

# СОВРЕМЕННЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИЕ, НАНОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ И МИКРО-ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ МЕМБРАННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, УСТАНОВКИ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЛИКЕРОВОДОЧНОЙ И СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*В.Л. Кудряшов, И.И. Бурачевский, В. П. Дубяга<sup>\*)</sup>, В. Г. Дзюбенко<sup>\*)</sup>,  
А.В. Тарасов<sup>\*\*)</sup>, А.А. Поворов<sup>\*\*\*)</sup>*

ГНУ ВНИИПБТ

<sup>\*)</sup> ЗАО НТЦ «Владипор»

<sup>\*\*)</sup> НПП «Технофильтр»

<sup>\*\*\*)</sup> ЗАО «Мембраны»

Описаны современные методы подготовки воды в ликероводочной промышленности с применением микро-, ультра-, нанофильтрации и обратного осмоса. Обсуждены результаты фильтрации спиртосодержащих напитков и методов утилизации спиртовой барды. Приведены примеры действующих мембранных установок в ликероводочной промышленности и получении питьевой воды.

*Ключевые слова:* микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос, спиртовая барда, мембранные установки

Modern methods of water preparation in distillery industry with use of micro-, ultra-, nanofiltration and reverse osmosis are described. Results of filtration of alcohol containing drinks and methods of utilizing alcohol slop are discussed. Samples of operating membrane plants in distillery industry and potable water are given.

*Keywords:* microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis, alcohol slop, membrane plants

## **Мембранные элементы и установки для водоподготовки**

Одной из актуальных проблем в производстве высококачественных ликероводочных изделий является подготовка технологической воды.

В 70-80 годы в отделе технологии ликероводочного производства ГНУ ВНИИПБТ проводились углубленные исследования по совершенствованию технологии водок и ликероводочных изделий с целью повышения их качества и стабильности при длительном хранении [1-4]. При этом большое внимание уделялось подготовке воды. Для улучшения дегустационных свойств и стабильности при хранении из нее необходимо удалять в оптимальном соотношении как минеральные, так и органические вещества.

Было рекомендовано дополнительно к Натрационированию осуществлять обработку технологической воды активным углем марки БАУ-А. При этом обеспечивается дезодорация воды, снижение содержания органических при-

месей и хлора на 50%, улучшение органолептических показателей, а также более эффективное действие активного угля на очистку спирта в процессе обработки сортировок.

До исследований, изложенных в источниках [2-4], в отечественной литературе отсутствовали систематизированные данные по влиянию катионного и анионного состава водок на их устойчивость при длительном хранении. Было показано, что содержание кальция и магния в воде, используемой для приготовления водок, не должно превышать 1 мг/л, железа – 0,15 мг/л, кремния – 5 мг/л, хлоридов – 15 мг/л, сульфатов – 25 мг/л и гидрокарбонатов – 150 мг/л.

В исследованиях 80-х годов было обосновано применение различных методов водоподготовки в зависимости от качества исходной воды, в том числе широко распространенного к настоящему времени – обратноосмотического [3,4]. Принцип действия обратноосмотических установок основан на селективной фильтрации

воды через полупроницаемые мембраны под воздействием повышенного давления.

В результате обобщения и развития этих исследований, а также их длительной производственной проверки к настоящему времени во ВНИИПБТ разработаны единые Требования к технологической воде для приготовления водок (включающие верхние и нижние пределы содержания примесей), взаимоувязанные с ее жесткостью, а также рекомендации по выбору способов ее обработки.

Параллельно с этими исследованиями в отделе мембранной технологии ВНИИПБТ проводились исследования [5-7] по созданию отечественных промышленных установок по очистке воды, основанных на использовании мембранных процессов: обратного осмоса (ОО), нанофильтрации (НФ) и ультрафильтрации (УФ).

Преимуществом мембранных процессов является то, что они позволяют уменьшать жесткость, щелочность, окисляемость, содержание микроэлементов, полностью удалять микрофлору и коллоиды и при оптимальном сочетании с другими распространенными методами предочистки получать воду, обеспечивающую производство высококачественных водок.

Первая отечественная мембранная система водоподготовки, внедренная ВНИИПБТ на Владивосточном ликероводочном заводе в конце 70-х годов, обеспечивала снижение общей жесткости с 0,9 до 0,2 мг-экв/л, щелочности – с 0,6 до 0,2 мг-экв/л, а окисляемости – с 5,9 до 0,6 мгО<sub>2</sub>/л.

В ней на стадии предочистки использовались УФ-мембраны марки УАМ-500М (диаметр пор 500Å), а затем вода подавалась на ацетатцеллюлозные ОО-мембраны марки МГА-70 с селективностью 70% по NaCl.

