



ЦЕНТР
СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ
ФЛЮИДОВ

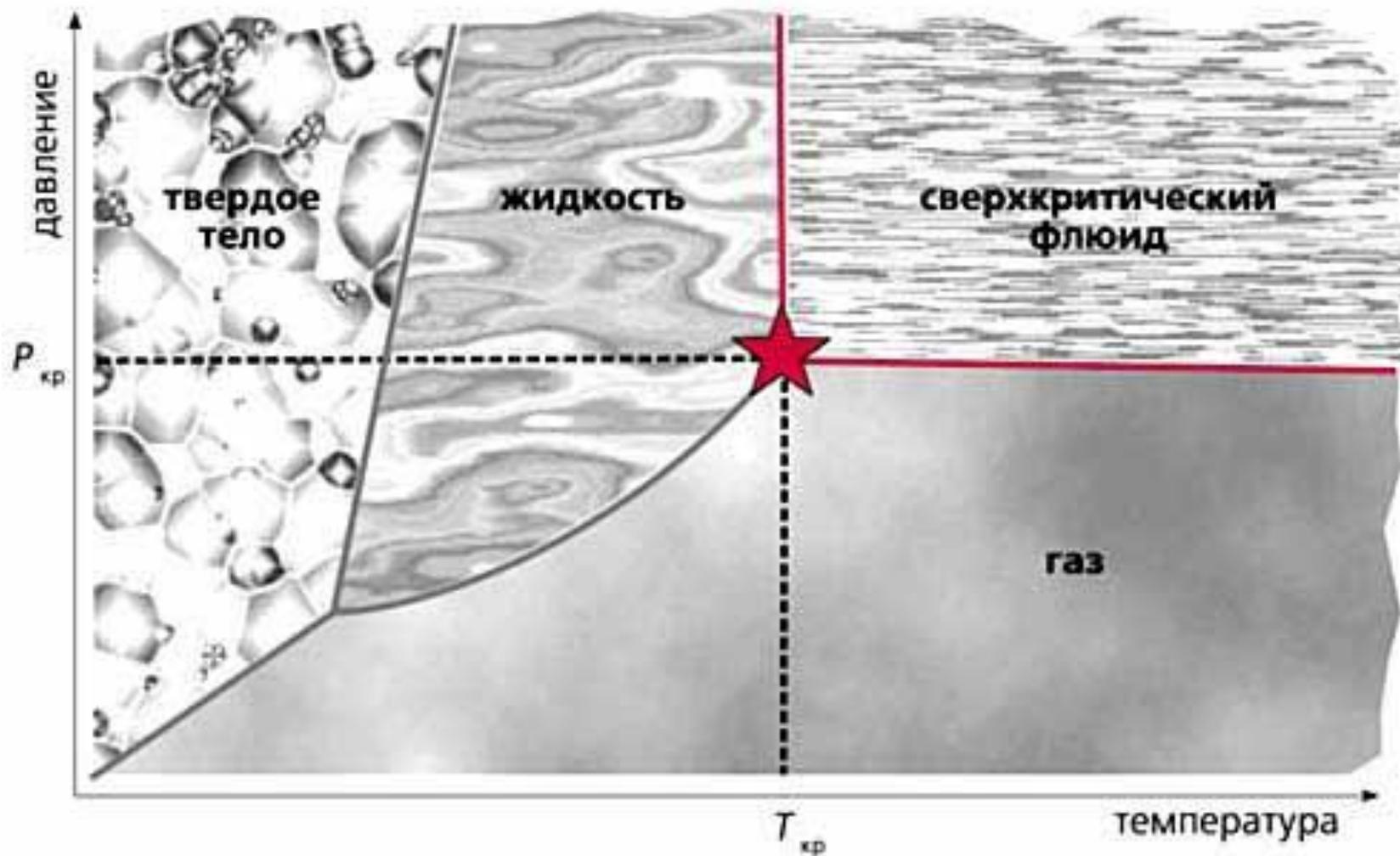


Сверхкритические флюиды (СКФ) – четвертое состояние вещества. СКФ технологии

Сверхкритические флюиды (СКФ) в химических, технологических и деловых журналах мира (1978-1984)

- Ideal solvents . . . (Идеальные растворители...)
- It's an exciting technology, and it is just about to take off. (Это захватывающая технология, и она вот-вот взлетит.)
- They [SCFs] have a tremendous capacity to dissolve. (Они (СКФ) имеют потрясающую растворяющую способность)
- This technology will become a significant alternative to distillation. (Эта технология будет существенной альтернативой дистилляции)
- We're on the threshold of a new technology. (Мы стоим на пороге новой технологии.)
- The mystique of the term supercritical alone commands attention. (Одна только загадочность термина «сверхкритический» привлекает внимание.)
- . . . they are putting this magic gas-liquid to work . . . (. . . они заставляют этот волшебный газ-жидкость работать. . .)

Диаграмма состояния вещества (РТ)



История открытия СКФ

1822 Каньяр де ла Тур

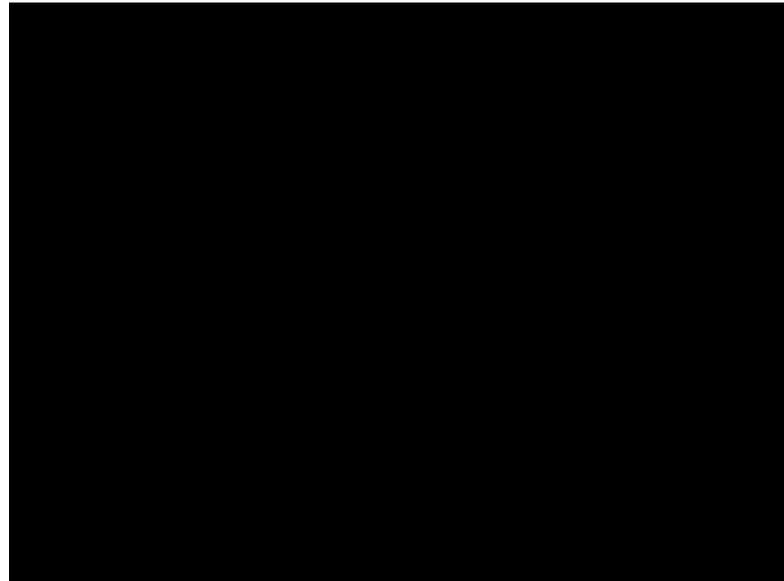
Открытие сверхкритического состояния

1860 Д.И. Менделеев

Открытие критической точки кипения

1978-

Начало промышленного внедрения



Примеры внедрения СКФ технологий

Процесс	Город, страна	Год
Декофеинизация кофейных зерен	Бремен, Германия	1978
Экстракция хмеля и специй	Германия, Франция, Великобритания	
Экстракция хмеля	Сидней, Небраска	1985
Экстракция кофеина	Хьюстон, Техас	1990



Экстракционные колонны для декофеинизации сверхкритическим CO₂. Maxwell House Coffee Company Houston, Texas.

Критические параметры некоторых веществ

Растворитель	Молярная масса	Критическая температура, $T_{\text{крит}}$	Критическое давление, $P_{\text{крит}}$	Критическая плотность, $\rho_{\text{крит}}$
	г/моль	К	МПа (атм.)	г/см ³
Диоксид углерода (CO_2)	44,01	303,9	7,38 (72,8)	0,468
Вода (H_2O)	18,015	647,096	22,064 (217,755)	0,322
Метан (CH_4)	16,04	190,4	4,60 (45,4)	0,162
Этан (C_2H_6)	30,07	305,3	4,87 (48,1)	0,203
Пропан (C_3H_8)	44,09	369,8	4,25 (41,9)	0,217
Этилен (C_2H_4)	28,05	282,4	5,04 (49,7)	0,215
Пропилен (C_3H_6)	42,08	364,9	4,60 (45,4)	0,232
Метанол (CH_3OH)	32,04	512,6	8,09 (79,8)	0,272
Этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	46,07	513,9	6,14 (60,6)	0,276
Ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$)	58,08	508,1	4,70 (46,4)	0,278
Аммиак (NH_3)	17,03	405,3	11,35 (115,7)	0,322
Ксенон (Xe)	131,29	289,5	5,84 (58,4)	1,110

Свойства сверхкритических флюидов

Физический параметр	Газ	Сверхкритический флюид	Жидкость
Плотность, кг/м ³	1	100-800	1000
Вязкость, мПа·с	0,01	0,05-0,1	0,5-5,0
Диффузия, мм ² с ⁻¹	1-10	0,01-0,1	0,001

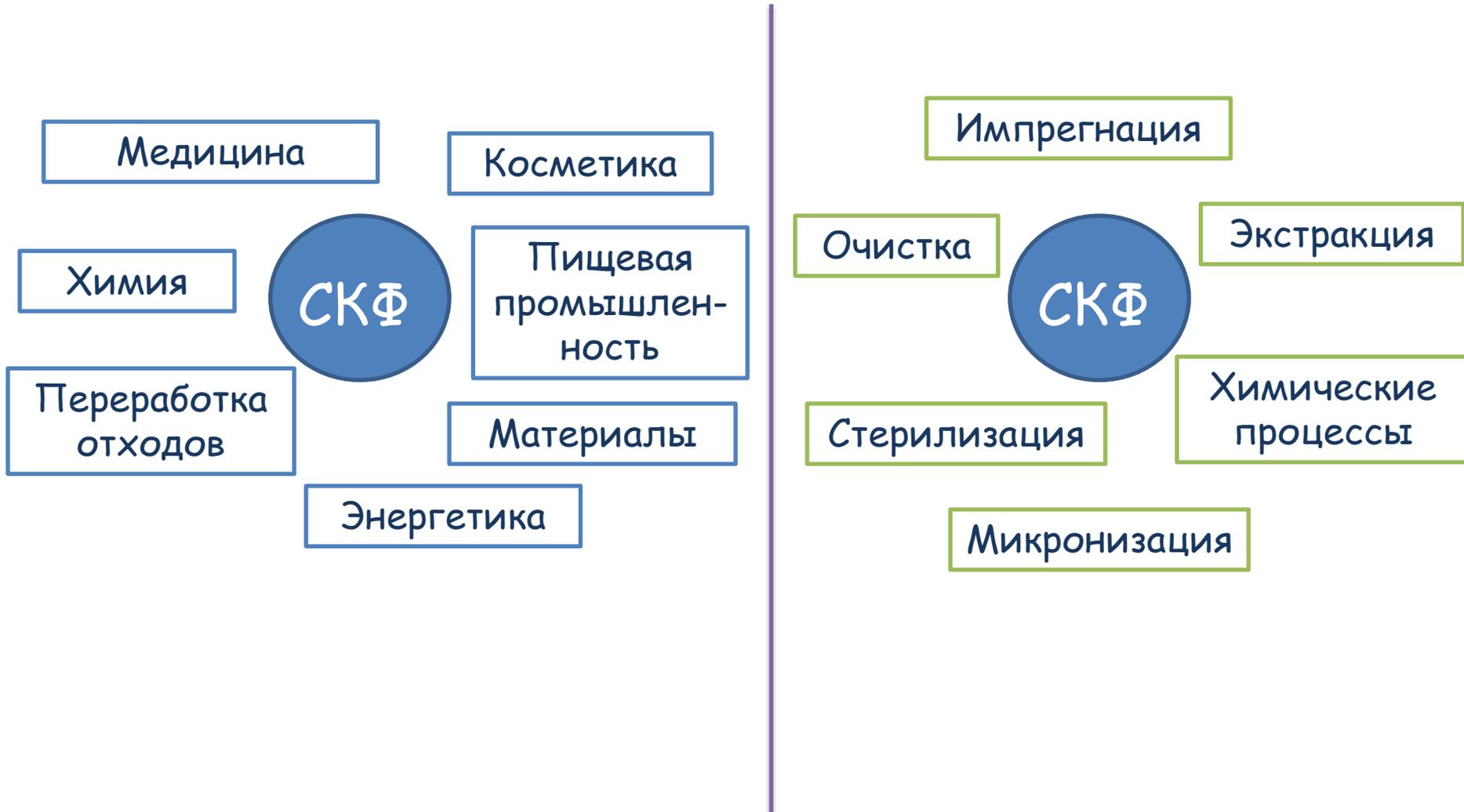
Суммируя, к свойствам сверхкритических флюидов относятся:

- управляемая растворяющая способность;
- управляемая, относительно высокая плотность;
- низкая вязкость и, как следствие, низкое вязкостное трение;
- высокий коэффициент диффузии веществ в них;
- отсутствие поверхностного, межфазного натяжения;
- высокая проникающая способность;

Сверхкритический диоксид углерода

- Хороший слабополярный растворитель (дипольный момент равен 0, но есть квадрупольный момент)
- Низкие критические параметры: $P_{кр} = 73$ атм, $T_{кр} = 31^{\circ}\text{C}$
- В нормальных условиях - газ
- Негорючий
- Нетоксичный
- Химически инертный
- Дешевый
- Доступный - побочный продукт многих крупнотоннажных производств

Области применения СКФ и связанные с этим процессы



СКФ экстракция



- ❑ Отсутствие следов растворителя в конечном продукте,
- ❑ Более высокая производительность по сравнению с традиционной жидкостной экстракцией,
- ❑ Возможность настройки растворяющей способности сверхкритического растворителя в широких пределах путём варьирования давления и температуры.

СКФ экстракция и очистка



- декофеинизация кофе
- экстракция хмеля для пивоварения
- экстракция эфирных и жирных масел из растительного сырья
- очистка пробкового материала от трихлоранизола
- очистка оптических кабелей от тестировочных масляных растворителей,
- очистка использованных катализаторов
- ...

СКФ для медицины и фармации

Экстракция биологически активных веществ

Микронизация фармсубстанций

Импрегнация материалов для доставки лекарств
и протезирования

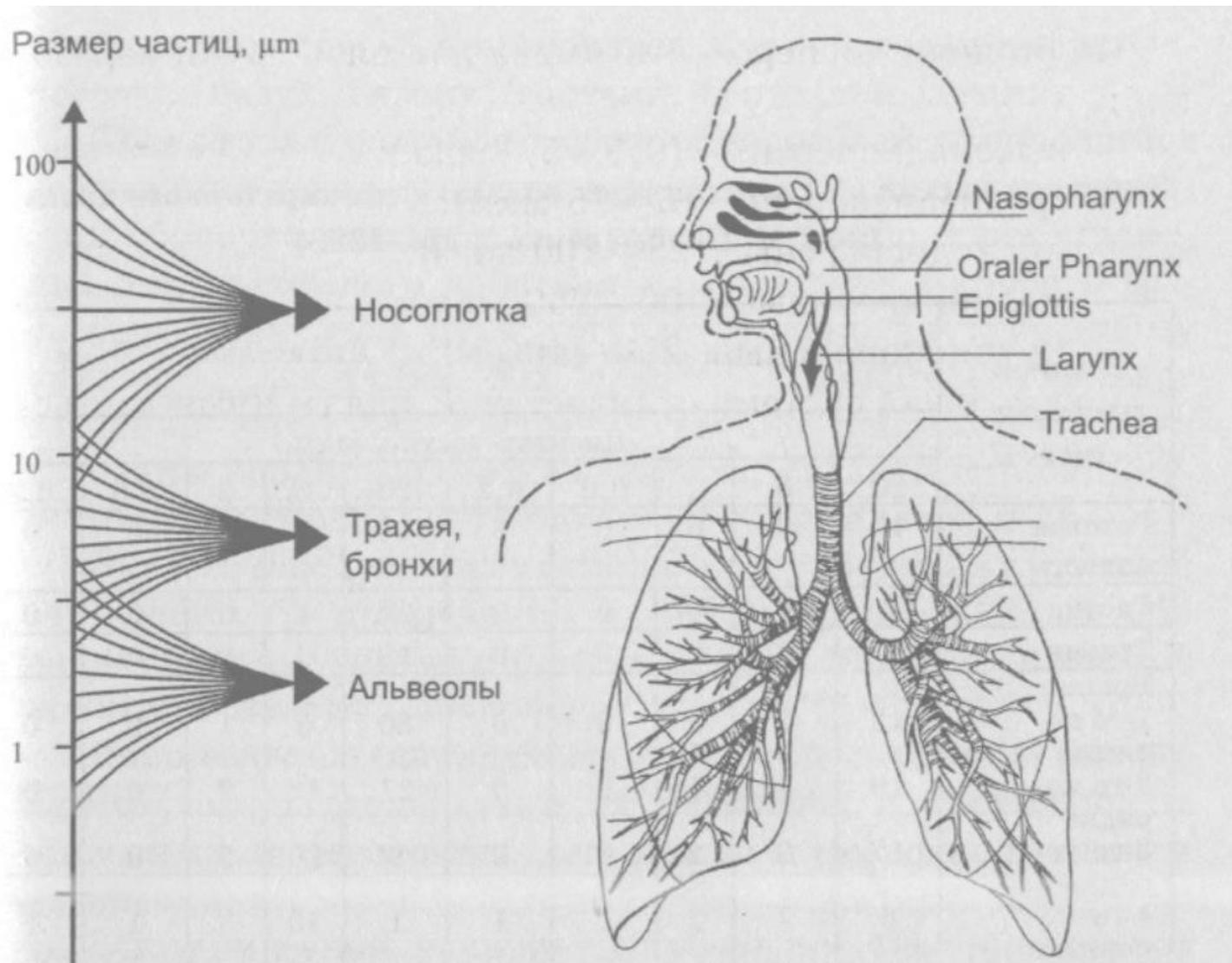
Стерилизация

Преимущества

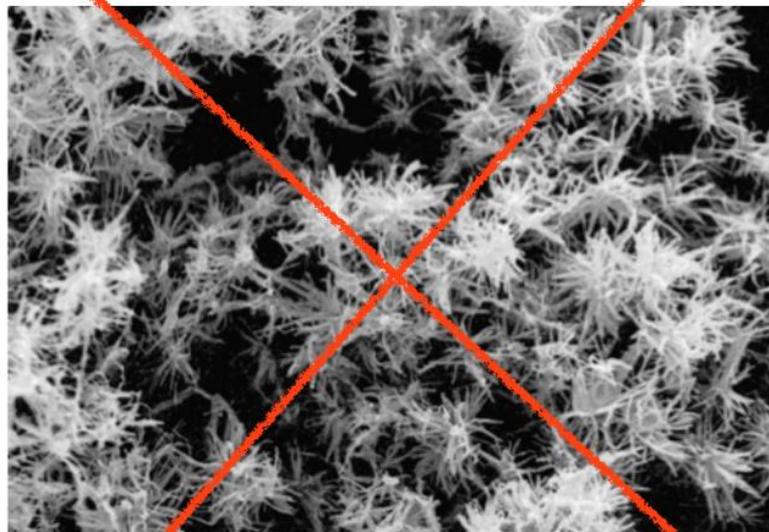
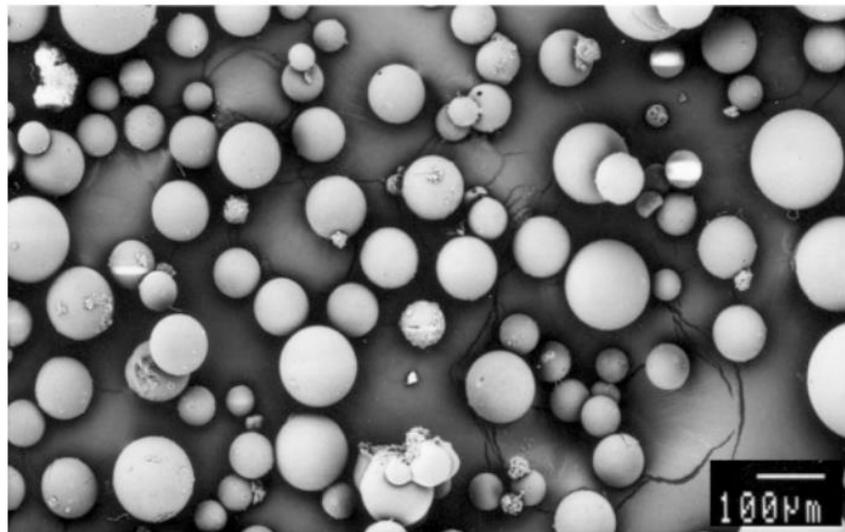
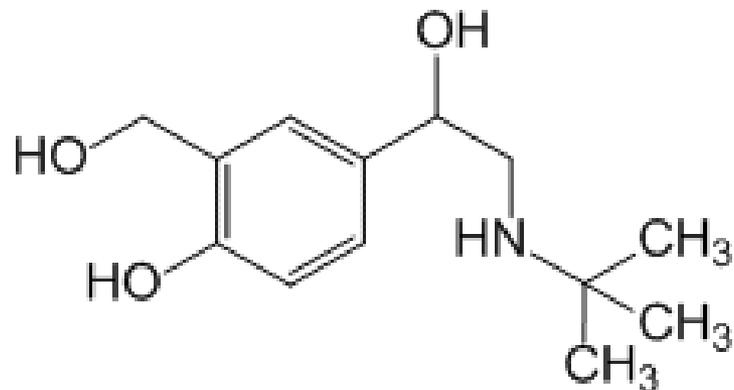
Возможность осуществления процессов при низких температурах

