

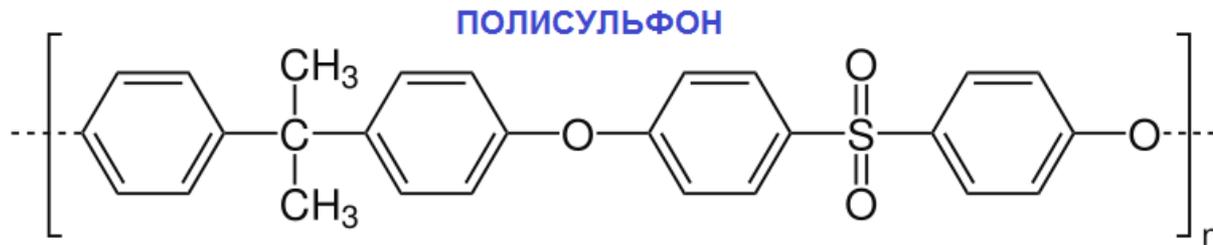


# Исследования и разработки в области мембранной технологии

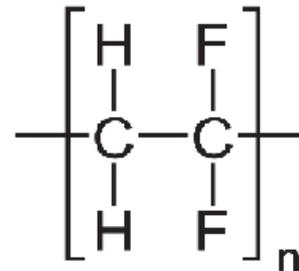
ООО «Фазеркрафт», Москва, Варшавское ш. 46, [www.faserkraft.ru](http://www.faserkraft.ru)

# Мембранные полимеры

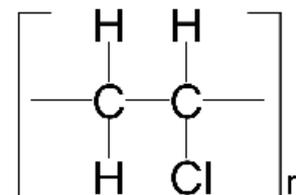
ООО «Фазеркрафт» производит по собственной технологии полые волокна из следующих полимеров



**ПОЛИВИНИЛДЕНФТОРИД**



**ПОЛИВИНИЛХЛОРИД**



# Виды производимых мембран

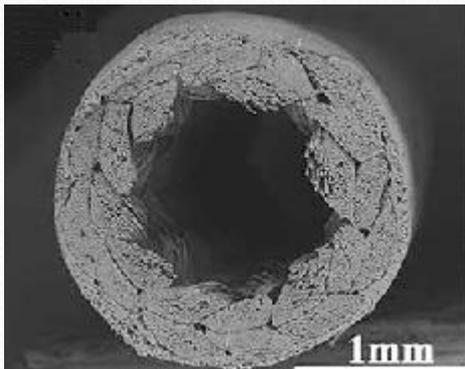
В ООО «Фазеркрафт» разработаны технологии получения трех разновидностей полволоконных мембран:



Волокно с одним внутренним каналом

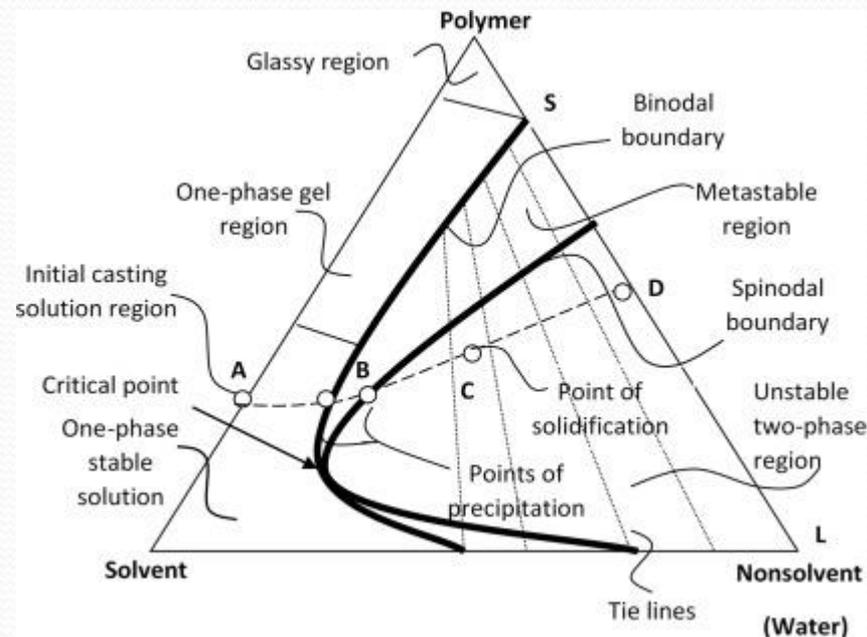
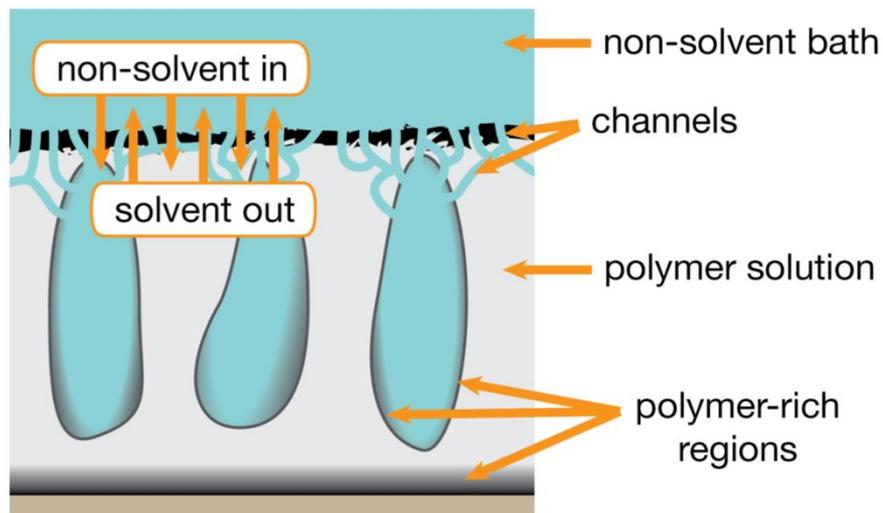


