

# Характеристика связей в PE и в PTFE

## Шкала электроотрицательности элементов

....	H	C	S	J	Br	Cl	N	O	F
	2,1	2,5	2,5	2,6	2,8	3,0	3,0	3,5	4,0

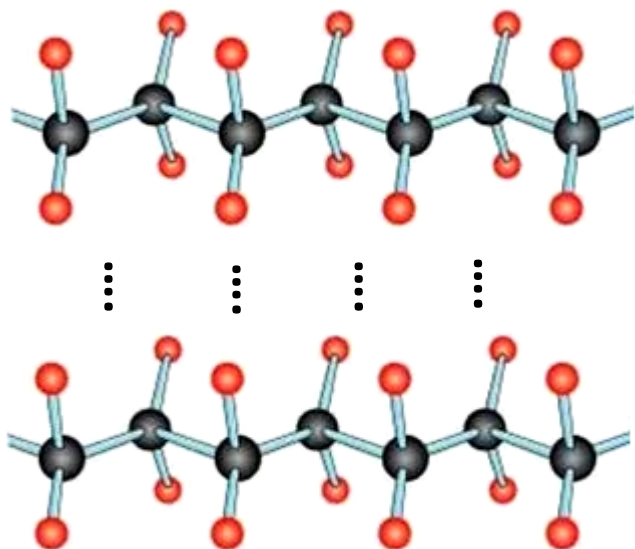


Характеристики связей	PE	PTFE
Распределение электронной плотности в химической связи	C : H <sup>δ+</sup>	C : F <sup>δ-</sup>
Полярность химической связи	Малополярная	Сильно полярная
Прочность химической связи, кДж/моль	403	485

PE

малополярные связи

C—H

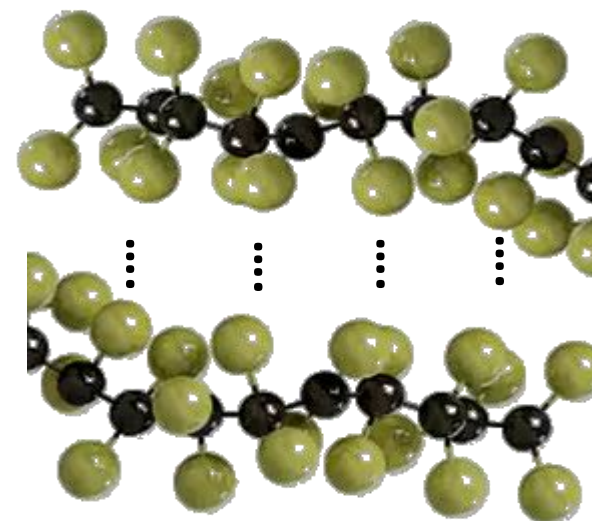


Слабое дисперсионное  
взаимодействие

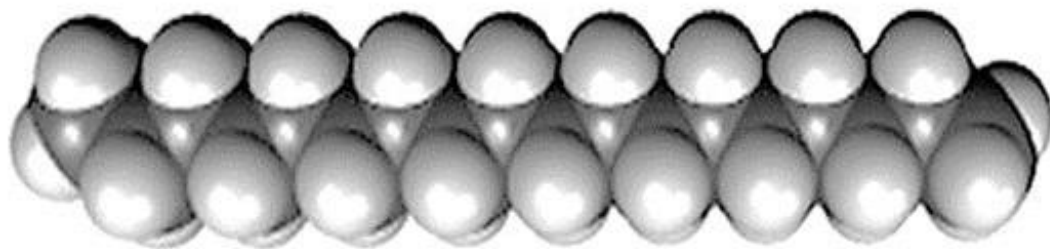
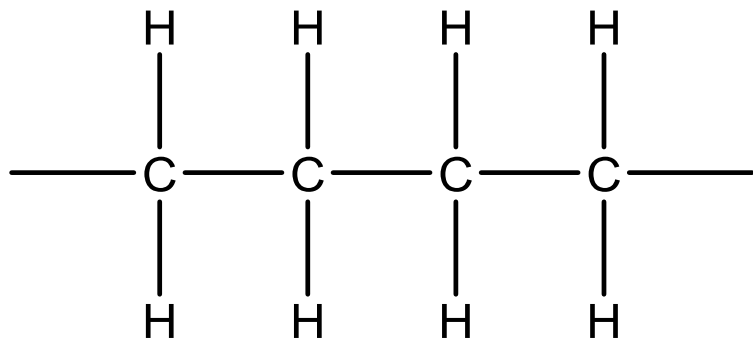
PTFE

сильно полярные связи

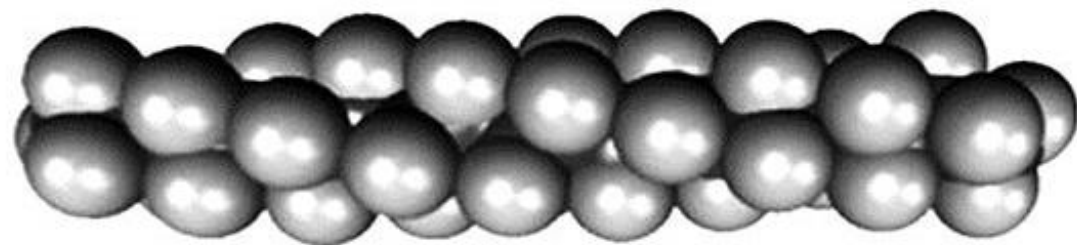
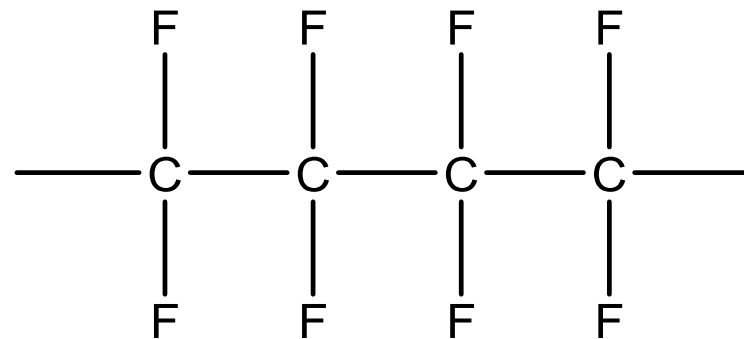
C—F



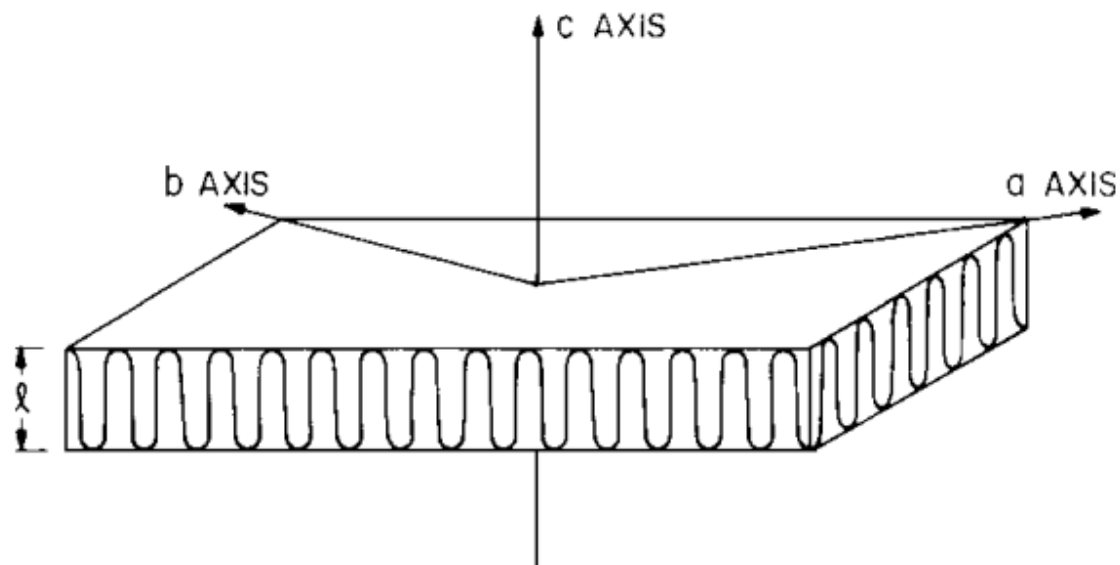
Минимальное диполь-дипольное  
взаимодействие



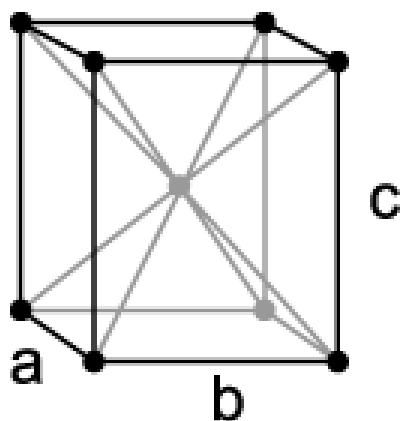
Макромолекулы PE  
в конформации «плоского зигзага»



