

# БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МЕМБРАННЫХ ФИЛЬТРОВ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ

## QUALITY CONTROL OF MEMBRANE FILTERS WITH MODEL STRAINS: ANALYTICAL SCOPE OF ORIGINAL DATA

Методика контроля мембранных фильтров, изложенная в МУ 2.1.4.1057-01, устарела и требует актуализации. Использование критерия Стьюдента при контроле мембранных фильтров позволяет более объективно оценивать их качество. Оптимальным решением методических проблем контроля МФ является использование двухкомпонентной системы, состоящей из штамма *E.coli* M1702 и другого, например, *E. coli* 675, который хорошо зарекомендовал себя по результатам сравнительных испытаний, и разрешен к использованию в санитарно-микробиологических лабораториях.

**Ключевые слова:** мембранные фильтры, контроль, МУ 2.1.4.1057-01, удерживающая способность мембранных фильтров

Official protocol of quality control of membrane filters described in MU 2.1.4.1057-01 is outdated and requires updating. The using of Student's test allows to get more objective evaluation of membrane filters quality. The optimal solution of methodical problems of MF's control is the use of two-component system consisting of a strain of *E. coli* M1702 and other, for example, *E. coli* 675, which has worked well in comparative tests and is permitted for use in routine water laboratories.

**Key words:** membrane filters, quality control, MR 2.1.4.1057-01, retention capacity of membrane filters

**С.Н. Тымчук\***, кандидат медицинских наук, ведущий бактериолог отдела биологических методов анализа, ЗАО «РОСА»

**В.Е. Ларин**, кандидат биологических наук, начальник отдела биологических методов анализа, ЗАО «РОСА»

**Е.Н. Ахапкина**, начальник сектора бактериологии и вирусологии отдела биологических методов анализа, ЗАО «РОСА»

**S.N. Tymchuk\***, PhD in Medical Science, leading bacteriologist of department of biological analytical methods, Analytical center for water quality control «ROSSA»

**V.E. Larin**, PhD in Biological Sciences, head of the department of biological analytical methods, Analytical center for water quality control «ROSSA»

**E.N. Akhapkina**, Head of sector of bacteriology and virology of department of biological analytical methods, Analytical center for water quality control «ROSSA»

\*Адрес для корреспонденции: [tsnsergtsn@yandex.ru](mailto:tsnsergtsn@yandex.ru)

С.Н. Тымчук и др. // № 2 февраль 2017. с. 35–41.

### Введение

В отличие от глубинного и поверхностного методов посева, метод мембранной фильтрации позволяет исследовать гораздо больший диапазон объемов образцов: от 100 мкл до 1 л. Поэтому посев методом мембранной фильтрации давно стал «золотым стандартом» санитарной микробиологии и является методом выбора при исследовании объектов с низкими уровнями контаминации, таких как вода, напитки, лекарственные средства и т.д. [1].

Мембранные фильтры (МФ), которые используются в санитарной микробиологии, представляют собой пористое «сито» с номи-

нальным диаметром пор 0,45 мкм, которые образованы переплетением волокон эфиров целлюлозы: ацетата, нитрата или их смеси (рис. 1). Однако было бы ошибкой считать, что МФ это инертное «сито», которое никаким образом не влияет на систему: микроорганизм — питательная среда. Введение в такую систему МФ может, как положительно, так и отрицательно влиять на ростовые свойства среды. Отрицательное влияние МФ на рост бактерий, вероятнее всего, связано с токсическим воздействием материала мембраны на микроорганизмы. В связи с этим, входной биологический контроль МФ является одним из важных элементов системы внутреннего контроля качества любой санитарно-микробиологической лаборатории.