В другой мембранной системе водоподготовки, внедренной на Курском ликероводочном заводе, на предварительной стадии использовалась установка Na-катионирования, а затем – ОО-установка, укомплектованная мембранами МГА-95 с селективностью 95% по NaCl. Линия обеспечивала снижение жесткости с 6,5 до 0,03 мг-экв/л, щелочности – с 4,5 до 1,2 мг-экв/л, а окисляемости – с 8,6 до 1,5 мгО<sub>2</sub>/л.

Внедренная затем в 1985 году на Брестском заводе система также включала использование Na-катионирования и установку с ОО-

мембранами типа МГА-100 с селективностью по NaCl до 98%.

На Московском заводе «Кристалл» с середины 80-х годов длительно параллельно эксплуатировались две системы водоподготовки, на первой стадии которых использовалось Na-катионирование, а затем в одной линии использовалась установка МРР-120-21рк-01 (производитель – Тамбовский завод «Комсомолец») с рулонными обратноосмотическими элементами, а в другой – модернизированная установка А1-ОУС с плоскими УФ-мембранами типа УАМ-150 с размером пор 150Å. Достижимое качество воды позволяло выпускать водку на экспорт как с одной, так и с другой линии очистки воды [5,6].

Во всех описанных здесь системах водоподготовки использовались мембраны, элементы и установки **только отечественного производства**. При этом достигаемое качество позволяло выпускать водки на экспорт.

В результате обобщения результатов длительной промышленной эксплуатации описанных здесь систем водоподготовки с различной структурой была доказана высокая эффективность мембранных процессов на стадии очистки воды для производства водок, а также разработана методология создания таких систем с оптимальной структурой.

К настоящему времени тамбовский завод «Комсомолец», ЗАО «Мембраны» и ряд других предприятий организовали производство отечественных комплектных систем водоподготовки для ликероводочной и других отраслей пищевой промышленности, соответствующих современному мировому уровню.

Достигнуть требуемых показателей качества воды в большинстве случаев можно лишь применяя высокоселективные обратноосмотические элементы.

В ЗАО НТЦ «Владипор» наряду с элементами на основе ацетатцеллюлозных мембран (ЭРО-96-950), рассчитанных на давление 30-50 атм, совместно с ВНИИПБТ были разработаны и выпускаются рулонные элементы как с использованием отечественных энергосберегающих композитных мембран, так и на основе низконапорной обратноосмотической мембраны фирмы «Hydranautics» (США) (ЭРО-КНИ).

**Таблица 1.** Характеристика обратноосмотических элементов

Наименование рабочих характеристик	ЭРО-КНИ			ЭРО-96-950
	100-1016	200-1016	100-508	
Рабочее давление, атм	10,5	10,5	10,5	30-50
Производительность, л/ч, при 25°С, не менее	400	1600	160	180
Селективность по 0,15% раствору NaCl, не менее	98,5	98,5	98,5	94

В табл. 1 приведены характеристики наиболее широко применяемых обратноосмотических элементов, полностью соответствующих стандартным международным типоразмерам, что позволяет использовать их вместо отработанных импортных.

В ЗАО «Мембраны» на базе этих элементов разработана серия установок для получения воды улучшенного качества для ликероводочных предприятий.

Технологическая схема обработки воды в таких установках включает стадии:

- предварительной фильтрации исходной воды от механических примесей;
- глубокого обессоливания на обратноосмотических мембранных модулях;
- периодической химической мойки мембранных элементов (регенерации) (см. рис. 1).

Исходная водопроводная или артезианская вода через фильтр предварительной очистки (1) подается на всасывающую линию высоконапорного насоса (2), а затем в обратноосмотический модуль (3), состоящий из одного или нескольких рулонных элементов типа ЭРО. Под действием рабочего давления поток делится на две части: пермеат – прошедшая через мембрану обессоленная до требуемых показателей во-

да, которая используется для приготовления сортировок, и концентрат – поток, обогащенный солями и другими примесями, сливаемый в канализацию. Одновременно с обессоливанием в мембранном модуле происходит удаление из воды солей тяжелых металлов, растворимой органики, бактериальных и других загрязнений.

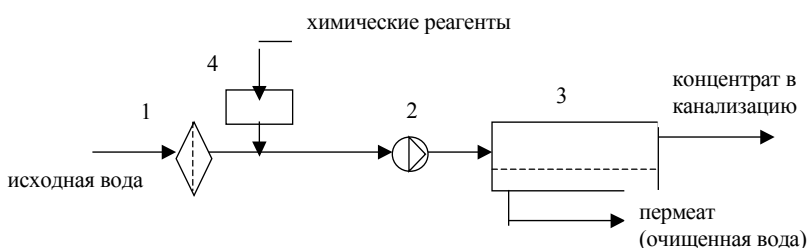
Периодически, по мере необходимости, для восстановления характеристик мембранных элементов проводится их химическая регенерация моющим раствором из емкости (4).