Волокно multibore с семью каналами



Армированное полое волокно

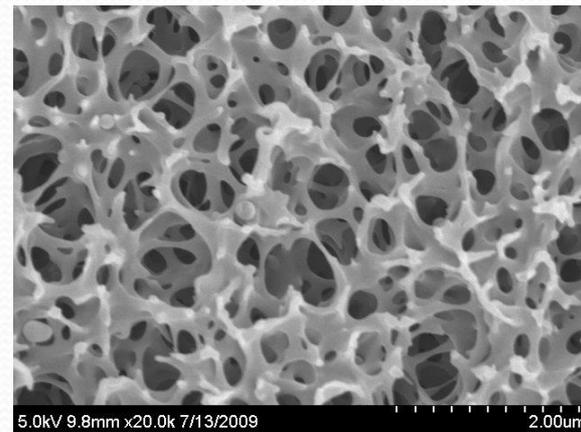
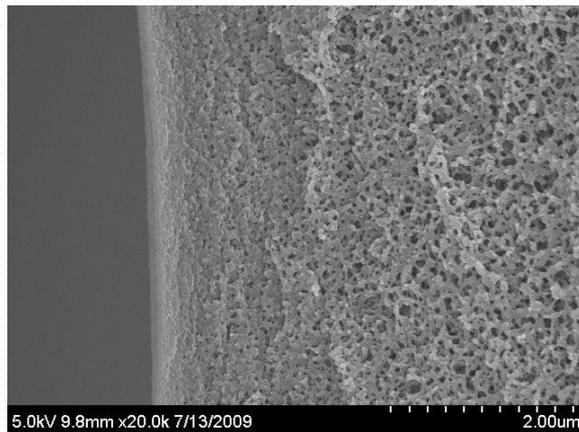
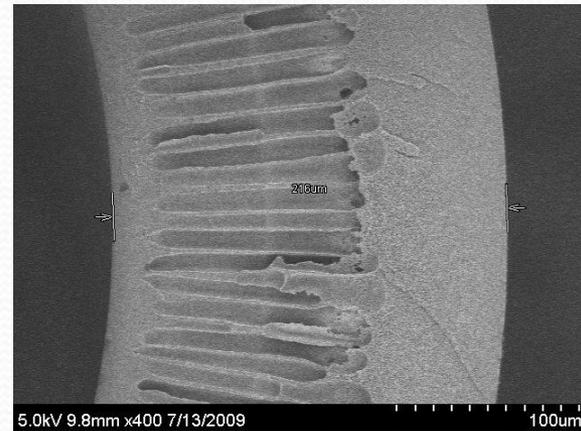
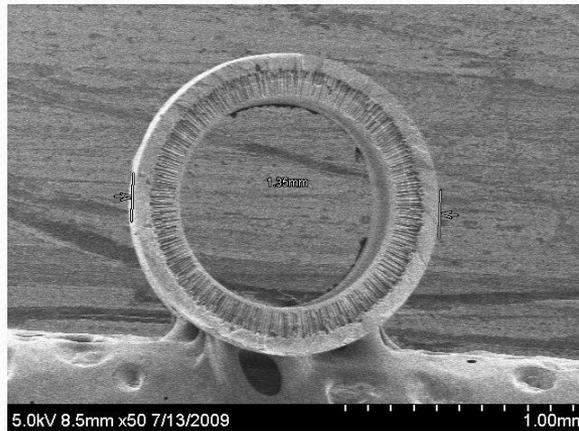
# Метод NIPS (non-solvent induced phase separation)