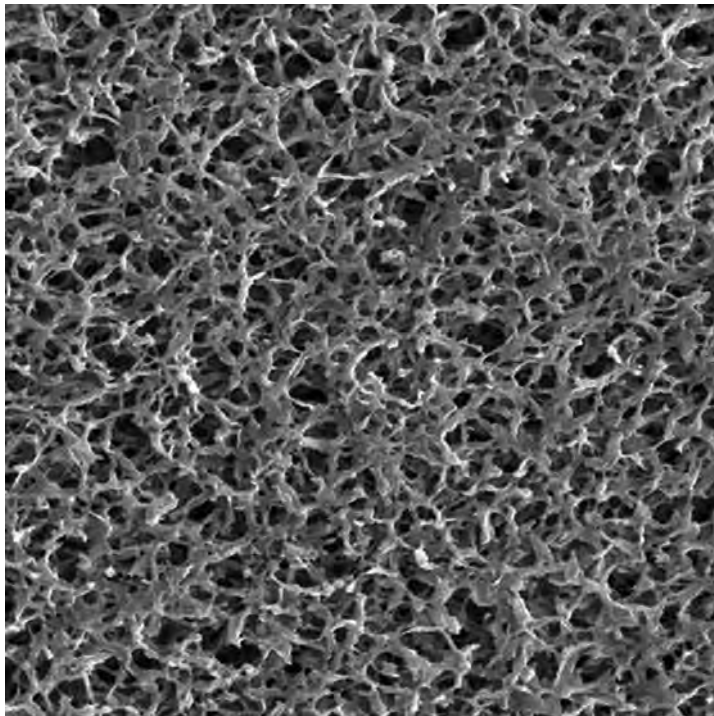


Рис. 1. Электронная микрофотография мембранного фильтра [2].

Целью настоящей работы является аналитический обзор результатов биологического контроля МФ, полученных в отделе биологических методов анализа ЗАО «РОСА» за период с февраля 2004 г. по июнь 2016 г., а также обсуждение возможных путей совершенствования и дополнения методики их контроля.

*МФ — это не инертное сито, они активно влияют на систему микроорганизм — питательная среда.*

***Полученные результаты, как объективная мотивация необходимости контроля мембранной фильтрации***

За 12 лет анализируемого периода в отделе биологических методов анализа ЗАО «РОСА» (далее **ОБМА**) был выполнен контроль 366 партий МФ разных производителей в 570 ис-

следованиях, в которые также вошли повторные исследования партий МФ, не прошедших первичный контроль, и параллельные исследования на штаммах эталонных культур, альтернативных *E. coli* M17-02. Параллельно на двух штаммах было исследовано 90 партий МФ.

В основном, на проверку поступали МФ производства компаний Владипор и Millipore. Фильтры других производителей поступали на контроль спорадически и в небольшом количестве. Итоговые результаты контроля представлены в *табл. 1*.

Только 63 % проверенных партий МФ соответствовали требованиям МУ 2.1.4.1057-01. Доля партий МФ, не прошедших контроль, существенно различалась у разных производителей. Если у МФ производства компании Millipore только 14 % партий не прошли контроль по методике МУ 2.1.4.1057-01, то мембраны отечественного производителя, компании Владипор не соответствовали требованиям почти в половине случаев (47 %). Однако необходимо отметить, что собственно по показателю «% удержания» не прошли только 25 % партий МФ этого производителя, остальные 22 % партий были забракованы по причине сливного роста. Что касается других производителей, то полученные результаты не подвергались какому-либо глобальному анализу из-за малого числа наблюдений.

*Полученные результаты свидетельствуют о том, что входной контроль МФ объективно необходим.*

### Методика контроля

Методика контроля МФ регламентирована в МУ 2.1.4.1057-01 [3]. За 15 лет существования документ, несомненно, устарел и требует изменений и дополнений. Существующая методика биологического контроля МФ содержит редакционные и методические недоработки, а также требует вве-

Таблица 1

Итоговые результаты контроля МФ разных производителей по методу МУ 2.1.4.1057-01 за анализируемый период

Партии МФ	Всего	Владипор	Millipore	Sartorius	Владисарт	Другие
исследовано (количество партий)	366	229	124	3	3	7
непригодны (количество партий)	134	109	17	2	2	4
% непригодных	37	47	14	67	67	57
непригодны по «% удержания»	83	58	17	2	2	4
% непригодных по «% удержания»	23	25	14	67	67	57
непригодны по сливному росту	51	51	0	0	0	0
% непригодных по сливному росту	14	22	0	0	0	0

дения новых параметров, характеризующих качество МФ. Свои соображения по поводу существующих проблем и способам их решения мы высказывали еще в 2005 г. в работе [4]. Результаты, представленные в настоящем обзоре, подтверждают и дополняют наши выводы, сделанные ранее. Попытки усовершенствовать методику также были предприняты в работе [5], хотя предложенные авторами усовершенствования спорны и фактически являются возвратом к исходному документу [6], на основе которого и был написан раздел МУ 2.1.4.1057-01 по контролю МФ.