Установки комплектуются необходимыми приборами КИП и автоматики. Контроль качества очищенной воды осуществляется с помощью датчика электропроводности (см. табл. 2).

При наличии в воде активного хлора установки дополнительно комплектуются узлом дехлорирования.

Количество рулонных элементов (типа ЭРО-КНИ-100-1016 или ЭРО-КНИ-200-1016) производства ЗАО НТЦ «Владипор», определяется заданной производительностью. Корпуса, трубопроводы, отводы и т. д. выполнены из нержавеющей стали. Рабочий режим установки может быть выполнен как в ручном, полуавтоматическом, так и полностью в автоматическом режимах. Предусмотрен визуальный контроль технологических параметров.

В настоящее время установки, изготовленные в ЗАО «Мембраны» работают в ЗАО «Смирнов ДВ», г. Хабаровск; ЗАО «Урожай», г. Серпухов; на Александровском, Магнитогорском, Владимирском и других ликероводочных заводах РФ.



1 - фильтр; 2 - насос; 3 – мембранный модуль;  
4 – емкость для моющего раствора

**Рис. 1.** Технологическая схема обработки воды.

**Таблица 2.** Технические характеристики установок ЗАО «Мембраны»

Наименование показателей	Тип установки			
	УМВВ-1	УМВВ-2	УМВВ-5	УМВВ-10
1.Производительность по обессоленной воде при 20°С, м <sup>3</sup> /ч	1,0	2,0	5,0	10,0
2.Селективность по 0,15% раствору NaCl, % не менее	98			
3.Степень использования воды,%	60-80			
4.Рабочее давление, МПа не более	1,6			
5.Потребляемая мощность, кВт, не более	3,0	5,5	8,0	19,0
6.Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	2,0	3,0	6,0	8,0
7. Гарантийный срок службы мембранных элементов, мес.	12	12	12	12

Как уже отмечалось выше, не всегда для получения высококачественной воды для производства водок требуется применение высокоселективного обратного осмоса. Во многих случаях требуемое качество достигается за счет применения мембранного процесса – нанофльтрации.

Несомненно, что для всех специалистов, работающих в области мембранной технологии, понятие «нанофльтрация» является более чем знакомым. Отличительной особенностью этого процесса является возможность решать задачи разделения водных сред, которые не могут быть реализованы ни с помощью обратного осмоса, ни с помощью ультрафльтрации. В первую очередь, это относится к возможности разделения солей с моновалентными катионами и анионами, а также органических веществ с молекулярной массой более 200 D. Нанофльтрация позволяет производить частичное обессоливание воды из различных источников, разделять соли, у которых ионы имеют различную ва-

лентность, решать традиционные задачи очистки сточных вод в различных отраслях народного хозяйства, а также концентрирования целевых компонентов в пищевой и биотехнологической промышленности.

В настоящее время в ЗАО НТЦ «Владипор» выпускаются в промышленном масштабе два типа композитных нанофльтрационных мембран на основе поливинилового спирта (мембрана ОПМН-К) и на основе пиперазина ( мембрана ОПМН-П).

В табл. 3 приведены свойства этих двух мембран.

Следует отметить, что разработанные мембраны отличаются высокой химстойкостью и стойкостью к окислителям. Рабочий диапазон рН для мембраны ОПМН-П составляет 2-12, стойкость к активному хлору – не менее 1 мг/л, что позволяет проводить их эффективную регенерацию различными моющими средствами и использовать в установках по получению воды высокого качества без предварительного дехлорирования исходного потока.

**Таблица 3.** Свойства нанофльтрационных мембран ОПМН-К и ОПМН-П

Тип мембраны	Условия испытания	Характеристики мембран	
		Селективность, %	Производительность, л/м <sup>2</sup> ч
ОПМН-К	0,15% раствор хлорида натрия, 15атм, 25°С	30	140
ОПМН-П	- « -	60-70	140

Разработка и освоение опытно- промышленного производства композитных нанофильтрационных мембран, занимающих промежуточное положение между ультрафильтрационными и обратноосмотическими, и имеющими селективность по хлориду натрия в диапазоне 30-70% при достаточно высокой селективности (выше 90%) по солям жесткости, делает их весьма привлекательными для удаления органических веществ с молекулярной массой более 100 D и частичного обессоливания воды. Это особенно важно для регионов, где применение обратного осмоса может привести к практически полному обессоливанию, что может снизить органолептические показатели водок.