Вызванное нерастворителем разделение фаз – наиболее распространенный способ получения мембран. Раствор полимера приводится в контакт с нерастворителем. Разделение фаз (осаждение полимера) происходит благодаря обмену растворителя и нерастворителя.

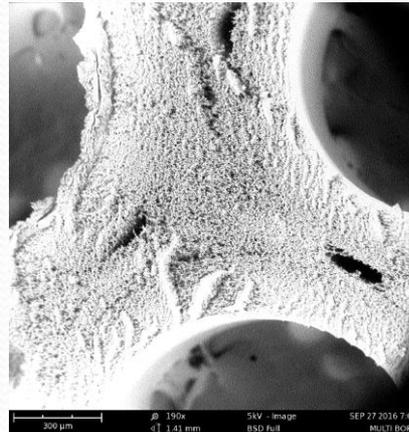
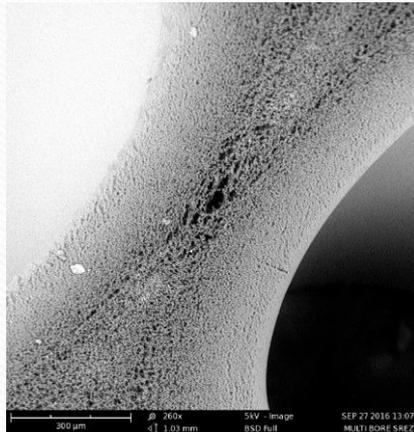
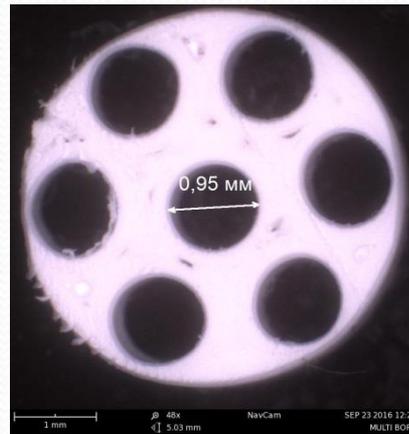
# Структура мембран

**Поперечный срез одноканального полого волокна  
(увеличение в 50, 400 и 20000 раз)**



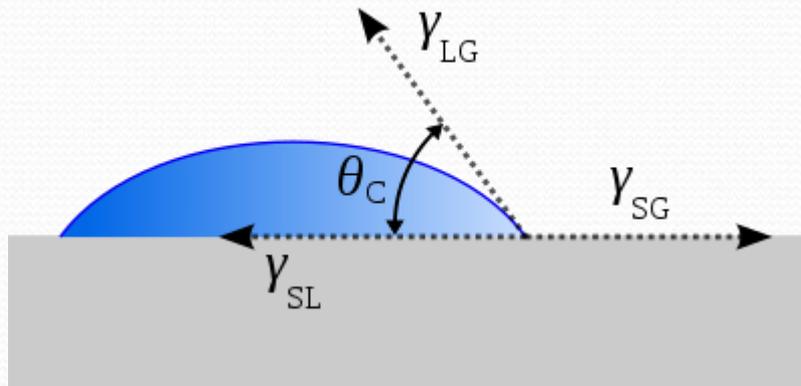
# Структура мембран

## Морфология мембраны multibore из полисульфона



- Мембрана имеет губчатую структуру.
- Селективный слой расположен на внутренней поверхности капилляров.
- Размер пор увеличивается по мере удаления от селективного слоя.
- В местах встречи фронтов коагуляции образуются макропустоты.