Одновременная очистка от токсичных примесей

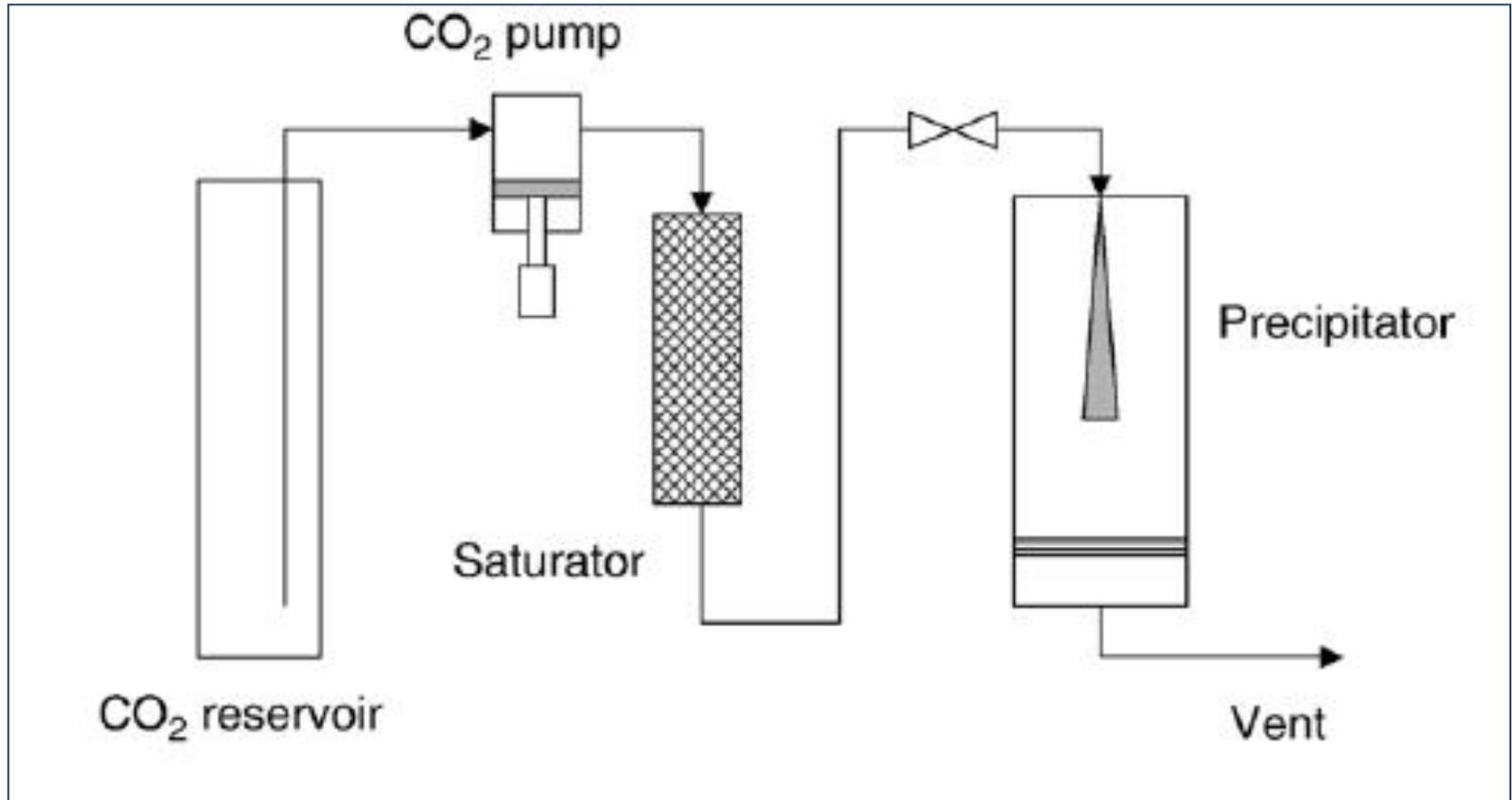
Управление доставкой ингаляционного материала за счет изменения размеров



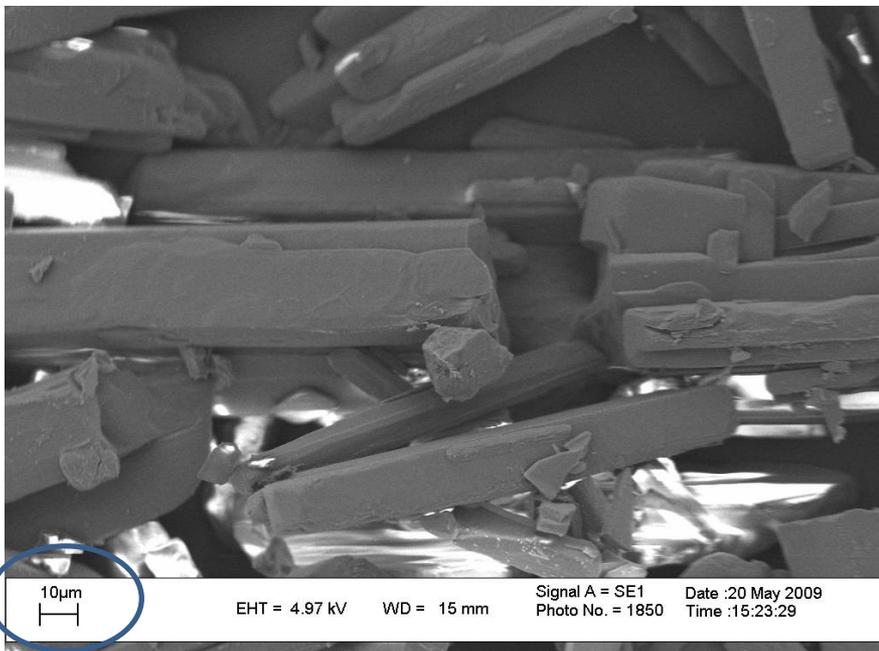
Микронизация сальбутамола



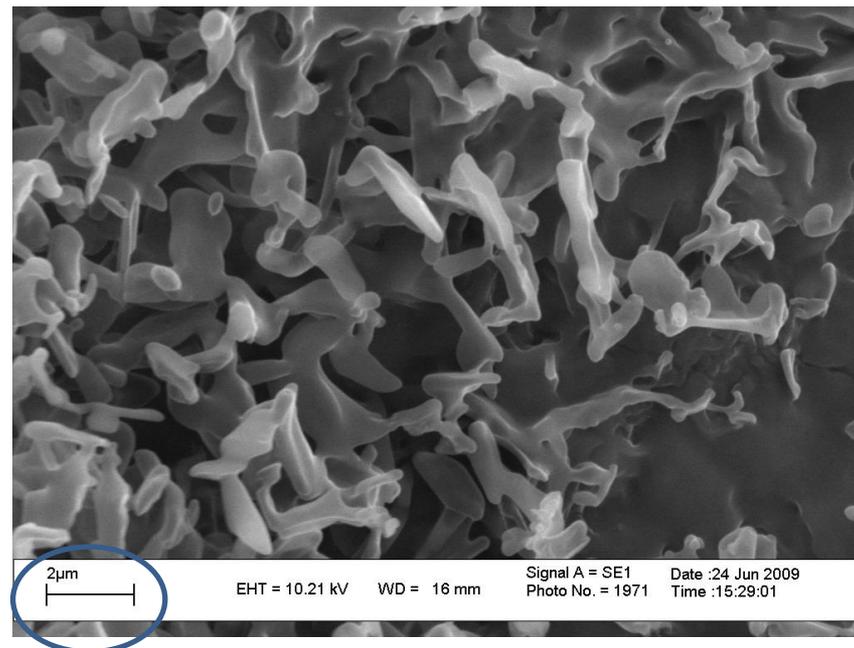
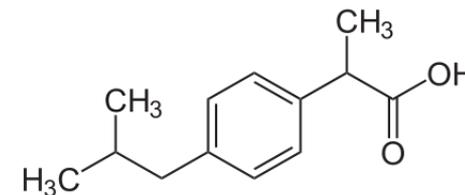
Rapid Expansion of Supercritical Solutions (RESS)