## Редакционные недоработки

1. В МУ 2.1.4.1057-01, разделе 12.2, в пункте «подготовка инокулята (для контроля МФ)» методика подготовки посевной дозы взята из раздела 11.4.2.1. этого же документа. Данный способ предназначен для подготовки посевных доз при определении показателя «чувствительность» питательных сред и подразумевает выполнение серийных десятикратных разбавлений стандартной суспензии до -8 с последующим трехкратным контролем -6 и -7 разбавлений и оценкой кратности разбавления. В случае контроля МФ такая подготовка контрольной суспензии является избыточной и неоправданно трудоемкой, поскольку -7 разбавление в анализе не используется, а кратность разбавления вообще не имеет значения. По неизвестным причинам из финальной редакции документа исчез существующий изначально альтернативный вариант приготовления посевной дозы, предусматривающий получение и контроль только -6 разбавления (около 1000 КОЕ/мл). Из-за неоправданной громоздкости процедуры подготовки инокулята, авторы работы [5] для ускорения анализа предлагают вообще исключить этап контроля посевной дозы, а концентрацию суспензии предлагают определять исключительно по стандарту мутности, хотя общеизвестно, что данный метод оценки концентрации суспензии является очень субъективным и зависит, прежде всего, от индивидуального восприятия мутности конкретным исполнителем, о чем свидетельствуют и данные, приведенные в работе. Разброс дозы для штамма *E. coli* 1257 в пяти исследованиях, на которых основана вся работа, находится в пределах от 35 до 149 КОЕ/фильтр. Кроме того, в трех исследованиях из пяти средняя посевная доза превышает 100 КОЕ в посевах, что превышает допустимые пределы счета на мембранах диаметром 47 мм [3], а значит, исследование недостоверно.

В ЗАО «РОСА» разработан и внедрен метод ускоренной подготовки посевной дозы при помощи лабораторного нефелометра — прибора

для измерения мутности, который исключает роль человеческого фактора при оценке мутности суспензии. В рамках апробации метода на основании накопленных данных по контролю посевных доз были рассчитаны оптимальные значения мутности для -1 разбавления стандартных суспензий более чем для 15 видов микроорганизмов, включая дрожжеподобные грибы и бациллы.

Кроме того, авторы [5] не принимают во внимание еще один важный аспект подготовки инокулята, регламентированного [3], а именно, что целью выдерживания инокулята в холодильнике при температуре  $6 \pm 2$  °С является холодовой стресс. Выполнение контроля МФ на стрессированной культуре делает условия анализа максимально приближенными к натурным исследованиям, если речь идет о санитарно-микробиологическом контроле воды, а значит, делает их более достоверными применительно к данной цели исследования, к чему так стремятся авторы статьи [5].

2. В разделе 12.3.1. «Посев методом мембранной фильтрации» рекомендуется перед внесением инокулята наливать в воронку 20-30 мл стерильного разбавителя. Это избыточно и件 unnecessary, т.к. посевная доза по методике уже внесена в 10 мл разбавителя. Данное положение является атавизмом, оставшимся от исходного документа [6], согласно которому посевную дозу объемом около 0,1 мл вносят непосредственно в воронку.