# Гидрофильные и гидрофобные мембраны



## Угол смачивания

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Полисульфон         | 71° |
| Поливинилхлорид     | 80° |
| Поливинилиденфторид | 92° |

$$0^\circ < \theta < 90^\circ$$



hydrophilic

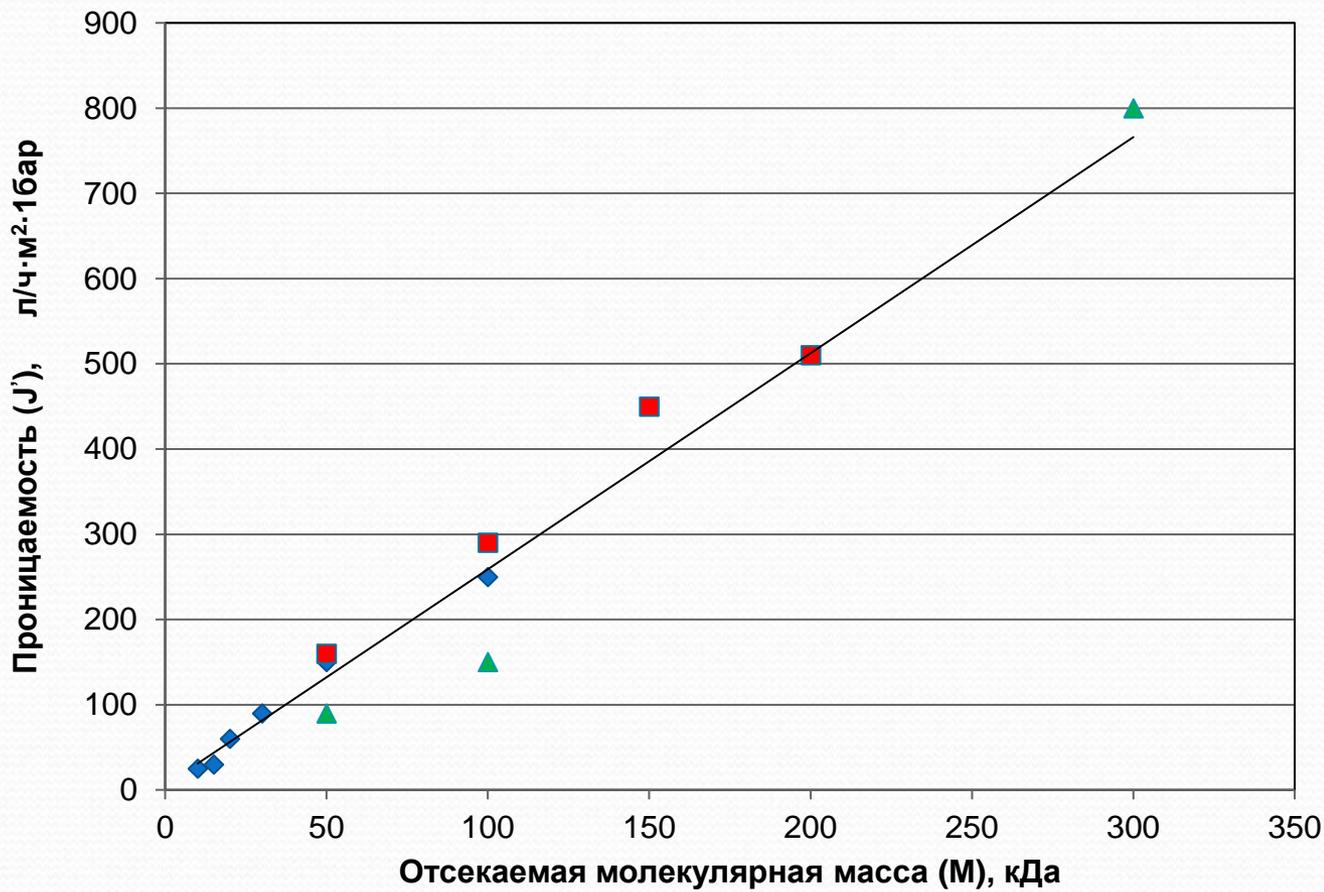
$$90^\circ < \theta < 150^\circ$$



hydrophobic

Для уменьшения угла смачивания к основному мембранному полимеру добавляют гидрофильные полимеры. В результате угол смачивания мембраны находится в интервале 50-60°.