На базе созданных нанофильтрационных мембран разработаны нанофильтрационные рулонные фильтрующие элементы.

Для комплектования установок в настоящее время выпускаются пятнадцать типоразмеров нанофильтрационных рулонных фильтрующих элементов, отличающихся друг от друга габаритами, конструктивными материалами и, соответственно, характеристиками.

Большинство типов элементов соответствуют международным стандартам, что позволяет использовать их для замены в эксплуатируемых установках зарубежного производства.

В табл. 4 приведены характеристики трех, наиболее массово выпускаемых типоразмеров нанофильтрационных элементов.

В следующей табл. 5 представлены среднестатистические данные, полученные обобщением показателей большого числа элементов, работающих в составе различных нанофильтрационных установок.

В настоящее время ЗАО НТЦ «Владипор» обладает мощностями по производству рулонных фильтрующих элементов в количестве 10000 шт./год в расчете на элементы размерности 100-1016. Это позволило создать производство установок, предназначенных для получения высококачественной питьевой воды, водоподготовки в производстве безалкогольных напитков, ликероводочной и других отраслях пищевой промышленности.

В табл. 6, 7, 8 приведены характеристики работающих установок по получению высококачественной воды из трех различных водных источников.

Анализ табл. 5-8 позволяет сделать вывод, что в случае доукомплектования этих нанофильтрационных модулей установками Натрионирования, можно достигнуть качества очистки воды, отвечающего Требованиям к технологической воде для приготовления водок.

Создание отечественного производства нанофильтрационных установок (в дополнение к широкораспространенным обратноосмотическим) расширяет возможность разработки эффективных систем водоподготовки для тех случаев, когда применение распространенного метода может привести к ее чрезмерной (ниже допустимого предела) очистке.

Основой конкурентоспособности продукции, выпускаемой ЗАО «Владипор» и ЗАО «Мембраны» являются ее функциональные свойства, не уступающие лучшим зарубежным аналогам, и значительно более низкая (до 50%) стоимость.

#### **Очистка и стабилизация цветных ликероводочных изделий**

Известно, что цветные ликероводочные изделия, полученные на основе натурального растительного сырья, склонны к помутнениям в процессе их хранения.

Исследования, проведенные во ВНИИПБТ и обобщенные в источниках [9,10] показали, что наиболее часто помутнения вызываются неустойчивыми формами полифенольных соединений и комплексными соединениями металлоорганического характера, которые образуются в результате окисления, поликонденсации и полимеризации.

Склонность к помутнениям определяется также высоким содержанием металлов, танинов, белков (особенно с низкими изоэлектрическими точками), пектина, полисахаридов, а также соотношениями их концентраций.

Для предотвращения помутнения изделий применяют различные методы:

- обработку купажей бентонитом, полиакриламидом, поливинилпирролидоном, желатином, селикагелями и другими оклеивающими материалами, флокулянтами и адсорбентами;
- выдержку, в том числе в захлажденном состоянии, декантацию;
- обработку ферментными препаратами и другие.

**Таблица 4.** Характеристики нанофильтрационных рулонных фильтрующих элементов ЗАО «Владипор»

Материал	Элементы серии ЭРН на основе мембраны ОПМН-II		
Применение	Для разделения органических веществ и солей водных растворов, умягчения воды и очистки сточных вод в биотехнологии, подготовке воды в пищевой, ликероводочной, химической и электронной промышленности		
Условия эксплуатации	Максимальное рабочее давление, - 25 атм Рабочий интервал pH -2-12 Максимальная температура - 45°C Стойкость к активному хлору - 1 мг/л		
Рабочие характеристики:	Типоразмер		
	Б-45-340	КП-100-1016	КП-200-1016
Давление, атм	5	16	16
Производительность, л/ч, не менее	10	450	2000
Селективность, %:			
по 0,2% раствору MgSO <sub>4</sub> , не менее	90	98	97
по 0,15% раствору NaCl, не менее		50,0	45,0

**Таблица. 5.** Характеристики нанофильтрационных элементов на реальных средах

Селективность, %:	Элемент №1	Элемент №2
по модельному раствору NaCl при P=15 атм, %	60	70
<b>по катионам:</b>		
Натрий*	40-45	
Калий*	40-45	
Магний*	92-94	96
Кальций*	93-95	97
Алюминий*	95-98	
Железо**	98-99	99
Никель**	98-99	
Хром**	98-99	
Медь**	99	
Аммоний**	30-35	
<b>по анионам:</b>		
Хлориды*	40-50	65
Бикарбонаты*	50-60	75
Нитраты*	40-50	
Фториды*	40-50	
Силикаты*	90-95	
Сульфаты*	96-98	
Фосфаты*	90-95	
ХПК*	50-70	85