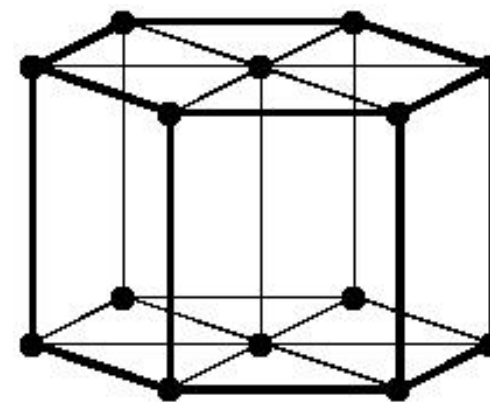
Макромолекула PTFE  
в спиральной конформации



$a \neq b \neq c$

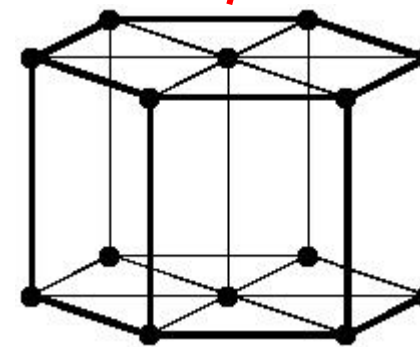
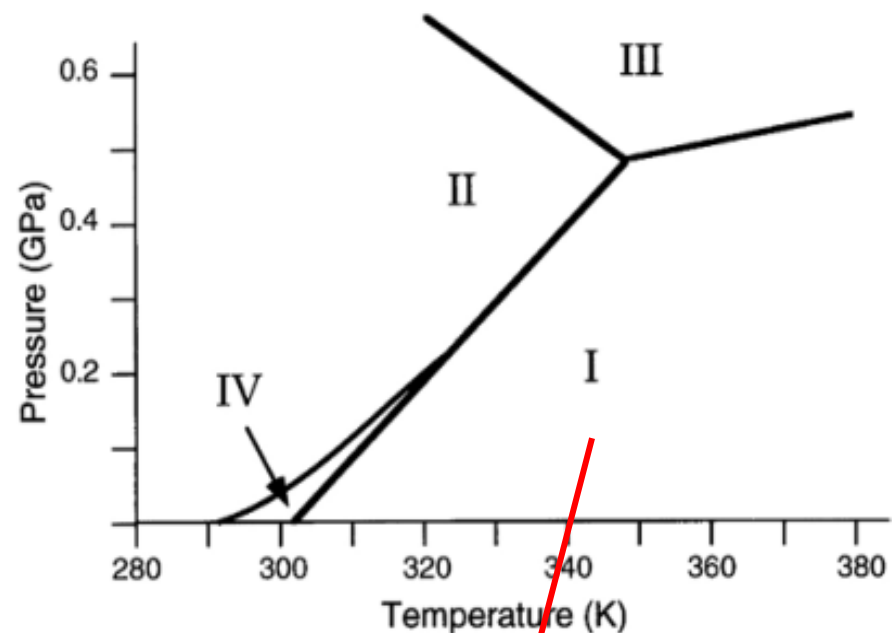


Полиэтилен (PE)

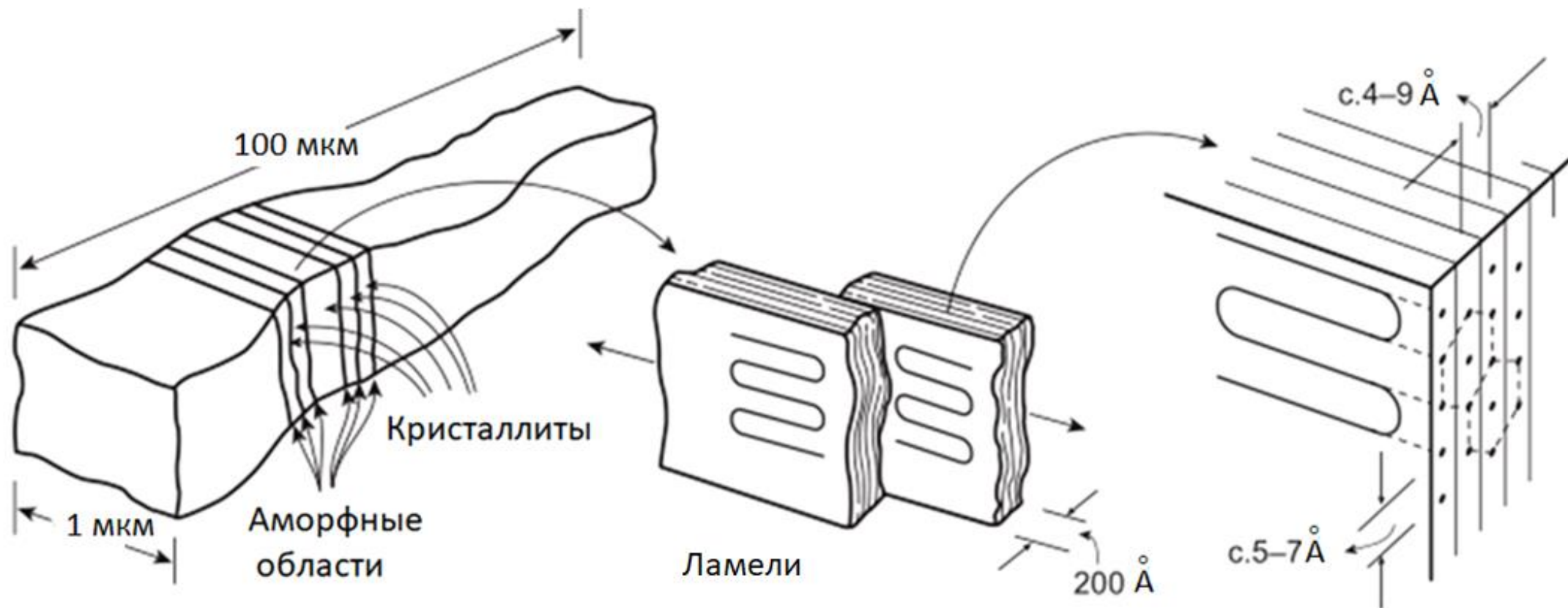


Политетрафторэтилен (PTFE)

Условия	Фаза	Конформация макромолекул PTFE, тип кристаллической решетки
Выше 30 °C	I	Спираль нерегулярно закрученная, гексагональная кристаллическая решетка
Ниже 19 °C	II	Спираль; триклинная кристаллическая решетка
Высокие температура и давление	III	Макромолекула в конформации плоского зигзага
В интервале 19 – 30 °C	IV	Спираль слегка раскрученная; гексагональная кристаллическая решетка



# Многоуровневая надмолекулярная организация РТФЕ



## Преимущества PTFE при эксплуатации

- Химическая инертность, высокая термическая стабильность как в воздухе, так и в инертной среде
- Низкая проницаемость для газов и паров
- Низкие адгезионные свойства к любым материалам, плохая смачиваемость
- Низкая горючесть, высокая огнестойкость

## Недостатки PTFE при эксплуатации

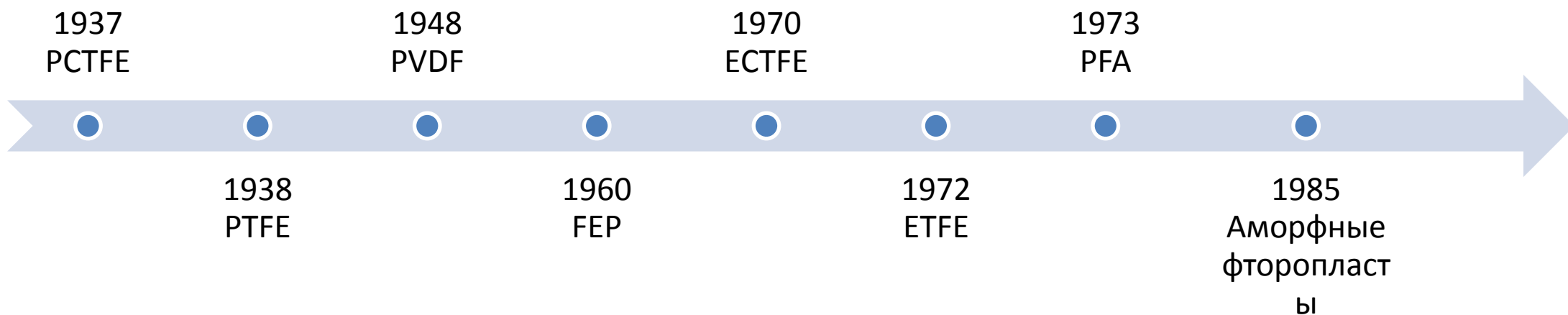
- Неустойчивость к действию ионизирующего излучения
- Высокая хладотекучесть

## Недостатки PTFE при переработке

- Отсутствие способности к течению при достижении температуры плавления



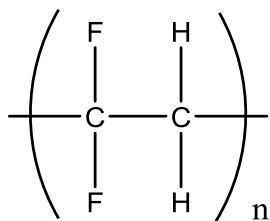




Фторполимер	Полное название	Год коммерциализации
PTFE	Политетрафторэтилен	1947
PCTFE	Политрифторхлорэтилен	1953
FEP (сополимер)	Сополимер тетрафторэтилена и гексафторпропилена	1960
PVF	Поливинилфторид	1961
PVDF	Поилвинилиденфторид	1961
PFA (сополимер)	Сополимер тетрафторэтилена и перфторалкилвинилового эфира	1972
ETFE (сополимер)	Сополимер тетрафторэтилена и этилена	1973
Teflon AF (сополимер)	Сополимер тетрафторэтилена и PDD	1985