# Характеристики ультрафильтрационных мембран



- ◆ Полисульфон
- Поливинилхлорид
- ▲ Поливинилиденфторид

Поток фильтрата  
(уравнение Хагена-Пуазейля):

$$J = \frac{\varepsilon r^2 \Delta p}{8 \mu \tau \delta}$$

Проницаемость:

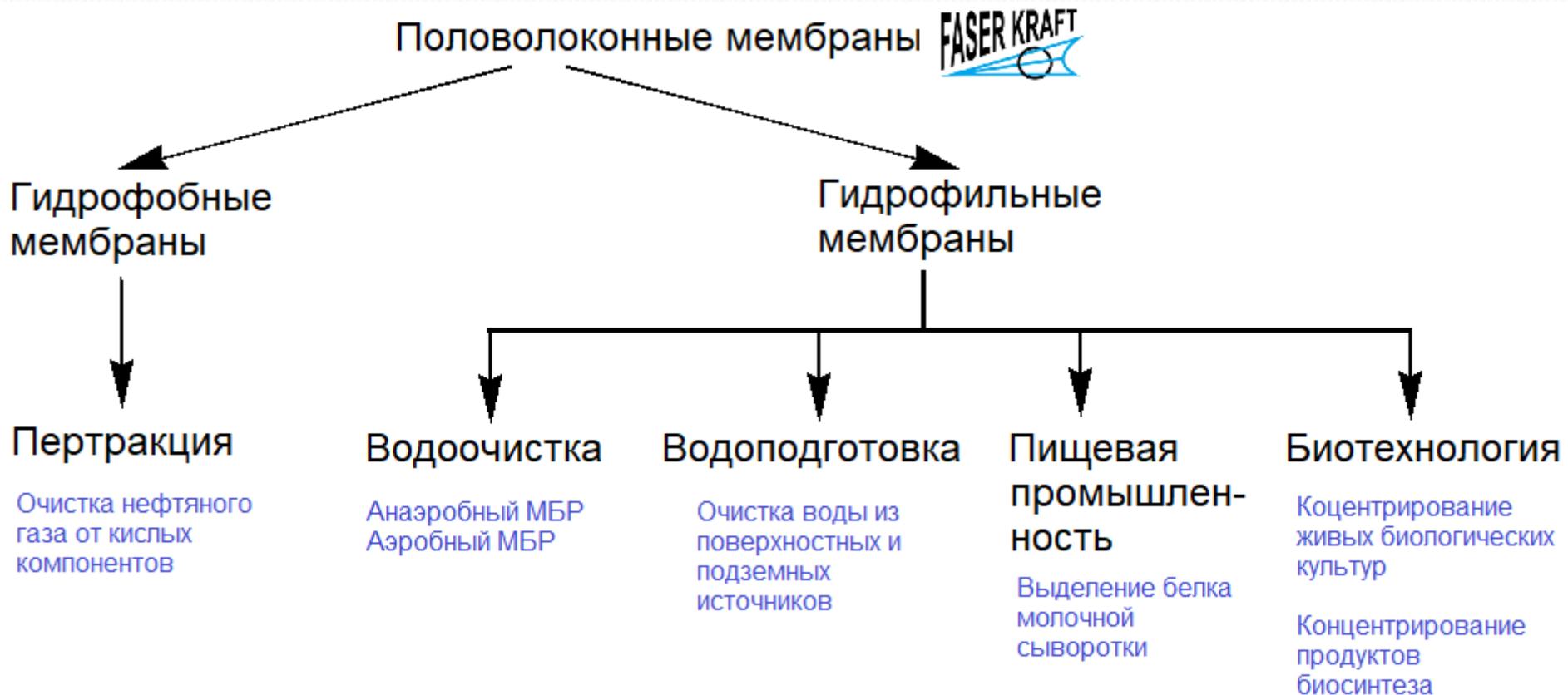
$$J' = \frac{J}{\Delta p}$$

$\varepsilon$  – поверхностная пористость,  $r$  – радиус пор,  $\mu$  – вязкость жидкости,  $\tau$  – коэффициент кривизны пор,  $\delta$  – толщина мембраны,  $\Delta p$  – трансмембранное давление

Радиус Эйнштейна-Стокса полиэтиленгликолей:  $a_d = 33,46 \cdot 10^{-10} M^{0,557}$        $r \approx a_d \sim \sqrt{M}$

$$J' \sim r^2 \sim M$$

# Области применения



# Гидрофобные мембраны: пертракция



Гидрофобная мембрана из ПВДФ непроницаема для воды и полностью проницаема для газов. В пертракторе наружная поверхность полого волокна омывается водным раствором абсорбента, а газ идет по внутреннему каналу.

