

УДК 66.067

Установка для получения сверхчистой воды. Павленко И.В., Гомолицкий В.Н., Рейфман Л.С., Лавров В.В. // Научное приборостроение. Методы и приборы биотехнологии. Л.: Наука, 1988, с.39.

Описывается установка очистки воды ОВ-1, предназначенная для получения общелaborаторной (дистиллированной) и сверхчистой воды. Технология очистки воды основана на сочетании мембранно-сорбционных процессов и является высокоэкономичной. Лит. - 1 назв., ил. - 3.

## II. СОЗДАНИЕ ПРИБОРОВ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

И.В.Павленко, В.Н.Гомолицкий, Л.С.Рейфман, В.В.Лавров (НТО АН СССР)

### УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХЧИСТОЙ ВОДЫ

Успех научно-исследовательских и прикладных работ в области молекулярной биологии, генетической и клеточной инженерии в значительной мере зависит от степени чистоты применяемых растворителей, реактивов, препаратов. Фундаментом культуры тонких исследований в этих областях является применение для приготовления питательных сред и других растворов сверхчистой воды. Так же очевидна необходимость использования сверхчистой воды при производстве микросхем и других работах в области микроэлектроники. Вместе с тем следует отметить, что повышение культуры исследований в других областях, в частности, при осуществлении хроматографических, электрофоретических, оптических и других аналитических процедур на микроуровне также связано с переходом от дистиллированной или бидистиллированной воды к сверхчистой.

И наконец, современный уровень культуры биотехнологических производств требует применения сверхчистой воды в промышленных производствах как генно-инженерных, так и синтетических или природных препаратов. Следует ожидать также, что в ближайшее время будет осознана и потребует соответствующих мероприятий необходимость использования сверхчистой воды в медицине.

Повышение культуры исследований, прикладных работ и промышленных производств путем перехода к работе со сверхчистыми растворами дает прямой экономический эффект за счет повышения качества продуктов и выхода тех или иных процессов. Кроме этого, переход к использованию сверхчистой воды вместо, скажем, бидистиллированной связан с весьма значительной экономией электроэнергии и водных ресурсов. Несмотря на достаточно высокую стоимость оборудования для получения сверхчистой воды, годовой экономический эффект от использования одной установки по сравнению с бидистилляторами превышает 100 тыс.руб. только за счет экономии электроэнергии и водных ресурсов.

С целью решения проблемы обеспечения биологических исследований и биотехнологических производств дистиллированной (общелабораторной) и сверхчистой воды с помощью энерго- и ресурсосберегающей технологии в Научно-техническом объединении АН СССР совместно с Институтом цитологии АН СССР, Институтом общей и неорганической химии АН УССР, Ленинградским технологическим институтом им.Ленсовета и рядом организаций Минхимпрома СССР (НПО "Химволокно", НПО "Пластмассы", ВНИИСС) разработана установка очистки воды ОВ-1 (рис.1).

Установка ОВ-1 построена по модульному принципу и состоит из двух установок: ОВ-2, предназначенной для получения общелабораторной воды, и ОВ-3, предназначенной для получения сверхчистой воды. Установки ОВ-2 и ОВ-3 могут применяться как в составе установки ОВ-1, так и самостоятельно. В случае автономного использования установка ОВ-3 питается дистиллированной водой. Установка ОВ-1 питается водой непосредственно от источников централизованного водоснабжения и не требует дополнительной водоподготовки.

Технология получения общелабораторной и сверхчистой воды, используемая в установке ОВ-1, основывается на сочетании мембранно-сорбционных процессов и включает в себя грубую механическую фильтрацию, ультрафильтрацию, обратный осмос,

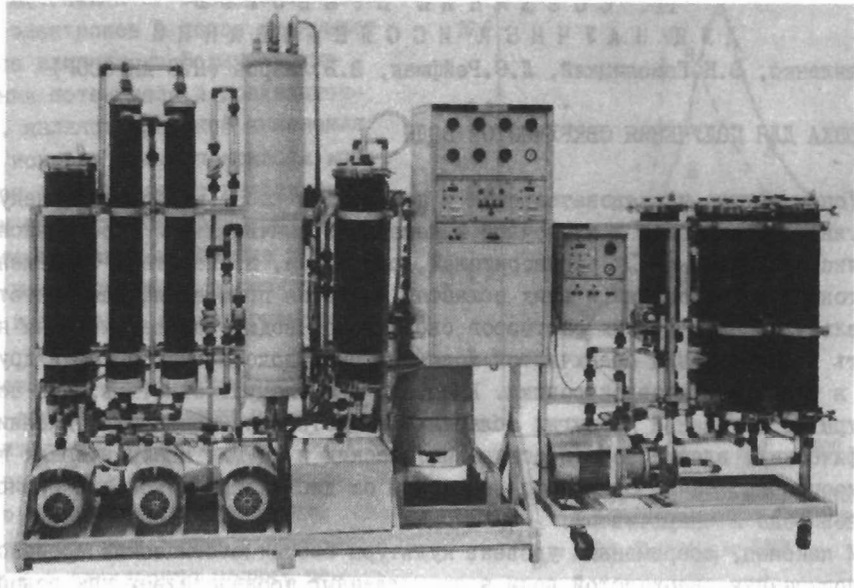


Рис.1. Опытный образец установки ОВ-1

ионообменную очистку, сорбцию на активированных углях и других материалах, тонкую очистку на смешанных ионитах и микрофильтрацию (рис.2).