*Условия испытаний: P=15 атм, t=20-25°C, подача исходного раствора на ЭРН-КП-100-1016 не менее 1500 л/ч.*

\* - вода водопроводная различных источников;

\*\* - модельный раствор, концентрация ТМ 25-50 мг/л;

**Таблица. 6.** Наночелнофилтрационная установка по получению питьевой воды из поверхностных источников (г. Альметьевск)

Характеристики установки	Данные анализа воды	Исходная вода	Очищенная вода
Производительность - 10 м <sup>3</sup> /день	Общая жесткость, мгэкв/л	3-5	1-2
Рабочее давление - 10-12 атм	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	20-30	5-10
	Щелочность, мгэкв/л	3-4	1-2
Отбор фильтрата - 70%	Цветность, град	до 30	0
	Мутность, мг/л	до 15	0
	Железо общее, мг/л	до 1	0

**Таблица. 7.** Наночелнофилтрационная установка получения питьевой воды из артезианского источника (г. Азнаково)

Характеристики установки	Данные анализа воды	Исходная вода	Очищенная вода
Производительность - 10 м <sup>3</sup> /день	Общая жесткость, мгэкв/л	10-15	3-4
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	100-200	20-30
Рабочее давление - 12-14 атм	Щелочность, мгэкв/л	3-5	1-2
Отбор фильтрата – 50%	Цветность, град.	30	0
	Мутность, мг/л	15	0
	Железо общее, мг/л	до 2	<0,3
	Сухой остаток, г/л	до 3	до 0,5

**Таблица. 8.** Наночелнофилтрационная установка по получению чистой воды на хлебокомбинате (г. Владимир)

Характеристики установки	Данные анализа воды	Исходная вода	Очищенная вода
Производительность - 2 м <sup>3</sup> /час	Общая жесткость, мгэкв/л	2-5	0,5-1
Рабочее давление - до 15 атм	Щелочность, мгэкв/л	3-4	1-2
Отбор фильтрата - 70%	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	20-30	10-15
	Цветность, град	до 40	0
	Мутность, мг/л	до 20	0
	Железо общее, мг/л	до 0,5	0
	СГ, мг/л	до 25	10-15

Эти методы применяются каждый отдельно или в сочетании, подобранном для каждого ликероводочного изделия. При этом, обязательной заключительной стадией является процесс фильтрования на фильтр-прессах через картон марок Т, КТФ, КОФ-1 или КОФ-2. Но этот метод отличается значительными затратами ручного труда, потерями на впитывание и возможностью ворсоотделения.

Поэтому во ВНИИПБТ в начале 80-х годов была найдена альтернатива фильтр-прессам –

процесс микрофилтрации через мембраны с диаметром пор порядка 0,45 мкм, позволяющий одновременно проводить осветление и стабилизацию ликероводочных изделий [11].

К настоящему времени развиваются два возможных варианта организации мембранного процесса микрофилтрации: тангенциальный режим (или кросс-флоу) и режим филтрации в тупик без протока.

Тангенциальный режим микрофилтрации реализуется на основе использования отечест-

венных мембран III поколения из металлокерамики марки «Tritem TM», запатентованных в РФ, США и странах ЕС (производитель ГУП НПЦ «Ультрам») или керамических (производитель ООО «Керамик-фильтр» [7]. Эти мембраны выпускаются с диаметром пор от 0,05 до 1,2 мкм, отличаются практически неограниченным сроком службы и имеют явные преимущества при фильтрации полуфабрикатов ликероводочных изделий, соков, вина, коньяка, пива и кваса.

Собственно для ликероводочных изделий положительно зарекомендовал себя 2-х или 3-х ступенчатый способ фильтрации изделий в тупик без протока через фильтрующие элементы патронного типа [12].

Причем, в качестве первых ступеней (предварительного фильтрования) используются **глубинные** элементы патронного типа (задержание частиц происходит, в основном, в объеме фильтрующего материала), а на заключительной стадии контрольного фильтрования – **мембранные** (преобладает поверхностное задержание частиц).

Для реализации этого процесса НПЦ «Технофильтр» выпускает глубинные фильтрующие элементы патронного типа с гофрированной структурой четырех типов, технико-эксплуатационные характеристики которых представлены в табл. 9.

Эти глубинные патроны предназначены для предварительной (разгрузочной) стадии фильтрования.

Для финишного (контрольного) фильтрования НПЦ «Технофильтр» выпускает мембранные фильтрующие элементы марки ЭПМ.К (см. табл. 10) и ЭПМ.Фг (см. табл. 11).