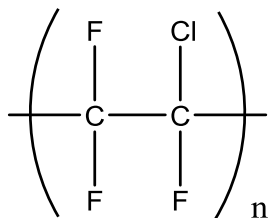
**Гомополимер** – это полимер, макромолекулы которого построены из одинаковых повторяющихся структурных единиц (мономерных звеньев)

Полимер	Аббревиатура	Структурная формула	Исходный мономер
Политетрафторэтилен	PTFE	$\left( \begin{array}{cc} \text{F} & \text{F} \\   &   \\ -\text{C} & -\text{C}- \\   &   \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right)_n$	$\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$
Поливинилиденфторид	PVDF	$\left( \begin{array}{cc} \text{F} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & -\text{C}- \\   &   \\ \text{F} & \text{H} \end{array} \right)_n$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CF}_2$
Поливинилфторид	PVF	$\left( \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & -\text{C}- \\   &   \\ \text{F} & \text{H} \end{array} \right)_n$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHF}$
Политрифторхлорэтилен	PCTFE	$\left( \begin{array}{cc} \text{F} & \text{Cl} \\   &   \\ -\text{C} & -\text{C}- \\   &   \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right)_n$	$\text{F}_2\text{C}=\text{CClF}$



**PVDF**

- устойчивость к ультрафиолетовому и радиационному излучению
- высокие механические характеристики



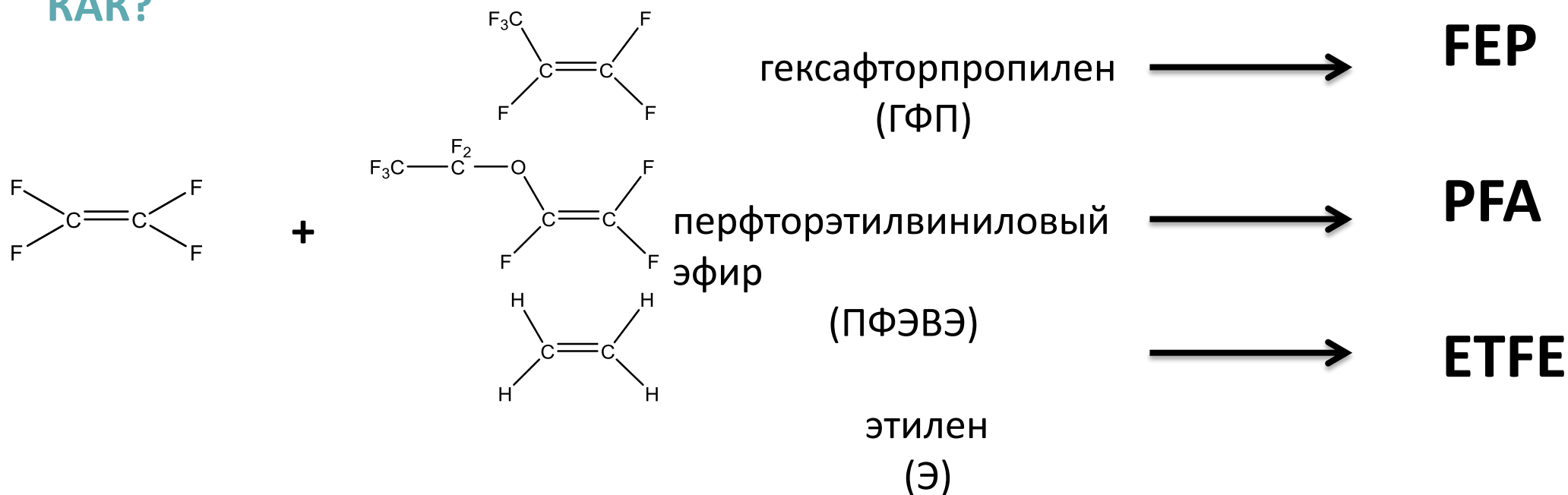
**PCTFE**

- легкость переработки в расплаве
- большая твердость, прочность
- меньшая хладотекучесть, чем у PTFE
- меньшая паро- и газопроницаемость
- проявляет низкую термическую стабильность в расплавленном состоянии
- исключительно морозостоек

## ЧТО?

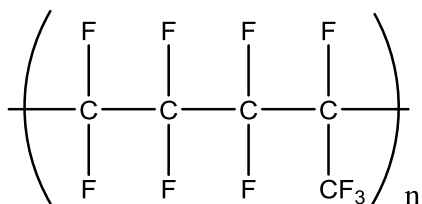
Совместная полимеризация двух (бинарная сополимеризация) или трех (терполимеризация) типов мономеров

## КАК?



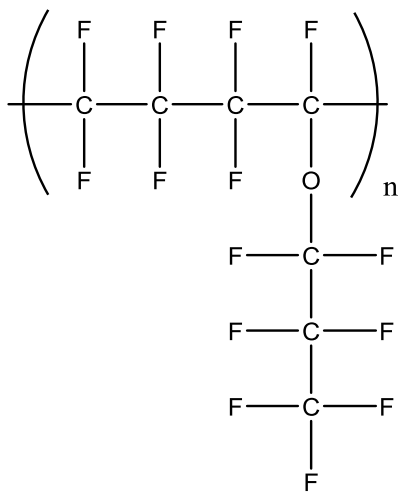
## ЗАЧЕМ?

- Снижение степени кристалличности
- Регулирование свойств



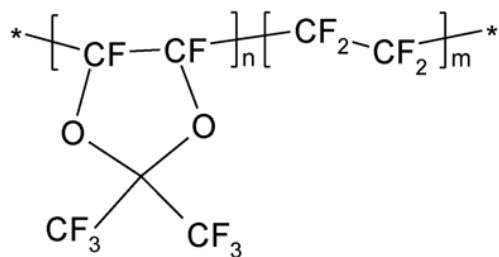
FEP

- перерабатывается в расплаве
- меньшая хладотекучесть, чем у PTFE
- меньшая кристалличность
- очень низкая поверхностная энергия
- превосходное светопропускание

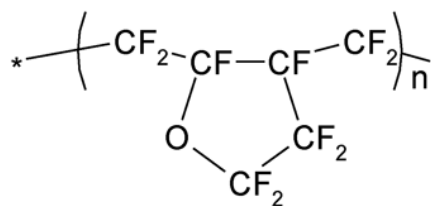


PFA

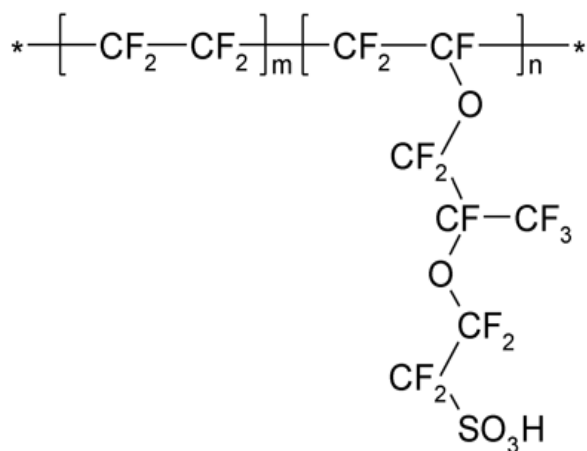
- хорошо перерабатывается в расплаве
- меньшая хладотекучесть, чем у PTFE
- хорошая прозрачность
- исключительная химическая стойкость при повышенных температурах
- хорошие динамические характеристики