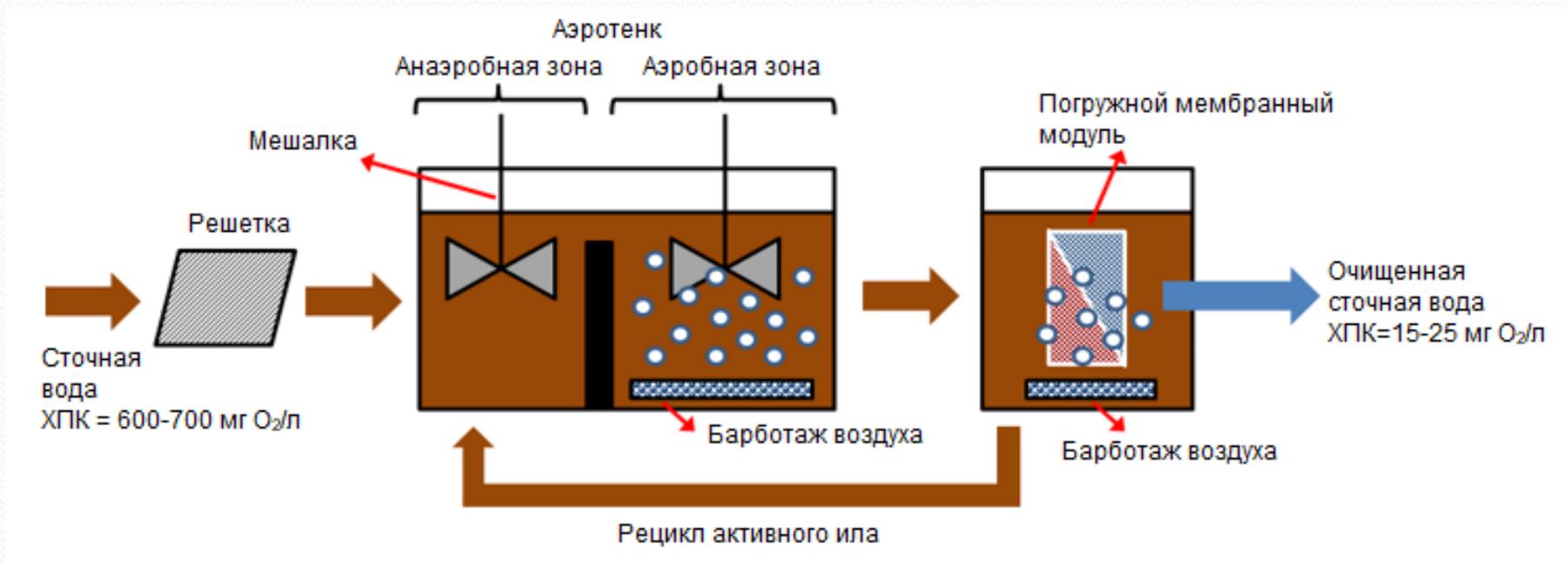
## Примеси в нефтяном газе

|                        | Исходный газ          | Очищенный газ           |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| $\text{CO}_2$          | 8,5 %                 | 0,3 %                   |
| $\text{H}_2\text{S}$   | 300 мг/м <sup>3</sup> | < 0,5 мг/м <sup>3</sup> |
| $\text{CH}_3\text{SH}$ | 50 мг/м <sup>3</sup>  | < 0,1 мг/м <sup>3</sup> |

Д.И. Петухов и др. Очистка нефтяных газов от кислых компонентов с использованием метода пертракции на микропористых мембранах. Нефтяное хозяйство 2016, № 11, с. 55-58



# Аэробный мембранный биореактор



Для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод использовали погружной мембранный модуль с армированным волокном из ПВХ.