Элементы ЭПМ.К являются близкими аналогами элементов «ULTIPOR» и «NYLAFLO» фирмы «PALL» и «BIOFLOW» фирмы «PTI TECHNOLOGIES INC» (США).

Элементы ЭПМ.Фг являются близкими аналогами элементов «DURAPORE» фирмы «MILLIPORE» (США).

Для выбора количества ступеней (каскадов) очистки, а также конкретной марки элемента для каждой из них исходный купаж тестируется на фильтруемость [12]. Методика учитывает физико-химические свойства, размеры и коли-

чество микрочастиц, обуславливающие помутнение изделий.

Для проведения тестов на фильтруемость цветных ликероводочных изделий НПЦ «Технофильтр» выпускает установки, состоящие из насоса, трех соединенных последовательно однопатронных фильтродержателей, электронного счетчика удельного и общего расхода и набора фильтровальных элементов длиной 65 мм с рейтингом (порогом задержания) от 0,2 до 70 мкм. Опыт показывает, что этот набор является достаточным для тестирования всего ассортимента изделий.

Совместный с НПЦ «Экспресс-Эко» опыт показал, что для тестирования купажей и особенно подбора финишного каскада удобно использовать патронные фильтры капсульного типа КФМ.К и КФМ.Ф, также выпускаемые серийно НПЦ «Технофильтр».

#### **Контрольное фильтрование водок**

Контрольное фильтрование является ответственной завершающей стадией в линии производства водок. Для нее НПЦ «Технофильтр» выпускает одно- двух- или трехступенчатые комплектные установки на основе использования фильтровальных элементов типа ЭПВ.П, ЭПВ.СЦ, ЭПМ.К и ЭПМ.Ф собственного производства.

Установки смонтированы на единой раме и включают в себя один, два или три последовательно соединенных фильтродержателя из нержавеющей стали на 3, 5, 8, 15 или 18 фильтрующих элементах высотой 300, 750 или 1000 мм, насос (обеспечивающий заданную производительность и высокий эксплуатационный ресурс элементов), запорно-регулирующую арматуру и КИП. Они могут работать как самостоятельно (между доводной и напорными емкостями), так и в комплекте с автоматом розлива после напорной емкости.

В последнем случае, совместно с фирмой «МЕТА» (г.Новосибирск) предлагаются двухкаскадные установки серии «Блеск»<sup>TM</sup> с регулируемой производительностью насоса, что позволяет сохранять необходимую скорость фильтрации постоянной до полной выработки ресурса фильтроэлементов.

В качестве фильтроэлементов первого каскада для стандартных водок нами рекомендуются



**Таблица. 9.** Фильтрующие элементы ЭПВ.С, ЭПВ.СЦ, ЭПВ.ЦП, ЭПВ.П

Наименование характеристик	Тип элемента и материалы			
	ЭПВ.С стекловолокно, целлюлоза	ЭПВ.СЦ стекловолокно, целлюлоза, полипропилен	ЭПВ.ЦП целлюлоза, полипропилен	ЭПВ.П нетканый термоскрепленный материал
	Размеры частиц, мкм			
Эффективность задержания частиц при температуре до 50 <sup>0</sup> С и ΔР=0,01 МПа, %, не менее 95	3,0	1,0	5,0	50,0
Производительность по дист. воде при 20 <sup>0</sup> С и ΔР=0,01 МПа, м <sup>3</sup> /ч, не менее	1,4	1,0	0,5	8,0
Площадь фильтрации, м <sup>2</sup>	0,37	0,35	0,40	1,3

*Примечание:* Производительность по воде в таблицах 9-11 приведена для элементов высотой 250 мм.

**Таблица. 10.** Фильтрующие элементы марки ЭПМ.К

Наименование характеристик	Значения характеристик							
Материал мембран	Полиамид (капрон)							
Средний размер пор, мкм	0,1	0,2	0,45	0,65	0,8	1,0	1,2	3,0
Начальная производительность по дистил. воде при 20 <sup>0</sup> С и ΔР=0,01 МПа, м <sup>3</sup> /ч, не менее	0,5	1,0	1,8	2,4	3,1	4,0	4,8	7,0
Максимальный перепад давления, МПа	0,5							
Рекомендуемый максимальный обратный перепад давления, МПа	0,05							