RESS микронизация ибупрофена



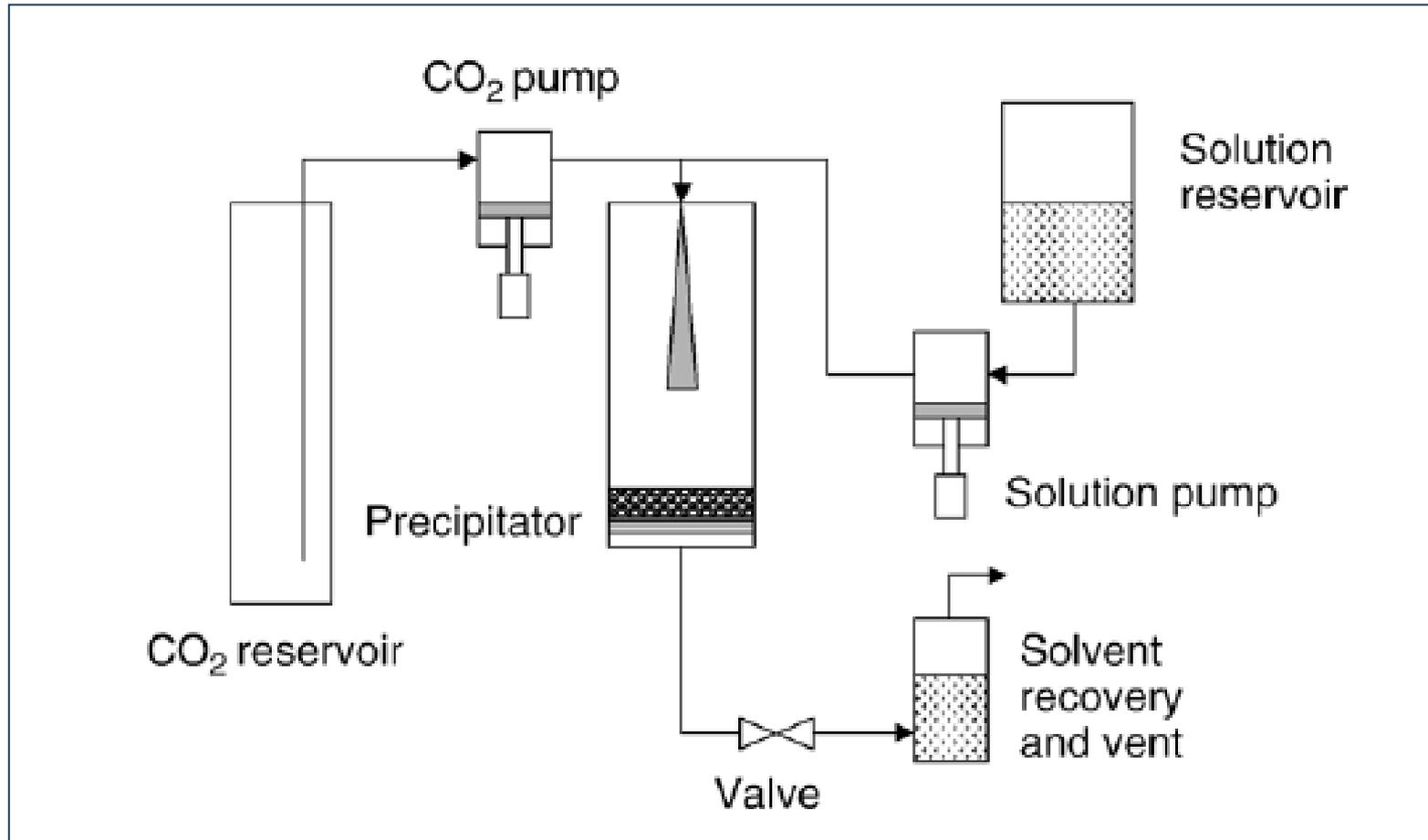
Исходный



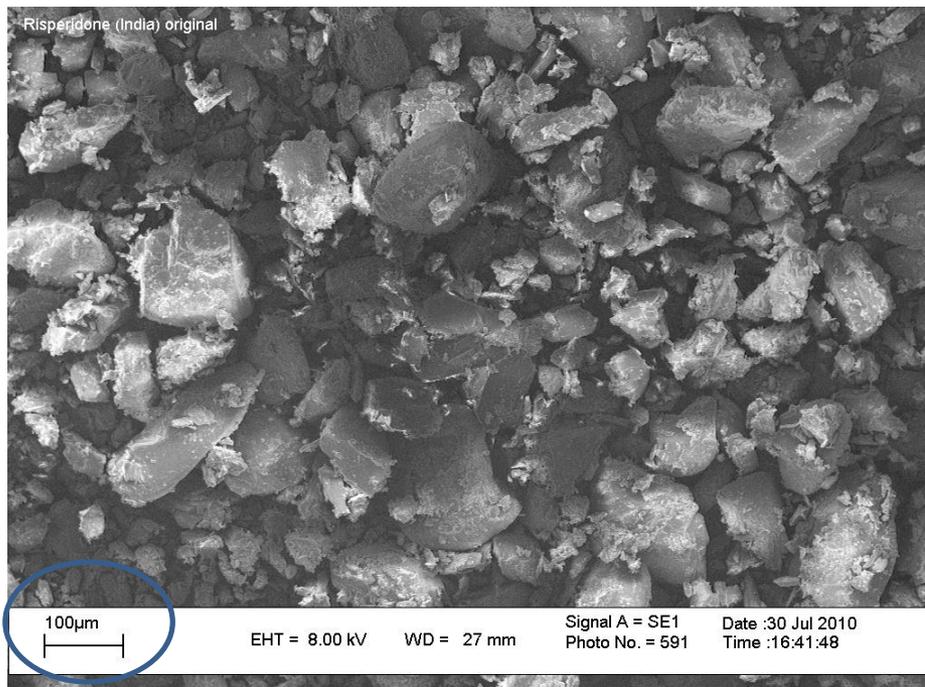
После RESS



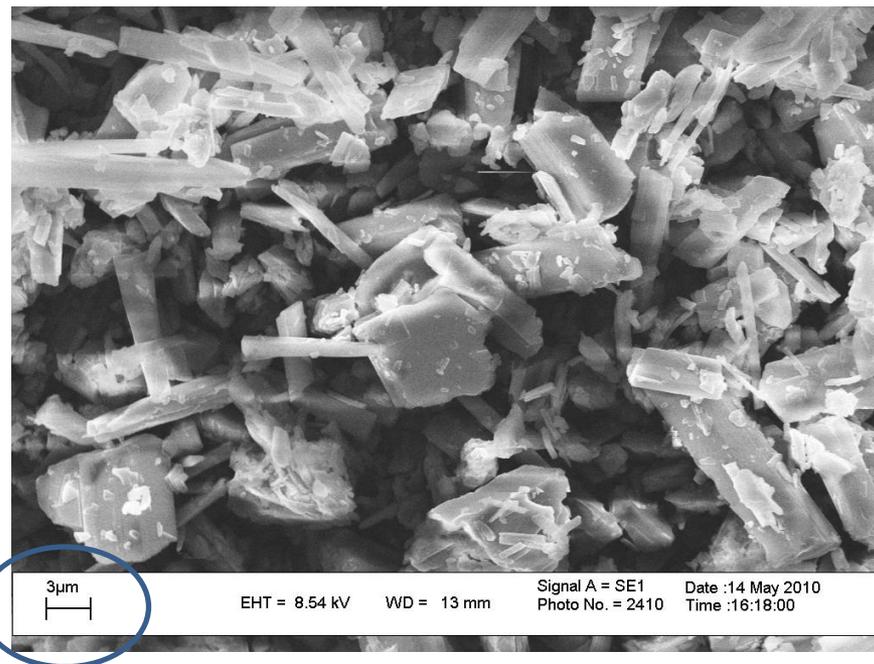
Supercritical AntiSolvent process (SAS)



SAS микронизация рисперидона



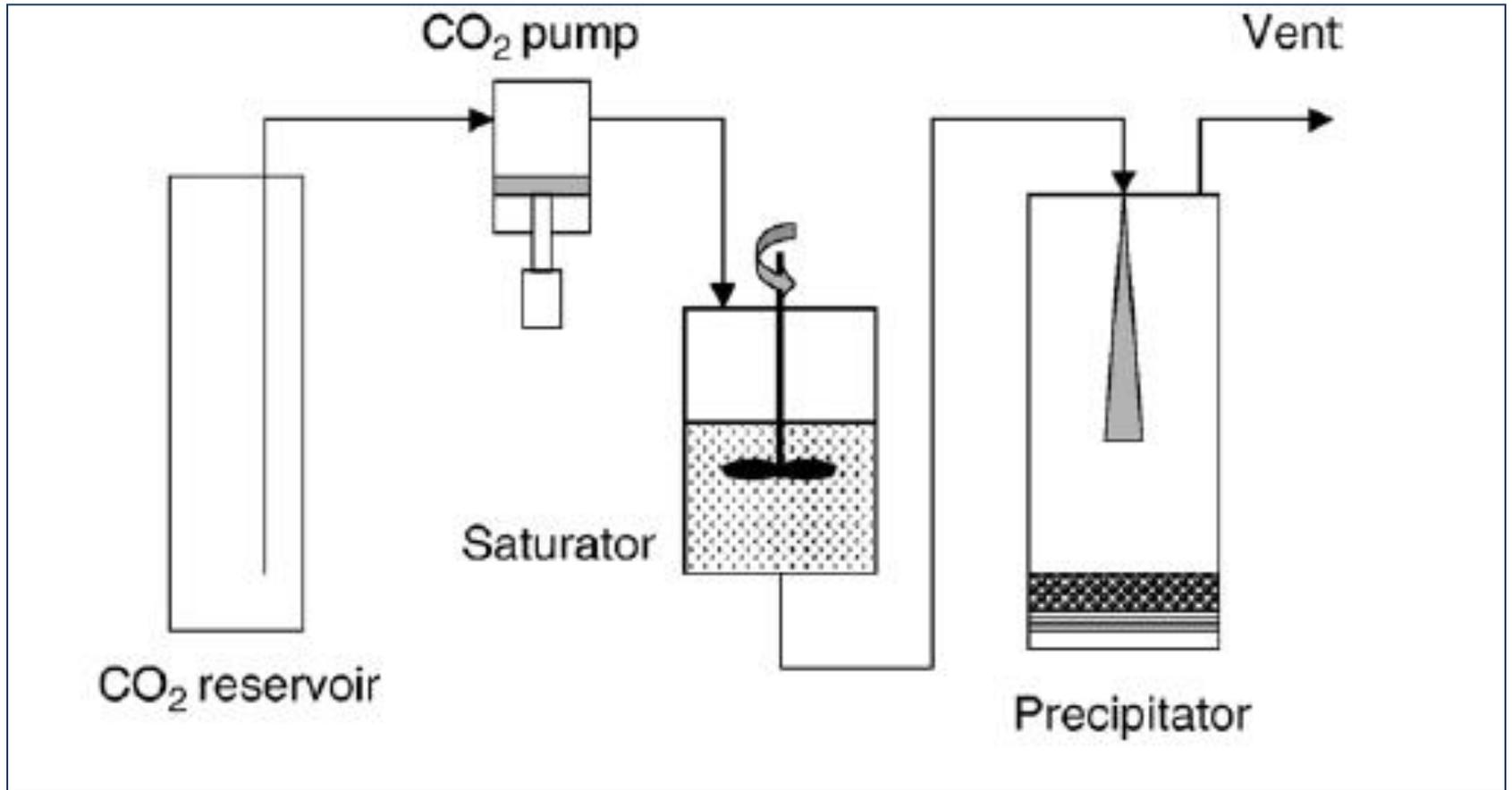
Исходный



После SAS

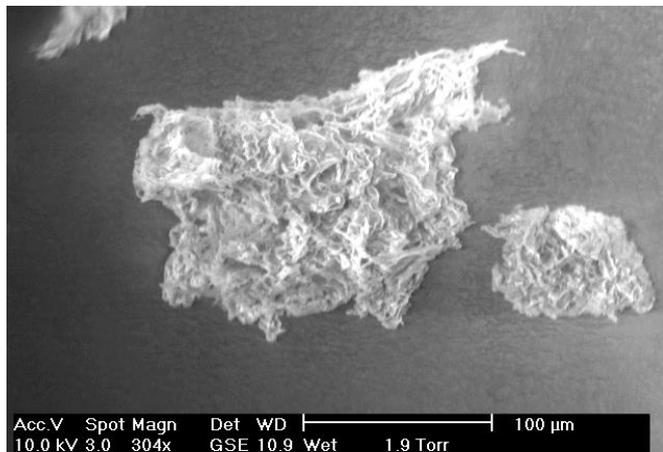


Particles from Gas Saturated Solutions (PGSS)

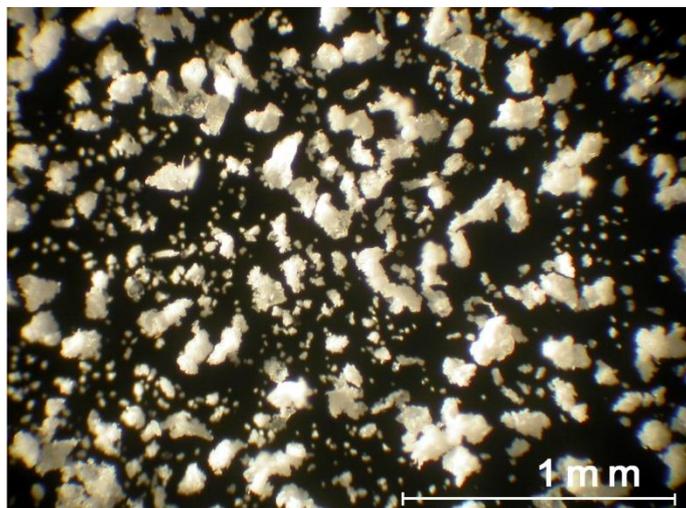
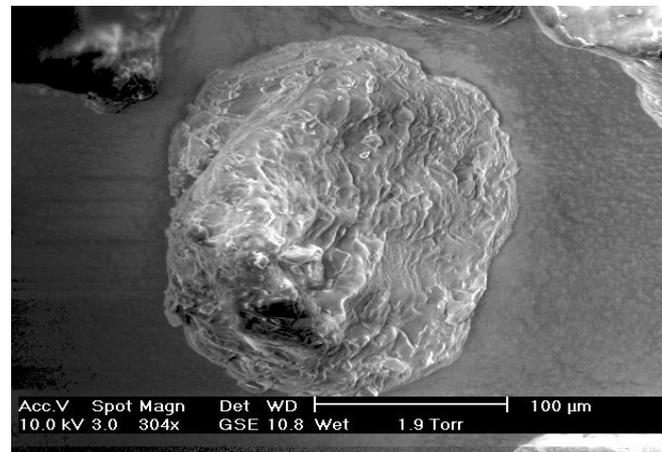


Формирование микрочастиц и волокон

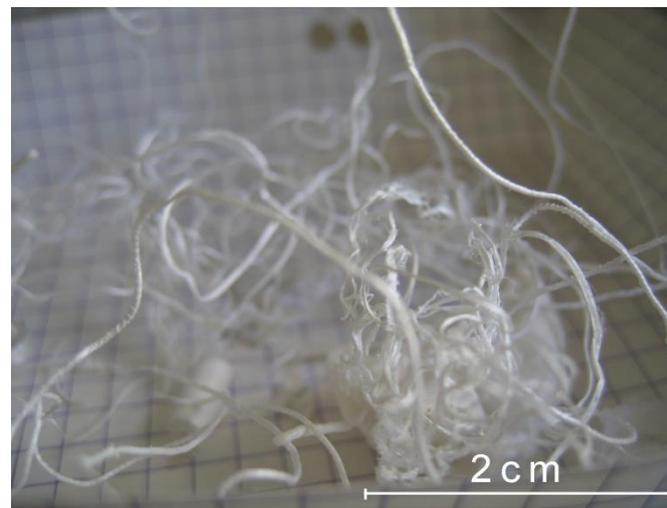
Пористые



Плотные



Частицы



Волокна

Биодеградируемые полимеры

Шовные материалы и временные протезы, допированные биологически активными веществами, факторами роста, клетками и др.