В том же разделе предлагается ополаскивать стерильным разбавителем пробирки, содержащие посевную дозу, после ее внесения в воронку. Это избыточно,件 unnecessary и, более того, может оказывать негативное воздействие на достоверность результата исследования, т.к. все эти манипуляции существенно удлиняют время, проходящее между прямым (контрольным) посевом и посевом мембранной фильтрацией, что, в свою очередь, может исказить результат в сторону его завышения (см. ниже). Это особенно значимо, если учесть, что потери инокулята без ополаскивания составят максимум 1-2 КОЕ, да и то при условии, что посевная доза была не менее 100 КОЕ на посев.

*Необходима редакционная переработка МУ 2.1.4.1057-01.*

## Методические проблемы

1. Важный, хоть и неявный недостаток текста методики заключается в том, что отсутствует прямое указание на то, что при выполнении контроля МФ временной промежуток между прямым (контрольным) посевом и посевом мембранной фильтрацией должен быть

как можно меньше. Алгоритм исследования, не отражает то, что оба типа посева должны выполняться по возможности одновременно и, желательно, двумя исполнителями. При выполнении анализа одним исполнителем посева должны проводиться короткими сериями, чередуя прямой посев и посев мембранной фильтрацией. Необходимость такого указания заключается в том, что время генерации *E. coli* около 20 мин, а значит какая-то часть клеток, длительно находясь даже в разбавителе, поделится, что приведет к искажению результата в сторону завышения % удержания МФ.

2. Главный недостаток методики заключается в выборе эталонного штамма. На момент написания документа [3], при выборе эталонного штамма авторы руководствовались, прежде всего, его безопасностью, т.к. штамм предполагалось использовать в лабораториях водоканалов. И только позже, при наработке результатов, оказалось, что штамм *E. coli* M17-02, который используется для приготовления препарата «Колибактерин», обладает индивидуальной повышенной чувствительностью к материалу некоторых мембран, что в ряде случаев приводит к необъективно заниженному результату контроля МФ [4].

Более того, если подходить к оценке качества МФ с теми же критериями, что и к питательным средам, которые регламентированы в том же МУ 2.1.4.1057-01, то результаты контроля МФ, представленные в *табл. 1*, окажутся только верхушкой айсберга. Согласно документу при оценке питательных сред определяется не только показатель «% всхожести», аналогичный по смыслу «% удержания МФ», но также оценивается достоверность различия средних величин, полученных в контрольном и исследуемом посевах, по критерию Стьюдента  $t$  с вероятностью 95 %. Это различие должно быть недостоверным. Такой подход делает оценку более объективной, но и более жесткой. Только 61 % партий МФ из тех, что прошли контроль по показателю «% удержания», оказались пригодными и по критерию Стьюдента (*табл. 2*). То есть, в итоге, только 39 % проверенных партий МФ оказались бы пригодными, если к их оценке подходить бо-

лее объективно с точки зрения статистики. Естественно, что значения, рассчитанные для общего числа проверенных партий МФ, дают только суммарную оценку и не отражают ситуации среди МФ разных производителей.

Как и в случае с «% удержания», доля партий МФ, не прошедших контроль по критерию Стьюдента, существенно различалась у разных производителей. Если у МФ производства компании Millipore 70 % партий прошли контроль по обоим показателям, то результаты контроля мембран отечественного производителя, компании Владипор, намного хуже. Из 52 % партий мембран, прошедших контроль по показателю «% удержания», только у 45 % пригодных партий различие средних величин прямого посева и посева фильтрацией было недостоверно по критерию Стьюдента с вероятностью 95 %. Другими словами, только 24 % партий мембран Владипор оказались бы пригодными при ужесточении критериев контроля.

Полученные результаты, по-видимому, связаны с типом и качеством исходного сырья для производства мембран. МФ Владипор изготовлены из ацетата целлюлозы, тогда как МФ Millipore — из смеси эфиров.

*Использование критерия Стьюдента, делает оценку качества МФ более объективной.*

#### **Анализ результатов параллельного контроля МФ на разных эталонных штаммах**

За анализируемый период 90 партий МФ было исследовано нами параллельно на двух штаммах — *E. coli* M17-02 и альтернативном. В качестве альтернативного штамма были использованы штаммы из рабочей коллекции эталонных культур ОБМА: *E. coli* ATCC 25922, *E. coli* ATCC 11775 и *E. coli* 675. Результаты контроля МФ, полученные на двух штаммах, представлены в *табл. 3*. В таблицу не вошли данные по фильтрам других производителей, т.к. количество исследований было незначительным и они не представляют интереса для анализа.

