

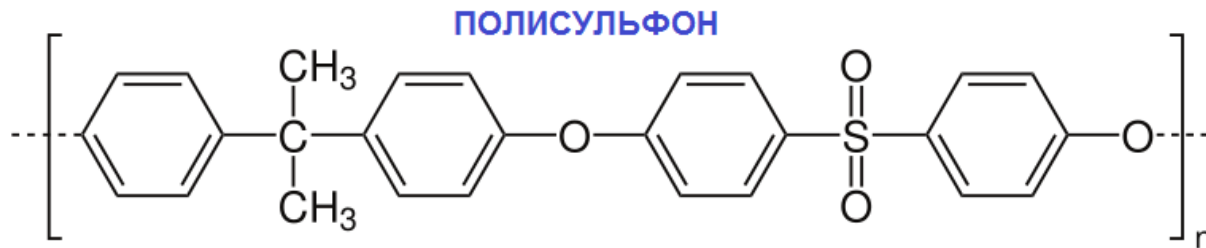


Исследования и разработки в области мембранной технологии

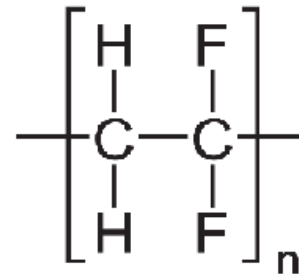
ООО «Фазеркрафт», Москва, Варшавское ш. 46, www.faserkraft.ru

Мембранные полимеры

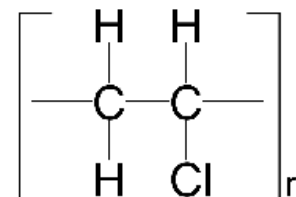
ООО «Фазеркрафт» производит по собственной технологии полые волокна из следующих полимеров



ПОЛИВИНИЛДЕНФТОРИД



ПОЛИВИНИЛХЛОРИД



Виды производимых мембран

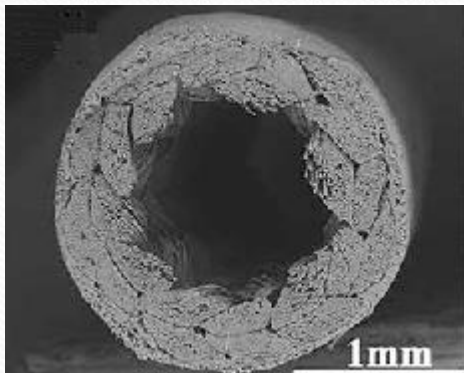
В ООО «Фазеркрафт» разработаны технологии получения трех разновидностей полволоконных мембран:



Волокно с одним внутренним каналом

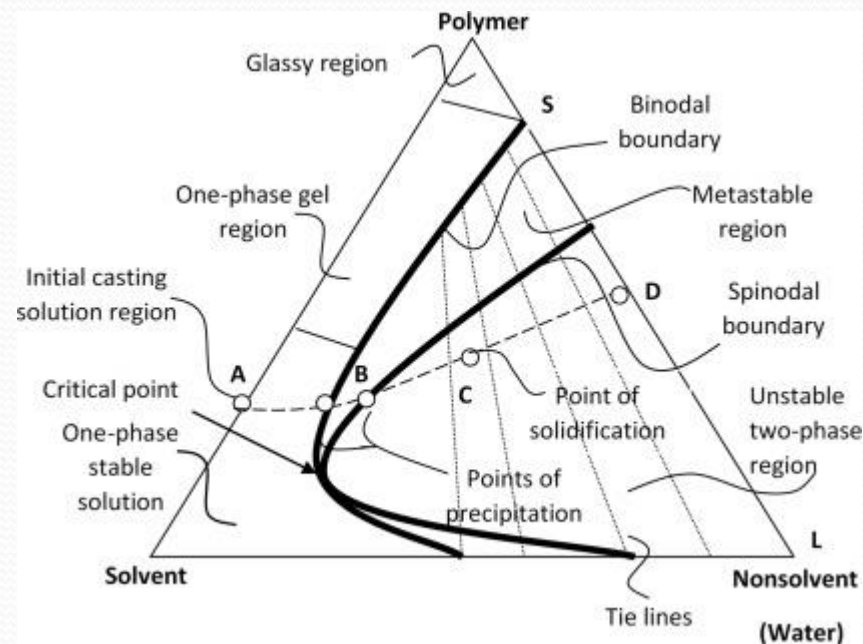
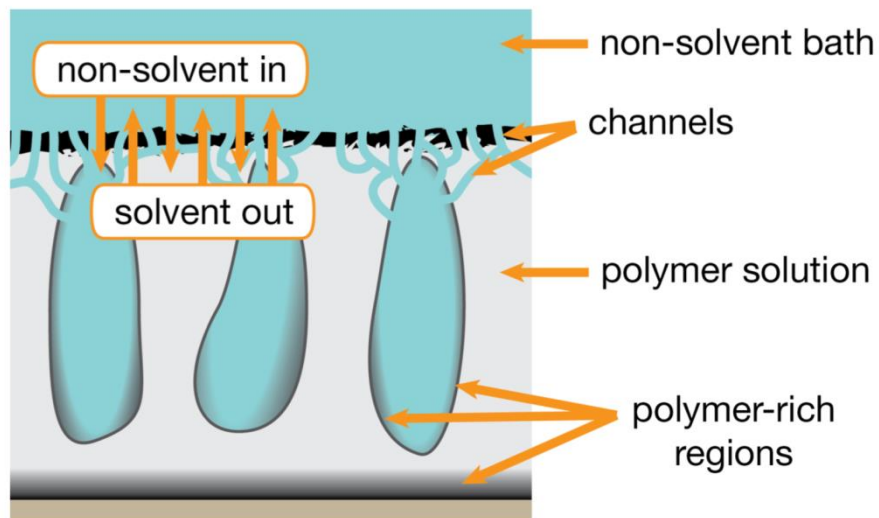