Микро- и наночастицы для контролируемой доставки и высвобождения

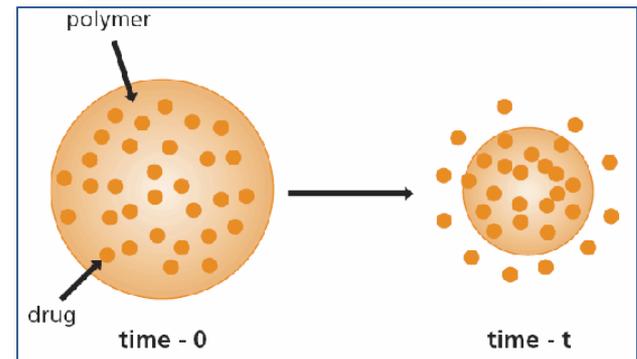
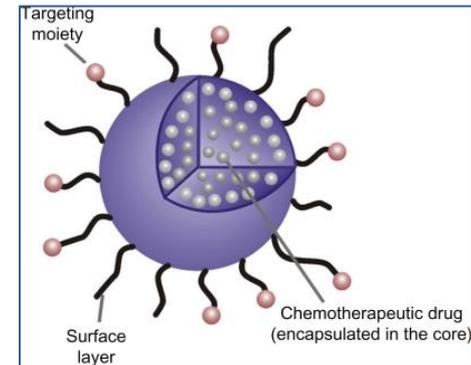
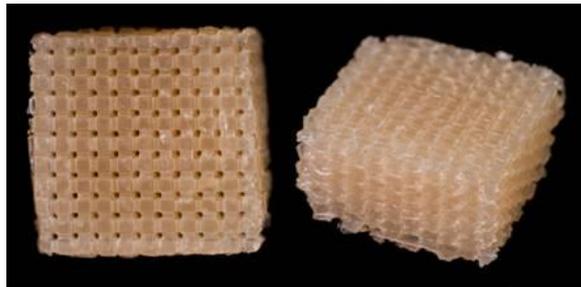
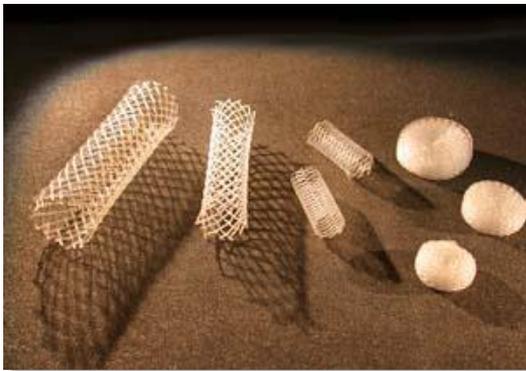
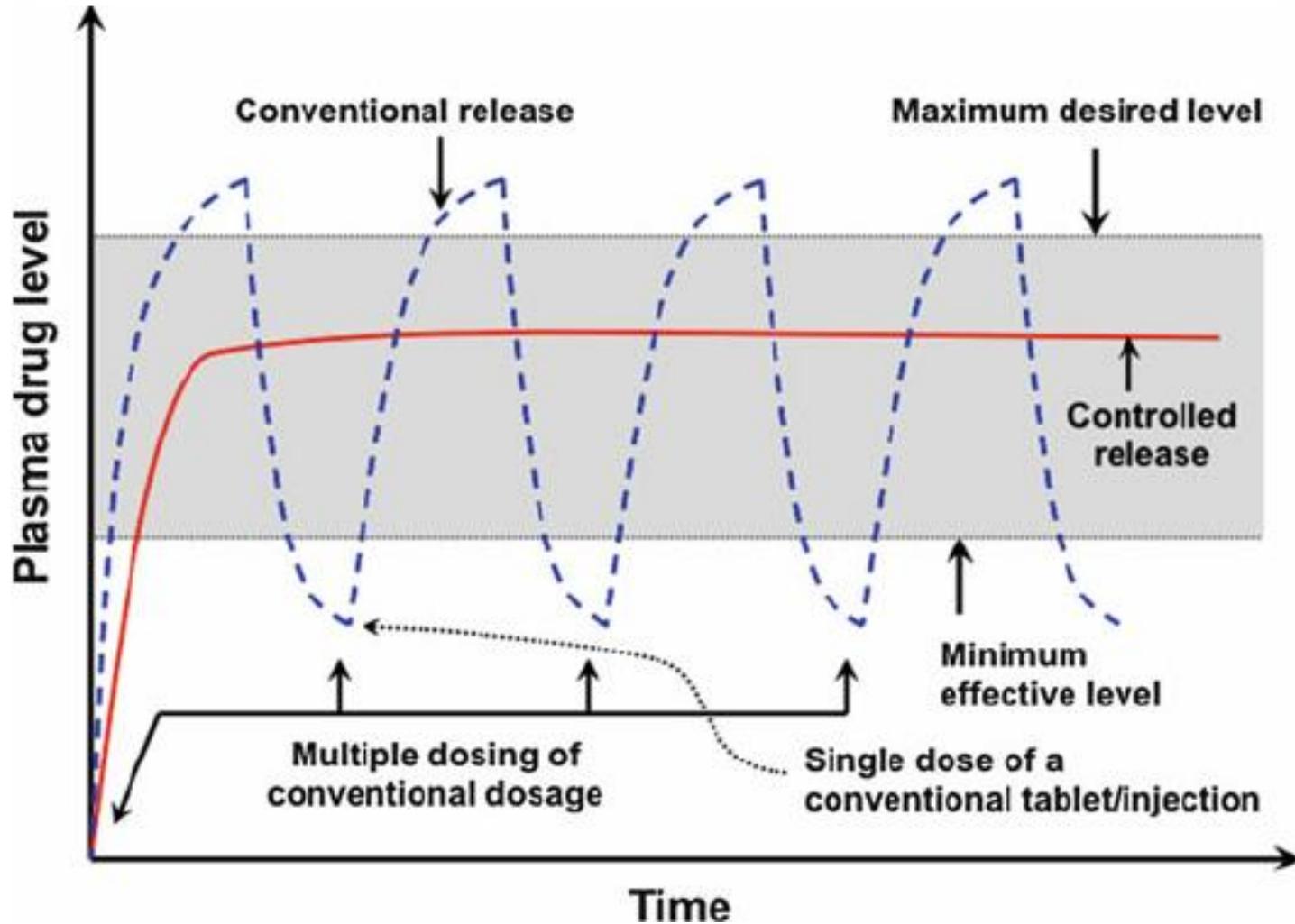


Схема высвобождения лекарства



Вспенивание полимеров

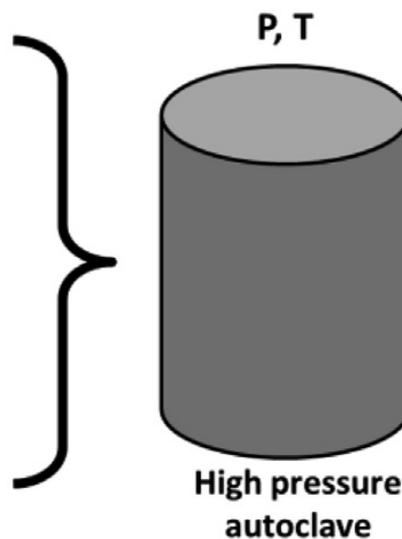
СКФ-
минилаборатория,
разработанная в
ИТЛПИТ РАН", 2011



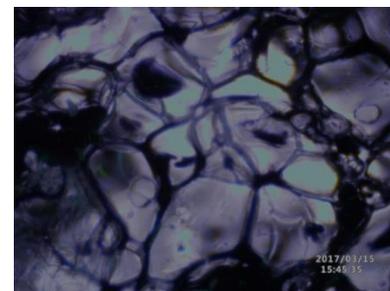
Polymer

Ceramic powder,
porogen, drug,
protein etc.

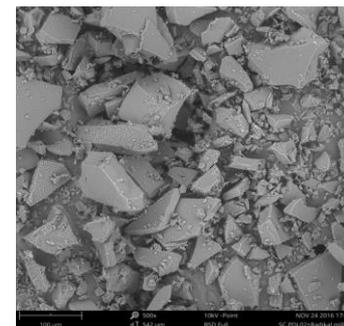
SCF



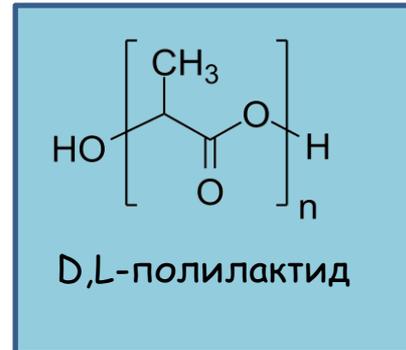
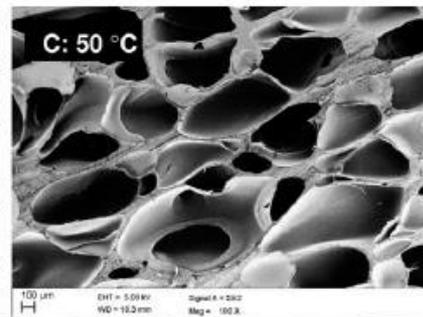
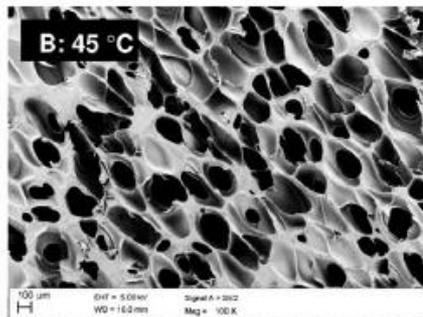
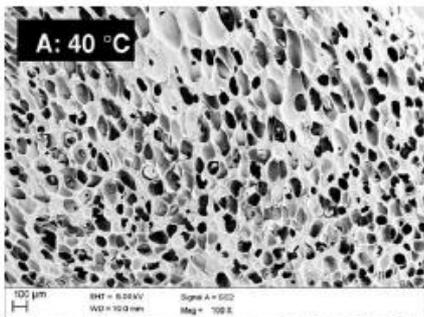
Вспенивание



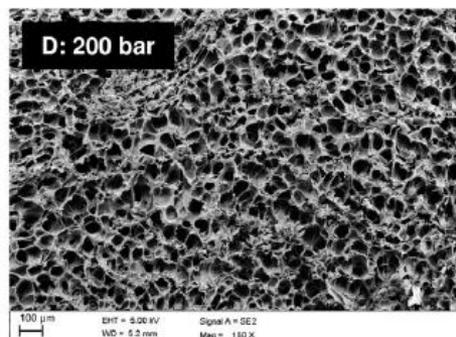
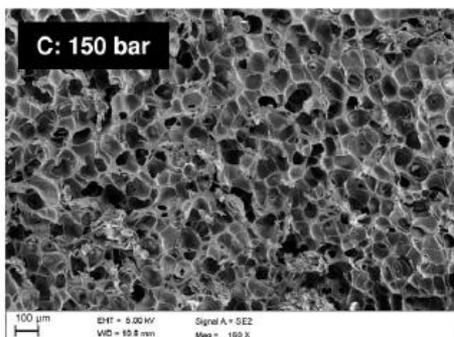
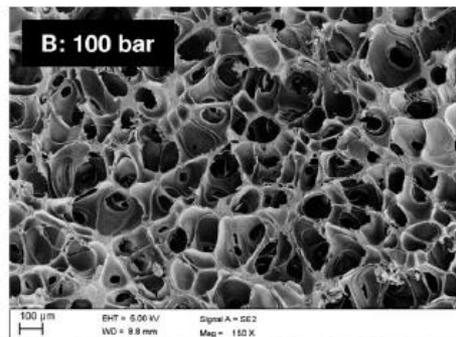
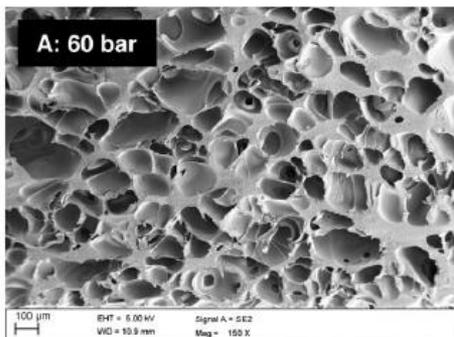
Вспенивание и
криоизмельчение