Teflon AF

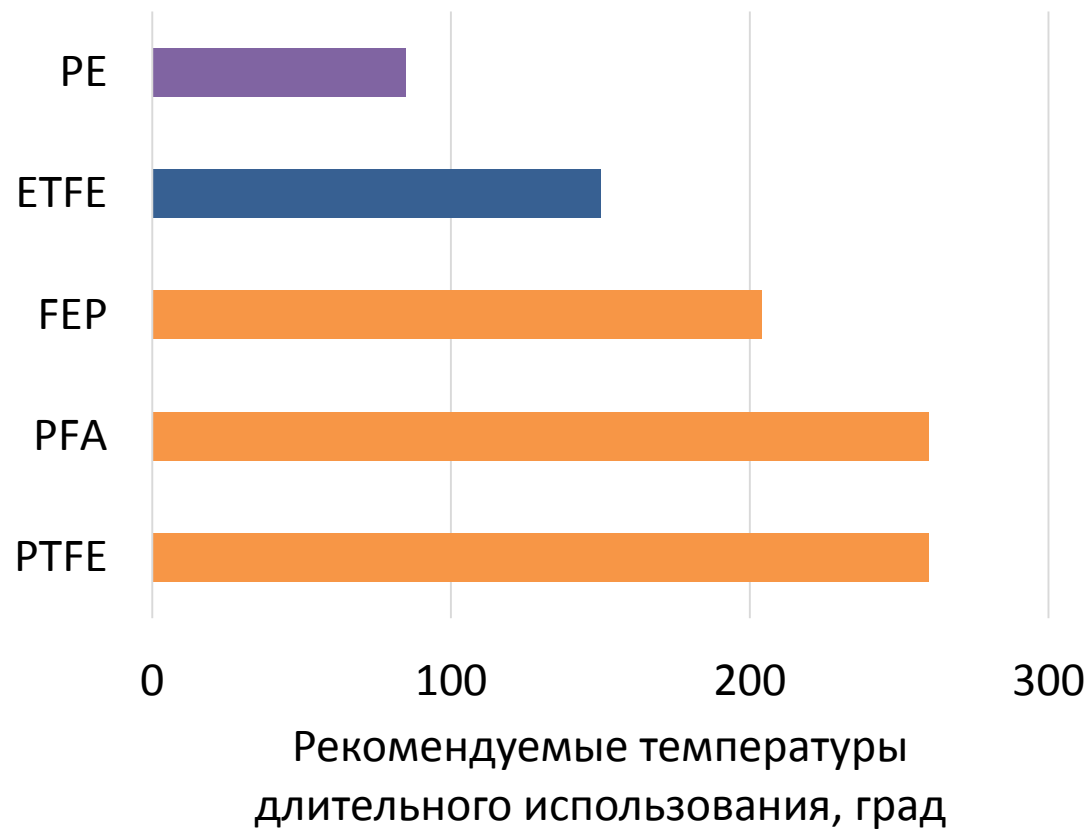
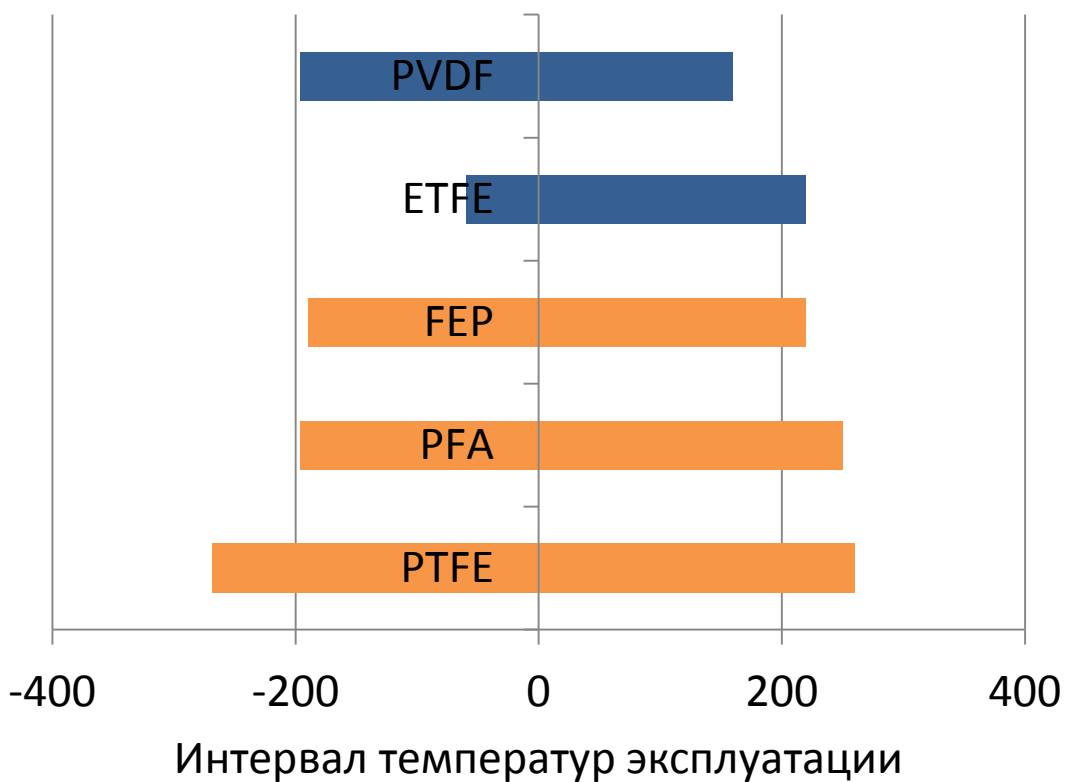


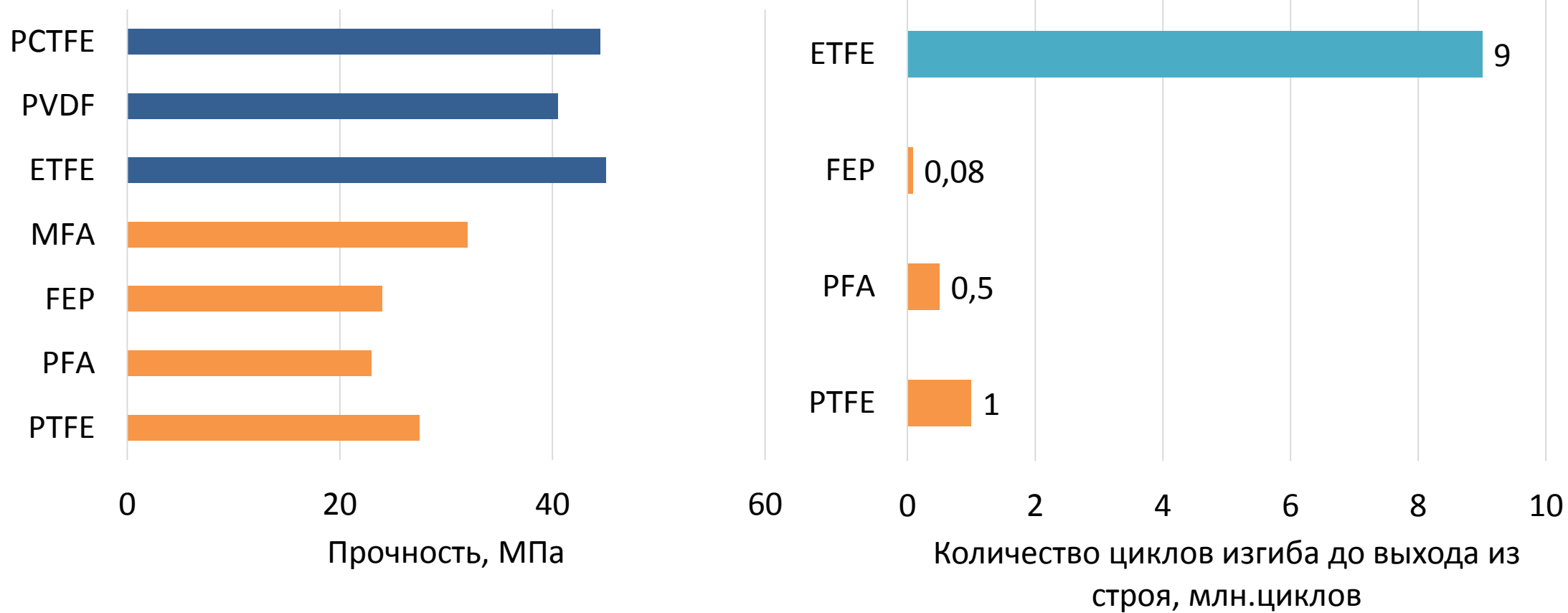
Cytop



Nafion

- аморфные фторопласты
- лучшая прозрачность из всех органических материалов
- низкий показатель преломления
- растворимость
- лучшие механические свойства
- самая низкая диэлектрическая постоянная из всех полимеров
- ионная проводимость