Уже при первом взгляде на результаты, представленные в *табл. 3*, обращает на себя внимание то, что при использовании штаммов, отличных от *E. coli* M17-02, количество непригодных

**Таблица 2**

Уменьшение доли партий пригодных МФ при использовании критерия Стьюдента для оценки качества МФ

Партии МФ	Всего	Владипор	Millipore	Sartorius	Владисарт	Другие
% пригодных по МУ	63	53	86	33	33	43
% пригодных по $t_{95\%}$ от исследованных	39	24	70	0	0	0
% пригодных по $t_{95\%}$ от пригодных по МУ	61	45	81	0	0	0

**Таблица 3**

Сравнение результатов параллельного контроля МФ на штаммах *E. coli* M17-02 и альтернативном

Партии МФ исследовано (количество партий)	Всего		Владипор		Millipore	
	90		58		26	
	M17-02	другой	M17-02	другой	M17-02	другой
пригодны (количество партий)	47	78	26	50	18	22
% пригодных по МУ	52	87	45	86	69	85
непригодны (количество партий)	43	12	32	8	8	4
% непригодных по МУ	48	13	55	14	31	15
% непригодных по % удержания	37	4	40	2	31	15
% непригодных по сливному росту	11	9	16	12	0	0

партий резко уменьшается. Только 4 % партий МФ были непригодны по показателю «% удержания» при контроле на альтернативном штамме, против 37 % на *E. coli* M17-02, тогда как доля партий, несоответствующих по сливному росту, была практически идентична как при использовании штамма M17-02, так и при использовании альтернативных штаммов. Очевидно, что штамм *E. coli* M17-02 обладает повышенной чувствительностью к материалу мембран, что значимо только при определении показателя «% удержания», и не влияет на оценку сливного роста. Повышенная чувствительность штамма *E. coli* M17-02 сильнее проявляется на мембранах Владипор, чем на продукции компании Millipore. Доля партий МФ Владипор, пригодных по «% удержания» по штамму M 17-02, была в полтора раза ниже, чем у МФ Millipore (45 и 69 %, соответственно), тогда как при параллельном исследовании на альтернативных штаммах доля пригодных партий МФ обоих производителей была практически одинакова (86 и 85 %). Полученные результаты подтверждают закономерности, обнаруженные нами ранее [4].

Еще более четко ситуацию с повышенной чувствительностью *E. coli* M17-02 к материалу мембран и отсутствие таковой у альтернативных штаммов выявляет применение критерия Стьюдента для оценки достоверности различий средних величин количества колоний, выросших на мембранах и в прямом посеве (табл. 4).

*Таким образом, штамм E. coli M17-02 обладает индивидуальной повышенной чувствительностью к ингибирующему воздействию материала некоторых мембран, что в ряде случаев приводит к необъективно заниженному результату контроля МФ.*

**Возможные варианты решения методических проблем**

Проблему эталонного штамма можно решить просто. *E. coli* M17-02 нужно заменить или, как вариант, который мы предложили в 2005 г. [4], дополнить другим, альтернативным штаммом *E. coli*, который можно было бы использовать в качестве референсного при возникновении спорных ситуаций. К подобным решениям пришли и авторы работы [5]. Штамм *E. coli* M17-02 они предлагают заменить штаммом *E. coli* 1257, в качестве второго штамма они предлагают использовать штамм энтерококка.