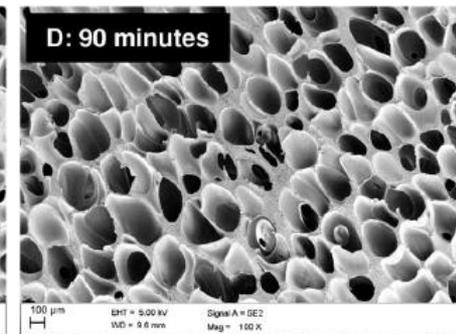
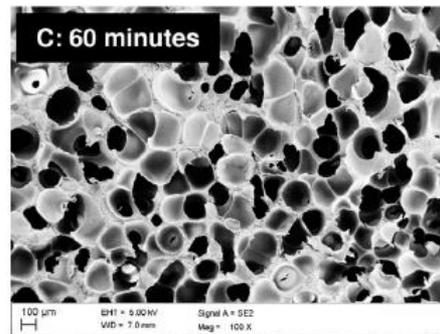
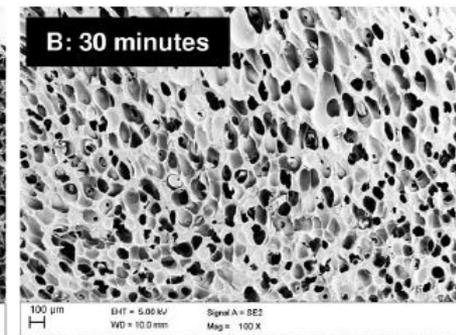
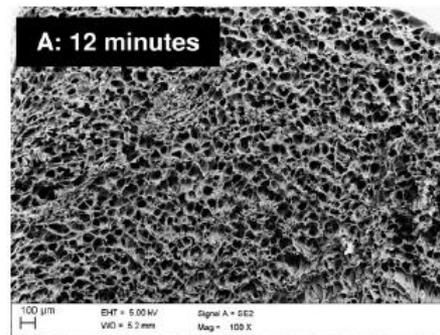
T



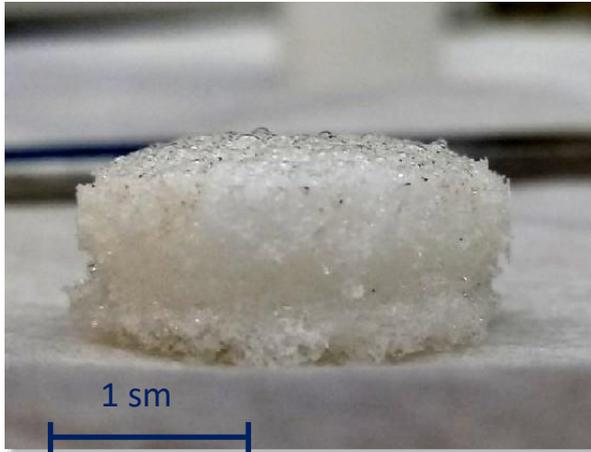
P



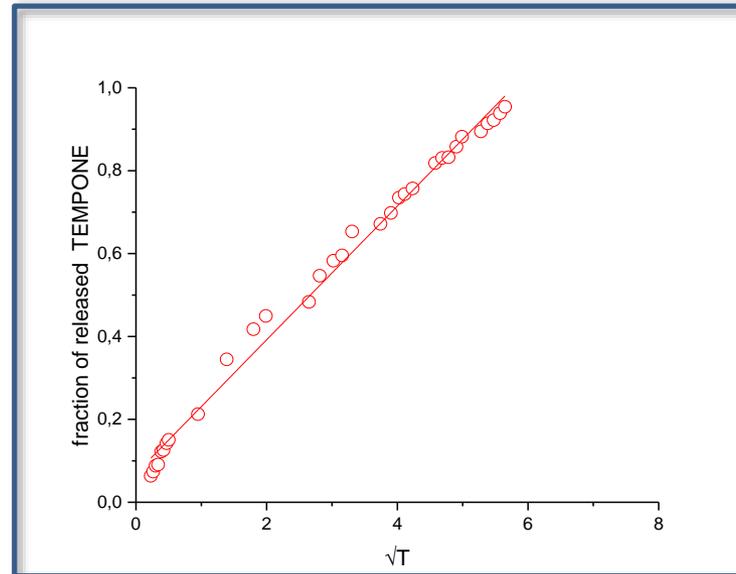
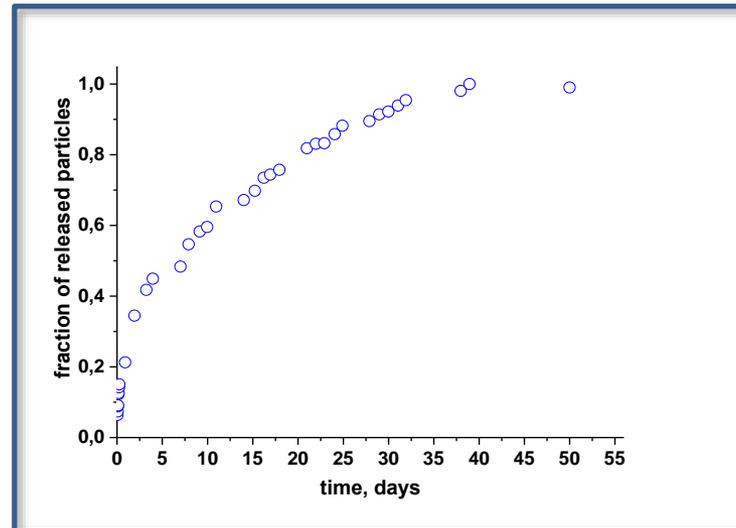
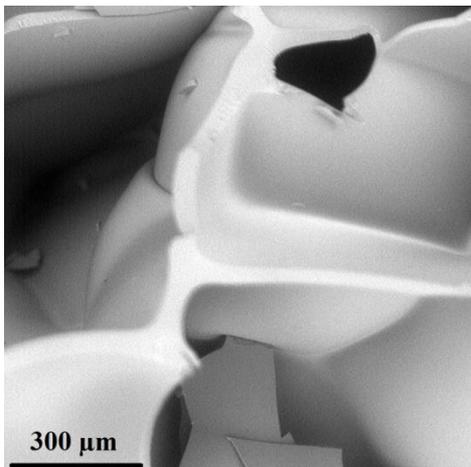
+



Пористые скаффолды



СЭМ



Что же такое аэрогель?

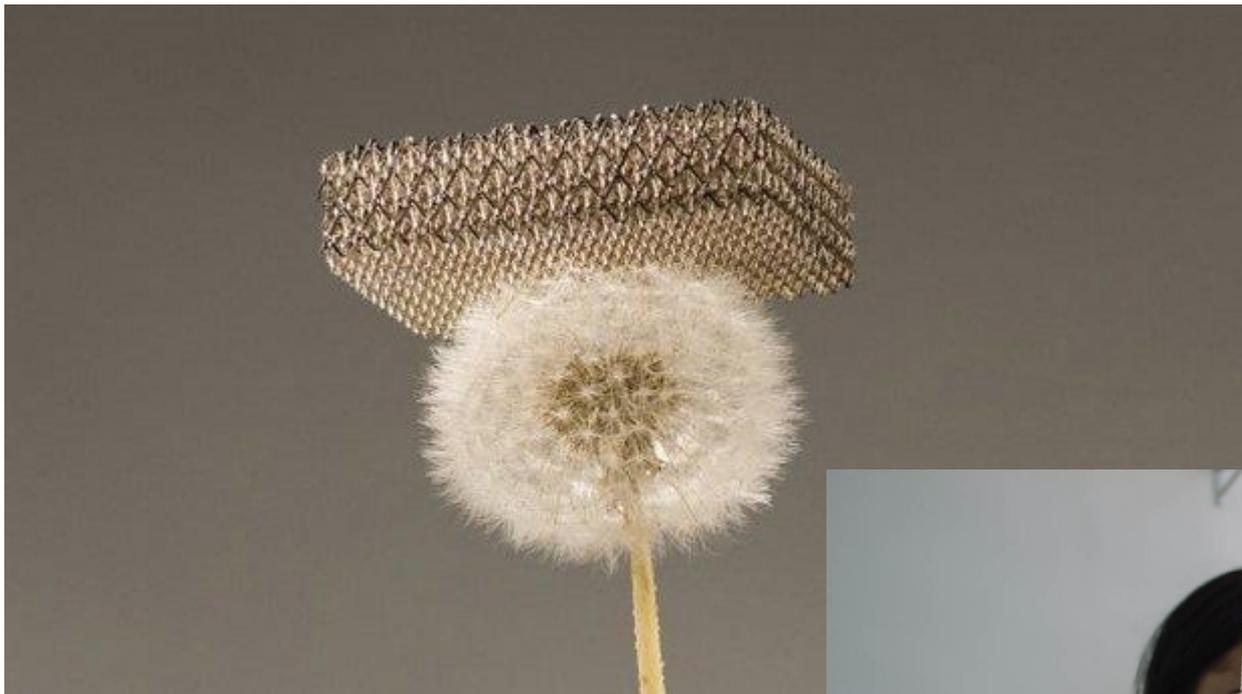
Уникальный материал с уникальными свойствами



■ Плотность органического аэрогеля $\sim 0,003 - 0,35 \text{ г/см}^3$
(к примеру, плотность воды составляет 1 г/см^3)

■ Низкая теплопроводность

Уникальные свойства аэрогелей



Уникальные свойства углеродных аэрогелей



Электропроводность +
большая поверхность:



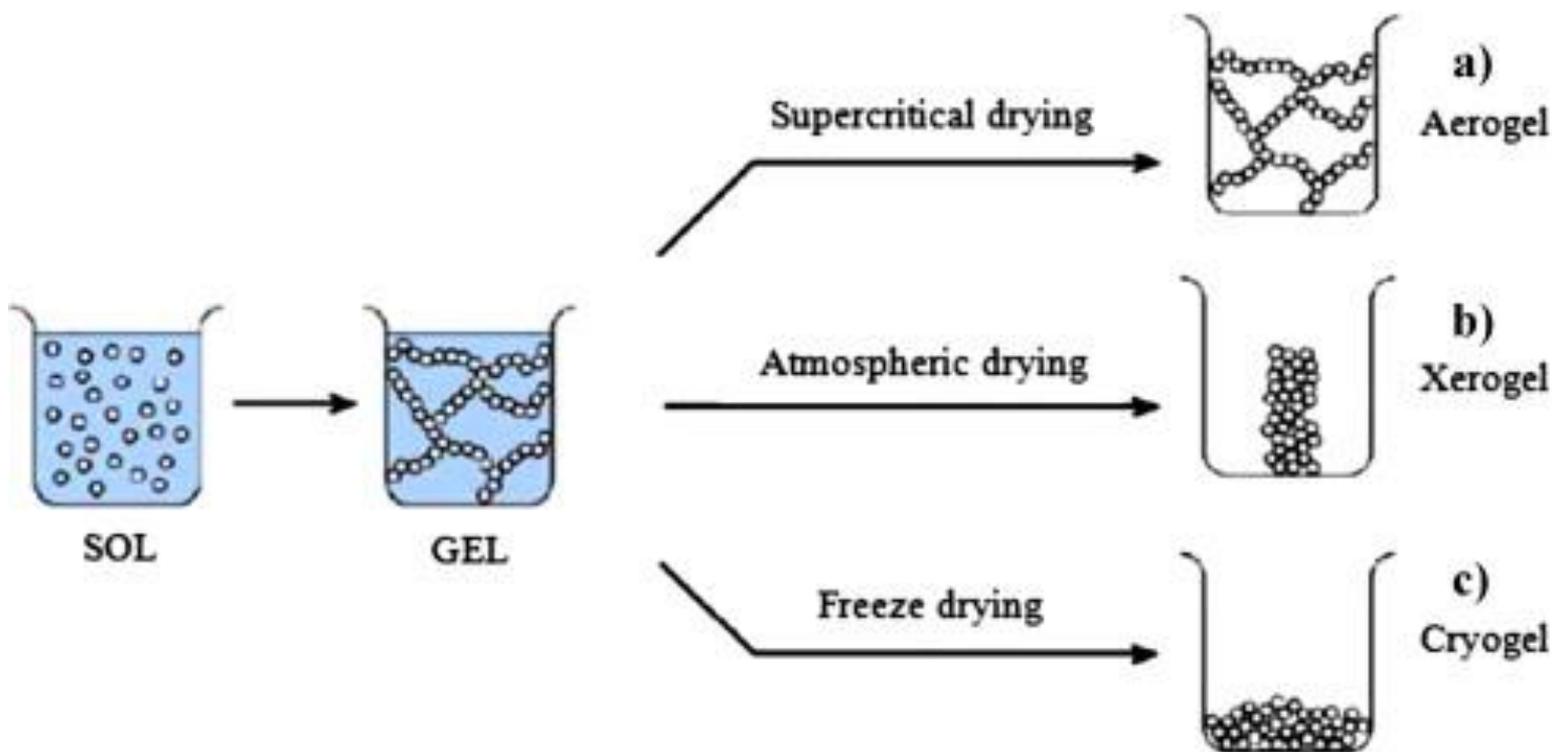
суперконденсаторы

Плотность *графенового* аэрогеля ниже, чем плотность газообразного гелия и немного выше плотности газообразного водорода. Каждый грамм такого вещества может забрать на себя 900 граммов органического соединения, при этом он будет поглощать загрязняющие окружающую среду продукты с хорошей скоростью в' до 68,8 граммов органики в секунду.

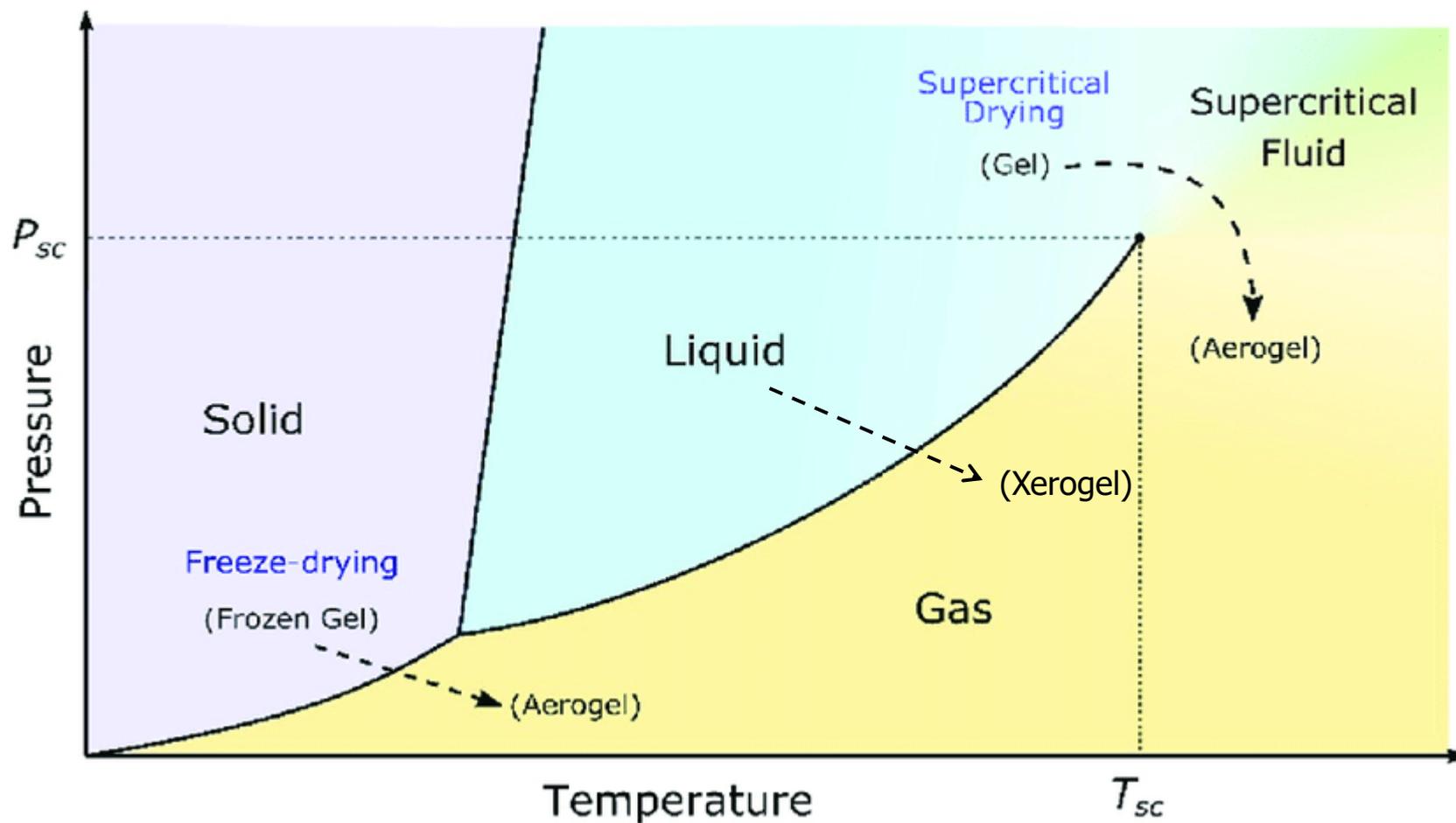
Очистка океанов от
нефтяных пятен

→ Газовые и
жидкостные
фильтры.

Аэрогели



Аэрогели



Журнал Сверхкритические флюиды - теория и практика (Russian Journal of Physical Chemistry (B))



СФТП
SUPERCRITICAL FLUIDS
THEORY AND PRACTICE
издается с октября 2006г.

СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДЫ
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Концепция Авторам Редколлегия Статьи on-line Подписка Контакты

Журнал "Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика" (СКФ-ТП)
ISSN 1992-8130

издается с октября 2006 г. Задача у нового издания несколько: с одной стороны, как любой научный и научно-технический журнал, СКФ-ТП является голосом специалистов, работающих в новой и перспективной области науки и технологии, средством взаимного информирования. С другой стороны, он призван стать площадкой, на которой встречаются потенциальные разработчики и пользователи новых процессов, методик, материалов. По этой причине создатели журнала надеются, что он будет интересен и полезен широкому кругу читателей - исследователей и практиков.

Тематика журнала включает широкий круг вопросов - от фундаментальных исследований физико-химических свойств веществ и их смесей в сверхкритических условиях, особенностей протекания химических процессов с участием сверхкритических флюидов (СКФ) и техники лабораторных экспериментов (разделение и анализ веществ, модифицирование объема и поверхности различных материалов и др.) до практического использования СКФ в различных практических областях: в медицине и фармацевтике, в химической, пищевой, косметической промышленности.

Кроме научных и практических обзоров и статей, в журнале публикуются информационные материалы: обзоры оборудования для использования сверхкритических технологий, хроника событий, тем или иным образом связанных с развитием теории и практики СКФ, информация о других изданиях, имеющих отношение к тематике данного журнала.

Новости

30.09.2021
Журнал СКФ-ТП является информационным партнером 24-й международной выставки химической промышленности и науки "ХИМИЯ-2021"

24-я международная выставка химической промышленности и науки

В рамках деловой программы выставки при поддержке Фонда инфраструктурных и образовательных программ (группа РОСНАНО) пройдет научно-практический семинар «Инновационные разработки современной нанохимии»

01.09.2020
Открыт доступ к полным текстам статей №2 за 2018 год, 20.10.2019

30 сентября – 6 октября 2019 г. прошла X Научно-практическая конференция «Сверхкритические флюиды (СКФ): фундаментальные основы, технологии, инновации»

[Концепция журнала](#)
[Правила для авторов](#)
[Редколлегия](#)
[Статьи on-line](#)
[Подписка](#)
[Контакты](#)
[События](#)
[Выставка Химия](#)

<http://www.scf-tp.ru/>

Конференции и семинары

- Всероссийская научно-практическая конференция «Сверхкритические флюиды: фундаментальные основы, технологии, инновации» (с международным участием) (раз в два года)



- Всероссийская школа-конференции молодых учёных «Сверхкритические флюидные технологии в решении экологических проблем» (раз в год)



- Семинар межкафедральной лаборатории «Центр сверхкритических флюидов» химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (в течение года)



Межкафедральная лаборатория



**ЦЕНТР
СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ
ФЛЮИДОВ**

создана в 2014 году приказами ректора МГУ
акад. В.А. Садовниченко и декана химфака
акад. В.В. Лунина



Спасибо за внимание!



Настоящее и будущее лаборатории

Кафедра
физической
химии

Кафедра
химической
кинетики

Кафедра
органической
химии

11 сотрудников, аспирант, студенты



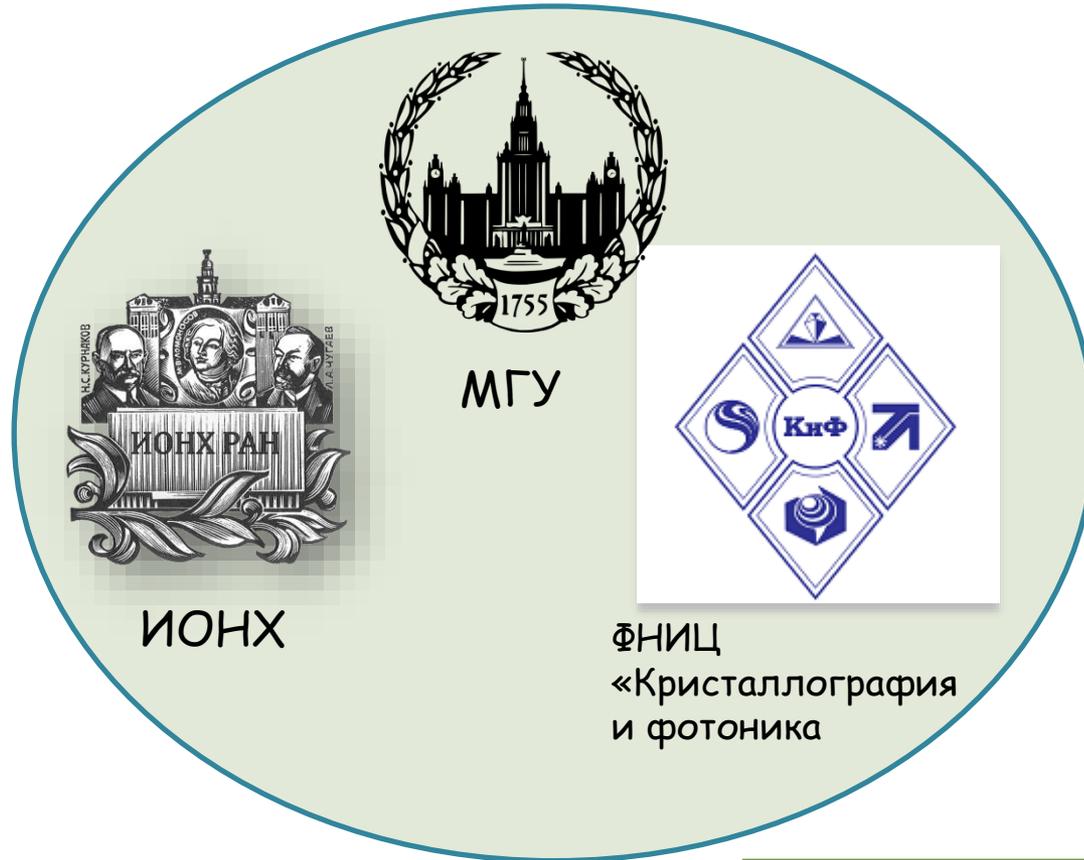
Заведующая лабораторией -
в.н.с., профессор
кафедры химической
кинетики, д.х.н.
Голубева Елена
Николаевна