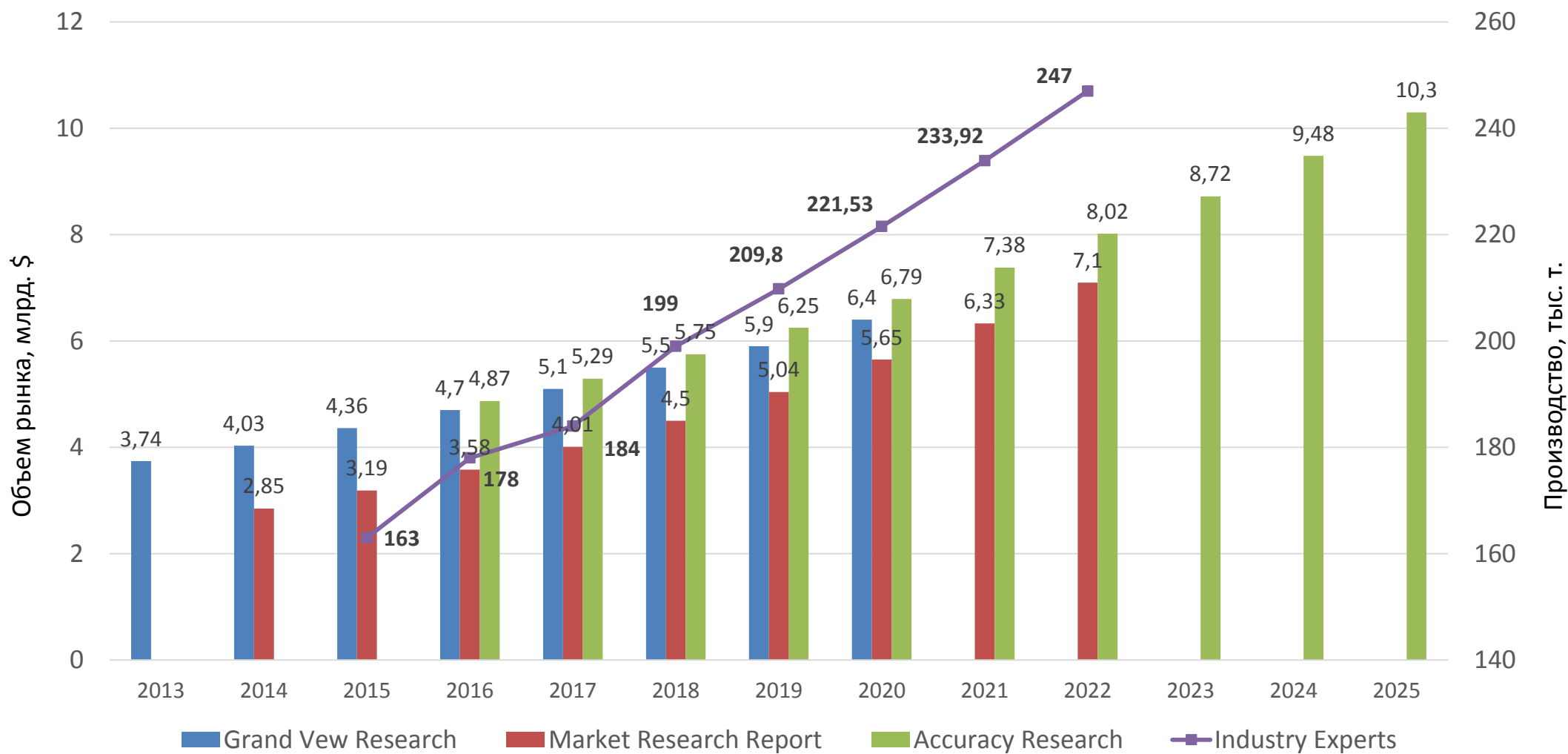




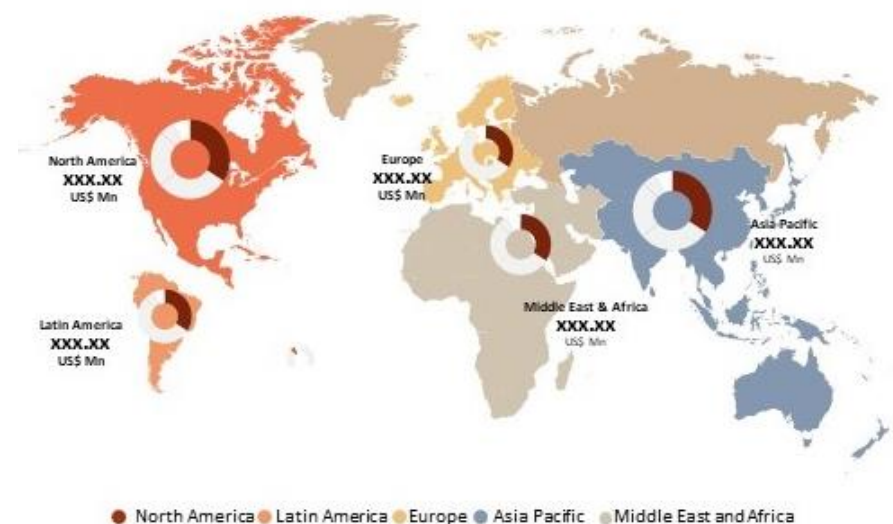
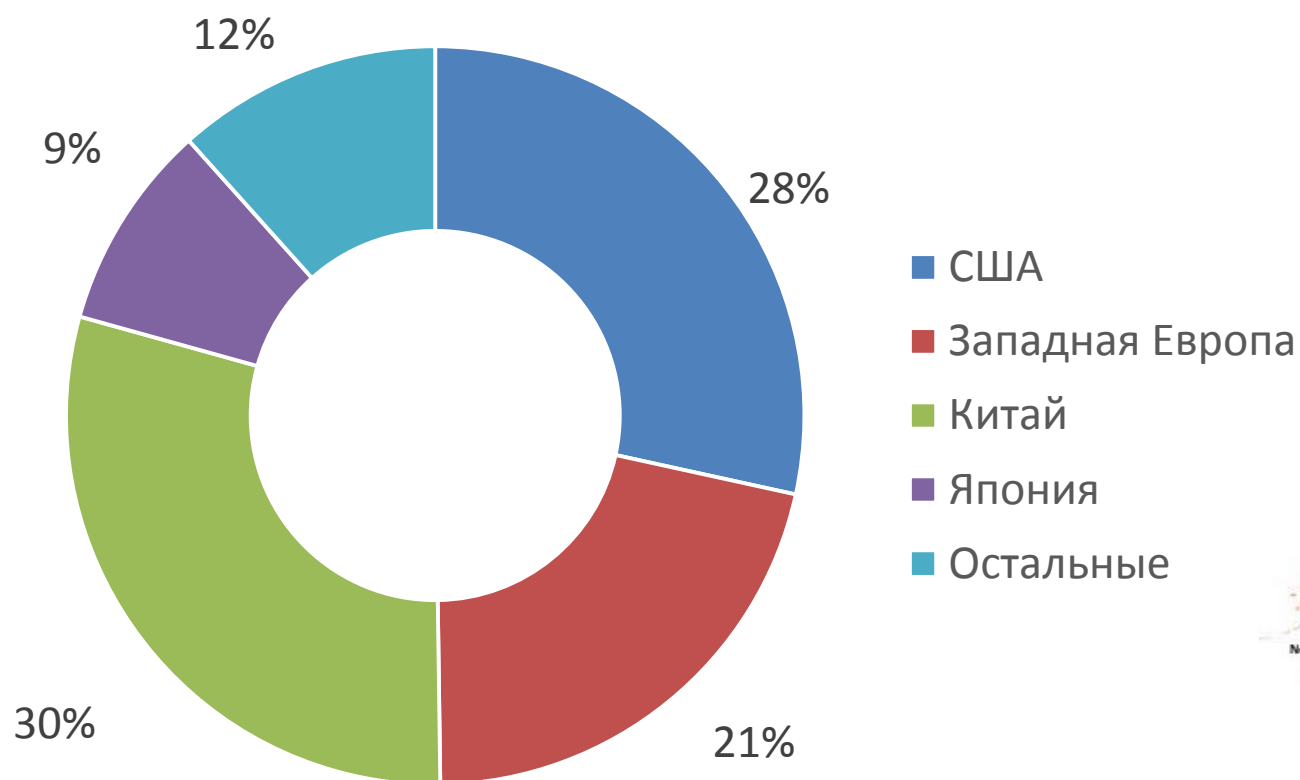