Волокно multibore с семью каналами



Армированное полое волокно

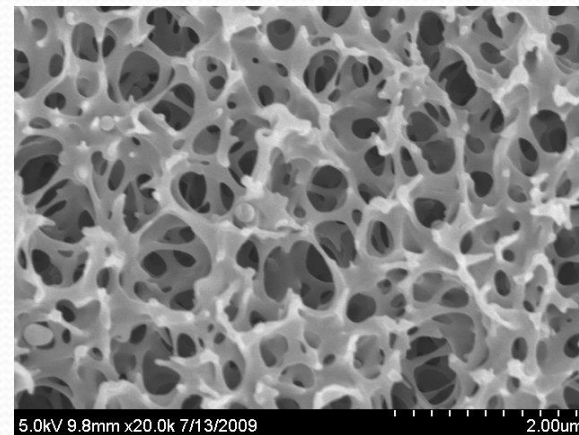
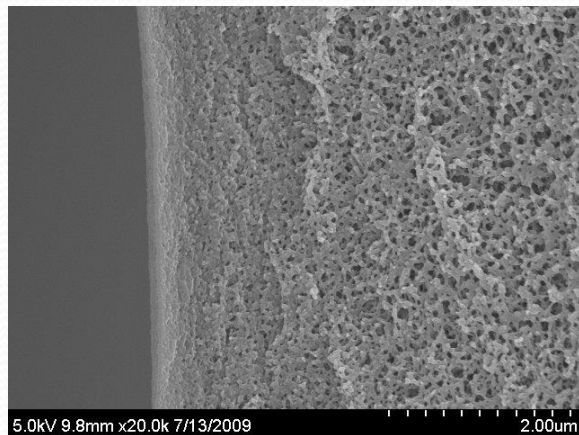
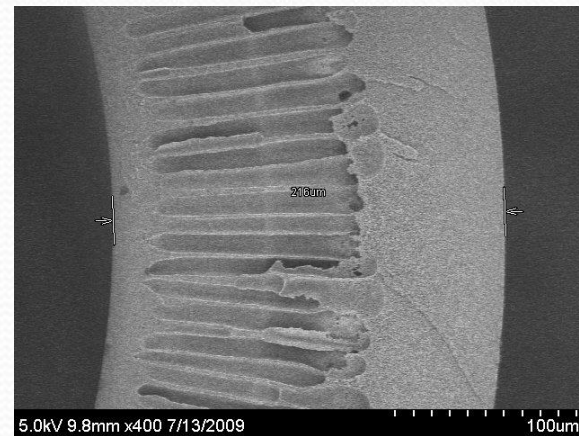
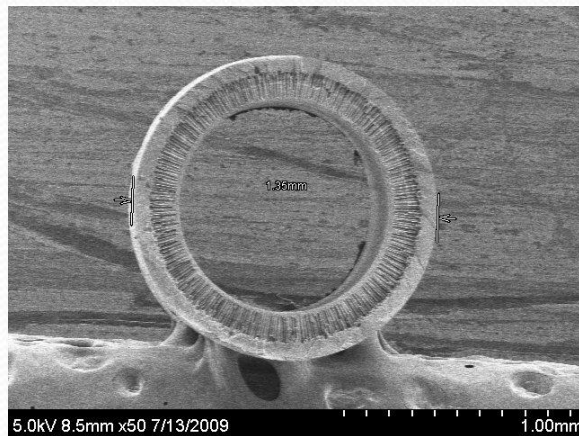
Метод NIPS (non-solvent induced phase separation)



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.