**Заместитель
заведующего лабораторией** -
с.н.с. кафедры
физической химии,
к.х.н.
Паренаго Ольга
Олеговна



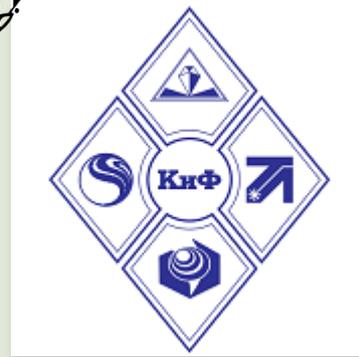
Сотрудничество



ИОНХ



МГУ



ФНИЦ
«Кристаллография
и фотоника





Научные направления

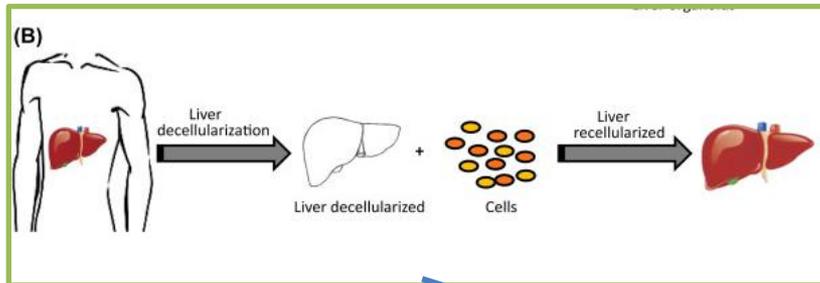
1. **Создание и модифицирование полимерных материалов медицинского назначения с использованием СКФ**
2. **Сорбция и десорбция с участием СКФ в полимерных и пористых материалах: фундаментальные основы и практическое применение**
3. **Сверхкритический диоксид углерода как среда, реагент и защитная группа в органическом синтезе**



Матриксы для тканевой инженерии

Децеллюлизация органов и тканей с использованием сверхкритического CO_2

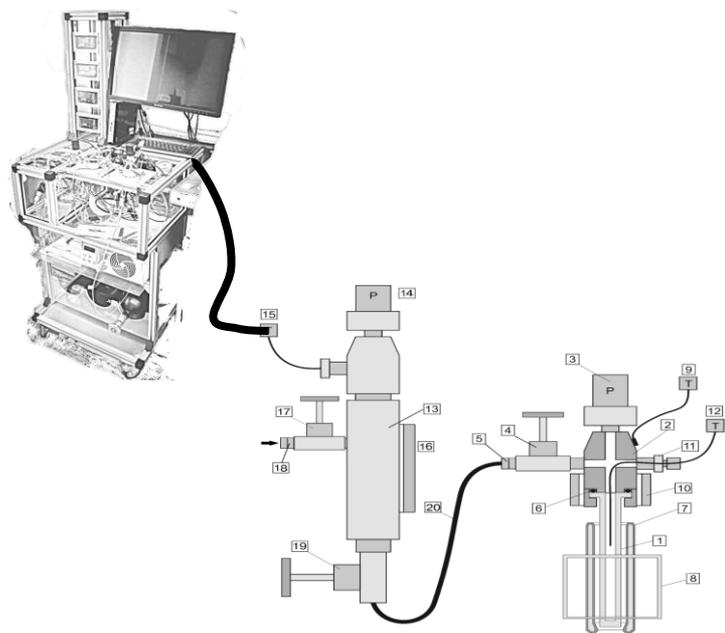
Формирование пористых структур из биосовместимых и биodeградируемых полимеров



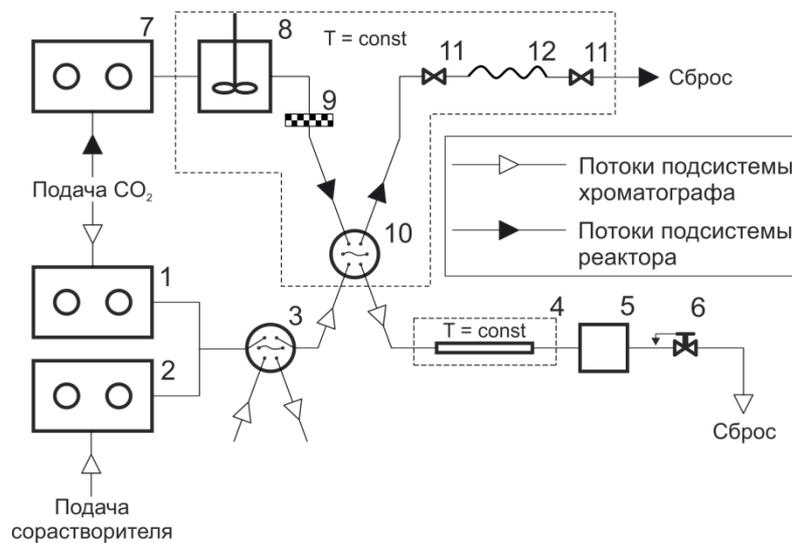
Модификация децеллюлизованных органов биорезорбируемыми полимерами



Сорбция и десорбция с участием СКФ



Реактор,
совмещенный
с ЭТР *in situ*



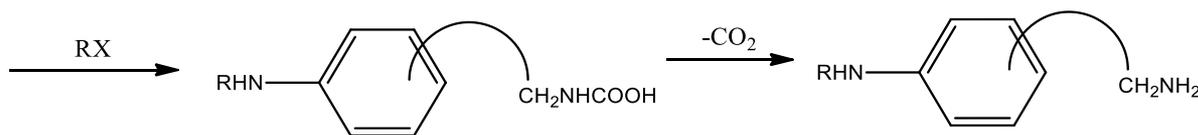
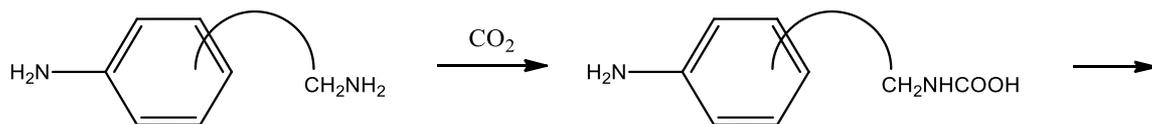
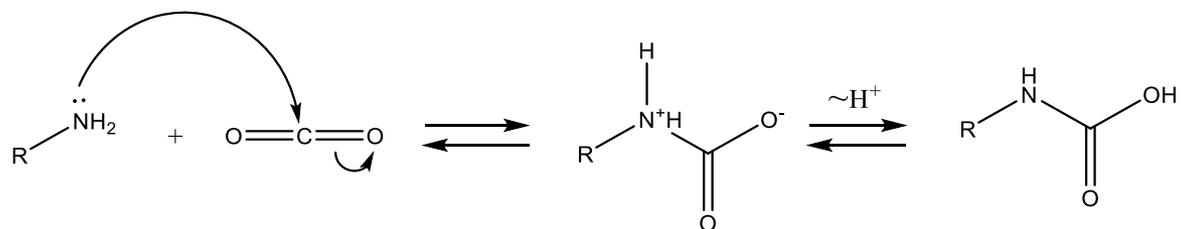
Реактор,
совмещенный
с СКФХ *in situ*



Электрофильное алкилирование галогидными алкилами

Carbon dioxide as a protective agent

17





Проводим эксперименты...



... и семинары



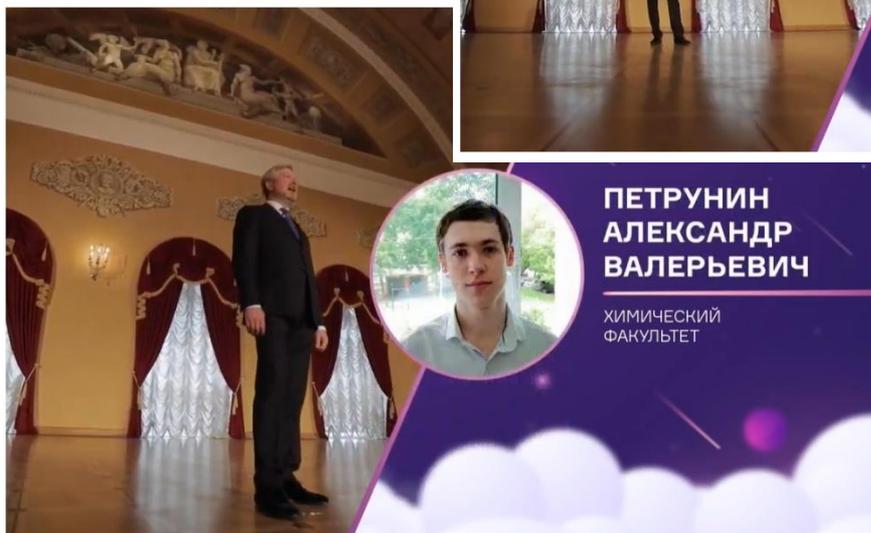
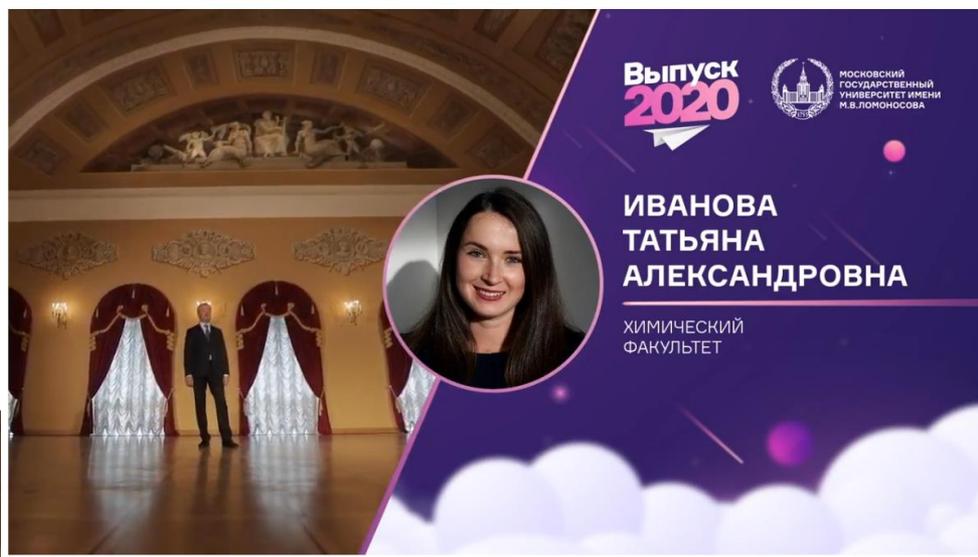


Участвуем в конференциях...





... и получаем красные дипломы





...и отдыхаем вместе!