**Таблица 11.** Фильтрующие элементы марки ЭПМ.Фг

Наименование характеристик	Значения характеристик				
Материал мембран	Гидрофильный фторопласт Ф-42				
Средний размер пор, мкм	0,15	0,25	0,45	0,65	1,0
Начальная производительность по дистил. воде при 20 <sup>0</sup> С и ΔР=0,01 МПа, м <sup>3</sup> /ч, не менее	0,9	1,5	2,7	4,0	7,0
Максимальный перепад давления, МПа	0,5				
Рекомендуемый максимальный обратный перепад давления, МПа	0,05				

патроны марки ЭПВ.П - глубинный фильтроэлемент из полипропилена с рейтингом 5 мкм, а второго (финишного) - марки ЭПВ.СЦ - глубинный фильтроэлемент из двухслойного гофрированного фильтрокартона. Первый слой - фильтрокартон, состоящий из микроволокон стекла (70%) и целлюлозы (30%), второй слой - фильтрокартон из микроволокон целлюлозы и полипропилена в соотношении 1:1. Оба фильтрокар-

тона расположены между двумя слоями нетканого термоскрепленного полотна. Сочетание микроволокон различной природы обеспечивает эффективность удержания частиц 1,0 мкм не ниже 99%, а частиц 0,5 мкм - не ниже 90%, что уже придает водкам очень высокую прозрачность. Благодаря большой фильтрующей поверхности (до 0,45 м<sup>2</sup> на 250 мм патрон) фильтроэлемент марки ЭПВ.СЦ при рабочей скорости потока в

250-300 л/час имеет невысокое начальное гидравлическое сопротивление ( $< 2 \text{ кгс/см}^2$ ), а достаточная толщина двух слоев фильтрокартонов обеспечивает очень высокую грязеемкость и ресурс работы.

Для экспортных и элитных водок нами предлагается использование патронов ЭПВ.СЦ на первом каскаде, а мембранных фильтроэлементов марки ЭПМ.К или ЭПМ.Фг с диаметром пор 0,65-1,0 мкм - на финишном. Данное сочетание позволяет получать напитки с особым блеском.

### **Мембранные технологии переработки барды**

В спиртовой промышленности России мембранные процессы (МП) до настоящего времени практически не используются, хотя только на их основе эффективно решаются следующие актуальные отраслевые задачи:

- переработки вторичного сырья (послеспиртовой барды);
- переработки вторичной барды производств сухих кормовых дрожжей;
- получения высокоочищенных глубококонцентрированных ферментных препаратов в ферментных цехах при спиртзаводах;
- подготовки воды для паровых и водогрейных котлов;
- очистки оборотной воды и стоков;
- повышения эффективности очистки жидкого и твердого диоксида углерода;
- поддержания оптимальной газовой среды в зернохранилищах;
- создания принципиально нового метода выделения и очистки этанола.

Решающее преимущество мембранных процессов обусловлено возможностью создания оборудования с низкими энергозатратами, что подтверждается данными таблицы.

### **Наименование процесса Энергозатраты разделения (удаления влаги) на разделение, МДж/м<sup>3</sup>**

1. Продавливание через мембрану при давлении 5 МПа (теоретическое значение)	4,9
2. Выпарка под вакуумом в 4-х корпусной установке	566
3. Сушка	2270
4. Вымораживание	336

Реальные энергозатраты в созданных к настоящему времени микрофильтрационных установках выше табличных в 8-10 раз, а нанофильтрационных и обратноосмотических – в 3-5 раз. Но это все равно на порядок ниже, чем при использовании других процессов. Следует учесть, что существующие мембранные процессы постоянно совершенствуются в направлении снижения энергозатрат, в то время как в других приведенных в таблице процессах значения близки к предельно возможным..

Переработку послеспиртовой барды с помощью МП целесообразно проводить в 2 или 3 ступени на основе оптимального сочетания вышеназванных мембранных процессов. При этом в зависимости от типа и марок используемых мембран процесс микрофильтрации позволяет снизить загрязненность барды в 3-4 раза, ультрафильтрации – в 5-6 раз, нанофильтрации – в 7-10, а обратный осмос – даже в 20 и более раз [8].

Пермеаты после всех типов мембран могут полностью возвращаться на стадию приготовления замеса. При этом наблюдается повышение выхода этанола на 1-3%. После нанофильтрационных мембран пермеаты могут напрямую сбрасываться в канализацию или на заводские биологические сооружения, а после обратного осмоса – даже в открытые водоемы.

Разработанная во ВНИИПБТ комплексная технология основана на оптимальном сочетании мембранных и других современных процессов и рассчитана на производство двух сухих зернодрожжевых пищевых (или кормовых) добавок (одна - с повышенным содержанием пищевых волокон (клетчатки), другая – с высоким (более 50%) содержанием белка - ТУ 9182-040-00334586-2002), и жидкого ультраконцентрата зернодрожжевого с содержанием 65-70% сухих веществ (ТУ 9182-276-00008064-99, Гигиеническое заключение № 77.99.9.916.П.13943.8.00).