**Часть 2.**

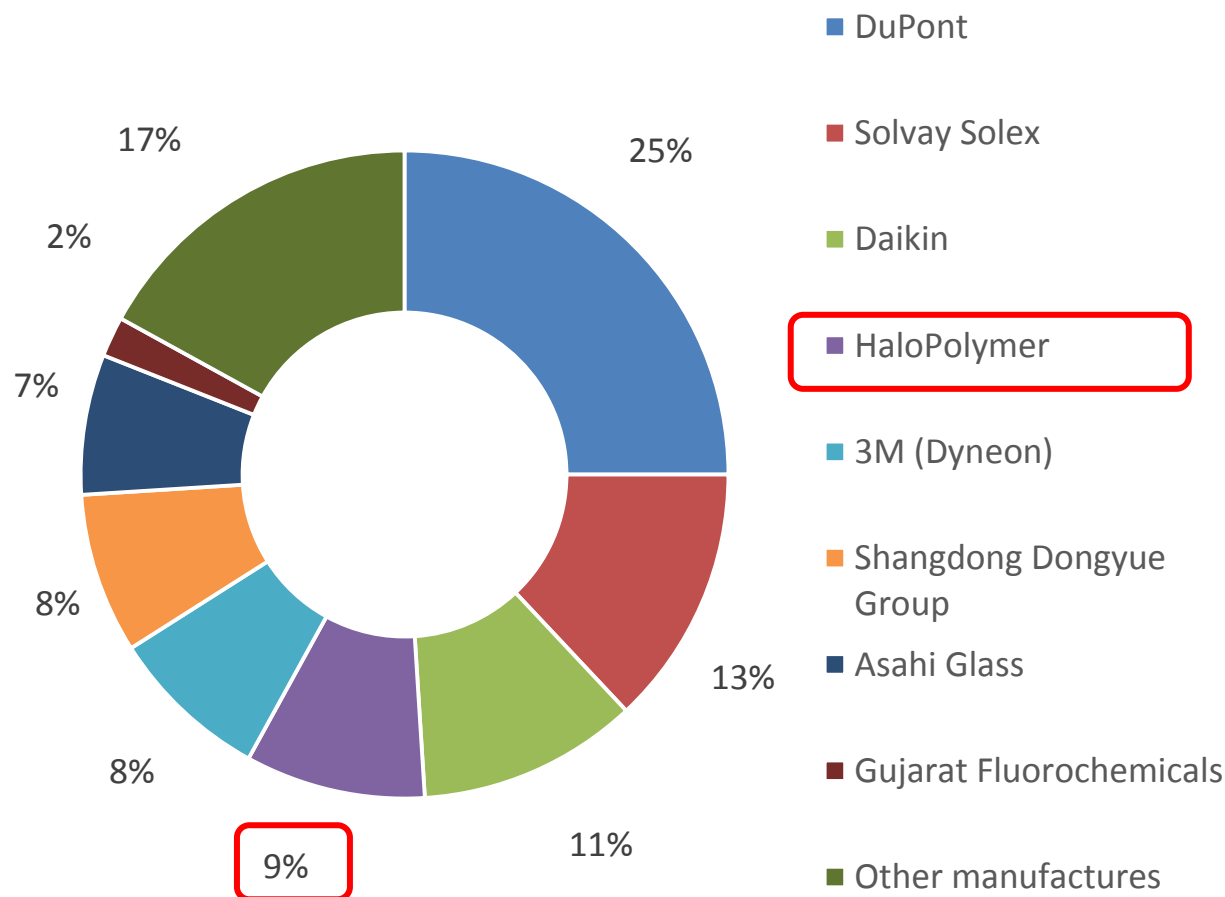
**Индустрия фторопластов**



## Потребление по регионам (2017 г.)



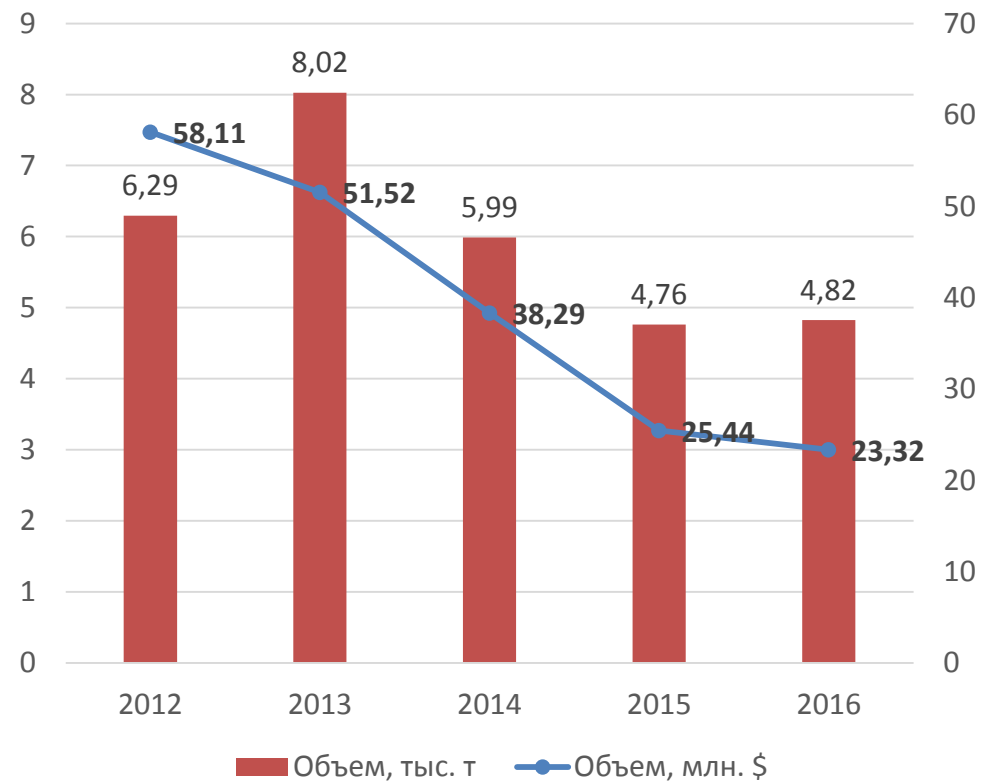
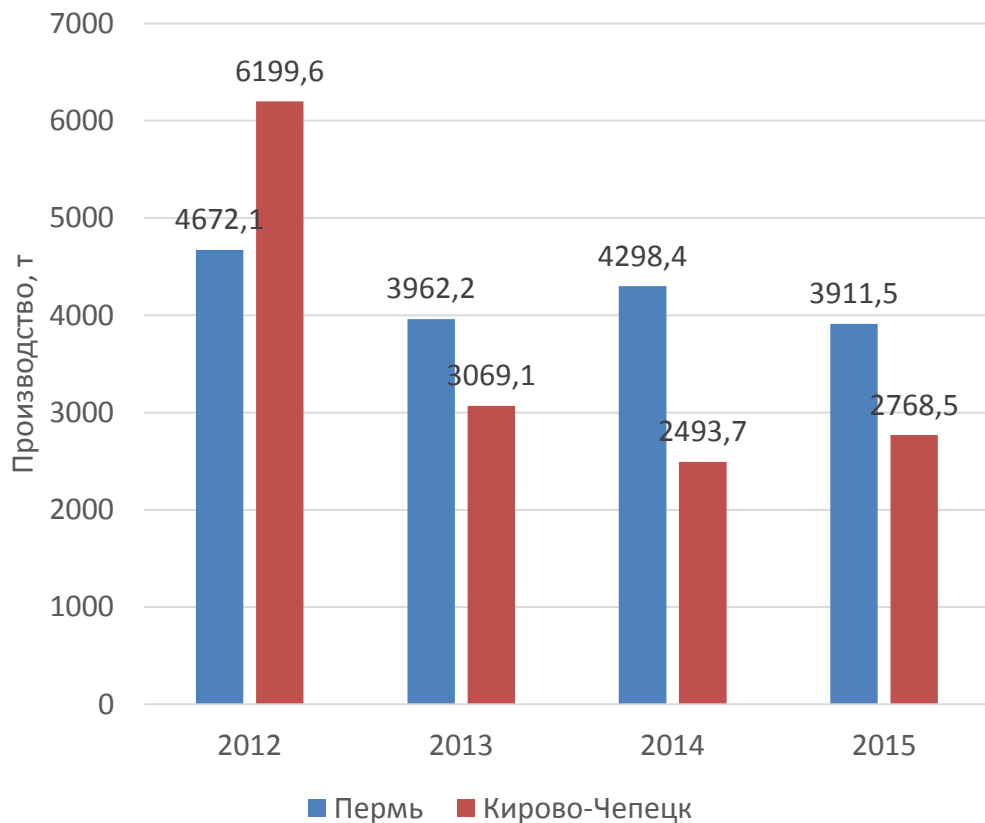
## Ведущие производители (2010 г., данные с сайта [www.halopolymer.com](http://www.halopolymer.com))