Максимальная производительность установок составляет 500 л/ч при расходе исходной воды для установок ОВ-1 и ОВ-2  $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а для ОВ-3 - 500 л/ч. Максимальное потребление электроэнергии для установки ОВ-1 составляет 8 кВт/ч. Среднее потребление электроэнергии порядка 4 кВт/ч.

В установках применен ряд оригинальных конструктивных, технологических и методических решений, обеспечивающих как высокое качество получаемой воды, так и высокую серийноспособность установок.

В частности, создана разборная конструкция волоконного ультрафильтра, обеспечивающая высокую технологичность изготовления и ремонтпригодность при эксплуатации. Разработана технология отбортовки труб из полипропилена, и на этой основе создана конструкция универсального корпуса фильтров.

Совместно с Институтом общей и неорганической химии АН УССР предложен и реализован оригинальный метод сорбционной очистки от органических примесей, позволивший существенно повысить степень очистки по сравнению с достигаемой в установках фирмы "Миллипор" (США).

В табл.1 приведены данные анализа содержания органических примесей в различных образцах воды. Следует отметить, что общепринятым методом контроля содержания органических примесей в воде у нас в стране являлся перманганатный метод [1]. Однако его пороговая чувствительность составляет 0,2 мг/л, что явно недостаточно для контроля органических примесей в сверхчистой воде, применяемой в биологических исследованиях.

Зарубежные фирмы в качестве критерия содержания органических примесей приводят значения оптической плотности на длине волны 256 нм. Однако серийные и доступные для использования при промышленном производстве установок очистки воды отечественные спектрофотометры (например, СФ-26) не позволяют получить на этой

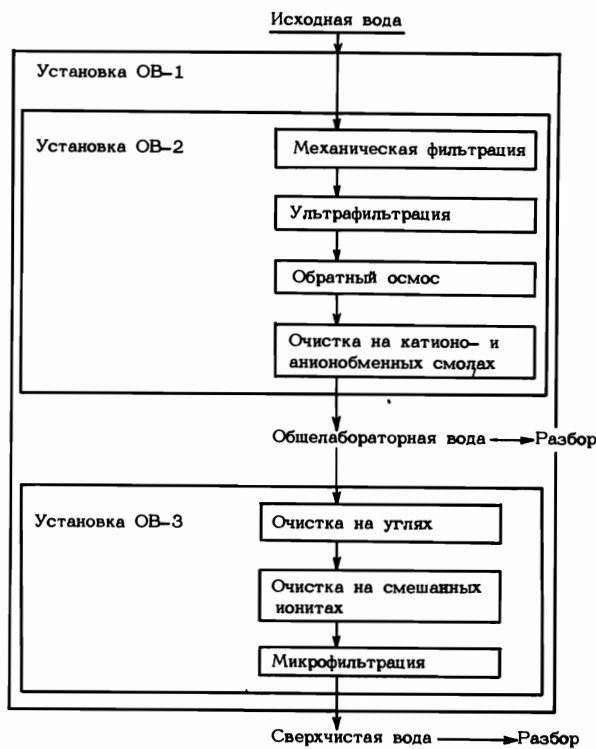


Рис.2. Схема процесса очистки воды

Таблица 1

Содержание органических примесей в различных образцах воды

Образец воды	Оптическая плотность на длине волны 220 нм, Б	Перманганатная окисляемость, мг/л O <sub>2</sub>
Водопровод	0,36	3,0 - 4,0
Дистиллированная	0,13	0,8 - 0,9
Установка ОВ-2	0,1	0,3 - 0,45
Установка ОВ-3	0,055	0,15 - 0,2
Установка "Супер Ку" (Миллипор, США)	0,065	0,2 - 0,25

длине волны удовлетворительное разрешение, в частности, значения поглощения на длине волны 256 нм для образцов дистиллированной и сверхчистой воды практически не различаются. В связи с этим для оценки содержания органических примесей в очищаемой воде мы использовали поглощение на длине волны 220 нм (сравнительная кривая спектрофотометра оставалась незаполненной).

Из данных, приведенных в табл.1, следует, во-первых, что значения оптической плотности на длине волны 220 нм хорошо коррелируют со значениями концентрации органических примесей, определенных перманганатным методом, во-вторых, что использование этого параметра позволяет с достаточным разрешением производить оценку содержания органических примесей.

Содержание ионов металлов в сверхчистой воде контролировалось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе фирмы "Перкин Элмер" (Великобритания). Содержание всех определявшихся ионов металлов находилось на уровне пороговой чувствительности метода, что обуславливало значительный разброс экспериментальных данных. В табл. 2 приведены типичные значения для ряда ионов. В качестве контроля использовались образцы воды с установки "Супер Ку" фирмы "Миллипор" (США).