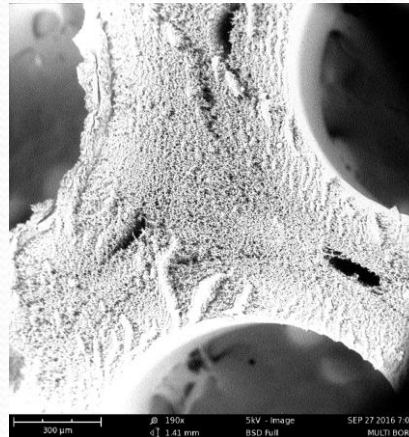
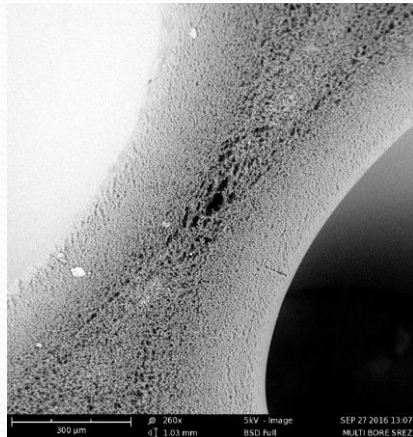
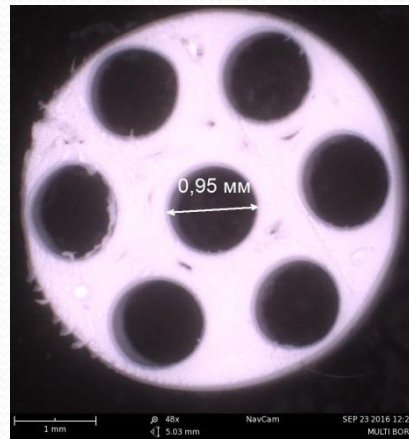
Структура мембран