Мембрана обеспечивает полную очистку от взвешенных веществ и снижает концентрацию бактерий на три порядка. Поток фильтрата составляет 20-30 л/ч·м<sup>2</sup>

# Очистка воды из поверхностного источника



**Очистка речной воды**  
доза коагулянта (в пересчете на Al) – 5 мг/л

|                                    | Исходная вода | Очищенная вода |
|------------------------------------|---------------|----------------|
| Цветность, град.                   | 60            | 12             |
| Железо, мг/л                       | 0,76          | 0,05           |
| Взвешенные вещества, мг/л          | 3,2           | 0,1            |
| Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л | 9,6           | 1,4            |

# Очистка воды из подземного источника

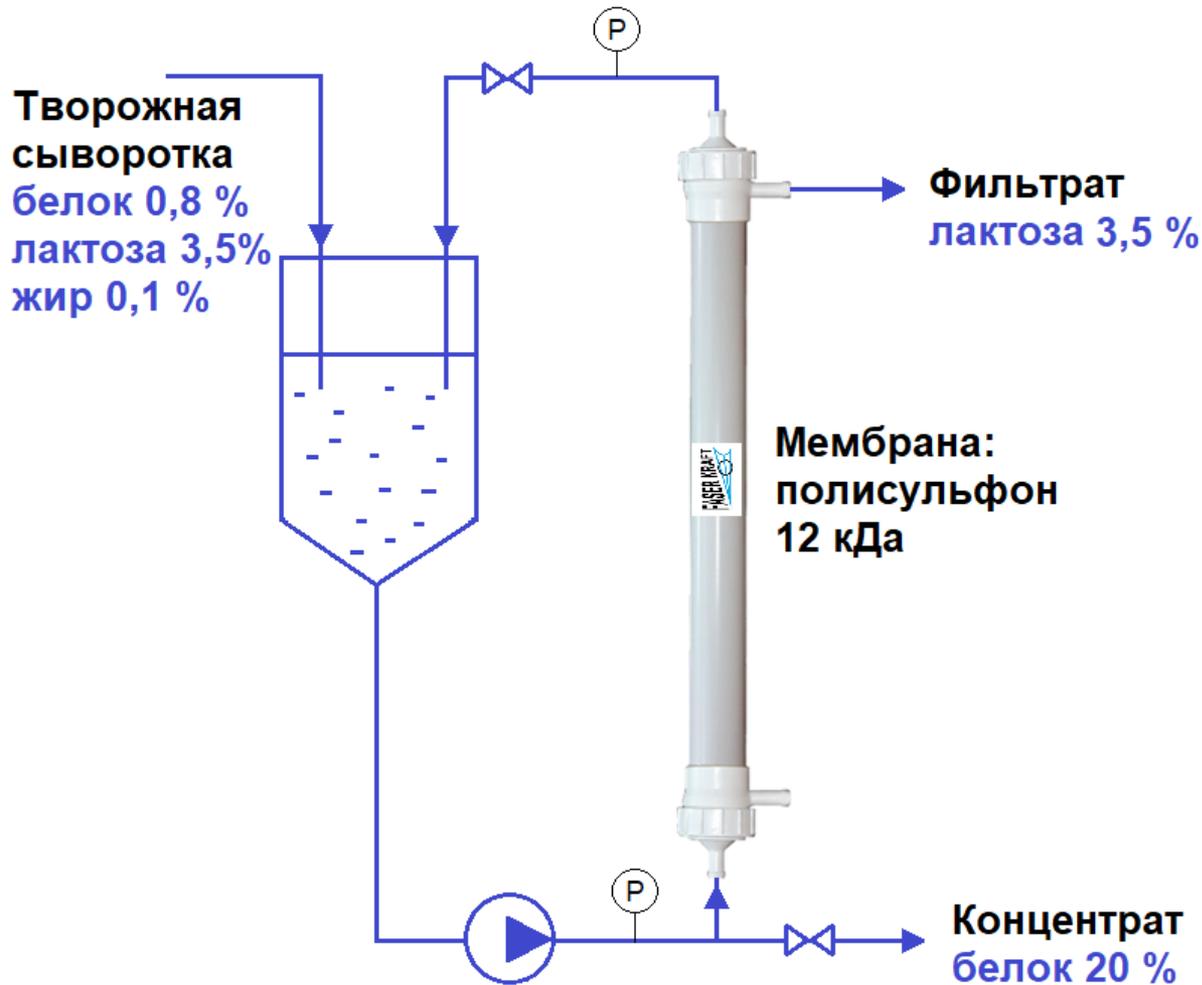


## Очистка воды из скважины (с предварительной аэрацией)

|                           | Исходная вода | Очищенная вода |
|---------------------------|---------------|----------------|
| Взвешенные вещества, мг/л | 110           | 0,2            |
| Железо, мг/л              | 5,2           | 0,1            |
| Марганец, мг/л            | 0,3           | 0,04           |

Глубина скважины – 50 м,  
Станция Ярославская (Краснодарский край)

# Получение белкового концентрата молочной сыворотки



Концентрирование на полуволоконных ультрафильтрах в мягких условиях позволяет сохранить наиболее ценные компоненты молочной сыворотки – т.н. факторы роста. Полученный белковый концентрат используется для производства лечебного питания.