Решение очевидное, но проблем у такого решения две. Первая проблема связана с критериями выбора альтернативного штамма, а вторая кроется в жесткой регламентации деятельности лабораторий, выполняющих санитарно-микробиологические исследования, целым рядом нормативно-методических документов [1], внесение изменений в которые крайне затруднительно из-за существующей бюрократической практики создания таких документов. Другими словами, мы не можем использовать штаммы, которые не разрешены к использованию соответствующими документами. Согласно пункту

**Таблица 4**

Демонстрация зависимости результатов контроля МФ разных производителей от свойств используемых штаммов при помощи разных критериев оценки качества мембран

Партии МФ	Всего		Владипор		Millipore	
	M17-02	другие	M17-02	другие	M17-02	другие
% пригодных по МУ	52	87	45	86	69	85
% пригодных по t <sub>95 %</sub> от исследованных	20	70	12	69	42	69
% пригодных по t <sub>95 %</sub> от пригодных по МУ	38	81	27	80	61	82

3.1.6, СП 1.2.036-95 [7] «Производственным подразделениям предприятий, контролирующим готовую продукцию, разрешается иметь только коллекцию типовых культур, предусмотренных нормативной документацией».

#### **Критерии выбора альтернативного штамма**

Логично предположить, что если штамм *E. coli* M17-02 обладает индивидуальными особенностями, то почему такими же или другими особенностями не могут обладать другие эталонные штаммы? Как избежать очередной ошибки? Какими критериями отбора руководствоваться? Однозначного ответа нет.

Сравнивая результаты контроля, полученные на разных альтернативных штаммах по показателю «% удержания», сложно отдать предпочтение какому-либо из штаммов, поскольку значения показателя схожи, а если учесть сравнительно небольшой размер выборки, то они практически одинаковы (табл. 5). Картина существенно меняется при использовании критерия Стьюдента для оценки достоверности различия средних величин при контроле МФ. Оказывается, что штамм *E. coli* ATCC25922 обладает схожими с M17-02 свойствами, хотя выраженными и не так ярко, а лучшие показатели демонстрирует штамм *E. coli* 675.

Те же закономерности прослеживаются при анализе результатов полученных на МФ разных производителей (табл. 6).

По результатам, представленным в обзоре, из четырех рассматриваемых штаммов для контроля МФ наиболее пригоден штамм *E. coli* 675.

## **Решение правовых проблем**

Оптимальным вариантом решения методических и правовых проблем была бы переработка и актуализация МУ 2.1.4.1057-01. Однако, все наши попытки инициировать пересмотр документа не имели успеха.

Альтернативным урезанным вариантом решения является использование для контроля МФ штамма *E. coli* 675, который хорошо зарекомендовал себя по результатам сравнительных испытаний, и, что самое главное, регламентирован к использованию МУК 4.2.1884-04 [8].

МУК 4.2.1884-04 разрешает использование штамма *E. coli* 675 в лабораториях, выполняющих санитарно-микробиологическое исследование воды.

## **Заключение**

Входной количественный биологический контроль МФ объективно необходим и является одним из важных элементов системы внутреннего контроля качества лаборатории.

Использование критерия Стьюдента при контроле МФ позволяет более объективно оценивать их качество. Кроме того, % партий МФ, пригодных по критерию Стьюдента из числа партий, пригодных по показателю «% удержания», может служить одним из критериев при выборе контрольного штамма для проведения подобных исследований.

Штамм *E. coli* M17-02 обладает индивидуальной повышенной чувствительностью к ингиби-

**Таблица 5**

Сравнение результатов контроля МФ на разных эталонных культурах

Партий МФ	Всего			
	M17-02	25922	11775	675
исследовано (число партий)	90	17	58	15
пригодны по МУ (число партий)	47	13	50	15
% пригодных по МУ	52	76	86	100
пригодны по t <sub>95</sub> % (число партий)	18	7	42	14
% пригодных по t <sub>95</sub> %	20	41	72	93

**Таблица 6**

Сравнение результатов контроля МФ разных производителей на разных эталонных культурах

Партий МФ	Владипор				Millipore			
	M17-02	25922	11775	675	M17-02	25922	11775	675
исследовано	58	4	47	7	26	10	9	7
пригодны по МУ	26	3	40	7	18	7	8	7
% пригодных по МУ	45	75	85	100	69	70	89	100
пригодны по t <sub>95</sub> %	7	1	33	6	11	4	7	7
% пригодных по t <sub>95</sub> %	12	25	70	86	42	40	78	100

рующему воздействию материала некоторых мембран, что, в ряде случаев, может приводить к необъективно заниженному результату контроля МФ.