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



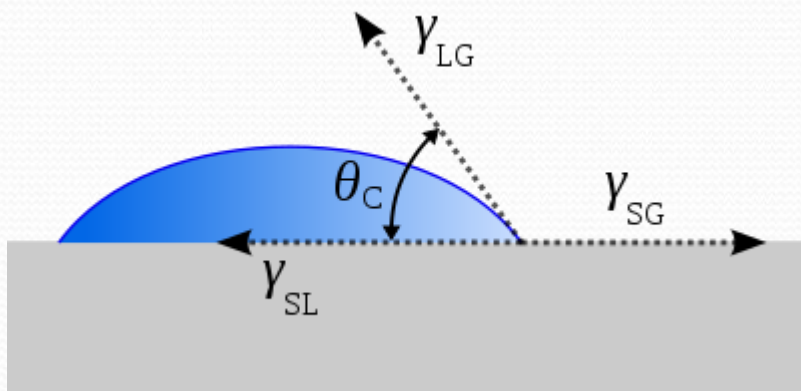
Структура мембран

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

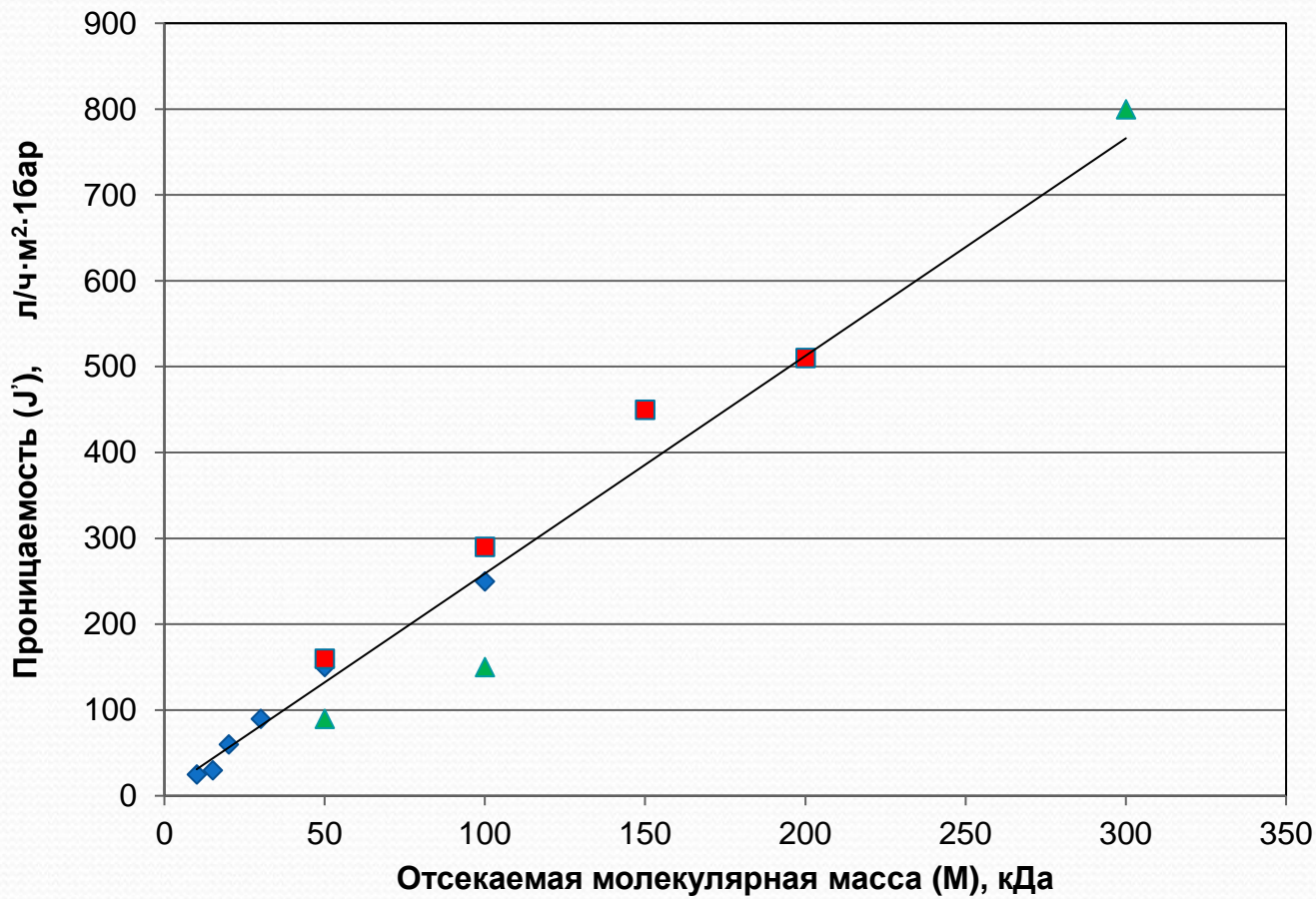
$$90^\circ < \theta < 150^\circ$$



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:

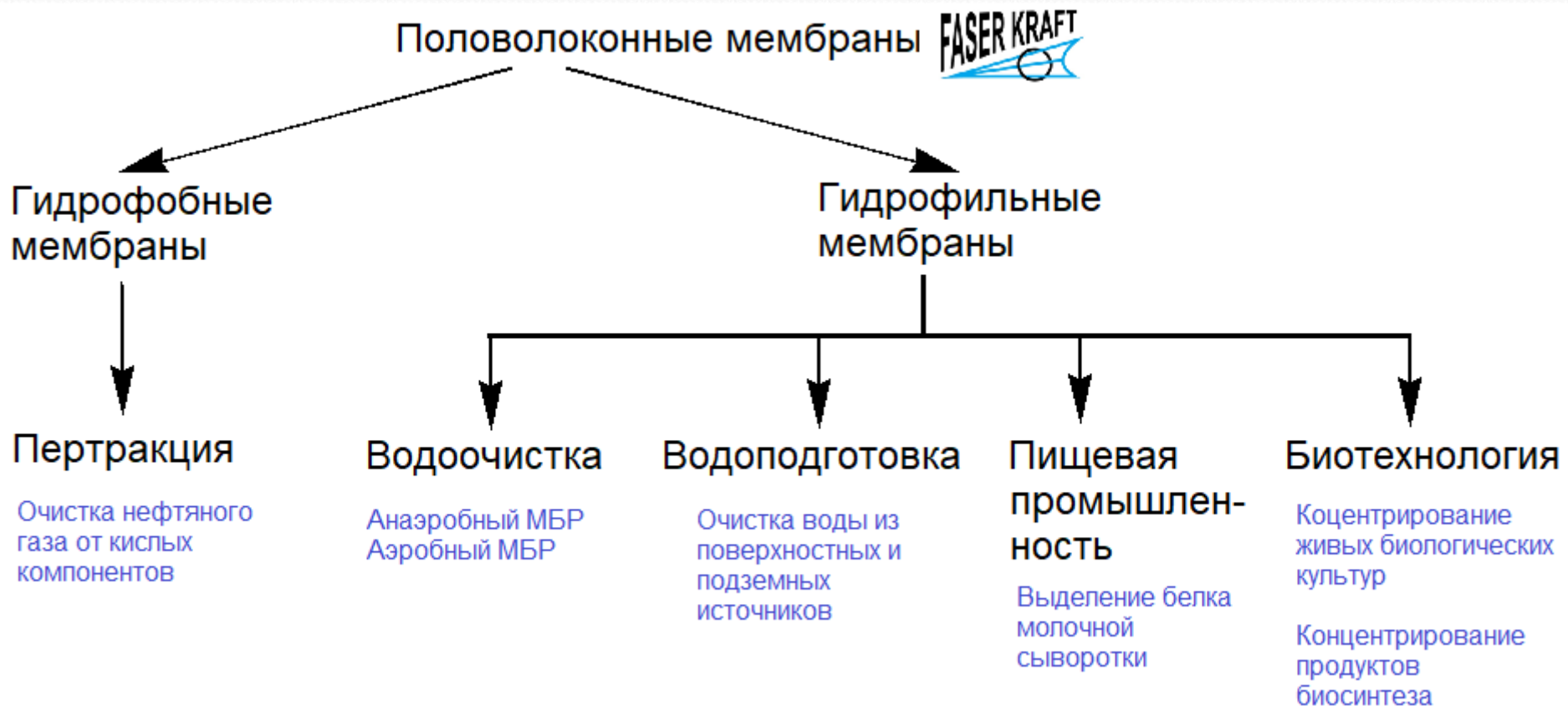
$$J' = \frac{J}{\Delta p}$$

ε – поверхностная пористость, r – радиус пор, μ – вязкость жидкости, τ – коэффициент кривизны пор, δ – толщина мембраны, Δp – 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.