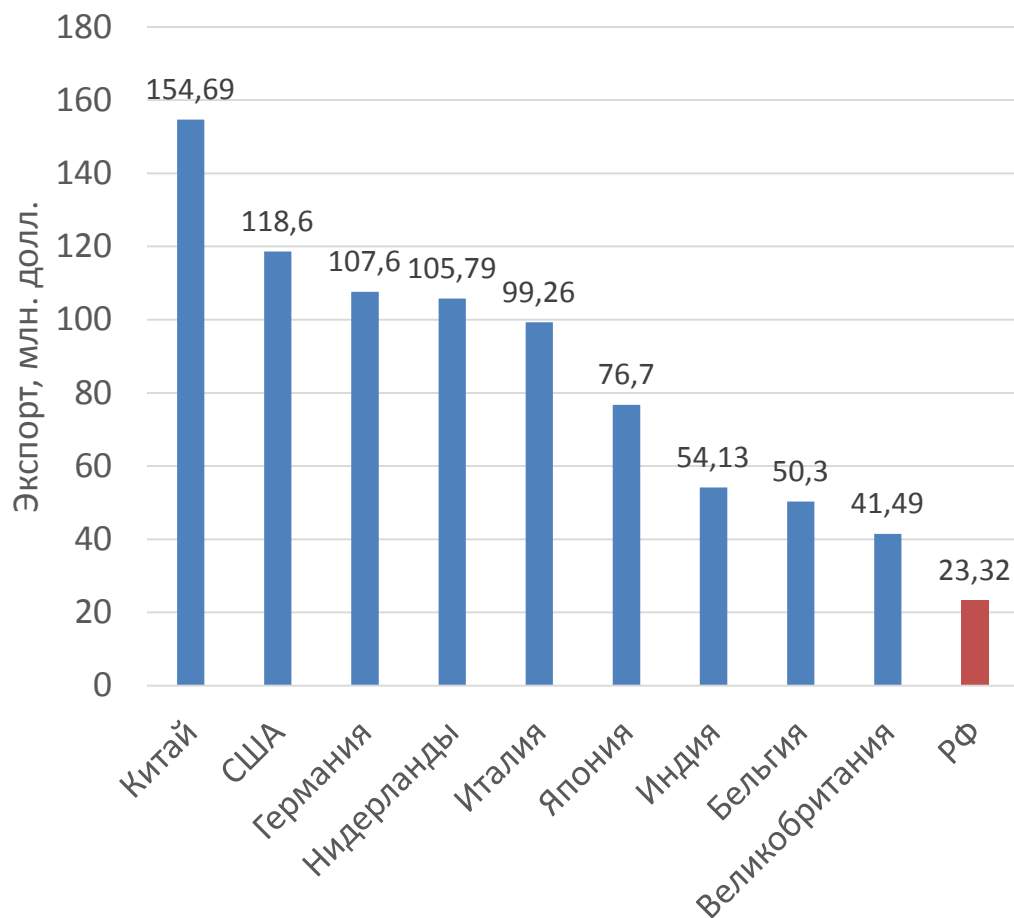


## Ведущие производители (2018 г., анализ The Industry Herald)

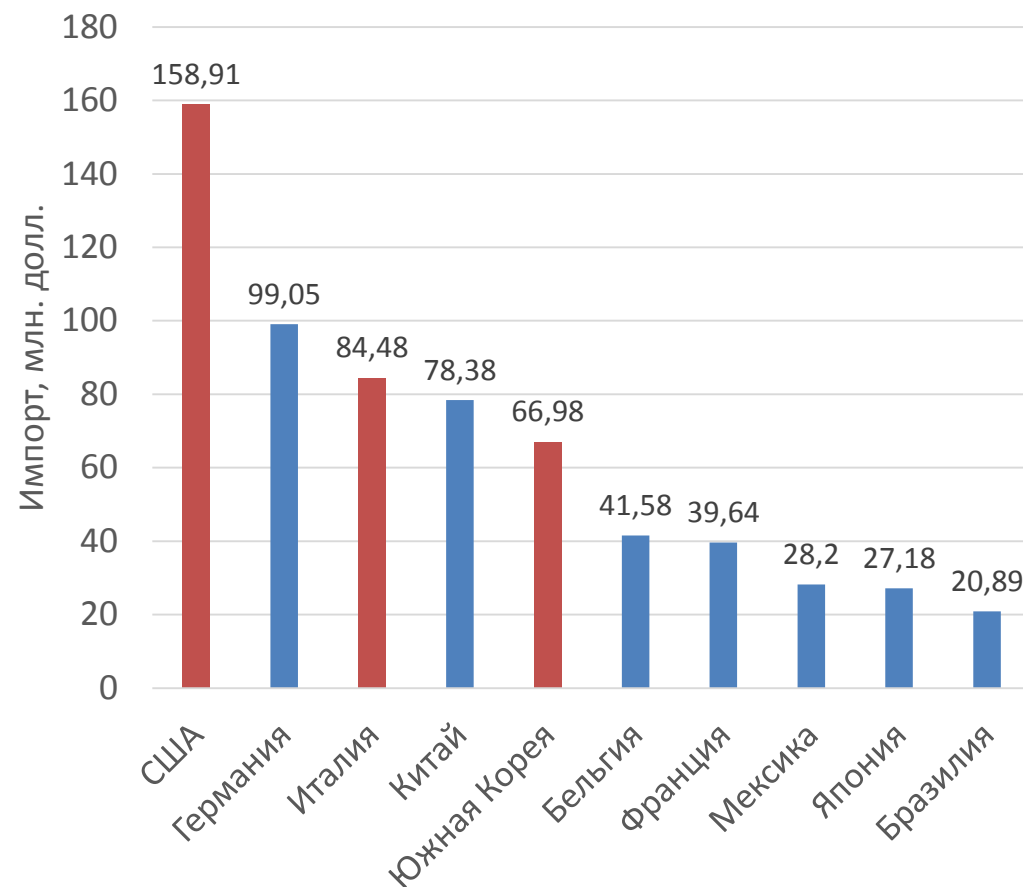
- I. du Pont de Nemours and Company
- Daikin Industries, Ltd.
- Arkema S.A.
- Asahi Glass Co., Ltd.
- Solvay Solexis, S.A.
- Honeywell International Inc.
- The 3M Company
- Fuxin Heng Tong Fluorine Chemicals Co. Ltd
- Gujarat Fluorochemicals Ltd

Регионы РФ	Производство, т	Импорт, т	Экспорт, т
Пермский край	3 911,5	0,1	2 281,7 (58,3%)
Кировская область	2 768,5	0,0	2 478,9 (89,5%)
Приморский край	0,0	87,6	0,0
Санкт-Петербург	0,0	85,1	0,0
Москва	0,0	68,8	0,3
Московская область	0,0	13,0	0,1