Основным параметром качества воды, используемым для текущего контроля, при работе установки является удельное электрическое сопротивление. Этот параметр хорошо коррелирует как с содержанием неорганических примесей (что очевидно),

так и с содержанием органических примесей, что следует, например, из данных табл.3, где приведены результаты анализа образцов воды на выходе обратноосмотических фильтров установки.

Естественно, что являясь интегральной характеристикой качества воды, удель-

Таблица 2

Содержание ионов металлов в  
сверхчистой воде

Вода с ус- тановки	Содержание ионов, $1 \cdot 10^{-4}$ мкг/мл					
	медь	желе- зо	ка- лий	нат- рий	сви- нец	ни- кель
ОВ-1	2	8	7	4	1	2
"Супер Ку"	2	5	13	6	1	3

Таблица 3

Оптическая плотность на длине волны  
220 нм в зависимости от удельного  
электрического сопротивления на  
выходе обратноосмотических фильтров

Удельное электри- ческое со- противление, КОм·см	140	120	100	90

ное электрическое сопротивление не отражает относительного вклада тех или иных примесей в качестве воды. Однако независимые измерения содержания органических и неорганических примесей (в том числе в случае неорганических – по различным видам примесей) показали, что для данной технологии очистки воды использование удельного электрического сопротивления в качестве текущего параметра адекватно отражает относительный вклад различных примесей применительно к задачам биологических исследований и биотехнологии.

Сотрудниками Института цитологии АН СССР и ВНИИ гриппа Минздрава СССР проведены испытания качества сверхчистой воды применительно к задаче использования ее для работы с клеточными культурами.

Известно, что удельное электрическое сопротивление зависит от температуры воды. Соответствующие зависимости приводятся в проспектах зарубежных фирм. Оценка удельного электрического сопротивления производится при температуре  $25 \pm 1$  °С и составляет для установок различных зарубежных фирм 18 МОм·см (разброс значения удельного электрического сопротивления никогда не приводится, также как и значения погрешности измерительной аппаратуры).

Эксплуатация установок очистки воды при температуре 25 °С трудновыполнима. Поэтому все параметры, характеризующие работу установки, отнесены к температуре питающей воды  $20 \pm 1$  °С. При этом паспортное значение удельного электрического сопротивления составляет 20 МОм·см. Учитывая погрешность применяемых средств измерения, которые, в связи с отсутствием возможности прямой поверки, градуируются косвенными методами, границы разброса значений удельного электрического сопротивления устанавливаются  $\pm 3$  МОм·см.

Следует отметить, что температура питающей воды сказывается не только на значении удельного электрического сопротивления, но и на производительности установки. Лимитирующей стадией для производительности установки является стадия предварительной фильтрационной очистки, включающая ультрафильтрацию и обратный осмос. На рис.3 приведена типичная зависимость производительности обратноосмотического фильтра от температуры.

Таким образом, паспортная производительность установки гарантируется только при температуре не ниже  $20 \pm 1$  °С. При температуре питающей воды ниже 10 °С установку эксплуатировать вообще не рекомендуется. В зимний период времени температура водопроводной воды опускается до значений, близких к 0 °С, поэтому питание установки должно осуществляться через смесители горячей и холодной воды.

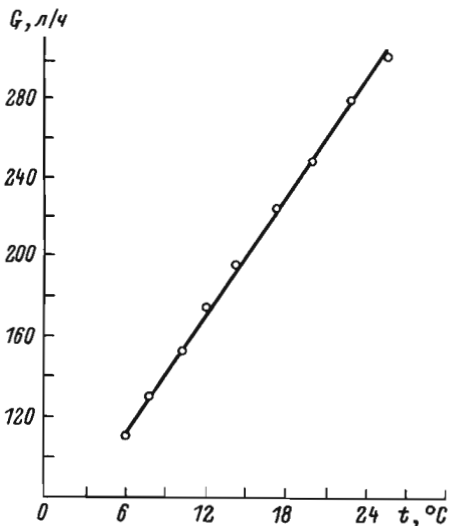


Рис.3. Зависимость производительности обратнoсмотического фильтра от температуры

По содержанию отдельных категорий примесей общелабораторная вода не уступает требованиям, предъявляемым к дистиллированной воде.

ЛИТЕРАТУРА

Кульский Л.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. Ч.1, Киев: Наукова думка, 1980. с.354.

Несмотря на значительно большую загрязненность горячей водопроводной воды, ощутимых влияний использования такой смеси на работу установки не выявлено.

В заключение приведем краткую техническую характеристику установки.

Удельное электрическое сопротивление общелабораторной воды при температуре $20 \pm 1 ^\circ\text{C}$ , МОМ.см, не менее	$2 \pm 0,3$
Суммарное содержание посторонних веществ в общелабораторной воде, мг/мл, не более	2,0
Удельное электрическое сопротивление сверхчистой воды при температуре $20 \pm 1 ^\circ\text{C}$ , МОМ.см, не менее	$20 \pm 3$
Оптическая плотность сверхчистой воды на длине волны 220 нм, Б, не более	$0,055 + 0,002$
Содержание частиц, размером более 0,2 мкм	Отсутствуют
pH в пределах	6,6 - 7,2