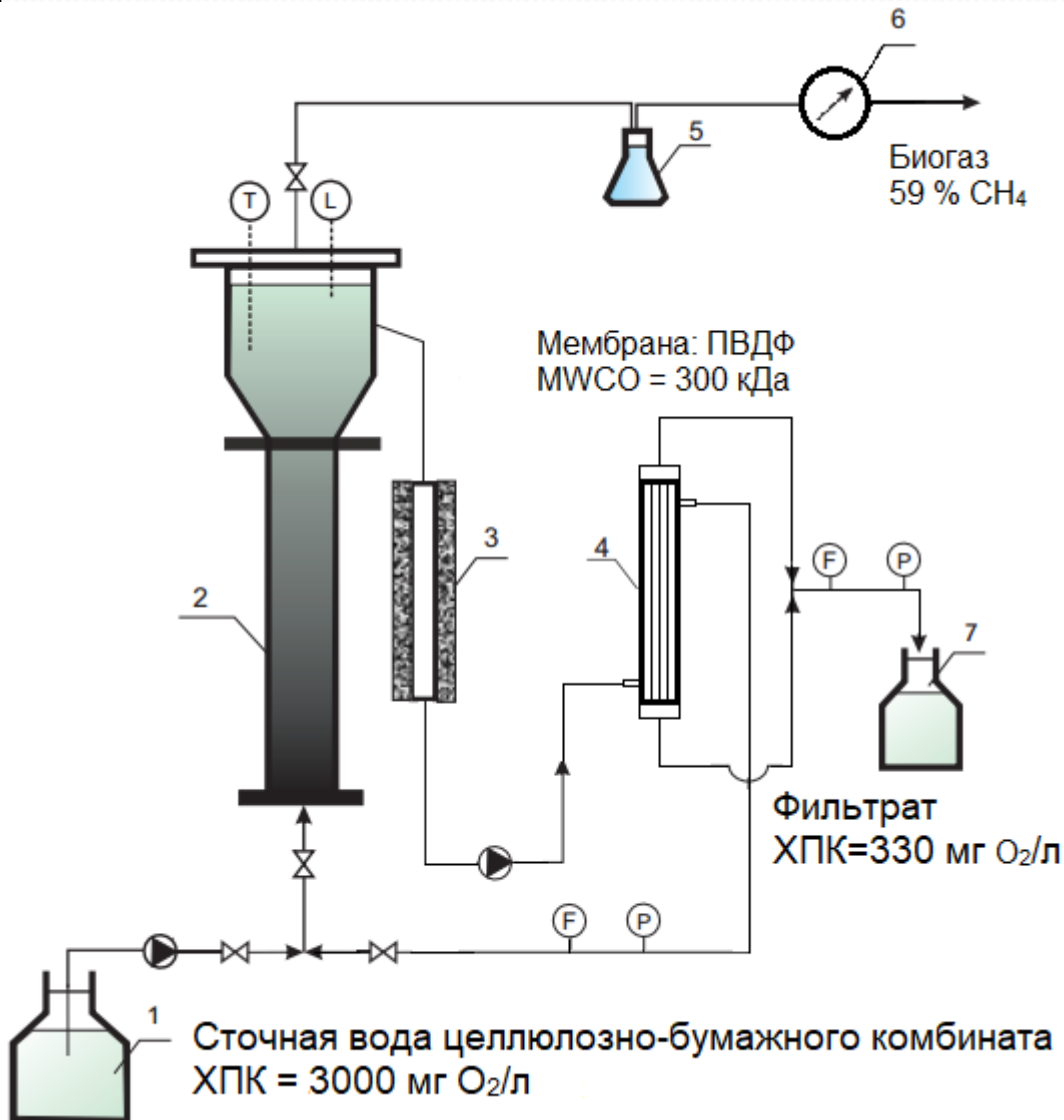
Примеси в нефтяном газе

	Исходный газ	Очищенный газ
CO_2	8,5 %	0,3 %
H_2S	300 мг/м ³	< 0,5 мг/м ³
CH_3SH	50 мг/м ³	< 0,1 мг/м ³