Процесс реализован  
ООО «Биорич», г. Москва

# Концентрирование живых биологических культур



Мембрана из ПВДФ с отсечением 300 кДа используется для концентрирования живых бактерий *Pseudomonas fluorescens* и *Bacillus subtilis*.

Концентрат используется в качестве биологического средства защиты растений: для контроля грибной и бактериальной инфекции период вегетации, а также для снятия стресса, вызванного применением пестицидов или неблагоприятными условиями окружающей среды.

Процесс реализован ООО «Биом», г. Москва

# Выделение продуктов биосинтеза: производство эндонуклеаз



Бактериальный синтез эндонуклеаз (ферментов разрезания ДНК)



Ультрафльтрация ПВДФ, 300 кДа отделение продукта биосинтеза от клеточной культуры



Ультрафльтрация Полисульфон, 10 кДа, концентрирование целевого белка



**Эндонуклеаза**

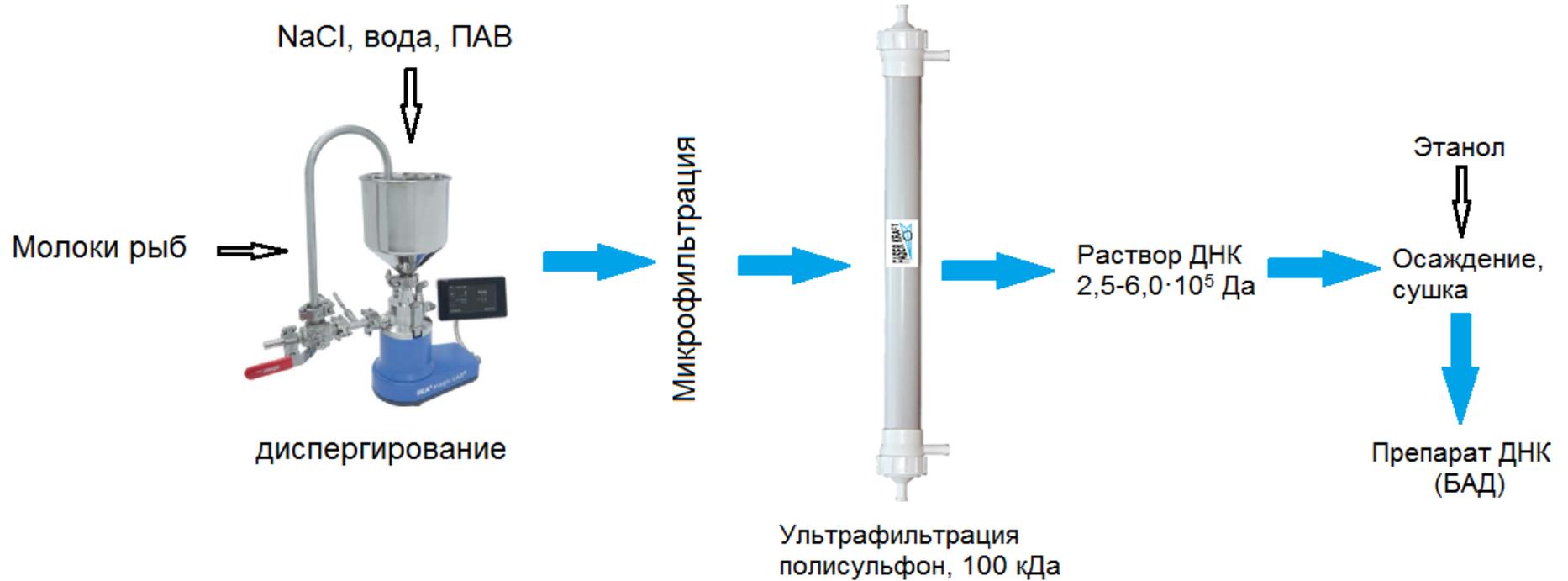
Процесс реализован ООО «Гиссен Биоинжиниринг», г. Новосибирск

# Производство целевых белков



Процесс реализован ООО «Скайбиохим», г. Москва

# Выделение ДНК из природного сырья



Процесс реализован ООО «Нуклеоформула», г. Москва



Спасибо за внимание!