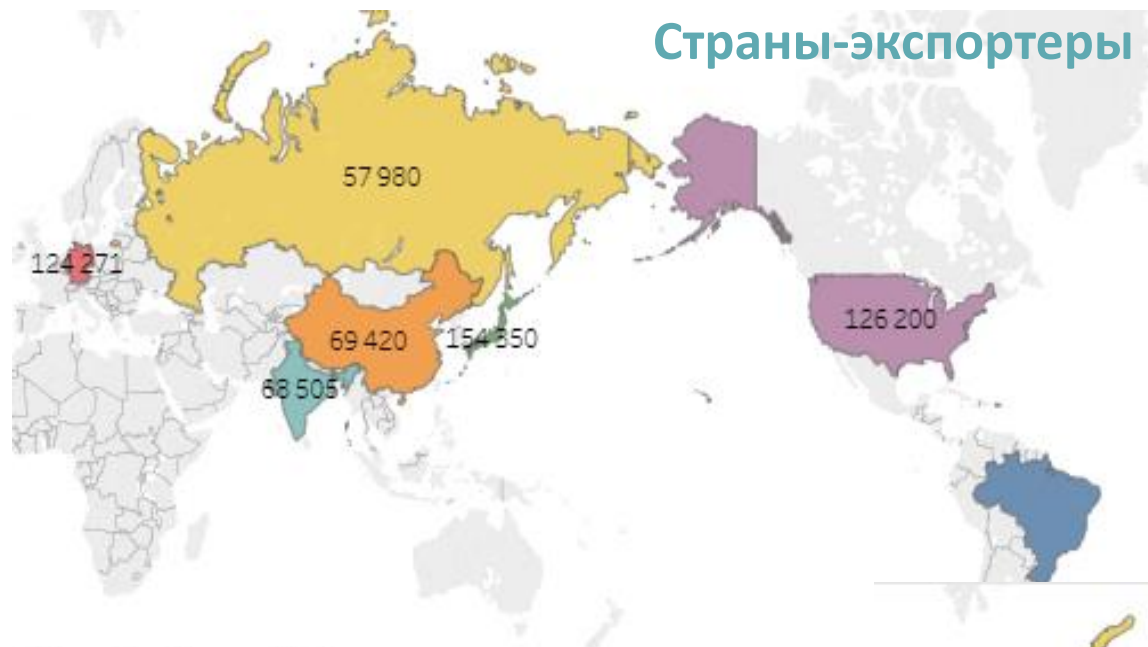




Страны-экспортеры



Страны-импортеры



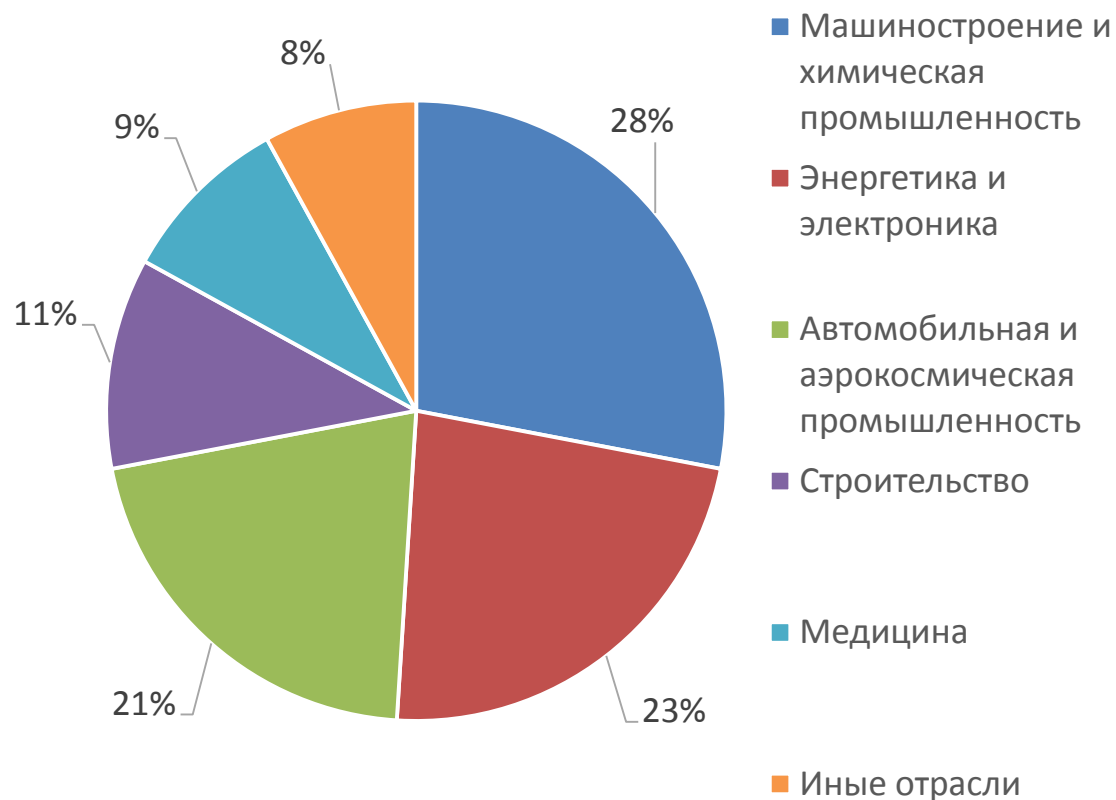
© OpenStreetMap contributors



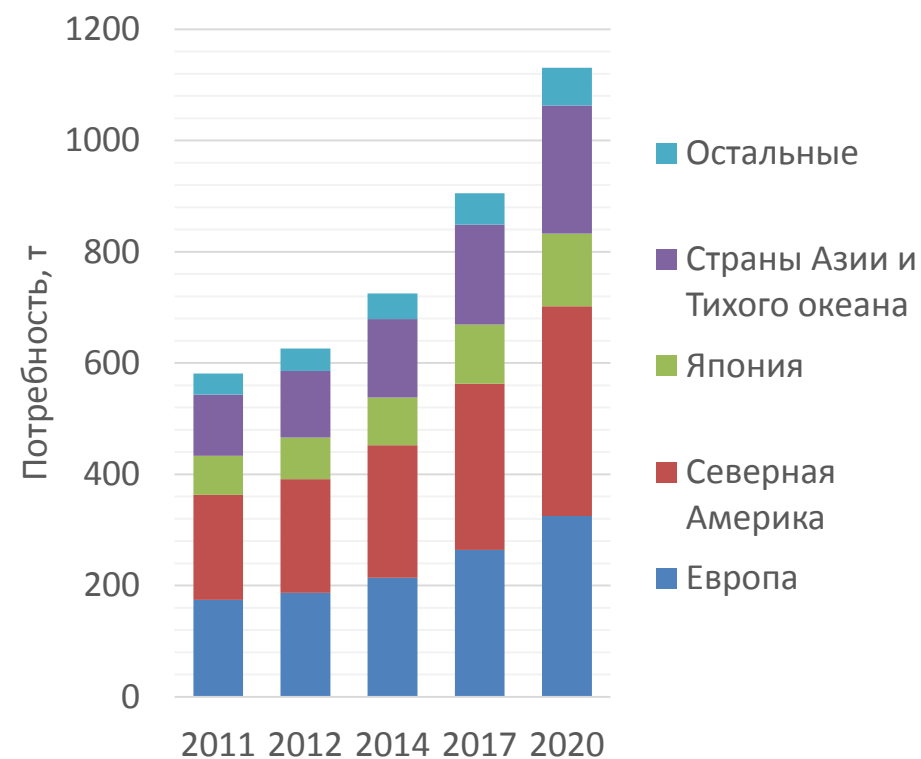
© OpenStreetMap contributors

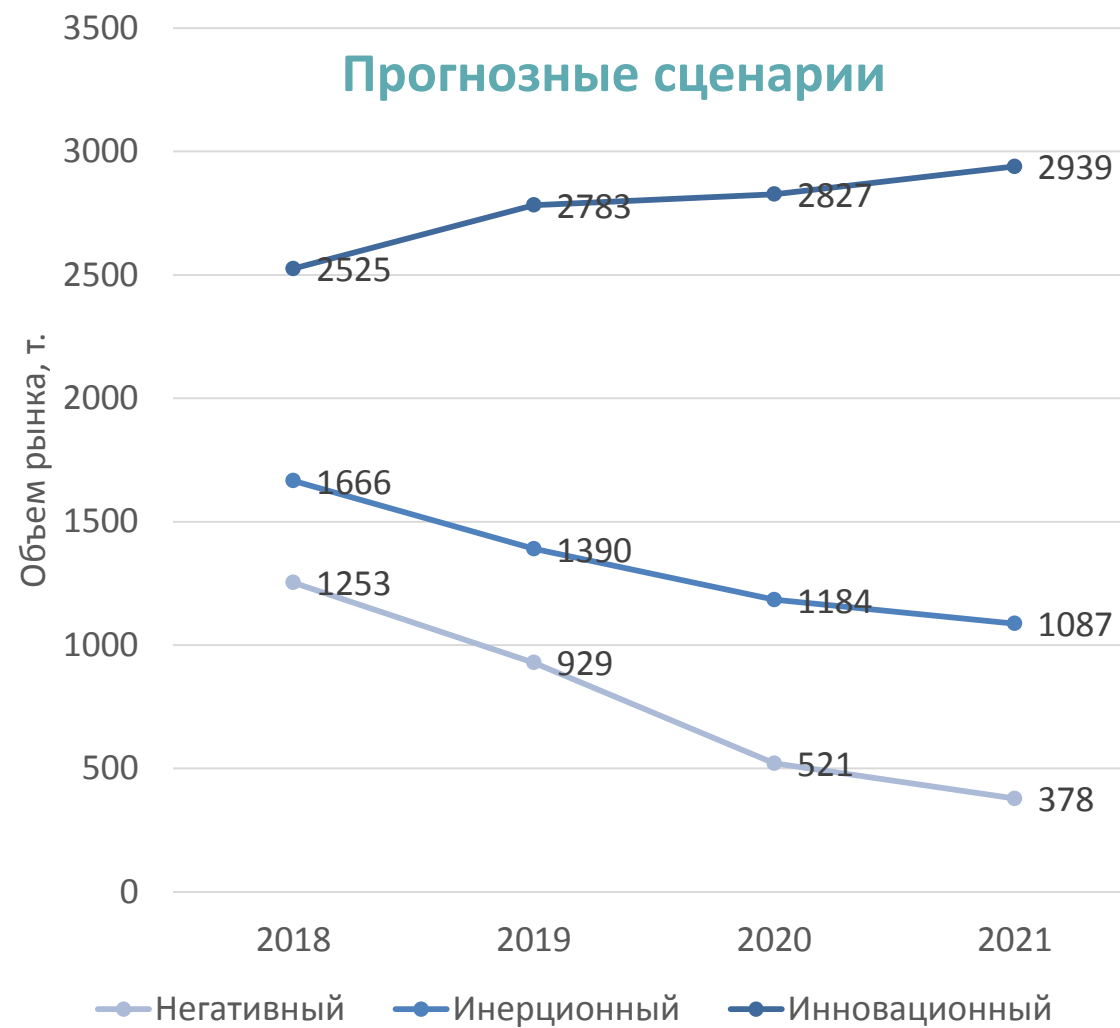
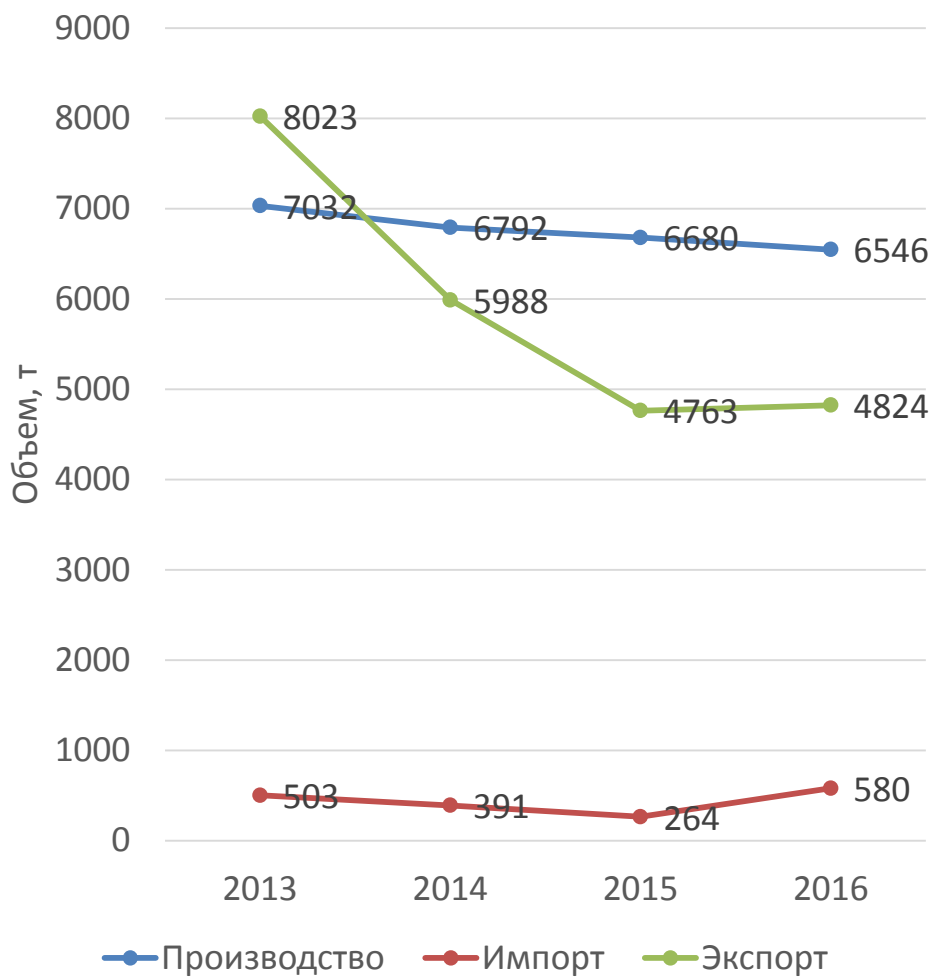


## Потребление по отраслям (2014 г)



## Потребность во фторопластах в медицине









# eНано

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

## Спасибо за внимание!

Фомин Сергей Валерьевич  
Директор института химии и экологии Вятского государственного  
университета  
(8332) 742-681  
rubber@vyatsu.ru

-  117036, г. Москва, проспект  
60-летия Октября, 10А,
-  Тел.: +7 495 988 53 88
-  E-mail: [info@edunano.ru](mailto:info@edunano.ru)
-  [www.edunano.ru](http://www.edunano.ru)



**eНано**

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

Ближайшие мероприятия:

**10 октября в 18:00 мск**

Вместе против рака:  
наномолекулярные методы  
диагностики меланомы

*Научно-исследовательский центр  
фундаментальных и прикладных проблем  
биоэкологии и биотехнологии УлГПУ*

сайт: [edunano.ru](http://edunano.ru)

вопросы: [enano@rusnano.com](mailto:enano@rusnano.com)