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

Анаэробный мембранный биореактор

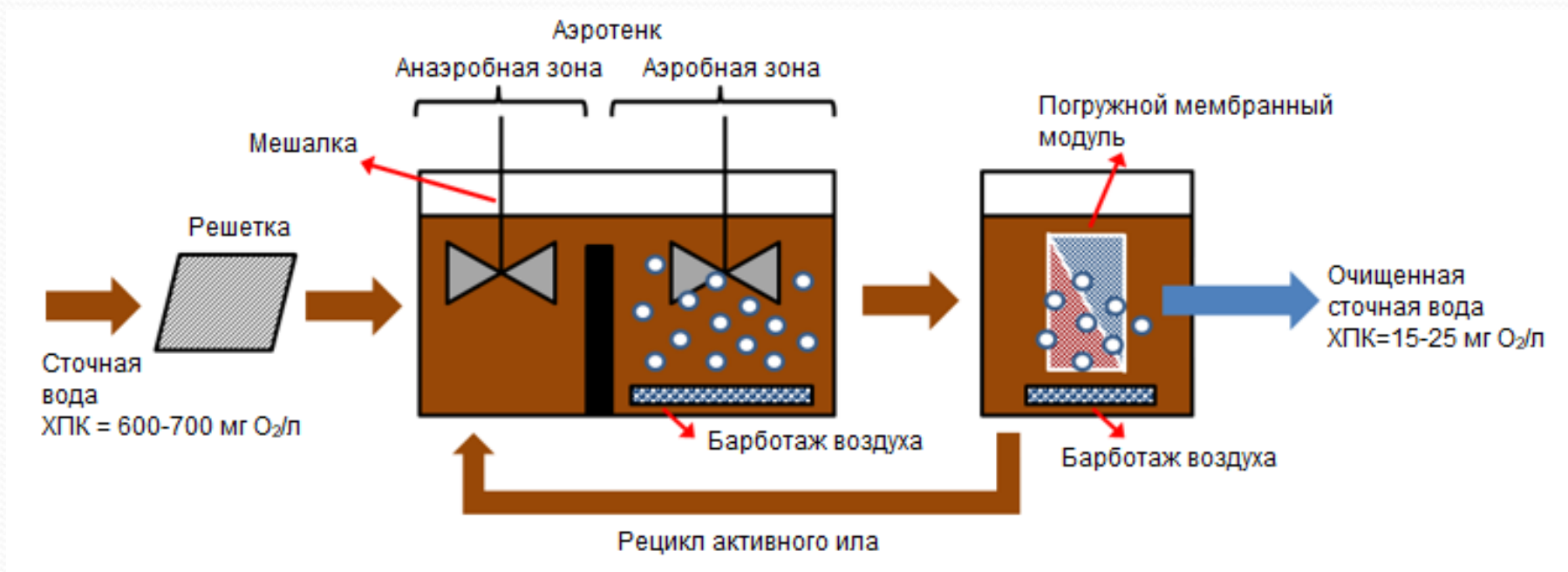


Анаэробный биореактор служит для получения биогаза из сточных вод с высоким содержанием органических веществ. Полуволоконная мембрана из ПВДФ эффективно удерживает биомассу. Степень очистки по ХПК составляет в среднем 89%

И.В.Катраева, А.Б.Майборода и др. Очистка сточных вод в анаэробном биореакторе с выносным мембранным модулем. «Мембраны-2016», Тезисы докладов, Нижний Новгород, 2016, с. 23-25

1 – емкость исходной воды; 2 – колонна-биореактор; 3 – теплообменник; 4 – полуволоконный мембранный модуль; 5 – ловушка для конденсата; 6 – счетчик объема биогаза, 7 – емкость очищенной воды