Эти добавки предназначены для использования в качестве улучшителей, обогатителей и коричневого красителя при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, кваса, пива и других безалкогольных и алкогольных напитков, а также в составе питательных сред биотехнологических производств.

Технология основывается на использовании отечественных металлокерамических мембран

типа «Trumet ТМ», запатентованных в РФ, США и странах ЕС. Решающим преимуществом этих мембран является возможность концентрирования горячей барды без предварительного охлаждения при температуре порядка 100<sup>0</sup>С. При этом обеспечивается резкое повышение удельной производительности мембран, а следовательно, резко сокращаются энергозатраты.

Технология награждена Золотой медалью Международного жюри под председательством лауреата Нобелевской премии академика Ж.И.Алферова на Первом международном московском салоне инноваций и инвестиций в 2001 г. и впервые осваивается на спиртзаводе «Остроженский» Калужского ОАО «Кристалл». При этом она обеспечивает уменьшение энергозатрат в 3-5 раз по сравнению с распространенной в мире линией переработки барды, основанной на сочетании процессов центрифугирования, вакуум-выпарки и сушки.

Переработка вторичной барды в цехах сухих кормовых дрожжей при спиртзаводах с применением мембранных процессов описана в книге (*Технология спирта. - М.: Колос, 1999*). К настоящему времени эта технология во ВНИИПБТ значительно усовершенствована за счет использования самых современных мембран из керамики и металлокерамики, глубокого концентрирования на мембранах и применения более экономичных сушилок взамен распылительных.

### Литература

1. Бурачевский И.И. Ликероводочная отрасль – перспективы развития // Тез. докл. Третьей междунаучно-практ. конф. «Научно-технич. прогресс в спиртовой и ликероводочной пром-ти». – М.: Пищепромиздат, 2001.- С. 178-190.
2. Морозова С.С., Бурачевский И.И., Серебрякова Г.В. Влияние микроэлементов на устойчивость водок // Ферментная и спиртовая пром-ть. – 1982.- № 1.- С. 17-20.
3. Морозова С.С., Бурачевский И.И., Барамидзе Г.А. Влияние катионного и анионного состава водок на их устойчивость при хранении // Ферментная и спиртовая пром-ть. - 1983.- № 8.- С. 25-27.
4. Морозова С.С., Макеева А.Н., Двойникова Е.В. Обжелезивание воды в производстве водок //Ферментная и спиртовая пром-ть, 1986.- № 4.- С.16-19.
5. Федоренко В.И., Кудряшов В.Л., Балук И.З. Применение обратного осмоса в системах водоподготовки в ликероводочной промышленности // ЦНИИТЭИПищепром, Обзорная информация, серия 24, вып. 12.- М., 1985. - 24 с.
6. Кудряшов В.Л., Ямников В.А., Огородников А.П. Опыт эксплуатации ультрафильтрационной установки подготовки технологической воды для производства экспортной продукции московского завода «Кристалл» // Тез. Всесоюзн. научно-практ. семинара «Перспективные направления использования мембранной технологии в отраслях пищевой пром-ти». – М.: Агро-НИИТЭИПП, 1988. – С. 114-115.
7. Кудряшов В.Л. Эффективность и перспективы применения мембранных установок III поколения в ликероводочной промышленности // Тез. междунаучно-практ. конф. «Современные технологии в спиртовой и ликероводочной пром-ти», 12-13 марта 1997 г. – Москва, 1997.- С.45-50.
8. Кудряшов В.Л. Мембранные и биотехнологические процессы – основа перспективных технологий утилизации зерновой барды // Там же. - С. 35-38.
9. Бурачевский И.И., Воробьева Е.В. Технологические аспекты высокого качества водок и ликероводочных изделий // Ликероводочное производство и виноделие. – 2002. - № 10. – С. 3-5.
10. Бурачевский И.И., Воробьева Е.В. эффективные способы осветления полуфабрикатов и повышения стабильности напитков // АгроНИИПЭИПП, Обзорная информация, серия 24, вып.3. – М., 1988. – 24 с.
11. Шаранова Л.А., Бурачевский И.И., Баев М.А. Осветление и стабилизация ликероводочных изделий при фильтрации через микрофильтрационные мембраны // Ферментная и спиртовая пром-ть. - 1982. - № 1. – С. 14-16.
12. Федоренко В.И., Ямников В.А., Зайканова Г.И. К вопросу о каскадном фильтровании ликероводочных изделий // Пищевая пром-ть. - 1995. - № 1. - С. 10-11.