Оптимальным решением методических проблем контроля МФ является использование двухкомпонентной системы, состоящей из

штамма *E. coli* M1702 и другого, более жизнеспособного штамма, например, *E. coli* 675, который хорошо зарекомендовал себя по результатам сравнительных испытаний и разрешен к использованию в санитарно-микробиологических лабораториях.

Необходима актуализация МУ 2.1.4.1057-01.

## Литература

1. Методы санитарно-бактериологических исследований внешней среды / Под ред. Г.П. Калины. М.: Медицина, 1966. 154 с.
2. www.millipore.com.
3. МУ 2.1.4.1057-01. Организация внутреннего контроля качества санитарно-микробиологических исследований воды: Методические указания. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. 92 с.
4. Ахупкина Е.Н. Опыт контроля качества мембранных фильтров для санитарно-микробиологических исследований / Е.Н. Ахупкина, С.Н. Тымчук, Е.Ю. Спиридонова, В.Е. Ларин // Гигиена и санитария. 2005. №1. С. 71-73.
5. Богатырева И.А. Ускоренный метод контроля мембранных фильтров для бактериологического анализа воды / И.А. Богатырева, Т.З. Артемова // Водоснабжение и санитарная техника, 2010. №7. С. 48-50.
6. ISO 7704-85. Water quality. Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses. P. 4.
7. СП 1.2.036-95. Порядок учета, хранения, передачи и транспортирования микроорганизмов I – IV групп патогенности: Санитарные правила. М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. 80 с.
8. МУК 4.2.1884-04. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. 75 с.

## References

1. Kalina G.P. (ed.) *Metody sanitarno-bakteriologicheskikh issledovaniy vneshnei sredy* [Methods of sanitary-bacteriological studies of the environment]. Moscow, Meditsina Publ., 1966, 154 p.
2. www.millipore.com.
3. MU 2.1.4.1057-01. *Organizatsiia vnutrennego kontrolya kachestva sanitarno-mikrobiologicheskikh issledovaniy vody: Metodicheskie ukazaniia* [Methodological guideline 2.1.4.1057-01. Organization of internal quality control of the sanitary and microbiological water research: Methodological guidelines]. Moscow, Federal Centre of Sanitary Inspection of Ministry of Health of Russia, 2001, 92 p.
4. Akhupkina E.N., Tymchuk S.N., Spiridonova E.Iu., Larin V.E. *Opyt kontrolya kachestva membrannykh fil'trov dlia sanitarno-mikrobiologicheskikh issledovaniy* [Experience of quality control of membrane filters for the sanitary-microbiological research]. *Gigiiena i sanitaria – Hygiene and sanitary*, 2005, no. 1, pp. 71-73.
5. Bogatyreva I.A., Artemova T.Z. *Uskorenniy metod kontrolya membrannykh fil'trov dlia bakteriologicheskogo analiza vody* [Accelerated membrane filter testing method for bacteriological analysis of water]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika – Water supply and sanitary techniques*, 2010, no. 7, pp. 48-50.
6. ISO 7704-85. Water quality. Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses. P. 4.
7. SP 1.2.036-95. *Poriadok ucheta, khraneniia, peredachi i transportirovaniia mikroorganizmov I – IV grupp patogennosti: Sanitarnye pravila* [Sanitary rules 1.2.036-95. Procedure for the treatment, storage, transfer and transportation of microorganisms I – IV pathogenicity groups: Sanitary Rules]. Moscow, Information and Publishing Center Russian State Committee, 1996, 80 p.
8. MUK 4.2.1884-04. *Sanitarno-mikrobiologicheskii i sanitarno-parazitologicheskii analiz vody poverkhnostnykh vodnykh ob'ektov: Metodicheskie ukazaniia* [Methodological guideline 4.2.1884-04. The sanitary-microbiological and sanitary-parasitological analysis of water of surface water bodies: Methodological guideline]. Moscow, Federal Centre of Sanitary Inspection of Ministry of Health of Russia, 2005, 75 p.