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·м²

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 ₂ /л	9,6	1,4

Очистка воды из подземного источника

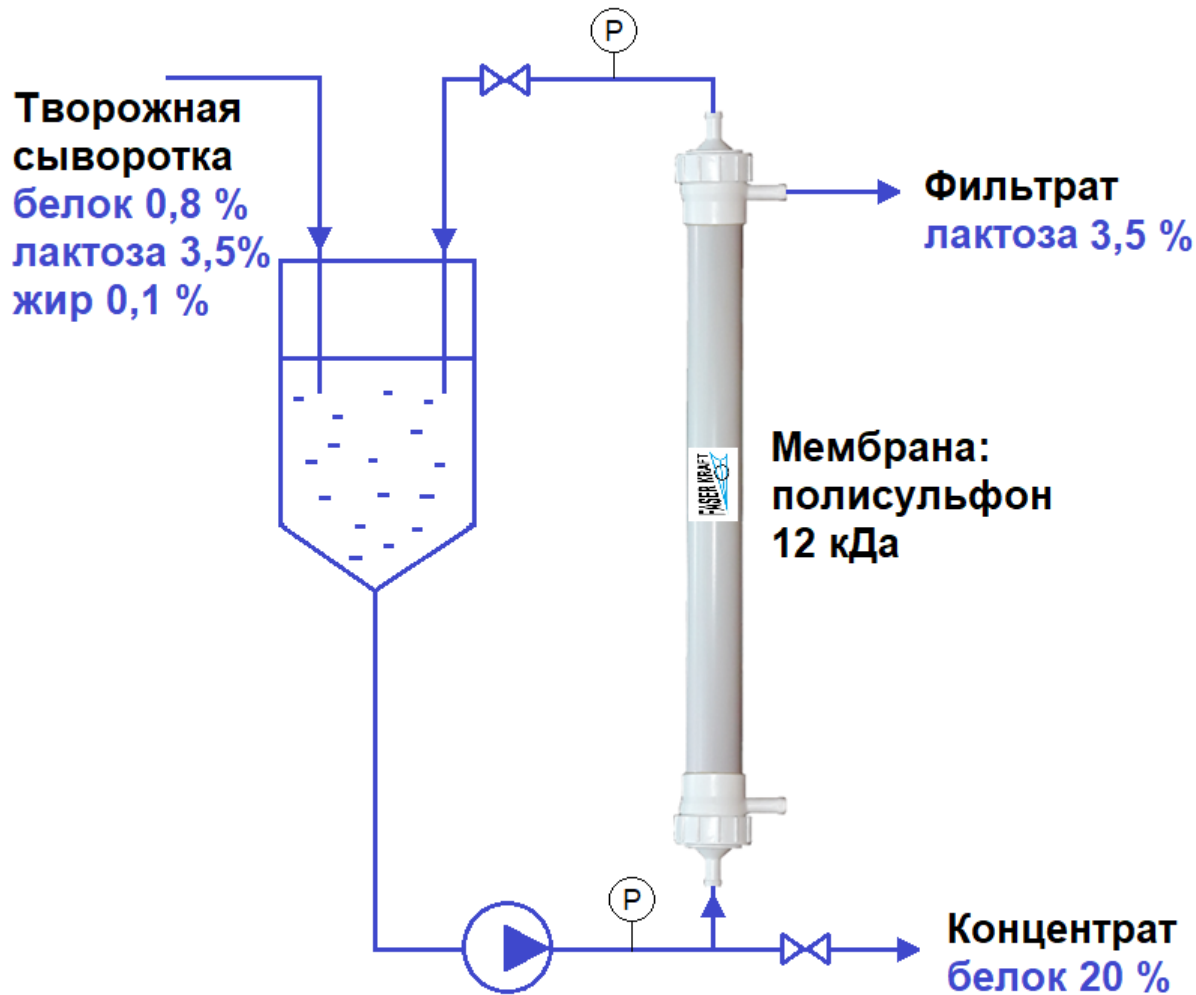


Очистка воды из скважины (с предварительной аэрацией)

	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

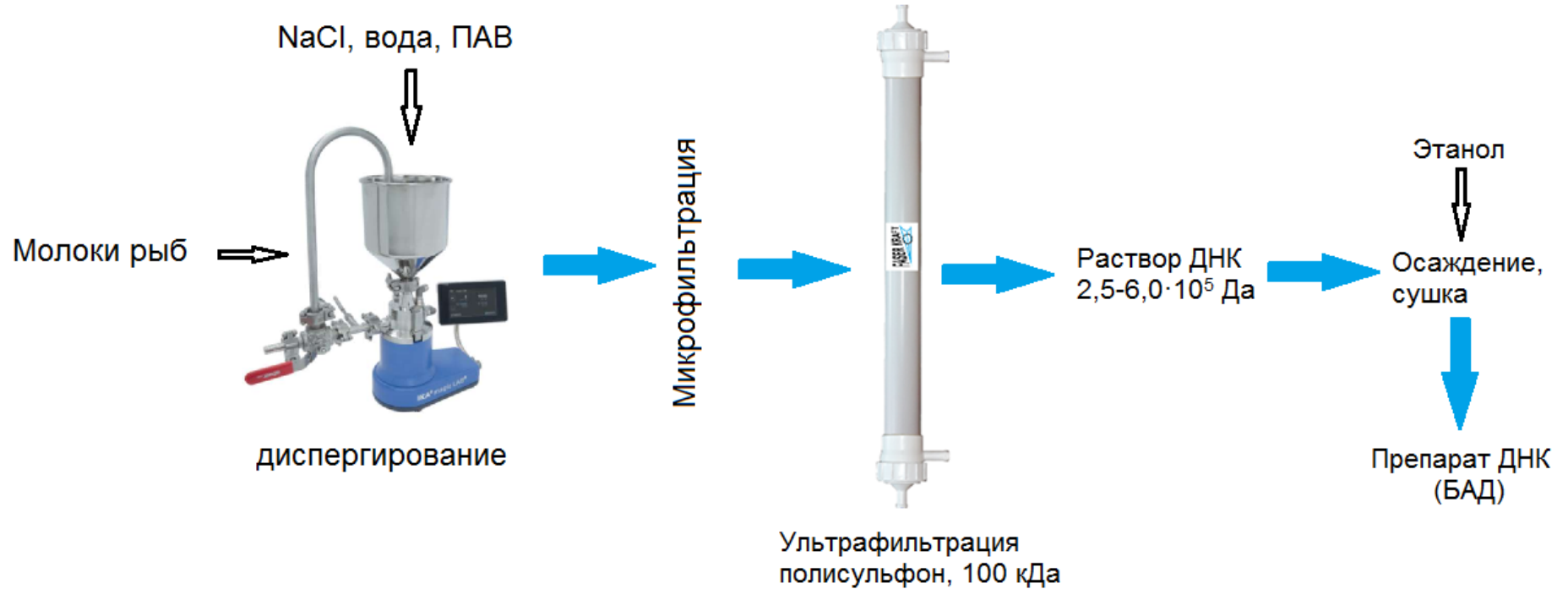
Процесс реализован ООО «Гиссен Биоинжиниринг», г. Новосибирск

Производство целевых белков



Процесс реализован ООО «Скайбиохим», г. Москва

Выделение ДНК из природного сырья



Процесс реализован ООО «Нуклеоформула», г. Москва



Спасибо за внимание!